Experimenteller und kritischer Beitrag zur Physiologie der halbkreisförmigen Kanäle.

Von

Dr. C. Spamer,

Docent in Giessen.

Literatur.

Flourens, „Expériences sur les canaux semicirculaires de l'oreille“. Mem. de l'Acad. roy. des sciences de l'instit. de France. T. IX. (1828).

Derselbe. „Recherches experiment. sur les propriétés du système nerveux“. Paris 1842, II. Aufl. p. 442 ff.

Schiff, Lehrbuch der Physiologie, Lahr 1858.

Czermak, Comptes rendus 1860 u. Jenaische Zeitschrift für Medicin. III, p. 101.

Brown-Séquard, Course of lectures. Philadelphia 1860.

Vulpian, Leçons sur la physiologie générale et comp. du syst. nerv. Paris 1866. p. 600.

Ogston, Alex., „On the function of the semicircular canals etc.“ 1869.

Goltz, Tageblatt der Naturf. Versammlung 1869 u. „Ueber die physiol. Bedeutung etc.“ in Pflüger's Archiv III.

Schklarewsky, Nachrichten von der Kgl. Ges. der Wissensch. zu Göttingen 12. Juni 1872.

Löwenberg, „Ueber die nach Durchschneidung der Bogengänge etc.“ Archiv für Augen- und Ohrenheilkunde, III, (1873).

Cyon, „Die Function der halbkreisf. etc.“, Pflüger's Archiv, VIII, p. 306, (1873).

Mach, Versuche über den Gleichgewichtssinn. Sitzungsberichte der Wiener Academie Bd. 68, Abth. 3, (Nov. 1873).

Derselbe. „Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen“, Leipzig 1875.

Breuer, Wiener med. Jahrbücher 1874 und 1875.

Crum Brown, Journ. of Anat. & Physiol. Vol. 8. (1874).

Böttcher, Archiv f. Ohrenheilkunde. N. F., III, S. 1. (1874).

Berthold, ebenda S. 77.

Curschmann, Archiv f. Psychiatrie etc. V. (1874).

Exner, Sitzungsber. der Wiener Academie, Bd. 70, Abth. 3, (Juni 1874).

Stefani, Lo Sperimentale, Mai 1875 und Decbr. 1876.

Bornhardt, Pflüger's Archiv XII, 471 (1876).

Michalsky, Inauguraldissertation, Greifswald 1876.

Cyon, Methodik der physiol. Experim. etc. Petersburg und Giessen 1876.

Derselbe. Gazette méd. 1876, No. 17: „Les rapports physiol. etc.“.

Derselbe. Recherches expériment. sur les fonctions des canaux semicircul. Thèse. Paris 1878.

Stefani u. Weiss, Ricerche anatomiche intorno al cervelletto di colombi sani ed operati nei canali semicircolari; Mittheilung an die Academie in Ferrara, 24. Nov. 1877.

Es gibt in der ganzen, heute so viel bewegten, Nervenphysiologie meines Erachtens wenige Thatsachen, welche so überraschend und Interesse erregend, zu Deutungsversuchen auffordernd sind, wie die Folgen experimenteller Eingriffe an den halbkreisförmigen Kanälen des Ohres. Fast unbegreiflich erscheint es daher jetzt, dass nach der ersten Beschreibung dieser Erscheinungen durch Flourens (11. Aug. 1828) die Literatur über diesen Gegenstand einige Jahrzehnte hindurch fast vollständig ruhen konnte. Die einzelnen Publikationen darüber blieben wenig beachtet, bis Goltz im Jahre 1869 durch seine Demonstration in Innsbruck und nachfolgende Abhandlung das Interesse für die Sache anfachte und so den Anstoss zu einer ganzen Reihe der ausgiebigsten Untersuchungen über den Gegenstand gab. Manche der Untersuchenden wurden noch mehr als durch die beschriebenen Experimente durch einen beobachteten Fall von Menière'scher Krankheit zu den eigenen Versuchen angeregt. So ging es auch mir. Als der, leider nur kurz beobachtete Fall, sich mir präsentirte, stellte ich die Versuche an Tauben an, zunächst nur zu eigener Unterrichtung. Nach und nach, durch das Interesse an einzelnen noch dunkleren bzw. streitigeren Punkten weitergeführt, wurden daraus Reihen solcher Versuche, und nun erst wurde, da mir manches noch von allgemeinerem Interesse zu sein schien, das Ganze zur Veröffentlichung bearbeitet. So kommt es, dass meine ersten Experimente einige Jahre zurückdatiren.

Die galvanische Reizung der einzelnen Kanäle fand ich in der mir zugänglichen Literatur nur sehr wenig besprochen. Bert-

hold's Methode hatte keine sehr bemerkenswerthen Resultate ergeben. Ich war um so begieriger auf die Erfolge einer andern Methode, als ich früher schon am Kaninchen, und nun auch an der Taube die Querdurchleitung galvanischer Ströme durch den Kopf in mannigfacher Variation ausgeführt hatte und die Hoffnung hegen durfte, wenigstens bezüglich des Ortes, des Organes, durch dessen electriche Beeinflussung hierbei jene bekannten, bezüglich der Entstehungsweise und des Entstehungsortes noch ganz unenträthselten Neigungen und Umwälzungen erzeugt werden, etwas Näheres zu erfahren. Die in dieser Richtung erhaltenen Resultate sind im II. Theile besprochen, ich möchte mir indessen weitere Erörterungen über diesen Punkt für eine andere Arbeit vorbehalten.

Meine Versuche an den Kanälen sind sämmtlich an Tauben angestellt, welche wohl das geeignetste Versuchsobject abgeben. Im Ganzen an 53, von denen einige allerdings bei den ersten Versuchen an Blutungen rasch zu Grunde gingen. Solche Blutungen aus den den Kanälen unmittelbar anliegenden Gefässen zu vermeiden, gelingt nach einiger Uebung gut, sehr schwierig aber fand ich die Vermeidung (starker!) Blutung aus dem einen dieser Blutleiter da, wo er dicht an oder selbst in der äusseren Knochenplatte verläuft. Hier ist dessen Verletzung zur Blosslegung der hinteren Hälfte des horizontalen und der unteren Hälfte des querverticalen Kanales fast immer unvermeidlich. Es muss dann vor der Läsion des Knochens mittelst des Thermokauter, oder auch nur eines an der Spiritusflamme erhitzten stumpfen Nagels (langsam!) verödet werden. Sein peripherer Verlauf geht parallel der von aussen durchföhlbaren Knochenleiste, $2\frac{1}{2}$ —3 mm unter derselben, quer über den hinteren Theil des horizontalen und den unteren Theil des querverticalen Kanals. Die Blutleiter an den Kanälen lassen sich während des Operirens an den letzteren leicht schonen, nur bei jungen Thieren nicht, die sich dieserhalb und aus anderen Gründen gar nicht zu Versuchen eignen, wie schon Curschmann hervorhob.

Ein spitzes und ziemlich schmales, aber doch starkes Messer fand ich auch als das geeignetste Instrument für die gesammte Operation. Es ist damit nach einiger Uebung nicht schwer, die sämmtlichen Kanäle fast oder ganz bis an ihre Enden zu öföfen, ohne alle Nebenverletzung. — Durchtrennungen der knöchernen,

häutigen Bögen mit einer Scheere halte ich nicht für gerathen. Abgesehen davon, dass dabei die Mitdurchschneidung des Blutleiters viel schwerer zu vermeiden ist die Durchtrennung des häutigen Bogens hierbei jedenfalls auch die schonendste nicht. Es kann kaum anders als durch die stärkere Verletzung hierbei erklärt werden, dass einige Beobachter nach solchen Durchschneidungen viel intensivere und länger dauernde Folgeerscheinungen beobachtet haben als z. B. Curschmann und Andere, unter denen auch ich.

Sonstige anatomische oder technische Vorbemerkungen sind heute wohl überflüssig. In erster Beziehung sei besonders auf die Beschreibungen von Schklarewsky, Breuer, Cyon und Böttcher hingewiesen.

Nur eines möchte ich bezüglich der Bezeichnung der Kanäle bemerken. Die Unterscheidung der beiden Verticalkanäle jeder Seite in den „oberen“ und „unteren“ (Flourens) sagt gar nichts über deren Richtung und schliesst selbst Missverständnisse nicht aus, da keiner während seines ganzen Verlaufes über dem anderen liegt. Cyon unterscheidet mit Breschet die Kanäle als „vorderen“ und „hinteren“. Bedenkt man, dass der eine Kanal (der in der Längsrichtung des Kopfes verlaufende) in seinem vorderen Theile vor, in seinem hinteren hinter dem anderen Verticalkanale liegt, so erscheint diese Unterscheidung gar nicht acceptabel. Die Unterscheidung eines „inneren“ und „äusseren“ Verticalkanales (Böttcher) lässt wenigstens kein Missverständniss zu. Mehr bezeichnend noch ist aber entschieden die Breuer'sche Benennung: „sagittaler“ und „frontaler“ Verticalkanal. Am allerpraktischsten scheint es mir, weil kurz und vollkommen bezeichnend, dieselben „Längs-“ und „Quer-Verticalkanal“ zu nennen, „canalis verticalis longitudinalis“ und „canalis vertic. transversalis“, und habe ich diese Bezeichnungen deshalb im Folgenden angewendet.

Dass meine Versuche an den Kanälen und die gewonnenen Resultate nicht ganz die gleichen sind wie die von den oben angeführten zahlreichen Forschern berichteten (sowenig wie diese sich ganz decken), bedarf wohl im Voraus nicht der Erwähnung. Es würde ja sonst eine ausführliche Veröffentlichung derselben zwecklos und unterblieben sein. Eine Zeit lang dachte ich daran, blos die Unterschiede meiner Beobachtungen von den bereits veröffentlichten anzuführen, eine methodische Beschreibung meiner

Versuche zu unterlassen. Aber ich fand bei dem Versuche hierzu, dass die Arbeit dann viel mehr den Charakter einer Kritik als eines Experimentes bekommen müsste und ausserdem dass, weil es so verschiedene Resultate vieler verschiedenen Experimente vergleichend zu berücksichtigen galt, von Raum-Ersparniss kaum würde die Rede sein können. Ich zog deshalb doch die einheitliche Beschreibung vor und beschränkte die kritischen Vergleiche auch im II. Abschnitte, bei den Deutungsversuchen, aufs Möglichste. Schon in den ersten Zeilen hätte ich sonst z. B. hervorheben müssen, dass ich nach einfachen Eröffnungen der knöchernen Kanäle stets entschieden positive Symptome erhielt, während Bornhardt u. A. keine beobachteten u. s. w. Der an und für sich schon bedeutende Umfang der Arbeit wäre ohne diese Beschränkung noch sehr beträchtlich gestiegen.

Am allerbeträchtlichsten aber wäre solche Steigerung geworden, wenn ich hätte die zahlreichen und grossentheils auch umfänglichen Operations- und Krankengeschichten, welche den folgenden Symptombeschreibungen zu Grunde liegen, den letzteren vorausgehen lassen. Ich darf darum wohl nur versichern, dass jeder einzelnen Symptombeschreibung eine sorgfältige Zusammenstellung der einschlägigen Operationen und Krankengeschichten zu Grunde gelegt worden ist, und daraus das Facit gezogen, ohne einer vorgefassten Meinung (welche beim vorgängigen Studium anderer Arbeiten wohl selten ganz ausbleibt) dabei Concessionen zu machen.

Die Trennung der Beschreibung ganz „reiner“ Kanalverletzungen (resp. deren Folgen) von den mit Blutungen und irgend welchen anderen Nebenverletzungen complicirten fand ich absolut nothwendig. Man kann höchstens die Frage aufwerfen, ob nicht ausschliesslich die Beschreibung der ersteren zu geben, ob die der letzteren nicht überflüssig sei. Ich habe mir die Frage auch wohl vorgelegt, doch glaubte ich, sie verneinen zu müssen. Einmal kommt es mir vor, als ob die bei letzteren beobachteten Erscheinungen doch auch reichliches Interesse böten, und dass die eine oder andere ein weiteres Nachgehen (in späteren Untersuchungen) wohl verdienen möchte, dann aber dienen sie auch gewiss dazu, das Verständniss einzelner früheren Beschreibungen der Folgen der Kanalverletzungen uns näher zu rücken.

Zu den „unreinen“ Experimenten sind natürlich auch die

Fälle gerechnet, in denen, ohne dass bei der Operation aussen eine wesentliche Blutung stattgefunden hätte, sich bei der Section Blut auf der Oberfläche von Gross- oder Kleinhirn, bezw. deren Häuten, fand. Dass bei den „reinen“ Fällen keine Kleinhirnläsionen vorhanden waren, wurde, ausser durch die Section und noch vor ihr, und in mancher Beziehung noch sicherer, durch das Fehlen aller motorischen Störung bei den Thieren nach vollkommener Präparirung der Kanäle erwiesen, nach welcher die Operation mit aller Sicherheit nur auf die betreffenden Kanäle zu beschränken ist. Dass auch der Schklarewsky'sche Fortsatz (*aquaeductus vestibuli* nach Bornhardt) nicht verletzt war, bewies, mit Wahrscheinlichkeit wenigstens, das Fehlen der Trägheit der Thiere, welche, besonders nach den anatomischen Auseinandersetzungen von Weber—Liel (*Virchow's Archiv* Bd. 67, S. 207 ff), zusammengehalten mit den Resultaten des absichtlich gesetzten Ausfliessens der Endolympe, nach seiner Verletzung, in Folge Ausfliessens der Endolympe, wohl zu erwarten wäre. Von einer etwaigen Verletzung des *aquaeductus cochleae* liesse sich, nach den sehr geringen Folgen der directen Kanal-Eröffnung (in Folge Ausfliessens der Perilymphe dadurch) kaum eine merkbare Bewegungs-Verminderung, noch weniger sonstige Bewegungsstörung, erwarten.

Dass ich bei meinen Tauben nicht ein einziges Mal Erbrechen beobachtet habe, wie die meisten Experimentatoren dies erwähnen, weiss ich mir nicht anders als damit zu erklären, dass meine Thiere meist eine Zeit lang vor der Operation kein Futter bekommen haben mochten. Möglicherweise ist von einigem Einfluss auch der Umstand gewesen, den Böttcher angibt, dass nach Verletzung des vorderen Theils des horizontalen und des oberen Theils des querverticalen Kanals nach seinen Beobachtungen nie Erbrechen eintrete. In einer grossen Zahl der Fälle habe ich hier, wenigstens im Beginn, operirt.

Indem ich mich nun dem speciellen Theil der Untersuchungen zuwende, bemerke ich nur noch, dass in einem I. Theile die Versuche selbst gegeben werden sollen, in einem II. Theile deren Deutung versucht.

I. Theil. Experimente.

1. Einfache Eröffnung der knöchernen Kanäle.

Nach der einfachen, punktförmigen Eröffnung eines jeden der 3 Kanäle einer Seite (es scheint einerlei welches), sieht man zunächst ausnahmslos eine Verminderung der Fluglust, zuweilen auch deutlich der Lust zum Laufen, eintreten. Eine gesunde Taube fliegt, wenn man sie treibt, immer in aller kürzester Frist auf, solche mit einem eröffneten Bogengange lassen sich minutenlang auf dem Zimmerboden herumtreiben, und sie bleiben auch, wenn man sie auf einen Finger gesetzt hat und nun die betreffende Hand rotirt, auf demselben, fortwährend (gut) balancirend, sitzen (während jede gesunde alsbald davon wegfliegt), oder sie kriechen in Folge des Schüttelns und Drehens von der Hand weg, längs des Armes bis zur Schulter herauf. — Diess Nichtfliegen dauert indess selten über, meist unter 5 Minuten lang an.

Wie erwähnt, zeigt sich aber auch die Neigung zum Laufen, zur Bewegung überhaupt also, in den ersten Minuten nach der Eröffnung meist deutlich vermindert. Die Thiere bleiben, wenn man sie sich selbst überlässt, nach dem Loslassen fast immer ruhig sitzen, oder streben doch nur der nächsten Wand oder Ecke zu. Nach kurzer Zeit laufen sie (auf Antrieb) stets wieder sehr flink, doch kann man dabei ein leichtes Einknicken eines Beines nicht ganz selten bemerken. Jagt man die Thiere stärker, so zeigen sie mitunter (keineswegs immer) auch etwas Neigung, ihre Umdrehungen beim Laufen immer nach der Seite der Verletzung zu bewerkstelligen. Wo letztere Erscheinung vorhanden, ist sie es immer nur sehr kurze Zeit. Auch das zeitweilige leichte Einknicken (meist auf der verletzten Seite) bei dem (flinken) Laufe geht immer bald vorbei. Die deutlichste und dauerndste Erscheinung, die Verminderung der Bewegungslust, ist ebenfalls selten nach 15 Minuten noch nachzuweisen.

Zur Sicherung darüber, dass die geschilderten Erscheinungen Folge der Eröffnung des Kanales, nicht Folge des zur Blosslegung der Kanäle schon nöthigen chirurgischen Eingriffes seien, wurden die Thiere in allen Fällen, (auch vor den später zu schildernden stärkeren Eingriffen), vor der Eröffnung eines Kanales, nach

erfolgter vollkommener Präparirung, einmal freigelassen. Im ersten Momente war dann allerdings einige allgemeine Unsicherheit an den Thieren zu bemerken, aber dieselbe verging (trotzdem die Thiere öfter lange und fest gebunden gewesen waren, während sie es bei den nun folgenden Eingriffen an den Kanälen meist gar nicht mehr, höchstens nur auf Momente wurden), doch immer schnell und vollkommen. Nach 1 Minute schon waren die Thiere immer wieder genau wie vorher in ihren Bewegungen. Zuweilen war eine Störung der letzteren — die Wirkung offenbar des Bindens und des Shock's, kurz gesagt — gar nicht recht deutlich.

Sind die Thiere erst wieder aufgefliegen, so fliegen sie auch wieder vollkommen gut. Zu wiederholtenmalen klammerten sie sich dann an dem Thürsimse minutenlang fest, wozu zweifellos eine recht vollkommene Herrschaft über die Muskulatur gehört. Nur war es einigemal auffällig, dass sie nach solcher besonderen Anstrengung doch etwas plump wieder zur Erde herabkamen.

Hat die Eröffnung des Kanals, die Blosslegung des häutigen Bogens also, in ziemlich grosser Ausdehnung stattgefunden, so sind die Erscheinungen auch im Allgemeinen etwas deutlicher, insbesondere ist nicht selten vorübergehende Tendenz zur ausschliesslichen oder doch vorzugsweisen Umdrehung nach der verletzten Seite bemerkbar.

In den Folgen der Eröffnung mehrerer Kanäle (einer Seite) ist ein wesentlicher Unterschied nicht zu verkennen je nachdem man die Eröffnungen unmittelbar hintereinander oder nach mindestens 5 Minuten langen Pausen bewerkstelligt. Oeffnet man zwei oder gar die drei Kanäle in einem Zuge, so sind die Folgeerscheinungen zunächst ziemlich auffällig. Die Thiere suchen stets sofort, von jedem Platze aus, den man ihnen gibt, die nächsten Ecken auf; sie wollen absolut nicht von der bewegten Hand bzw. dem Arme, herunterfliegen; sie fliegen, in die Luft geworfen, immer direct auf den Boden, zuweilen selbst nicht sehr geschickt, und drehen sich, gejagt, zunächst deutlich nur nach der verletzten Seite um. (Letztere beide Symptome beobachtet man wenigstens fast immer nach Eröffnung der drei Kanäle in einem Zuge).

Oeffnet man die Kanäle einer Seite dagegen in 5—15 Minuten langen Zwischenzeiten, so ist manchmal kaum die Einbusse in der Bewegungslust und Bewegungsgeschicklichkeit recht deutlich, — allerdings selbstredend bei genauen Vergleichen mit gesunden

Thieren immer zu constatiren. Die Thiere fliegen z. B., wenn man sie durch das Zimmer treibt, nie mehr so häufig auf wie gesunde, auch wenn sie dann, im Nothfalle, noch bis an die (hohe) Zimmerdecke fliegen können.

Werden, nachdem die drei Kanäle einer Seite eröffnet waren, nach 10—15 Minuten langer Pause auch die drei der anderen Seite nach und nach eröffnet, so können die Thiere zwar immer noch ziemlich schnell und geschickt laufen, auf der gedrehten Hand ziemlich gut balanciren, aber man sieht sie nun doch beim Laufen des Oefteren einknicken; sie fliegen ausserdem nun in den ersten 5—15 Minuten, auch beim stärksten Treiben, nicht vom Boden auf, und kommen, in die Luft geworfen, ziemlich plump auf ersteren herab, halb fliegend, halb fallend. — Nach $\frac{1}{4}$ Stunde sind alle diese Erscheinungen freilich stark zurückgetreten, doch sah ich die Beweglichkeit einer gesunden Taube nicht wieder vollkommen eintreten — vielleicht aber nur deshalb, weil sich später immer secundäre Veränderungen an den Kanälen hinzugesellten.

2. Längsschnitte durch einen häutigen Bogen oder durch mehrere derselben Seite.

Dem erstbesprochenen, geringsten Eingriffe im Effecte am nächsten stehend ist das Durchstechen (mit einem ganz spitzen Messer) eines häutigen Kanals in seiner Längsrichtung (also so, dass die Fläche der Klinge in der Längsrichtung des Kanales steht). Mit und ohne Zuhülfenahme der Lupe ist dieser Eingriff leicht auszuführen. Die Spitze des Messers, welche durch den häutigen Kanal durchgedrungen ist, stösst man unten wieder fest gegen den knöchernen Kanal, und kann so den häutigen, ohne Continuitätstrennung, sogar in fast beliebiger Länge, (bis auf die äussersten Enden), durchschneiden.

Constant sieht man — was nach allen Eingriffen an den Kanälen die zuerst auftretende und (wo überhaupt) zuletzt verschwindende Erscheinung ist — eine deutliche Verminderung der Neigung zum Flug. Die Thiere fliegen wohl, wenn man sie fortwährend treibt, schliesslich auch einmal auf, aber ihr Fliegen ist dann auch nicht mehr so geschickt und nicht mehr so ausdauernd wie vorher; nach kurzer Zeit kommen sie, meist sogar etwas

plump, halb fallend, wieder zur Erde. Der Lauf ist dagegen immer noch sehr behende.

Zuweilen, aber in der Minderzahl der Fälle, beobachtet man sofort nach dem Schnitte beim Laufen eine Vorliebe zur Umdrehung nach der verletzten Seite. Stets ist sie aber sehr bald verschwunden. Nach ihrem Verschwinden scheint zuweilen sogar — wie auch nach den stärkeren Verletzungen der Kanäle manchmal — kurze Zeit hindurch Vorliebe zur Umdrehung nach der entgegengesetzten Seite vorhanden zu sein.

Die Balance auf dem bewegten Finger und der Stuhllehne ist stets vorzüglich geblieben. Ueberhaupt sieht man diese Fähigkeit — ein für allemal sei diess hier bemerkt — erst sehr spät, d. h. erst nach sehr schweren Eingriffen, verschwinden, lange nach dem Auftreten vieler anderen bedeutenden Motilitätsstörungen. Die Thiere gebrauchen bei diesem Balanciren — so scheint mir das Factum sich leicht zu erklären — nicht nur die Beine, sondern auch die Flügel. Dadurch können sie sich selbst bei gestörter Coordination der Bewegungen halten. Ganz besonders leicht ist dies ihnen bei fortwährender und ziemlich gleichmässiger Bewegung vom Finger oder Stuhl, weil dabei die Flügel fortwährend ausgebreitet bleiben, während bei ganz langsamer, bei der sie die Flügel nicht ausbreiten, ihr Schwanken immer bedeutender ist, ebenso natürlich bei nur zeitweiliger, ruckweiser Drehung.

Die Längsdurchschneidung eines ganzen Kanales (excl. die Enden) ist in mathematischer Linie begreiflich nicht zu bewerkstelligen, wenn auch sicher ohne Continuitätsverletzung. Die Folgeerscheinungen dieses Eingriffes sind (— vielleicht besonders aus ersterem Grunde? —) immer sehr viel deutlicher, als die der Längsdurchschneidung an beschränkter Stelle. Die Thiere fliegen überhaupt nicht mehr so hoch wie früher, sind beim Laufen ein wenig unsicher, kippen, besonders in den ersten Minuten, dabei des Oeffern nach vorn oder nach einer Seite, wenn auch nicht vollständig, um. Doch laufen sie noch flüchtig und eine vorwiegende Umwendung nach einer Seite ist auch hier in der Mehrzahl der Fälle noch nicht deutlich. — Alle Störungen werden nach 5—10 Minuten immer wieder viel geringer.

Durchschneidet man nun auch den zweiten Kanal derselben Seite der Länge nach, so nimmt die Unsicherheit des Thieres zunächst deutlich wieder etwas zu. Im Fluge erhebt es sich nun

auch nach einiger Zeit überhaupt nicht mehr über ca. $\frac{5}{4}$ Meter; es nimmt nun beim (raschen) Laufen gewöhnlich die Flügel zu Hilfe und knickt dennoch öfter ein.

Nach Längsdurchschneidung auch des dritten Kanals sah ich die Thiere zunächst sehr unsicher, beim Laufen nach allen Seiten überkippend, dadurch kaum vorwärts kommend. Nach wenigen Minuten liefen sie indess auch wieder ganz erträglich und flogen in der Folge auch wieder ca. $\frac{5}{4}$ Meter hoch auf. Die frühere Behendigkeit erlangten sie aber nicht vollkommen mehr wieder, z. B. blieben sie stets ungleich leichter zu fangen, als gesunde Thiere.

3. Querdurchschneidung eines häutigen Bogens oder mehrerer Bögen, auf einer Seite oder auf beiden.

Die Querdurchschneidung eines häutigen Kanals, ohne Durchschneidung des knöchernen (nach der ohne alle Nebenverletzung und mit der oben geschilderten Wirkung bewerkstelligten Eröffnung des letzteren und damit Blosslegung des ersteren) sieht man immer von denselben Erscheinungen gefolgt wie einen mässigen Längsschnitt in einen derselben, nur sind dieselben meist etwas ausgeprägter, selbst wenn der Längsschnitt grösser war als der Querschnitt sein kann.

Zunächst wird die Fluglust immer auffällig vermindert. In den ersten paar Minuten zeigten die Thiere ausserdem meist (nicht immer) etwas Unsicherheit auf dem Boden, knickten dann öfter beim Laufen ein, zeigten wohl auch vorübergehend etwas Neigung, sich beim Laufen oder Fliegen nur nach der einen Seite umzudrehen. Meist war diess dann nach der Seite der Verletzung, indessen muss doch hier noch einmal erwähnt werden, dass nach all den bis jetzt besprochenen (geringeren) Verletzungen an den Kanälen zuweilen — immer nur für kurze Zeit — auch eine Drehneigung nach der gesunden Seite hin beobachtet wurde, ohne dass es mir bis jetzt gelungen wäre, die Bedingungen dafür formuliren zu können. Besonders häufig schien mir die Erscheinung nach Verletzung des Horizontalkanales¹⁾. So sah ich zwei mal, dass

1) Der Raumersparniss halber bitte ich, weiterhin für „Horizontalkanal“ nur „H. K.“ setzen zu dürfen, u. ebenso für „Längsvertikalkanal“ nur „L. V. K.“ und für „Quervertikalkanal“ „Q. V. K.“.

nach Eröffnung des Q. V. K. (unten) Drehneigung nach der verletzten Seite aufgetreten war, nach Durchschneidung nun auch des H. K. (derselben Seite) die Thiere wieder mehr gradaus gingen, ja sogar kurze Zeit vorwiegend nach der gesunden Seite sich umdrehten.

Diese Erscheinung wurde nach Verletzung jedes Bogens einzelnemale beobachtet, ist besonders einigemale auch nach der des L. V. K. notirt. In etwa der Hälfte aller betr. Fälle wurde zuerst nach der Verletzung deutliche, ja unüberwindliche Drehneigung nach der verletzten Seite beobachtet, dann erst, für ganz kurze Zeit, solche nach der anderen (wie schon sub 2 erwähnt wurde). Es liegt, wie mir jetzt scheint, gar nicht fern, anzunehmen, dass in allen Fällen erst Drehneigung nach der verletzten Seite bestanden habe und nur aus äusseren und zufälligen Gründen manchmal nicht beobachtet worden sei.

Darf man hier gleich — dem II. Theile vorgreifend — eine erklärende Hypothese — mit aller Reserve — wagen, so wäre es die, dass durch die Durchschneidung Schwindelgefühl, und hierdurch die Bewegungsneigung nach der verletzten Seite gesetzt werde, und dass mit dem Aufhören dieses Gefühls momentan sich ein Bewegungstrieb nach der entgegengesetzten Seite geltend machen könne. — Die Thatsache des Schwindels und eines ziemlich plötzlichen Aufhörens desselben vorausgesetzt, lassen sich dann für die Annahme Analoga aus der menschlichen Pathologie geltend machen.

Die beschriebenen Effecte treten auf nach Durchschneidung des einen wie des anderen Kanales. Auch recht deutliche Unterschiede der Folgen je nach der Durchschneidungsstelle am einzelnen Kanale konnte ich bei meinen — allerdings in der Richtung gerade nicht sehr zahlreichen — Versuchen nicht constatiren. Mit einer Ausnahme vielleicht: am wenigsten nämlich sah ich nach den Durchschneidungen am obersten Ende des Q. V. K., es ist hier immer nur eine ganz geringe Abnahme der Fluglust notirt.

Nach Durchschneidung von zwei Kanälen (einer Seite¹⁾) fliegen die Thiere, gejagt, entweder gar nicht mehr oder nur sehr wenig hoch auf, geworfen aber noch ganz gut zu Boden; ihr Laufen

1) Für diese 2 Worte werde ich fortab die Abkürzung „1 S.“ gebrauchen.

ist sofort, oder nach ganz kurzer Zeit wieder, ein ganz gutes, rasch und gewandt, eine vorwiegende Umdrehungsrichtung dabei meist nicht deutlich. Balance auf Finger und Stuhllehne immer ausgezeichnet.

Wenn man alle Kanäle einer Seite in einer Sitzung durchschneidet, so sieht man unmittelbar nach dem Durchschneiden des dritten (selten auch schon angedeutet nach der Verletzung des zweiten) einige zuckende Kopfbewegungen, von deren Richtung sich nur aussagen lässt, dass sie nach der operirten Seite hingeht. Darauf zeigt sich zunächst immer gänzlich verlorene Flugneigung, eine mehrweniger beträchtliche Unsicherheit in den Bewegungen der Thiere auf dem Boden, meist deutlich in erster Linie das Bein oder die ganze Körperhälfte der Operationsseite betreffend. Endlich Bogenlaufen und Umdrehung beim Laufen nur nach der verletzten Seite; zum Bogenlaufen und Umdrehen nach der andern Seite sind die Thiere gar nicht zu bringen. Nach 5 Minuten schon sieht man sie aber wieder gradaus gehen, ja sie drehen dann auch zuweilen kurze Zeit nur nach der entgegengesetzten Seite um. Immer nur kurz, dann drehen sie entweder wieder nach der verletzten Seite oder nach keiner mehr vorwiegend. — Von Auffliegen ist zunächst keine Rede, höchstens nach Stunden sieht man Versuche hierzu, die nicht glücken.

Wenn man nach Durchschneidung der 3 Kanäle 1. S. auch noch einen (beliebigen) Kanal der andern Seite durchschnitten hat, so wird die Unsicherheit der Thiere dadurch auffällig viel mehr gesteigert, als sie es vorher immer, in Folge der Durchschneidung eines weiteren Kanals derselben Seite wurde. Von Fliegen ist gar nicht mehr die Rede, die Thiere laufen wenig und ungern, suchen hartnäckig eine Wand, und noch lieber eine Ecke auf. Ohne Ausnahme wird unmittelbar nach der Durchschneidung auch eine Anzahl ausgiebiger Bewegungen des Kopfes beobachtet, fast nie von deutlich bestimmbarer Richtung, immer bald, meist in einer nach Secunden zählenden Zeit, aufhörend. Nur bei heftiger psychischer Erregung (Angst) treten die Bewegungen in der Folge noch, meist noch nach Viertelstunden, wieder für kurze Zeit auf.

Nach Durchschneidung eines weiteren Bogengangs der zweiten Seite sind all diese Erscheinungen, — Unsicherheit, Bewegungsunlust, Kopfpendeln — stärker, bezw. auch von längerer Dauer.

Nach Durchschneidung aller häutigen Kanäle beiderseits (immer nach Pausen ausgeführt!) wurde zunächst constatirt: Sehr grosse Unsicherheit, häufiges vollständiges Umkippen der Thiere (beim Gehen) nach vorn und nach den Seiten. Ferner eine sehr frappante Agoraphobie: die Thiere sind durch kein Treiben mehr dazu zu bringen, durch die Mitte des Zimmers zu marschiren, sie halten sich wirklich „krampfhaft“ dicht an der Wand, und suchen, gewaltsam entfernt, dieselbe stets sofort auf dem nächsten Wege wieder auf. Diese Erscheinung war bei keiner anderen Versuchsanordnung so hervortretend. (Bei noch stärkern Verletzungen allerdings wahrscheinlich nur deshalb nicht, weil danach die Thiere, noch unsicherer, überhaupt keine Wege mehr zurücklegen, keinen entfernten Platz sich erküren.) — Auf eine Seite gelegt, blieben die Thiere einigemal Secunden- bis Minutenlang liegen. Von Auf-fliegen war natürlich keine Rede, in die Luft geworfen kamen sie, halb fallend, halb fliegend, direct zur Erde nieder. Auf Finger und Stuhllehne zu balanciren vermochten sie dagegen, nach einigen Minuten wenigstens, vollkommen gut.

Die Unsicherheit der Thiere nimmt, wie immer, nach einigen Minuten ab. Es bleibt dann aber noch eine gute Dosis übrig. Diese schwindet erst nach Wochen und Monaten wesentlich. All-mälig laufen die Thiere dann wieder ganz flink, picken ihre Nah-rung wieder geschickt auf (was sie zunächst absolut nicht mehr können), nur eine gewisse Hastigkeit, etwas Stossweises, ist in ihren Bewegungen nicht zu verkennen. — Die Flugfähigkeit sah ich nie wiederkehren. Trotzdem die Thiere oft viele Secunden lang hastig die Flügel schwangen, konnten sie sich nie über ca. $\frac{1}{4}$ Meter hoch vom Boden erheben.

4. Abtragung eines Stückes oder der ganzen Länge eines der häutigen Bogengänge.

Man muss zunächst als allgemeines Gesetz sagen, dass je grösser das entfernte Stück an jedem Kanale ist, um so stärkere Folgeerscheinungen auftreten. Weiterhin als zweites, dass die letzteren im Wesentlichen jedenfalls nach Verletzung des einen wie des anderen Kanals dieselben sind. Des Oeffern wollte es mir zwar scheinen, als ob in ihnen je nach der Verletzung des einen oder andern bestimmte Unterschiede vorhanden wären, allein

wiederholte Prüfungen ergaben immer wieder Zweifel, so dass ich jetzt überhaupt keinerlei Specificität zu behaupten wage, auf der andern Seite aber auch die Möglichkeit nicht absolut ausschliessen möchte, dass grössere Reihen von Versuchen nach dieser Richtung hin doch gewisse — jedenfalls wenig hervorstechende — Verschiedenheiten an das Licht bringen könnten.

Die Wegnahme von Stücken wurde immer nach Durchschneidung des Bogens an den betreffenden Endpunkten (in dem ebensoweit eröffneten knöchernen Kanäle), durch Herausheben mittelst Nadel oder Messer bewerkstelligt. Einzelnemale wurde der knöcherne Kanal dazu nur an den betreffenden Endpunkten eröffnet, an diesen Stellen der häutige Kanal durchschnitten, und das zwischen den Schnitten befindliche Stück zu einer der Oeffnungen herausgezogen.

Bei einer Wegnahme von ca. 3 mm eines beliebigen Kanals (am H. K. vorn, am Q. V. K. oben, am L. V. K. vorn) waren die Erscheinungen in einer ganzen Reihe von Fällen noch ziemlich unbedeutend. In einigen (bes. bei den Operationen am H. K.) findet sich nur eine Verminderung der Fluglust und Flug-Höhe und -Dauer notirt. Der Lauf wird ausdrücklich als gut, flink bezeichnet und vorwaltende Umdrehung nach einer Seite als weder im Flug noch im Laufe deutlich; die Balance auf Finger und Stuhllehne immer vortrefflich. In einzelnen Fällen nur wurde beim Laufen etwas Hinüberhängen des Körpers nach der operirten Seite wahrgenommen, und etwas vorwiegende Umdrehung nach derselben. Nach ganz kurzer Zeit flog das Thier auch in einem dieser Fälle wieder bis an die Decke. Gewöhnlich war dann allerdings der Flug aber nur wenige Fuss hoch. Etwas Hastigkeit im Laufen fiel öfter auf.

Auch nach Entfernung von $\frac{3}{4}$ cm (H. K. links) findet sich gewandtes Laufen notirt und Fehlen vorwiegender Umdrehung nach einer Seite. Doch zeigte das Thier eine sehr deutliche Neigung zum Sitzenbleiben, es liess sich einigemal anstossen, ehe es sich vom Platze bewegte. Balance war sehr gut. Von der Hand geworfen, flog es leidlich zu Boden. Zum Auffliegen war es zunächst nicht zu bringen, erst nach ca. 5 Minuten wieder, auch dann war der Flug sehr wenig ausgiebig, nur ca. $\frac{1}{4}$ M. hoch.

In einigen anderen Fällen dagegen (der Minderzahl) wurden bedeutendere Folgeerscheinungen auf die gleichen Operationen

beobachtet. Complication mit Blutung ist in keinem derselben notirt, aber all diese Thiere waren vorher schon anderweit an den betreffenden Kanälen behandelt worden, meist mit electricischen Strömen. Es zeigte sich dann mehrmals direct nach dem Entfernen des betreffenden Bogenstückes eine deutliche Neigung des ganzen Körpers nach der operirten Seite hin; zuweilen auch deutliches Einknicken, ja öfteres vollständiges Fallen, auf dieser (bezw. diese) Seite beim Laufen, ja einigemal selbst beim ruhigen Stehen; ausserdem auch Umdrehen ausschliesslich nach derselben. Letzteres ist aber entschieden das allerseltenste Symptom danach. Wo die Thiere fliegen, beobachtet man es meist höchstens hierbei, — wo es immer am ehesten zu Tage tritt — und beim Laufen nicht.

Fast ausnahmslos werden auch in diesen Fällen die Folgeerscheinungen nach kurzer Zeit (5—10 Min.) undeutlicher. Die Thiere werden wieder etwas sicherer, fangen wieder an zu fliegen, verlieren die Drehneigung u. s. w.

Nach Verlauf von Stunden ist, wenn nicht ein Bogen gänzlich entfernt (ausgezogen) worden war, bei ganz reinen Experimenten nur sehr schwer etwas Auffallendes in den Bewegungen des Thieres zu bemerken. Es fliegt dann fast ausnahmslos wieder leicht auf, bis an die Decke hinauf, und läuft gewandt; nur hier und da lässt sich beim Laufen für Momente doch eine Spur von Unsicherheit, ein leichtes Einknicken z. B., bemerken. Constant und deutlich ist dies nach Entfernung eines ganzen Bogens noch der Fall.

5. Abtragung von Stücken, oder der ganzen Länge mehrerer häutigen Kanäle einer Seite.

Die hiernach zu beobachtenden Erscheinungen sind in ihrer Intensität ausserordentlich viel verschiedener, als die Folgen der vorher beschriebenen Verletzungen. Die wahrscheinlichste Erklärung hierfür finde ich in dem Umstande, dass bei dem so vergrösserten Operationsfelde die Möglichkeit einer Nebenverletzung ausserordentlich gewachsen ist. Von Blutungen natürlich ganz abgesehen, denke man nur an die Mitverletzung der beiden aquaeductus oder die Gefahr des Oeffnens der Schädelhöhle bei weitem Aufbrechen des L. V. K. Zwar ist es mir in einer Reihe von

Fällen gelungen, letzteren in seiner ganzen Länge zu öffnen, und den häutigen Kanal in ihm im Ganzen herauszuheben, ohne alle Oeffnung der Schädelhöhle, — wie die Section ergab, — in anderen Fällen zeigte aber die Section, dass es doch nicht vollkommen geglückt war, oder es waren selbst schon vor ihr deutliche Nebenverletzungen gesetzt. Einzelne ganz kleine mögen vielleicht unentdeckt geblieben sein. Alle Fälle constatirter Nebenverletzung werden nachher unter den „unreinen“ Experimenten kurz beschrieben werden.

Im Allgemeinen macht man die, a priori etwas auffällige, Beobachtung, dass eine theilweise Zerstörung zweier Kanäle eher weniger als mehr Folgeerscheinungen macht, als die totale Entfernung (Ausziehung!) eines einzigen Kanales mit seinen Ampullen. Die aus dem Verlaufe der Kanäle entfernten Stücke betrugen 3—5 mm. Zu solcher theilweisen Entfernung wurden vom H. K. und dem L. V. K. fast immer die vorderen Hälften, vom Q. V. K. der obere Theil gewählt.

Ziemlich häufig schien die Ausschneidung eines solchen Stückes am zweiten Kanale gar keinen Unterschied hervorzu- bringen. Die Thiere liefen noch ganz flott, drehten sich dabei nach beiden Seiten gleich oft um. Die geringe Unsicherheit, die vorher schon zuweilen beim Laufe zu Tage getreten (Einknicken), erwies sich nicht deutlich verstärkt. Nur die Flugneigung war, namentlich gleich nach der Durchschneidung, immer noch mehr beeinträchtigt, öfters in den ersten Minuten sogar absolut aufgehoben; auch fielen die Thiere dann, geworfen, ziemlich plump zu Boden. Nach 5—15 Minuten flogen sie alle noch nicht wieder über 1 M. hoch, und im Fluge trat dann Drehung nach der verletzten Seite fast ausnahmslos deutlich hervor. — Die Unsicherheit auf den Füßen machte sich am deutlichsten immer dann geltend, wenn die Thiere sich einmal hoch aufrichteten, den Kopf in die Höhe streckten, (was operirte, noch lauffähige, Thiere stets thun, wenn man ihnen den Weg in einen Zimmerwinkel, hinter den Ofen z. B., durch ein Buch oder dgl. verstellt. Nach einigem Kopf-recken und Zaudern suchen sie das Hinderniss zu überspringen).

Am Tage nach der Operation flogen die Thiere, — wenn z. B. die obere Hälfte des Q. V. K. und die vordere des H. K. entfernt war, ja selbst noch die Kreuzungsstelle beider ausgeschnitten, — öfters wieder bis fast an die Decke, liefen rasch,

wendeten dabei nach allen Seiten um, liessen nur beim Laufen ein zeitweises leichtes Einknicken bemerken.

Sind grössere Theile des einen oder anderen Kanals entfernt, (gewöhnlich incl. einer Ampulle), so pflegt zunächst immer Drehneigung des Thieres nach der verletzten Seite auch beim Laufen vorhanden zu sein. Oefters sieht man ein solches beim Jagen selbst kleine Kreise in der Richtung beschreiben. Auch deutlichere Fallneigung auf diese Seite (in Folge Einknickens des betr. Beines) zeigt sich. Diese Erscheinungen mässigen sich immer bald nach der Operation, ganz besonders erstere. Ziemlich häufig kann man hier nun, nach ca. 5 Minuten oder etwas mehr, sogar eine, meist wieder nur wenige Minuten währende, Neigung zur Umdrehung nach der gesunden Seite gewahren; worauf wieder alle Drehneigung verschwunden, oder wieder solche nach der verletzten Seite vorhanden ist. (Vgl. S. 486 und 487). (Es sei hier voraus bemerkt, dass nach solchen Operationen die letztere Drehneigung am folgenden Tage ausnahmslos wieder vollkommen ausgeprägt ist.)

In die Luft geworfen, fliegen die Thiere bei nicht allzu bedeutender Zerstörung eines der beiden Kanäle meist ganz gut, aber stets direct, auf den Boden herab. Fliegen sie, gejagt, auf, so stossen sie ausserordentlich leicht während des (kurzen) Fluges an Tischen und Stühlen wider und, zur Erde gekommen, zeigen sie zunächst viel bedeutendere Unsicherheit als vorher.

Ist von zwei Kanälen der eine vollständig zerstört, der andere wenigstens in grösserem Umfange (einerlei welcher), so fliegt das Thier gar nicht mehr vom Boden auf. Ausserdem ist die Drehung nach der verletzten Seite meist Anfangs sehr deutlich, und bleibt es auch längere Zeit. Das Thier ist, Anfangs wenigstens, schwerer zum Laufen zu bringen und ist dabei dauernd merklich unsicher, d. h. wenn es auch wieder rasch durch das Zimmer läuft, knickt es doch etwas öfter dabei auf einer Seite (stets, nach allen Eingriffen an den Kanälen, ist dies vorwiegend auf der verletzten Seite) ein, und läuft ausserdem nicht selten mit Zuhülfenahme der Flügel. Bis es zum erstenmale (gejagt) auf fliegt, vergeht etwas längere Zeit, als wenn kein Kanal vollständig entfernt war, und die Drehung (nach der verletzten Seite) ist bei dem — nieder bleibenden — Fluge dann meist eine deutlich ausgesprochene.

Sind von allen Kanälen 1. S. je ca. 3—4 mm grosse Stücke

entfernt, so zeigen die Thiere allemal direct nach der Operation eine bedeutende allgemeine Unsicherheit, ein Taumeln nach allen Seiten. Nach wenigen Minuten laufen sie aber wieder, zuweilen (nicht immer) zunächst deutlich in Bogen oder Kreisen nach der verletzten Seite hin, und mit vorwiegendem oder ausschliesslichem Umdrehen nach derselben. Immer sieht man Bogen- bezw. Kreisdrehung im Fluge, den manche Thiere nach kurzer Zeit, wieder, bis zu ca. $\frac{1}{2}$ M. Höhe, beginnen, andere dagegen in der ersten halben Stunde noch nicht. Am folgenden Tage aber sieht man sie nach ganz reinen Operationen immer wieder fliegen, auch höher. Die Kreisdrehung nach der verletzten Seite ist dann ausnahmslos sehr ausgesprochen. — In die Luft geworfen fliegen die Thiere schon kurze Zeit nach der Operation meist leidlich zu Boden, sie fallen wenigstens nicht gar zu hart auf.

Ist die Zerstörung aber an einem der Bögen eine sehr ausgiebige gewesen, so ist das Thier in den ersten 5—15 Minuten nur schwer überhaupt vom Platze zu bringen, oder, wenn diese Periode auch rasch vorübergeht, zeigt sich sein Gang doch bedeutend verändert. Er ist nicht stetig, sondern das Thier schiesst bald da-, bald dorthinaus, am Ende des Schusses immer unter Schwanken anhaltend, oder es bewegt sich mehr hüpfend, auch in Absätzen. Das Vorwalten einer Umdreh-Richtung ist auch hier in manchen Fällen absolut nicht zu constatiren, in anderen wechselt die Richtung in der mehrfach beschriebenen Weise, in noch anderen ist und bleibt sie nach der verletzten Seite deutlich. Manche der letzteren waren aber keine völlig „reinen“ mehr, und es lastet der Verdacht hierauf deshalb auch auf den übrigen.

Auf dem Finger können die Thiere nach Ablauf der allerersten Minuten immer noch ganz gut balanciren. Das Bein der verletzten Seite scheint meist ungeschickter als das andere, es verharrt eher in einer unzweckmässigen Stellung, die man ihm gegeben, als dieses (und namentlich als das Bein einer gesunden Taube). Auffällig ist der Unterschied zwischen den beiden Beinen nie, wesentlich verminderte Kraft oder Geschicklichkeit ist nicht zu erkennen.

Nach 24 Stunden sind auch diese Thiere immer wieder bedeutend mobiler geworden. Sie fliegen ausnahmslos wieder auf und laufen stets wieder recht rasch, so dass sie oft nur schwer einzufangen sind, (— während dies $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde nach der Ope-

ration noch stets ein leichtes ist). Ihre Flughöhe kann dann 2 M. und mehr betragen. Sie stossen im Fluge aber an Tischen, Stühlen etc. leicht an (bes. beim Herunterkommen) und drehen dabei deutlich nach der verletzten Seite.

Nach Ablauf von mehreren Tagen ist letzteres immer sehr stark ausgeprägt, sofern überhaupt noch Flugvermögen vorhanden ist, was aber nur in den selteneren Fällen zutrifft, — ausschliesslich Fällen, bei denen die Section von der Oberfläche des Schädelsknochens (inneres Blatt) ausgehende, die Wunde mehrweniger vollkommen ausfüllende, gute Granulationen erwies. In solchen Fällen sieht man die Thiere nach 5 und mehr Tagen über 2 M. hoch fliegen. Sie beschreiben aber dabei, wie gesagt, stets Kreise nach der verletzten Seite und stossen ausserdem, beim Auffliegen schon, noch mehr aber beim Herabkommen, an Möbel oder Wände an. Ausserdem hängt dann immer der ganze Körper beim Sitzen wie beim Laufen nach der verletzten Seite über, und unmittelbar nach dem Loslassen aus der Hand sieht man sie dann stets eine Anzahl kleiner Kreise (auf der Erde) nach dieser Seite hin beschreiben. Endlich drehen sie auch in diesen Momenten, (nach längstens 6 Tagen), den Kopf nach der gleichen Richtung hinüber, so dass also der Schnabel nach der gesunden Seite hinübersieht, oder meist sogar — in Folge von Drehung um 180° — nach oben. Ist letztere — stets nur anfallsweise — Erscheinung recht ausgebildet, — und sie nimmt stets von ihrem ersten Auftreten ab einige Tage lang zu —, so fliegen die Thiere selten noch über $\frac{1}{2}$ M. hoch, öfter gar nicht mehr. Nie geschieht diess dann aber in den ersten Minuten nach dem Loslassen, immer erst nach einiger Beruhigung des Thieres. — Ausführlicheres, besonders über die Kopfverdrehung, siehe unten.

Zerstört man die 3 Kanäle einer Seite alle in grosser Ausdehnung oder selbst vollständig, so zeigt das Thier zunächst immer bedeutende Unsicherheit. Es geht langsam und vorsichtig, und knickt hierbei doch öfter ein. In die Luft geworfen, fällt es zunächst ganz plump zu Boden. Eine Drehneigung ist aber nicht zu bemerken, das Thier geht gradaus. Von Auffliegen ist natürlich keine Rede. — Nach ca. 10 Min. ist sein Gang etwas weniger langsam und ungeschickt geworden, es fällt, geworfen, auch nicht mehr so plump zu Boden. — Nach $\frac{1}{2}$ Stunde ist es wohl noch sicherer geworden, und wird es weiterhin noch etwas mehr, aber

die Bewegungsstörung bleibt doch eine recht deutliche. Das Thier läuft selbst nach 24 Stunden nicht wieder so rasch, dass es nicht leicht zu fangen wäre, und es knickt beim Laufen auch öfter ein. Es fliegt, wenn überhaupt, nicht mehr hoch auf. Nach längstens 5—6 Tagen tritt natürlich auch die Kopfverdrehung auf. — Erst nach einer Reihe von Wochen wird der Lauf wieder ganz flink, die Kopfverdrehung seltener. Das Flugvermögen bleibt dauernd sehr beschränkt.

6. Abtragung von Stücken der häutigen Kanäle beiderseits.

Wir haben gesehen, dass die Wirkung ausgiebiger Zerstörung an allen 3 Kanälen 1. S. nach Stunden wieder auf ein relativ geringes Mass reducirt sein kann. Es ist die Thatsache sehr bemerkenswerth, dass die Wirkungen von Durch- oder Ausschneidungen viel bedeutendere und dauerndere sind, wenn sie auf beiden Seiten, an je einem gleichnamigen Kanale, angestellt worden, als wenn man dieselbe Verletzung an 2 oder selbst 3, Kanälen derselben Seite ausgeführt angebracht.

Die Folgen von Verletzungen einzelner Kanalpaare sind schon von Flourens eingehend beschrieben, seine Angaben von anderer gewichtiger Seite bestätigt. Meine Versuche gingen nur zum kleineren Theil in der Richtung.

Frappant ist nach Operationen auf der einen Seite die Wirkung schon des leichtesten Eingriffes auch auf der zweiten Seite, (während wir sahen, dass ein selbst bedeutender Eingriff an einem weiteren Kanale derselben Seite oft kaum wahrnehmbare Erscheinungen macht). Wenn z. B., selbst in Folge von Eingriffen an allen 3 Kanälen 1. S., vorwaltende Umdrehung nach dieser Seite, ja selbst Bogen- oder Kreislaufen nach derselben, aufgetreten war, so sieht man unmittelbar nach der Verletzung, ja mitunter sogar nach der puren Blosslegung eines häutigen Bogens der anderen Seite (besonders des Q. V. K. ?) die Drehungstendenz nach der erstverletzten Seite sofort verschwunden. Alle übrigen motorischen Störungen aber sind damit sofort bedeutend verstärkt, und bilden sich lange nicht mehr so schnell, oder überhaupt nicht so vollständig, zurück. Selbst einfache Durchschneidung eines Bogens der 2. Seite verstärkt die Unsicherheit bedeutend, ver-

nichtet das Flugvermögen, wo es noch vorhanden war, und verursacht ausserdem immer sofortige ziemlich heftige Kopfbewegungen. Nach einfacher Durchschneidung eines Kanales der zweiten Seite dauern letztere nur sehr kurz an, nach ausgiebiger Zerstörung eines solchen sind sie heftiger und länger (Minuten) dauernd.

Breuer hat solche Bewegungen zuerst: „Kopf-Nystagmus“ genannt. Für die hier in Rede stehenden Bewegungen möchte ich indess den Ausdruck nicht adoptiren, aus dem Grunde, weil er die Vorstellung regelmässiger Oscillationen involvirt, und ich hierbei eine Einheit der Bewegungsrichtung höchstens für ganz kurze Zeit (Secunden), nie auf die Dauer, habe beobachten können. Meist fand ich es sogar unmöglich, eine bestimmte Bewegungsebene oder nur Bewegungslinie anzugeben, die Bewegungen schienen mehr ein ausgiebiges Taumeln des Kopfes, als einen Nystagmus darzustellen. (Nach Verletzung nur je eines gleichnamigen Kanal-paares werden eher ziemlich regelmässige Kopfbewegungen beobachtet, und für diese besonders hat Breuer den Ausdruck gebraucht.)

Wird ein Stück eines Kanales auf der zweiten Seite entfernt, so ist die Unsicherheit des Thieres eine beträchtlich grössere, als nach einfacher Durchschneidung. Balanciren auf dem schnell bewegten Finger ist ihm zwar meist noch möglich, aber zunächst ist es einige Minuten (bis 15 u. mehr) nicht von der Stelle zu bringen, es steht dabei oft mit auseinandergespreizten Beinen, und immer macht es unmittelbar darnach mehrere Min. lang die erwähnten Kopfbewegungen, im Allgem. um so länger, je grösser das entfernte Kanalstück war. Haben sie aufgehört, in der Ruhe, so werden sie doch (nach Entfernung grösserer Stücke) noch eine ganze Zeit durch jede psychische Erregung, durch Anstossen, Hetzen des Thieres von Neuem hervorgerufen, sie dauern nun aber nie mehr so lange wie unmittelbar nach der Operation. War nur ein kleines Kanalstück ausgeschnitten, so verlieren sich die Kopfbewegungen nach Viertelstunden sogar ganz. Die Thiere sind dann auch wieder zu ganz leidlichem Laufen zu bewegen. (Während der Kopf-bewegung gehn sie nie vom Flecke).

Nach ausgedehnter Kanalzerstörung bleibt der Lauf sehr mangelhaft, sehr wenig ausgiebig, beschränkt sich selbst auf wenige kleine Schrittden, und auch die werden nur in Folge heftigen Treibens gemacht.

Werden auf der zweiten Seite 2 Kanäle (nach Pausen) vollständig zerstört, so sind die Erscheinungen wesentlich dieselben wie die letztgeschilderten. Die Thiere haben noch leidliche Haltung im Sitzen, marschiren auch nach einiger Zeit, aber ganz langsam, trippelnd, machen nur wenige Schrittschen und knicken auch hierbei fortwährend ein, (ohne aber vollständig umzufallen). Zuweilen sieht man beim Hetzen auch einige Kreisdrehungen, meist nicht alle nach derselben Seite, wenn aber, dann immer nach der Seite, auf der (zuerst) die sämtlichen Kanäle verletzt worden sind. — Nach 24 und mehr Stunden treten oft deutliche Zeigerdrehungen nach dieser Richtung auf, (zuweilen aber auch dann abwechselnd mit solchen nach der anderen Seite. (Näheres S. bei Besprechung der späteren Folgen der Operationen). — Im Verlaufe von Stunden nimmt die Unsicherheit der Thiere nicht wesentlich ab. Heftig getrieben, fallen sie, mit ausgebreiteten Flügeln, nach allen Richtungen. Meist treten dabei aber, statt aller Locomotion, immer noch die Kopfbewegungen auf. Das ist noch ziemlich ebenso nach 20 und mehr Stunden. In der Ruhe sitzen die Thiere fest und gerade.

Sind beiderseits alle 3 Kanäle vollständig und in einem Zuge, d. h. ohne Zwischenpausen entfernt, sind namentlich (durch Ausziehen) die Ampullen mit herausgenommen, so hat das Thier völlig allen Halt verloren. Wie nach Zerstörung des Kleinhirns, (S. unten), fällt es nicht nur von dem ruhig gehaltenen Finger herunter, sondern es kann auch auf der Erde nicht mehr ruhig sitzen, fällt dabei vielmehr nach allen Richtungen, dreht zuweilen auch Anfangs zeigerförmig nach irgend einer Seite, legt sich aber meistens nach kurzer Zeit auf den Leib. So lange dies noch nicht der Fall ist, tritt das Kopfwackeln, bei den schwankenden Körperbewegungen, ganz zurück, tritt erst in den Pausen zwischen den letzteren, noch mehr bei dem ganz Ruhigliegen der Thiere, zu Tage. Nach 5—10 Min. pflegt letzteres eingetreten zu sein. Dann dauert das Kopfwackeln noch ca. 10 Min. lang fort, und es beginnt noch nach Tagen stets (für 1 bis einige Min.) von Neuem, sobald das Thier irgendwie erschreckt wird. — Stehen kann es meist nach einer Anzahl von Stunden wieder, leidlich gut laufen höchstens nach einer Reihe von Wochen. Schleudernde, oder wenigstens ruckweise Kopfbewegungen pflegen auch dann noch vorhanden zu sein, das Laufen, noch mehr das Aufnehmen der Nahrung, noch

zu erschweren. — — Geschah die Entfernung der einzelnen Kanäle in 5 Min. oder mehr betragenden Pausen, so ist die auf Zerstörung des letzten folgende Unsicherheit nicht ganz so hochgradig wie geschildert worden.

Als eine Art Uebergang von den seitherigen Experimenten zu den im nächsten Abschnitt zu schildernden dürfte die Anführung folgenden Falles zu betrachten sein. Derselbe stellt sich als kein ganz reines Experiment dar, weil erst an den Kanälen war electricisirt worden, dabei beiderseits eine geringe Blutung aufgetreten, und endlich die Bögen nicht durchschnitten, sondern (knöcherne und häutige) von den vorher als Electroden benutzten Platindrähten waren durchrissen worden. Indessen waren vor letzterem Ereignisse doch von Blutung und Electriciren keinerlei Bewegungsstörungen zurückgeblieben, so dass die zu beschreibende Erscheinung wenigstens mit grösster Wahrscheinlichkeit auf Rechnung des rohen Durchtrennens der beiden Horizontalkanäle (und zwar in ihrer vorderen Hälfte) zu setzen sein dürfte. Das Thier stand nämlich unmittelbar nach dem Durchreissen ganz eigenthümlich da: den Kopf weit vorgestreckt, (den Hals parallel dem Boden), den Kopf zeitweise hin- und herschüttelnd. Es verharrte so, mit geschlossenen Augen, mehrere Min. lang, bis mit den Versuchen an ihm fortgefahren wurde.

Unreine Experimente.

Was unter solchen zu verstehen sei, wurde oben wiederholt gesagt. Es kommen Nebenverletzungen, wenn auch oft vor der Section gar nicht bemerkte, selbst nach erlangter Uebung im Operiren nicht ganz selten vor, (wenigstens mir), und man muss sich hüten, die Folgeerscheinungen solcher Operationen für reine Folgen der Kanalverletzungen zu halten.

(Unabsichtliche) Gehirnverletzungen zu besprechen, dürfte hier nicht der Ort sein. Dagegen scheint es mir aus in der Einleitung schon entwickelten Gründen nicht zwecklos, die Erfolge von Blutungen und Eisenchloridgebrauch hier zu schildern. Blutungen sind wenn man anfängt zu operiren häufige Complicationen, und trotz Uebung darin sind sie (z. B. beim Electriciren der Kanäle mittels umschlungener Drähte) nicht ganz zu vermeiden.

Die Effecte jeder bedeutenderen Blutung, wenn sie auch durch

Schwammstückchen ziemlich bald gestillt wurde, sind sehr bedeutend nicht nur, sondern auch ziemlich lange anhaltend. Selbst in dem erwähnten günstigen Falle wird die Dauer des Effectes, wenn die Blutung aus einem grossen Gefässe nur eine mehr als momentane war, nur selten nach Minuten, meist nach Viertelstunden, berechnet.

Eine beträchtliche Blutung setzt viel bedeutendere Erscheinungen, als die Entfernung grosser Stücke aus 2, selbst 3 Kanälen 1. S. Da dieselben bei mässigen Blutungen qualitativ dieselben sind wie nach jenen Eingriffen, so kann man das Ueberwiegen der durch die Blutung gesetzten Erscheinungen meist leicht dadurch constatiren, dass man, wenn auf einer Seite Blutung (ohne Verletzung der Kanäle) stattgefunden hat, nun auf der anderen ohne Blutung Substanzverluste an den Kanälen setzt oder umgekehrt. Man beobachtet dann, wenn die Blutung nur irgend erheblich war, die fortbestehende Herrschaft der von ihr gesetzten Erscheinungen, d. h. das Fortbestehen der Drehungsneigung nach ihrer Seite hin; (besonders deutlich natürlich dann, wenn auf ihrer Seite auch irgend eine Kanalverletzung gesetzt war).

Fast immer beobachtet man bei solcher Probe, dass jede neue Kanaldurchschneidung auf der der Blutung entgegengesetzten Seite einfach als allgemeiner Reiz wirkt, welcher die, vorher zum Stillstand gekommenen, Drehungen nach der Seite der Blutung von Neuem anfacht. Ja zuweilen bringt er Drehungen nach dieser Seite, besonders solche um die Längsaxe des Körpers, überhaupt erst zum Ausbruche. Es können dieselben sogar die Zerstörung der 3 Kanäle der andern Seite noch überdauern. In anderen Fällen sieht man dann allerdings bald nach der Durchschneidung des dritten Drehneigung nach der letztern (der Durchschneidungs-) Seite auftreten, jene Drehneigung ablösen. — Wo die von der Blutung ausgehenden Erscheinungen weniger heftig gewesen waren, gibt es wohl schon nach Durchschneidung des zweiten einen Moment, wo sie, (die ja auch abklingen!) mit den Folgen der Bogenausschneidung sich die Wage halten und dann von jeder weiteren Kanal-Verletzung ab die von letzteren ausgehenden Drehungsimpulse überwiegen.

Ohne Zweifel zwar wird durch das Hinzukommen von Kanalverletzungen (auf der zweiten Seite) zur Blutung die Unsicherheit der Thiere erhöht, allein nach starken Blutungen ist es nur schwer zu erkennen, ob zwischen den oft heftigen Körperdrehungen ein bischen Unsicherheit mehr oder weniger vorhanden ist.

Weitaus am stärksten und charakteristischsten sind die Erscheinungen nach Blutungen aus den die Kanäle begleitenden Gefässen, doch können sie auch selbst nach Blutungen aus den Weichtheilen recht ausgeprägt sein. Nach einer starken Blutung, (die mit Liq. ferri gestillt werden musste), aus den Weichtheilen sieht man die Thiere zunächst auch höchst wenig mobil, kaum vom Platze zu bringen, entschieden unsicher, zum Fluge natürlich gar nicht zu bewegen, aber — öfter Drehneigung nach der nicht-verletzten Seite zeigend. — Nach $\frac{1}{2}$ Stunde indess pflegen alle diese Erscheinungen verschwunden zu sein, die Thiere wieder völlig gut zu laufen und zu fliegen.

Die Blutungen aus den die Kanäle begleitenden Gefässen stehen zuweilen, nach minimalen Verletzungen, sehr schnell in Folge Aufdrückens eines Schwammes. (Ich vermurthe, dass in diesen Fällen eines der dünnen Knochenbälkchen fest auf die Verletzungsstelle aufgedrückt wird.) In solchen Fällen zeigt sich als Wirkung der Blutung nur ein gewisser Torpor, eine Verminderung der Beweglichkeit, vielleicht auch noch etwas Unsicherheit, — welche Erscheinungen aber nach 5—10 Min. gewöhnlich verschwunden sind. — In andern Fällen gelingt die Blutstillung erst nach längerem und wiederholtem Aufdrücken von Schwämmen, in noch anderen nur mittels Anwendung kleinerer oder selbst grosser Mengen von Liq. ferri. Mit letzterem wird noch ein neuer Factor ins Experiment eingeführt, der, wie Controlversuche (S. figd. Abschn.) ergeben, heftige, im Wesentlichen den Effecten der Blutungen gleiche, Wirkungen hervorbringt. In den zu beschreibenden Folgen starker Blutungen stecken demnach gewiss auch einige Wirkungen des dabei angewandten Eisenchlorids.

Wenn kurzerhand einer der beiden oberflächlich verlaufenden knöchernen Kanäle mitsammt seinem Inhalte und dem ihn begleitenden Gefässe durchschnitten worden ist, (und die Blutung durch Liq. fe. gestillt), so sind die Thiere sehr unsicher, zum Auffliegen zunächst natürlich gar nicht zu bringen. In die Luft geworfen, fliegen sie meist noch leidlich zu Boden, zuweilen aber auch schon recht plump. Von dem langsam gedrehten Finger fallen sie zuweilen herunter, von dem schnell gedrehten fast nie.

Bei, bzw. gleich nach, starken Blutungen aus einem Kanal-Blutleiter sind die Thiere schwer vom Platze zu bringen, höchstens

zu wenigen Schrittschen zu bewegen, bei welchen sie dann noch starkes Schwanken zeigen, ja sogar öfter abwechselnd nach vorn oder nach einer Seite, am häufigsten nach der Seite der Blutung, umfallen. Viele hängen auch beim Sitzen nach dieser Seite über. — War die Blutung geringer, die erhaltene Beweglichkeit grösser, so ist das Fallen auf die Seite der Blutung (beim Laufen) natürlich viel deutlicher. Bei sehr hochgradiger allgemeiner Unsicherheit ist es begreiflich, dass die Thiere eben nach allen Seiten ziemlich gleichmässig fallen. — Einzelnemale sieht man sie in letzterem Falle aber aus dem ruhigen Stehen nach der Blutungsseite umfallen.

Sehr häufig, so dass man es als Regel aufstellen kann, beobachtet man nach diesen Blutungen Drehneigung der Thiere nach der Blutungsseite. Da in meinen Versuchen indess häufig neben der Blutung Kanalverletzungen gesetzt waren, so könnte man diese Neigung mehr auf Rechnung der letztern zu setzen geneigt sein.

Aber die auch öfter nach den Blutungen beobachteten heftigen Kreisdrehungen nach der Blutungsseite; um den auf den Boden gestützten Kopf oder die Brust, (welche besonders unmittelbar nach der Operation, oft aber auch nach jedem Wiederloslassen aus der Hand, gesehen werden), können doch nur als Folgen der Blutung oder der Wirkung des Eisenchlorids oder beider, angesehen werden, wenn auch Kanalverletzungen vorangegangen waren. Die Wirkung des Eisenchlorids ist besonders auf blosliegende häutige Bögen eine beträchtliche (S. unten). — Es dauern diese Kreisdrehungen nie lange an. Nach 3—10 Drehungen können die Thiere meist wieder gehen, drehen dann aber, wenn sie auch grössere Strecken gradaus gelaufen sind, bei einem Hinderniss immer nach der verletzten Seite um. Es ist dabei stets deutliche Unsicherheit vorhanden, wenn die Thiere selbst auch, geworfen, leidlich zu Boden fliegen, ja selbst (zuweilen) noch $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ M. hoch auffliegen. Beim Fluge sieht man sie dann stets nach der verletzten Seite drehen.

Nach $\frac{1}{2}$ Stunde und mehr sind alle diese motorischen Störungen, nach Blutungen mit und ohne Kanalverletzung, stets bedeutend zurückgetreten. Die Thiere laufen meist wieder rasch, zeigen nur wenig Unsicherheit dabei, drehen nicht mehr nach Einer Seite, fliegen wieder ziemlich oder recht hoch auf.

Selten aber ist diese Erholung aber eine so rasche und vollständige, wenn die Thiere Rotationen um ihre Längsaxe,

nach der verletzten Seite hin, gezeigt hatten. Diese Rotationen beobachtet man nicht gerade sehr häufig, am ehesten wenn man einmal der Versuchung nachgegeben hat, die 2 oberflächlichen Kanäle, (nachdem man sie vollständig präpariert hat), mit dem Messer oder einer feinen Zange, mitsammt ihren Blutleitern abzutragen. Man hat dann ausser der ziemlich vollständigen Abtragung der 2 Bögen die doppelte Eröffnung der 2 Blutleiter gesetzt und man darf zur Blutstillung den Liq. fe. nicht sparen. Nach diesem Eingriffe geschieht es ziemlich häufig, dass die Thiere zunächst Zeigerdrehungen, zuweilen auch einmal, dass sie Rotationen um ihre Längsaxe zeigen, beides stets nach der verletzten Seite. Thiere, bei denen es gelang, die Blutung rasch zu stillen, zeigen diese Rotationen nie, laufen sogar nach kurzer Zeit ganz flink, (natürlich nicht ohne öfteres Einknicken und Fallen dabei), und fliegen, geworfen, ganz gut zu Boden.

Besonders stark, nicht selten aber auch besonders rasch vorübergehend, fand ich die Folgen einer kurzen Blutung aus dem den L. V. K. begleitenden Gefässe, die ohne Liq. fe.-Anwendung stand. Minutenlang präsentirte sich darnach die grösste Unsicherheit, Unvermögen, auf dem Finger zu sitzen, Drehen nur nach Einer Seite, Trippeln, ein Gang gleich dem eines auf Glatteis Gehenden, Fallen auch hierbei, endlich auch ruckweise Bewegungen des Kopfes nach der verletzten Seite und zeitweises Aufdrücken desselben auf den Boden (wie zum Einbohren). — Nach mässiger Blutung können all diese Erscheinungen sehr rasch schwinden, bezw. zurücktreten, die Thiere nach 10 Min. wieder auffliegen.

Dass gleichzeitige Kanalverletzungen die Wirkungen der Blutungen stärker, bezw. längerdauernd, machen, auch wenn sie (die ersteren) für sich allein kaum noch merkbare Störungen hinterlassen hatten, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Das nach den Kanalverletzungen vorhandene Gleichgewicht macht immer sehr den Eindruck des mit Anstrengung Aufrechterhaltenen, und es ist leicht begreiflich, dass die Blutung die compensirenden Kräfte noch schwächen oder vernichten muss.

Nur auf dieselbe Weise kann es sich wohl erklären lassen, dass man in ziemlich zahlreichen Fällen, in denen man zunächst die 3 Kanäle 1. S. entfernt hatte, erst nach Zerstörungen auch an den Kanälen der zweiten Seite heftige Drehungen nach der erstoperirten Seite — Zeigerdrehungen, oder auch selbst solche

um die Längsaxe — auftreten sieht. Jedenfalls dürfte es wenigstens die zunächst liegende Erklärung hierfür sein, dass es vorher die Intactheit der Kanäle der einen Seite dem Thier noch ermöglichte, den zur Drehung drängenden Impulsen zu widerstehen, dass letzere zu freier Wirkung kamen als diese Hemmung wegfiel.

Ruckartige Bewegungen mit dem Kopfe werden auch besonders häufig nach Operationen auf den 2 Seiten beobachtet, kommen aber auch nach einseitigen, mit Blutung und Liq. fe. complicirten, — in sehr seltenen Fällen auch ohne solche Complication —, vor.

2 Thiere sind mir nach dem Ausschneiden des Kanal-Kreuzes (i. e. die 2 oberflächlichen Kanäle sammt Gefässen), trotz der Anwendung von Liq. fe. an Verblutung zu Grunde gegangen. Sie beide machten minutenlang heftige Drehungen um den aufgestützten Kopf (nach der verletzten Seite hin), und das Bestreben, sich auf diese Seite zu werfen war selbst in der Todesmattigkeit noch deutlich. Die Section ergab keine Schädel- oder Hirnverletzung, nur die ganze Schädelwand mit Liq. fe. durchtränkt.

Nach doppelseitigen Operationen, mit Blutung auf einer Seite, beobachtet man häufig Tendenz der Thiere zum Ueberschlagen, nicht nur, wie erwähnt, (und wie am häufigsten ist) nach der zuerst (wenn auch ohne Blutung) operirten Seite, sondern auch nach vorn und nach hinten, nicht selten sogar in der Richtung wechselnd.

Eine Erscheinung endlich, die nach heftigeren Blutungen immer zu beobachten, ist eine vorwaltende Unbeholfenheit des Fusses derselben Seite. In sehr ausgesprochenen Fällen erscheint derselbe völlig gelähmt, ist dann meist ganz nach vorn gestreckt, zum Greifen absolut unfähig. In den leichteren und mittleren Fällen ist er wohl hierzu noch zu gebrauchen, es lässt sich dann, wenn man das auf den Finger gesetzte Thier von dem letzteren wieder abzieht, auch in der Kraft des Festhaltens zwischen beiden Füßen kein wesentlicher Unterschied erkennen. Allein der Fuss wird auf dem Fussboden, — noch deutlicher als nach reinen Kanalverletzungen — doch häufig etwas ungeschickter aufgesetzt (besonders zu weit nach vorn), und verharret, wenn passiv in ungeschickte Lage gebracht, in derselben leichter als der andere Fuss. — In ganz extremen Fällen von Blutung und Liq.-Gebrauch können beide Beine sogar gelähmt, dauernd vorgestreckt sein.

Von Sitzen ist dann natürlich keine Rede mehr, versucht man die Thiere auf den Finger zu setzen, so fallen sie in den meisten Fällen stets nach hinten herunter, (in einem Falle, wo links erst alle Kanäle ohne Blutung durchschnitten waren, dann rechts die 2 oberflächlichen mit starker Blutung: immer nach vorn). Die Sectionen liessen gar nicht erkennen, wovon die stete Neigung nach hinten oder die nach vorn abhängig sei. Starke Durchtränkung der Schädelknochen (bes. um das Kleinhirn) mit Liq. fand sich immer.

Langsames Rückwärtsgehen, beim Treiben oder auch ganz spontan, ganz Zurückgeneigtsitzen, (bis zur vollständigen Vertikalen), fortwährendes Aufstossen des Kopfes oder Schnabels (— vollkommen dem Aufpicken der Nahrung ähnliche Bewegungen —), rhythmische Bewegungen mit den Flügeln und Beinen bei den Kreisdrehungen um den aufgestützten Kopf, — sind noch andere bei den blutigen Operationen zuweilen beobachtete Bewegungsstörungen, deren Bedingungen dunkel blieben, bezügl. deren insbesondere dahingestellt bleiben muss, ob sie auf Rechnung der Blutungen oder des Eisenchlorids zu setzen seien. Letztere Annahme scheint vorläufig die plausiblere deshalb, weil jene Erscheinungen bei keiner, auch stärkeren, Blutung beobachtet wurden, wenn kein Liq. fe. dagegen verwendet wurde, vielmehr fast ausschliesslich da, wo die Hartnäckigkeit der Blutung ein förmliches Ausstopfen der Wunde mit Eisenchlorid-Papier nothwendig gemacht hatte.

Zuweilen beobachtet man selbst nach relativ unbedeutenden Zerstörungen an den Bögen, oder gar nur an einem Bogen sehr bedeutende allgemeine Unsicherheit oder heftige Drehneigung. Es haben sich mir in allen solchen Fällen bei der Section Blutergüsse auf oder in die Gehirnsubstanz ergeben, über oder unter die Arachnoidea am Kleinhirne oder dem Schläfe- oder Hinterhauptslappen. — Diese Blutergüsse mögen vielleicht nicht immer in derselben Weise zu Stande kommen, für die meisten Fälle, insonderheit für die Blutergüsse in die Hirnsubstanz, ist aber wohl der Gedanke an einen übermässigen Druck auf den Schädel während des Operirens am nächsten liegend.

Ein besonders interessanter Fall solch intrakraniellen Blutergusses sei hier speciell erwähnt. Die Section ergab einen Bluterguss unter die Arachnoidea an der Spitze des rechten Hinter-

hauptlappens. Beiderseits war vor der Eröffnung der Kanäle (bei ihrer Blosslegung) Blutung dagewesen und mit Liq. fe. gestillt worden. Rechts waren die Liq.-Bäusche längere Zeit auf die zwei oberflächlichen Kanäle und ihre Nachbarschaft aufgedrückt gewesen, links waren sie nur kürzer applicirt, und genau nur auf einen Kanal. Rechts war ausserdem noch der L. V. K. eröffnet. — Unmittelbar nach der Blutstillung links zeigte das Thier nun die schönsten Zeigerdrehungen nach rechts, die man sich denken kann. Im regelmässigsten Tempo gingen die Schritte. Anfangs in einem ganz langsamen, allmähig wurden sie schneller, aber stets blieb die Bewegung ein regelmässiges Ticktack. Zwischen jedem Ticktack, (dem Frischaufsetzen beider Füße), war eine bestimmte Pause, die sich nur allmähig verkürzte. — Diese Zeigerbewegungen sistirten mit einem Schlage, als der linke H. K. durchschnitten und eine dabei aufgetretene Blutung mit Liq. fe. gestillt wurde. Das Thier stand nun ruhig, hatte nur Nystagmus (der Augen) und ähnliche Bewegungen des Kopfes.

Angefügt muss noch werden, dass das Thier schon vor dieser (letzten) Kanaldurchschneidung vom Finger nach hinten herabfiel, dass dabei insbesondere der rechte Fuss vollständig unbrauchbar zu sein schien.

Viel häufiger, als die vorstehend beschriebenen schweren Bewegungsstörungen beobachtet man nach durch Blutung und Eisenchlorid complicirten Operationen, — nach denen sich dann kein Bluterguss in der Schädelhöhle nachweisen lässt, — starke, selbst unüberwindliche, Neigung der Thiere, beim Laufen ausschliesslich nach der so verletzten Seite umzudrehen. Sie sind dann oft durch gar kein Mittel zur kleinsten Wendung nach der anderen Seite zu bringen, machen z. B., in entsprechender Weise an die Wand gedrängt, eher $\frac{9}{10}$ Kreisdrehung nach der verletzten, als $\frac{1}{10}$ nach der anderen Seite. Besonders hervorstechend wird diese Erscheinung jedesmal, wenn vor der Application des Liq. fe. ein Kanal eröffnet war, so dass sie jedenfalls dessen Einwirkung auf einen häutigen Kanal (oder mehrere) hauptsächlich zugeschrieben werden muss.

Als ein höherer Grad der Drehneigung muss das ebenfalls nicht selten (vorübergehend) zu beobachtende Bogenlaufen nach der verletzten Seite angesehen werden. Selbst ziemlich kleine Kreise sieht man die Thiere beschreiben. — Einen noch höheren

krankhaften Bewegungsdrang stellen die (vorübergehenden) Zeigerbewegungen, und den höchsten endlich die Rotationen um die Längsaxe, dar.

Die 2 erstgenannten Drehneigungen pflegen immer ziemlich rasch wieder zu verschwinden. Auch die 3te (seltenere) noch, die letzte nur selten, da sie meist auf intrakraniellen Complicationen beruht.

Da, namentlich bei dem Aufbrechen des L. V. K., ein Oeffnen der Schädelhöhle nicht selten vorkommt, so dürfte es nicht ohne Interesse sein, die Folge, welche dies Oeffnen für sich allein (absichtlich gehetzt) hat, kurz zu beschreiben.

Wenn man neben dem L. V. K. mit der Spitze des Messers ein ganz kleines Knochenplättchen herauspräparirt, selbst so, dass man auch den Liq. cerebrospin. auslaufen sah, so sieht man die Thiere immer nur in ihrer Beweglichkeit eine kleine Einbusse erleiden. Sie werden mehrweniger schwer beweglich — ohne Verletzung der Dura nur ganz wenig, — immer aber verschwindet die Folge rasch, nach 10—15 Min. ist meist nichts mehr mit Sicherheit zu constatiren.

Zum Schlusse seien unter den „unreinen Fällen“ noch zwei interessante Beobachtungen angeführt. In beiden war (beide mal links), nach vorgängiger Verödung des begleitenden Gefässes durch Glühhitze, der vordere Theil des (knöchernen + häutigen) H. K. mit der Zange ausgebrochen worden. Unmittelbar darauf trat in beiden Fällen eine sehr rasch (das einmal schon nach 1, das anderemal nach ca. 3—4 Secunden) vorübergehende Verdrehung des Kopfes nach der verletzten Seite auf, so stark, dass der Scheitel des Thieres nach dem Boden, sein Schnabel nach oben sah. Also ganz ebenso, wie dies als spätere Folge einseitiger Operationen oben beschrieben wurde. Gleich darnach wurde beim Treiben der Thiere einige Min. lang Zeiger- oder ganz kurze Kreisdrehung nach der verl. Seite beobachtet. Hiernach war alle Drehneigung verschwunden. Die Thiere waren wieder beweglicher, und zeigten nur noch etwas Unsicherheit beim Laufen.

Wirkung der Eisenchlorid-Application allein.

Wenn man Eisenchlorid auf die Oberfläche der unverletzten Kanäle bringt, so kann dies, wenn es sehr flüchtig und in sehr geringer Menge geschah, — z. B. in der Weise, dass man mit einem nur mässig damit befeuchteten gerollten Löschpapier über die Kanäle hinfuhr —, ohne alle Folgeerscheinungen bleiben. War die applicirte Menge eine bedeutendere, hat man etwa 1 Tropfen auf die 2 oberflächlichen Kanäle fallen lassen (der sich natürlich längs derselben und über ihre Enden noch etwas hinaus verbreitete), oder ist man mit dem in Liq. wiederholt getränkten Fliesspapier einigemal langsam über die ganze Länge eines der oberflächlichen Kanäle oder beider hingefahren, so werden nach kurzer Zeit (1 bis einige Min.) Folgen sichtbar. Es tritt beim Laufen etwas Neigung zur Umdrehung nach derselben Seite auf und verminderte Ausdauer im Fluge. Obgleich die Thiere, wenn nicht gar zu energisch vorgegangen war, noch viel auffliegen, selbst bis an die Zimmerdecke, so kommen sie doch bald wieder, und oft ziemlich plump, herunter. — Die Drehneigung verschwindet fast immer nach wenigen Minuten, die Verminderung des Vermögens, sich z. B. am Thürsimse einige Zeit festzuklammern, oder längere Zeit frei an der Zimmerdecke zu bleiben, lässt sich über $\frac{1}{4}$ Stunde lang bemerken — nach welcher Zeit von mir immer weitere Experimente mit den Thieren vorgenommen wurden.

Ungleich auffälliger ist die Wirkung des Eisenchlorids noch, wenn es in einen eröffneten knöchernen, also direct auf den (unversehrten) häutigen Kanal applicirt wurde. Wenn dies auch nur an Einem Kanale geschehen ist, so beobachtet man doch nach einigen Minuten immer eine deutliche, — im Verlauf weiterer Min. noch zunehmende —, Neigung, nach der so verletzten Seite umzudrehen. Zuerst ist sie im Fluge deutlich, dann auch im Gehen, zuletzt nicht selten sogar bis zum Beschreiben von einigen Kreisbewegungen hierbei (beim Hetzen!) gesteigert. Ausserdem tritt immer eine bedeutende Verminderung der Fluglust, — bes. natürlich beim Einbringen von Liq. in 2 Kanäle), zu Tage, bis zur völligen Aufhebung derselben, und endlich des Oefteren auch beim Gehen durch äussere Momente nicht motivirte satzförmige Bewegungen.

Diese Erscheinungen vermindern sich wohl nach 10—15 Min. wieder, doch sah ich sie innerhalb $\frac{1}{2}$ Stunde nie vollständig ver-

schwinden, ausser wenn die Liq.-Auftragung nur eine minimale gewesen war, nur flüchtig mit einem wenig durchtränkten Löschpapier stattgefunden hatte.

Es scheint, dass der Liq., wenn man ihn anders, z. B. mittels starkdurchtränkten Löschpapiers oder eines dünnen Glasstäbchens, auftrug, bis zu den Ampullen oder noch weiter, vordringt.

Einwirkung anderer chemischer Agentien auf die Kanäle.

Aufträufelung von Aether und von concentrirter Kochsalzlösung auf einen eine Strecke weit entblösten häutigen Kanal fand ich stets ohne recht deutliche Wirkung. Es schien wohl öfter danach eine ganz geringe Vorliebe der Thiere zu bestehen, nach der betr. Seite umzudrehen, aber es blieb meist zweifelhaft, ob dies nicht noch auf Rechnung der einfachen Blosslegung des Kanales (bezw. der K.) zu setzen sei. — Nach Application von kleinen Mengen von Lapislösung (1:50) zeigte sich dagegen immer etwas Unsicherheit und Drehneigung nach der verl. Seite, bes. beim Hetzen. Beide Erscheinungen waren aber nach wenigen Min. wieder ganz verschwunden.

Wo dagegen 1 häut. Kanal wiederholt mit der Lösung bestrichen, oder 1 Tropfen der letzteren in den knöchernen Kanal eingetrofft war, ist die Wirkung fast so energisch und so langdauernd wie die der Liq. fe.-Application.

Einen ganz eigenthümlichen Effect schien mehrmals die Aufträufelung von (wenig) Liq. Ammonii caust. zu haben. Die Thiere zeigten sich danach nämlich entschieden munterer, beweglicher, mehr zum Fliegen geneigt, als vorher! Am frappantesten trat dies hervor, wenn vorher das Thier in Folge Electrisirens an den Kanälen wenig beweglich war gemacht worden. (In allen Fällen war dies durch das Blosslegen des häut. Bogens, bezw. mehrerer, in gewissem Grade geschehen.) — Umdrehungsrichtung war danach meist keine vorwaltend, oder sie zeigte sich (einigemal) sogar nach der gesunden Seite hin. — Die Versuche hiermit sind nicht sehr zahlreich, dennoch das Beobachtete anscheinend bemerkenswerth.

Bei Anwendung grösserer Quantitäten des Liq., oder mehrmaliger Application wurde (in 2 Fällen) auch entschiedene (aber

flüchtige) Verminderung der Flugneigung und (ganz flüchtiges) Vorwalten der Umdrehung nach der Seite der Application beobachtet.

Thermische Einwirkung auf die Kanäle.

Wenn man auch alle Kanäle fast in ihrer ganzen Länge öffnen kann, ohne eine Blutung aus einem der sie begleitenden Blutleiter zu veranlassen, so gibt es doch andere Versuche, zu denen eine vorgängige Verödung der Blutleiter längs der 2 oberflächlichen Kanäle fast als Vorbedingung gehört. (Die Verödung des Gefässes neben dem L. V. K. habe ich, weil selbe gewiss ohne gleichzeitige Hirnreizung nicht ausführbar, nie vorgenommen). Es sind die nachher zu beschreibenden der electrischen Reizungen der Kanäle mittels um dieselben gelegter Drähte. Letztere schneiden sonst stets nach kürzerer Zeit das Gefäss irgendwo ein und man erhält damit eine sehr unerwünschte Complication. Durch behutsame Application des Thermokauers, oder auch eines an der Spiritusflamme glühend gemachten Nagels gelingt es nun, die Gefässe längs der 2 oberflächlichen Bogengänge vollständig zu veröden, während die knöchernen Kanäle vollkommen unversehrt bleiben, und eine spätere Eröffnung derselben auch keinerlei Veränderung an ihrem Inhalte erkennen lässt.

Eine Wirkung der Glühhitze auf andere Theile als die Bogengänge, insbes. eine solche in die Tiefe, aufs Gehirn, ist, wie ich glaube, in allen meinen Fällen auszuschliessen, ganz unzweifelhaft in weitaus der Mehrzahl derselben, wo mit einem glühenden Nagel oder Platindrahte die Verödung vorgenommen wurde.

Die Erscheinungen, welche unmittelbar nach diesem Eingriffe auftreten, können darum wohl nur von einer Einwirkung der Hitze durch die Wandungen der knöchernen Kanäle hindurch auf Lymphe und häutige Kanäle abgeleitet werden. — Es kann dieser Meinung wohl nur zur Stütze dienen, dass man während des Anliegens des glühenden Drahtes (oder dgl.) stets heftige Bewegungen, — Schmerzäusserungen? — der Thiere beobachtet.

Die Folgeerscheinungen gleichen in ihren geringsten Graden den Folgen von mässigeren Verletzungen der häutigen Bögen. Die Thiere fliegen nicht mehr hoch auf (gewöhnlich zunächst gar nicht), drehen sich beim Laufen, wenn gejagt, in (grösseren oder

kleineren) Kreisen nach der verletzten Seite, fliegen auch, geworfen, im Bogen nach dieser Richtung, und knicken beim Laufen zuweilen, besonders mit dem Bein der verletzten Seite, ein.

Nach stärkerer (bezw. nicht so flüchtiger) Bestreichung (bes. natürlich auch der beiden Kanäle) ist das Umdrehen beim Laufen stärker, das Fallen (auf die verl. Seite) häufiger und vollständiger, so dass die Thiere dabei zuweilen momentan völlig auf die Seite zu liegen kommen.

Nach 10 Min. schon, ja noch weniger, können diese Erscheinungen vollständig verschwunden sein, die Thiere gewandt und schnell laufen, nach allen Seiten gleich drehen und bis an die Zimmerdecke fliegen. Immer haben die Erscheinungen nach Ablauf dieser Zeit sehr stark abgenommen.

Zuweilen sieht man, wenn nur an Einem Kanale gebrannt war, die Taube gleich danach sehr unsicher, und stark nach der verl. Seite fallend, beide Erscheinungen aber schon nach $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ Min. verschwunden, das Thier dann wieder etwas auffliegend. Aber nach einigen weiteren Minuten fängt es wieder an, deutlich nach der verletzten Seite umzudrehen. Zweimal beobachtete ich nun nach erneuter und stärkerer Application des glühenden Metalls vorübergehende Drehneigung nach der gesunden Seite, und wieder etwas erhöhte Fluglust. In beiden Fällen war dann nach weiteren 5 Min. keine vorwiegende Drehrichtung mehr deutlich, höchstens eine minimale wieder nach der verletzten Seite.

Zuweilen sieht man nach dem Brennen 2—3 Min. lang starken Nystagmus an den Thieren, und ein heftiges Wackeln des Körpers nach allen Seiten. Auch vereinzelte Zuckungen, Rucke, kommen vor, welche den Körper nach der verl. Seite hinüberreißen, selbst bis zum momentanen Umfallen auf dieselbe.

Einmal war die Wand des H. K. 1. S. an umschriebener Stelle durchgebrannt worden: das Thier fiel unmittelbar darauf, in die Luft geworfen, ganz plump zu Boden und lief in Bogen nach der verl. Seite, war ferner zu einer Umdrehung nach der andern Seite absolut nicht zu bewegen.

Nebenverletzungen (des Kleinhirns etc., Blutung) waren hier mit Sicherheit ausgeschlossen. Man sieht, die ersten Folgeerscheinungen solch kurzen Anbrennens eines häut. H. K. an kleiner Stelle sind stärker als die Folgeerscheinungen der Ausziehung des ganzen H. K.!

Die Folgen hielten hier auch lange an. Sie wurden über 15 Min. lang beobachtet. — Nach ca. 5 Min. flog das Thier, gejagt, wieder ein wenig auf, aber nicht über $\frac{1}{2}$ M. hoch, und drehte im Fluge deutlich nach der verletzten Seite.

Beim Electrisiren an den Kanälen rissen dann weiterhin bei demselben Thiere auch der vordere Theil des H. K. und der obere des Q. V. K. ein. Das Thier war nun ausserordentlich unsicher, fiel, geworfen, wieder plump zu Boden, bewegte sich hier fast nur mit den Flügeln fort, die zurückgezogenen Beine fast gar nicht gebrauchend, flog nur bei starkem Hetzen etwa $\frac{1}{4}$ M. hoch vom Boden auf. Den nächsten und den zweitnächsten Tag lief es aber wieder ganz flink und geschickt.

Also auch nach dieser (groben) Verletzung haben wir zunächst bedeutendere Erscheinungen, wie nach Ausschneidung grösserer Stücke (als hierbei verletzt wurden) desselben Theils derselben Kanäle mit dem Messer.

Wenn man mit dem Thermokauter, nach Verödung der betr. Gefässstrecken, auch die beiden oberflächlichen Kanäle in grosser Ausdehnung wegbrennt, von dem Kreuzungspunkte bis nahe an die Enden hin, so fallen die Thiere zunächst nach allen Seiten, selbst aus dem ruhigen Stehen. Nach 3—5 Min. können sie fast ohne Ausnahme wieder gut auf dem Finger balanciren. Sie bleiben nach dem Verschwinden der enormen Unsicherheit aber zunächst immer sehr schwer beweglich, kaum vom Platze zu bringen (so dass eine Drehungsrichtung bei den sparsamen, kleinen Schrittschritten nicht zu bemerken ist). Sie kriechen nach den Ecken. Geworfen können sie nun auch wieder leidlich zur Erde fliegen; drehen dabei zuweilen nach der gesunden Seite. Manchmal scheint diese Richtung auch beim Gehen vorwaltend. — In diesen Fällen zeigte sich nachher jedesmal die innere Schädelswand mit gelber Masse infiltrirt. Irgend eine Nebenverletzung (bezw. Reizung) muss wohl angenommen werden, zumal da bei diesen Thieren die Drehungen nach jener (der unverletzten) Seite in den folgenden Tagen noch stärker wurden, und selbst Rotationen um die Längsaxe (in dieser Richtung) hinzutraten.

Ein öfteres, äusserlich nicht motivirtes, Zucken des Kopfes oder Zusammenfahren des ganzen Körpers (in vollkommener Ruhe des Thieres auftretend) beobachtet man nach der letztbesprochenen Operation häufig noch längere Zeit hindurch. — Die Umdrehungs-

neigung zeigt sich zuweilen deutlich wechselnd, in der Weise, dass eine Zeit lang solche nach der gesunden Seite besteht, dann aber fast ausnahmslos wieder solcher nach der verletzten Seite hin Platz macht.

Electrische Reizung der 2 oberflächlichen Kanäle.

Electrische Reizung des L. V. K. lässt sich nicht ausführen, ohne dass man die ihm unmittelbar anliegenden Gehirnthteile in ziemlich gleicher Stärke mitreizt. Es wurde deshalb von solcher abgesehen. Dagegen sind die 2 anderen Kanäle der electrischen Reizung — und zwar der gut isolirten, so gut als man überhaupt den electr. Strom auf bestimmte Gewebspartien beschränken kann, — recht gut zugänglich. Dieselbe ward zum Theil so ausgeführt, dass die ein wenig zugespitzten (Draht-) Enden der Leitungsschnüre, oder Platindrähte, einfach an die Kanäle angedrückt wurden, — und die Thiere dann natürlich während der Strom-application festgehalten — zum grösseren Theile aber so, dass die Enden der stromzuleitenden dünnen Kupfer- oder Platindrähte um den betr. Kanal (bezw. die Kanäle) geschlungen wurden, — welche Anordnung den Thieren auch während der Ströme ziemliche Bewegungsfreiheit zu lassen ermöglichte.

Für das Durchführen dieser Drähte findet sich zwischen der hinteren Kanal- und der inneren Schädelwand stets Platz an der vorderen Hälfte des H. K. (i. e. vor seiner Kreuzung mit dem Q. V. K.) und der oberen des Q. V. K. Keineswegs immer dagegen an der unteren Hälfte des letzteren und der hinteren des ersteren. Ich fand dies leider sogar ziemlich selten, nur bei kräftigen und alten Thieren, und bei diesen durchaus nicht immer.

Die Versuche wurden mannigfach variirt. Es wurden beide Drähte um denselben Kanal gelegt, oder jeder Draht um einen andern, oder ein Draht um einen Kanal, der zweite in die Weichtheile der Wunde, endlich (zur Controle) beide Drähte nur in den letzteren (in nächster Nähe der betr. Kanäle) befestigt.

Zunächst wären zu besprechen die Erscheinungen der

einseitigen faradischen Reizung.

Die Versuche wurden an 7 Thieren angestellt. Um alle Erscheinungen genau, auch in ihrem Verhältnisse zur Applications-

stelle und zur Reizgrösse, zu ergründen, ist dies nicht genug, besonders deshalb nicht, weil die immer rasch auftretende Ermüdung die Resultate bald trübt, aber es ist doch genug, um einen Ueberblick über die Erscheinungen zu gewinnen.

In Anwendung kamen ganz schwache Ströme, die auf der Zunge geprüft wurden, bis zu Stromstärken hinauf, welche gute Contraction des m. oppon. pollic. (unter dünner Epidermis) gaben.

Die einzelne Stromdauer variirte von einigen Secunden bis zu 5 Minuten.

Zunächst ist begreiflicherweise die Stromwirkung eine stärkere, wenn die stromgebenden Drähte um den Kanal (bezw. die Kanäle) geschlungen, als wenn sie nur daran gehalten wurden. Schon deshalb, weil sie in letzterem Falle leicht abgleiten und die Sitzungen dadurch immer kurze werden. Dazu kommt, als noch grösserer Nachtheil letzterer Application, dass man während der Sitzungen fast gar nichts an den Thieren beobachten kann, weil sie ja vollkommen fest gehalten werden müssen. Zuweilen war letzteres auch da der Fall, wo die Drähte um die Kanäle lagen, weil die Thiere zu stürmisch zu entfliehen suchten, meist aber hielten sie während solcher Stromdurchleitung, nach einem ersten Rucke, absolut still, es scheint diess bei starken Strömen immer der Fall zu sein.

In Kurzem gesagt, wird durch die faradische Reizung eines jeden der beiden Kanäle, wie beider zusammen, Körperneigung und Umdrehung nach der entgegengesetzten Seite erzeugt, und zwar treten beide Erscheinungen während der Ströme und wieder nach Endigung derselben auf. — Ausserdem wird durch starke oder länger dauernde Ströme immer die Sicherheit der Bewegungen für einige Zeit beeinträchtigt.

Letztere Beeinträchtigung kann so hochgradig werden, dass die Thiere nicht sicher stehen können, sondern dabei öfter umfallen. (Nach ausschliesslicher Reizung des H. K. fiel ein Thier wiederholt nur nach vorn und hinten). Nach geringeren Reizungen findet sich nur eine geringere und rasch vorübergehende Unsicherheit. In den allergeringsten Graden ist dabei der Bewegungstrieb der Thiere nicht vermindert, ja im Gegentheil, sie sind durch die Procedur aufgeregter, laufen stürmisch und fangen bald an, zu fliegen. Lauf und Flug sind dann aber doch nicht so geschickt wie sonst,

aus der Luft fallen die Thiere bald, und ziemlich plump meist, herunter. — Nach einer (Minuten-) langen Sitzung oder sehr starkem Strome kann dagegen vollkommener Stupor der Thiere für eine Anzahl von Minuten eintreten. Bei noch geringem Grade desselben gehen sie sofort nach den nächsten Ecken. Immer erholen sie sich, wenn nicht der Sitzungen gar zu viele gewesen sind, verhältnissmässig sehr rasch, nach Minuten, wieder, und sind dann meist sogar sehr behend.

Was die Drehungen der Thiere anlangt, so kann man, wenn beide Draht-Electroden um den Kanal (bezw. die K.) geschlungen sind, nach Beginn kräftiger Ströme Zeiger-Umdrehungen nach der entgegengesetzten Seite beobachten, zuweilen nur einen Bruchtheil eines Kreises, zuweilen mehrere Kreise betragend. Ebenso sieht man sie nach dem Aufhören der Ströme nach der gleichen Seite wie vorher einige Zeigerbewegungen ausführen, meist nicht noch, sondern von Neuem, da die erste bald nach Beginn der Ströme aufzuhören pflegt. — In die Luft geworfen, fliegen sie auch in Kreisen nach der anderen Seite, nach mehrmaliger Stromdurchleitung fallen sie aber direct und plump zu Boden, oft heftig dabei auf jene Seite aufschlagend. In dem letzteren Stadium laufen sie dann auch, getrieben, in Kreisen nach jener Seite ¹⁾, und zeigen sich auch hierbei recht unsicher.

Ist nur Ein Draht um einen Kanal geschlungen, der andere in Haut oder Muskulatur der Wunde befestigt, so treten bei starken Strömen die Zeigerdrehungen zuweilen auch sofort, zuweilen aber auch erst bei wiederholten Stromschliessungen auf. Immer sieht man dagegen bei dieser Anordnung, dass sich die Thiere während der Ströme nach der andern Seite hinüberneigen.

Ausser der Umdrehung des ganzen Körpers ist bei der Faradisirung der Kanäle meist auch eine während der Reizung anhaltende — tonische, wenn man so sagen darf — Verdrehung des Kopfes zu bemerken. Sie besteht in dem Hinüberbiegen des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite (um eine horizontale Längsaxe), und besonders einem Hinüberdrehen des Schnabels

1) In einem Falle hörte diese Umdrehung plötzlich auf und machte sogar vorwaltender Umdrehung nach der elektrisirten Seite Platz. Die Lupe zeigte den Kanal (den oberen Theil des Q. V. K.) durch die Reibung des Drahtes eröffnet.

(um eine verticale Axe). Es präsentirt sich diese Erscheinung auch in den verschiedensten Graden. Zuweilen ist sie nur angedeutet, selbst wenn beide Drähte um den Kanal (bezw. die K.) geschlungen sind, in anderen Fällen ist der Kopf stark hintübergebeugt und geht die Verdrehung des Schnabels so weit, dass er nicht mehr nach der andern Seite, sondern direct nach hinten sieht, also nicht $\frac{1}{4}$, sondern $\frac{1}{2}$ Kreisdrehung (in wagrechter Ebene) gemacht hat. In letzteren Fällen ist auch immer der Kopf stark zurück- und in die Höhe geworfen. Es kann die Neigung und Drehung des Kopfes und das Hintüberneigen des Körpers so stark werden, dass die Thiere nach kurzer Dauer des Stromes vollständig auf jene Seite fallen. Nicht immer ist dabei der Schnabel dauernd nach hinten gerichtet, sondern er geht manchmal (während des unveränderten Stromes) nur zuckungsweise aus der $\frac{1}{4}$ in die $\frac{1}{2}$ Kreisdrehung über.

Die ganz starke (Halbkreis-) Drehung und Rückwärtslegung (mit Erhebung) des Kopfes habe ich immer nur dann beobachtet, wenn der eine Draht um das vorderste Ende des H. K. gelegt war, etwas Verdrehung aber bei den verschiedensten andern Versuchsanordnungen.

Der vorstehend bemerkte Unterschied ist aber auch der einzige wesentliche, der sich in den Erscheinungen bei verschiedenen Angriffsstellen der Electroden an den Kanälen ergab.

Wurden beide Drähte in den Weichtheilen möglichst nahe an den Kanälen befestigt, so wurde immer etwas Neigung des Körpers nach der entgegengesetzten Seite beobachtet, zuweilen auch mässige Verdrehung des Schnabels nach ihr, und selbst wohl einmal etwas Zurückwerfen des Kopfes, nie aber Neigung zur Zeigerdrehung oder zu Kreislafen.

Bezüglich der Anwendung des primären oder secundären Stromes ist es mir nicht gelungen, Unterschiede in den Folgeerscheinungen zu constatiren. Ebensowenig sah ich eigenartige Wirkungen der einzelnen Pole.

Die directe faradische Reizung der häutigen Kanäle — nach Eröffnung der knöchernen — mittels an den Enden umgebogener Platindrähte, konnte natürlich nur bei sorgfältiger Fixirung der Thiere ausgeführt werden. Bewegungserscheinungen während der Reizung waren also nicht zu bemerken. Als Folgeerscheinung ergab sich immer — neben etwas Unsicherheit — Tendenz zur

Drehung nach der gereizten Seite. Man kann letztere wohl kaum anders, denn als Folge leichter Verletzung der häut. Bögen durch die Drähte auffassen, die auch wiederholt mit der Lupe constatirt wurde. Mindestens eine Quetschung derselben ist nicht zu vermeiden.

Nystagmus wurde bei keiner faradischen Reizung beobachtet (allerdings auch nicht bei sämtlichen Reizungen darauf geachtet). Das Auge der electricisirten Seite war stets geschlossen, das Lid zuweilen in starken fibrillären Zuckungen. Das andere Auge blieb stets offen.

Einseitige galvanische Reizung.

Die Reizungen wurden in derselben Weise vorgenommen wie die faradischen, meist also mit um die knöchernen Kanäle geschlungenen dünnen Kupfer- oder Platindrähten. (Auch Serrefines wurden probirt, aber verlassen.)

Die benutzte Batterie war von schwachem Strome. In Anwendung kamen 1—20 Elemente. Letztere Zahl genügte eben, um bei durchfeuchteter Epidermis an meiner Hand eine deutliche Zuckung des m. oppon. pollic. bei der Ka. S. zu erzeugen.

Vor der Beschreibung der beobachteten Erscheinungen muss ausdrücklich betont werden, dass diese Reizversuche besonders delicates Natur sind. Einmal dadurch, dass es schwierig ist, die Drähte so an die Kanäle zu befestigen, dass sie genau anliegen und auch bei den, oft heftigen, Bewegungen der Thiere sich nicht verschieben (und Nachbartheile, oder sich selbst untereinander, berühren), andererseits aber doch auch den Kanal nicht stark klemmen, keine Verletzung desselben hervorrufen (die oft leicht zu übersehen ist). — Noch näher liegt, bis zur Unvermeidbarkeit nahe, die Gefahr der Verletzung des begleitenden Gefässes durch den Draht. Eine solche trübt die weiteren Beobachtungen aber noch dauernder, als die vorgängige Verödung dieses Gefässes durch Glühhitze es thut. Es wurden darum, wo letzteres nicht geschehen, zu einigem Schutze an den betr. Stellen des Gefässes etliche Knochenbälkchen stehen gelassen, oder ein Harztröpfchen auf dieselbe gepappt. — Weiter liegt noch eine mögliche Fehlerquelle in der rasch eintretenden Ermüdung¹⁾ der gereizten Theile

1) Es muss bezüglich derselben bemerkt werden, dass sie sich sogar von

Man muss schon allein aus letzterem Grunde die nach einigen Reizungen noch erhaltenen Resultate mit grosser Vorsicht beurtheilen. — Endlich liegt noch eine Complication in der Bildung der Ionen und, wenn Kupferdraht angewendet wurde, in den Oxydationen und Salzbildungen desselben. Nach zahlreichen und längeren Sitzungen wird durch diese der häutige Bogen (selbst beide) völlig zerstört (bei Erhaltung des knöchernen). Es folgt auch hieraus, dass nach längerer Reizung die Erfolge wenig massgebend sein können.

Wer nicht Hekatomben diesem speciellen Zwecke geopfert hat, wird aus diesen Gründen auch gewissenhafte Beobachtungen nicht ohne einige Reserve geben.

Galvanische Reizung je eines Kanals mittels zweier um ihn geschlungener (Pol-) Drähte.

Zunächst muss, als für beide Kanäle gültig die Thatsache constatirt werden, dass schon bei geringer Elementenzahl, (von etwa 5 an), die Nachwirkung auf die Motilität der Thiere, sowohl was Unsicherheit der und Unlust zu Bewegungen, wie was Zwangsbewegungen anlangt, noch stärker hervortritt wie nach mittelstarken gleichlangdauernden faradischen Reizungen.

Ein unzweifelhaftes Trägerwerden der Thiere wird schon nach der Einwirkung eines Stromes von 3 El. von $\frac{1}{4}$ Min. Dauer beobachtet. Die Thiere, welche vorher mit Mühe auf dem Operationstische zu halten waren, bleiben jetzt meistens ohne Zwang darauf. — Nach der mehrmaligen Einwirkung von 10 El., von im Ganzen mindestens einigen Minuten, liegen die Thiere nicht selten auf dem Bauche, oder selbst auf der Seite, scheinen sterbend, — erholen sich aber bald wieder. Nach sehr langen oder sehr häufigen Sitzungen kann Unsicherheit allerdings Stundenlang, selbst noch länger anhalten, — was wohl der vorletzte Absatz des vor. Abschnittes erklärt. — Bei geringerem Grad der Erschöpfung

der ersten Stromdurchleitung ab geltend machen kann, aber nur dann, wenn dieselbe eine sehr lang dauernde oder der Strom ein sehr starker war. Nach einer Durchleitung, die noch nach Secunden zählt, ist auch wenn der Strom von (bis) 10 El. geliefert wurde, die Erregbarkeit der betr. Gebilde für neue gleich starke Ströme noch nicht herabgesetzt, scheint im Gegentheil zuweilen gleich darauf eine gesteigerte zu sein.

sitzen die Thiere noch, sind aber nur schwer vom Platze zu bringen, sind sehr unsicher bei den endlich erzwungenen, langsamen Schritichen, fallen, geworfen, plump zu Boden, schliessen, einen Augenblick sich selbst überlassen, die Augen. — Bei noch weniger El., oder kürzerer Stromdauer, beobachtet man häufig, sogar gewöhnlich, dass die Thiere, die nach der einen Sitzung ruhiger geworden waren, nach der folgenden sich umgekehrt aufgeregter als vorher zeigen, manchmal sieht man sogar mehrfachen Wechsel. Die Aufregung zeigt sich ausnahmslos als eine rasch vorübergehende. Bei längeren Sitzungen, (von $1\frac{1}{2}$ Min. Dauer und mehr), kann man den Wechsel von vollkommener Ruhe und starker Aufregung sogar während des unveränderten Fliessens des Stromes beobachten. — Die Flugneigung wird, wie nach Verletzungen an den Kanälen, auch nach dem Electrisiren in erster Linie beeinträchtigt. Die Flugfertigkeit erst nachher, die Lauffertigkeit noch später. — Manchmal sah ich ihn, nachdem durch die ersten Ströme der Flug stark beeinträchtigt war, bei Fortsetzung derselben wieder viel besser geworden. Dann fand sich immer, dass der Draht den Kanal durchgerissen hatte.

Zweitens muss als allgemeiner Satz hervorgehoben werden, dass die Zwangsbewegungen (unmittelbar) nach Unterbrechung der Ströme im Ganzen viel deutlicher hervortreten, als während des Fliessens derselben. Während des letzteren stehen die Thiere bei ganz geringer Elementenzahl immer, bei grösserer in der Regel, (namentlich wenn sie schon ein wenig ermüdet sind), ziemlich regungslos da, nur den Kopf, oder auch den Körper, nach einer Seite geneigt. Unmittelbar nach Beginn der Ströme sieht man die Thiere meist, (frische schon bei 5 oder noch weniger Elementen), wohlcharacterisirte Zwangsbewegungen, zunächst Fallen auf eine Seite und Umdrehungen nach derselben, ausführen, ebenso wieder unmittelbar nach Stromöffnung. Frische Thiere können bei höherer Stromstärke eine, selbst einige, Minuten nach Stromschluss die betreffende Drehung oder die Seitenlage beibehalten, bei niederer Stromstärke, oder schon begonnener Ermüdung, ist schon wenige Secunden nach Stromschluss nichts mehr von Zwangsbewegung übrig, als eine (tonische) Neigung des Kopfes oder ganzen Körpers nach der betr. Seite. Bei höherem Grade der Ermüdung treten die ausgesprochenen Zwangsbewegungen nach einer Seite immer mehr zurück, man sieht statt ihrer, selbst bei

starken Strömen (nur oft ziemlich unregelmässige) klonische Bewegungen, selbst auch nur zitternde, auftreten.

Drittens ist zu bemerken, dass die Richtung der Zwangsbewegungen überhaupt (des Drehens und Fallens insbesondere), während der Ströme und nach ihrer Unterbrechung vollkommen die gleiche ist.

Viertens, dass die Verminderung der, und die Unsicherheit in den Bewegungen früher, d. h. schon bei schwächeren Reizen, auftreten, als die geordneten Zwangsbewegungen, und da, wo letztere da waren, sich nach deren Verschwinden, als Abklangerseheinung der Erregung, präsentiren.

Vorstehende allgemeine Sätze gelten bezüglich der Reizung des H. K. wie des Q. V. K.

Ebenso gilt der Satz für beide, dass, wenn durch vorausgegangene electriche Reizung, durch Blutung, Eisenchlorid und dgl., Bewegungsneigung nach einer bestimmten Seite gesetzt war, die Application eines nicht sehr starken in entgegengesetztem Sinn wirkenden galvanischen Reizes zunächst nicht die sonst, bei intacten Thieren, zu beobachtende Bewegung hervorruft, sondern die entgegengesetzte, zu welcher noch die latente Neigung besteht. Erst bei Wiederholung (oder Verlängerung) der galvanischen Reizung sieht man die ihr zukommende Bewegung auftreten, oder, war die Reizung gleich eine recht starke, so sieht man die interessante, (oben schon ähnlich beschriebene), Erscheinung, dass zuerst, (manchmal während des Stromes, gewöhnlich aber erst nach demselben), einige Drehungen nach der früheren Richtung auftreten, unmittelbar daran anschliessend aber einige nach der neuen Reizrichtung, (der galvanischen).

Die häufigsten, — „normalen“ möchte man darum fast sagen — Bewegungserscheinungen, welche man (bei noch nicht sehr ermüdeten) Thieren beobachtet, sind, wie oben erwähnt, Neigen bis zu vollkommenem Umfallen auf eine Seite, und Drehungen nach derselben. Letztere sind sehr häufig Zeigerdrehungen, die das Thier also stehend, ohne Flügelgebrauch, im Schrittempo, selten stürmischer, ausführt. Ausserdem kommen aber auch Bewegungen stürmischerer Art vor, wie es scheint nach stärkeren Erregungen im Allgemeinen, (übrigens bei frischen Thieren schon nach längerer Durchleitung des Stromes von 5 El.), nämlich Kreisumwälzungen der Thiere um die auf die

Erde gestemmte Brust, mit Zuhülfenahme der Flügel, (von einigen Drehungen bis zu minutenlanger Dauer), und weiterhin auch (eine bis einige bis viele, durch Minuten sich wiederholende), Umdrehungen um die Längsaxe des Körpers. Einzelnemale wird endlich auch ein Ueberschlagen nach hinten beobachtet, immer nur bei sehr hohen Graden der Erregung, nach häufigen, rasch gefolgtten Sitzungen. Eine andere Bedingung liess sich dafür nicht finden. Immer war es, wo es beobachtet wurde, die erste Erscheinung nach der Oeffnung (sehr selten nach der Schliessung) des Stromes, an sie schlossen sich dann die der betr. Reizung zukommenden Seitendrehungen an.

Als sehr geringer Grad der Zwangsdrehung, — bei ganz geringen Reizungen allein auftretend, bei höheren als Nachklang, nach Ablauf der geschilderten Drehungen um eine Körperaxe erscheinend, — ist das Kreislaufen, als allergeringster das ausschliessliche Umdrehen nach der betr. Seite beim Laufen auch nach galvanischen Kanalreizungen zu beobachten, wie nach Kanalverletzungen etc. Nur gehn diese Erscheinungen nach ersteren immer rasch vorüber, überdauern selten 2—3 Minuten.

Im speciellen ist von den Zwangsbewegungen, welche die **galvan. Reizung des H. K.** (mit den 2 Polen) zur Folge hat, zu sagen, dass, wenn der Strom in der Richtung von vorn nach hinten hindurchgeht, Neigung (oder Fallen) und (gewöhnl. Zeiger-) Umdrehungen des Thieres nach der gereizten Seite auftreten; wenn er von hinten nach vorn durch den Kanal geleitet wird: beides nach der entgegengesetzten Seite hin beobachtet wird.

Die stromgebenden Drähte sassen zum Theil beide an der vorderen Hälfte des Kanals, zum Theil einer an der vorderen und einer an der hinteren. Ein wesentlicher Unterschied der Erscheinungen bei beiden Anordnungen wurde nicht constatirt. Einigemal ist, — aber nicht bei frischen Thieren —, auch wo der Strom von vorn nach hinten ging, in den Versuchen Drehung des Thieres nach der anderen Seite notirt. Dagegen waren in der ganz überwiegenden Zahl der Fälle — und zwar bei frischen Thieren — die Zwangsbewegungen so eclatant in den oben angegebenen Richtungen, — namentlich bei 2 Thieren, an denen der Strom wiederholt, bald in der einen bald in der anderen Richtung durchgeleitet

wurde —, dass ich glaube, man muss jenes abweichende Verhalten auf Rechnung der Ermüdung oder eines Versuchsfehlers setzen.

Als Bewegungen, welche nur nach starken und andauernden Stromleitungen durch den H. K. auftreten, (aber vor dem geschilderten höchsten Grad der Erschöpfung, in dem die Thiere wie sterbend daliegen), sind als die weitaus häufigsten nach den angeführten noch schleudernde Kopfbewegungen zu nennen. Die Richtung derselben ist meist keine genau bestimmbare, im Allgem. gehen sie aber doch wesentlich in horizontaler Ebene vor sich, und sind ferner (bei, bzw. nach, jeder Stromrichtung) vorwiegend nach der nichtgereizten Seite hinübergerichtet. Letzteres sieht man freilich nur bei mässigeren Bewegungen, während bei den heftigen der Kopf die Mittellinie nach beiden Seiten hin gleichviel überschreitet. — Zuweilen, aber selten, sieht man, dass während des Stromes die Thiere den Kopf, und besonders den Schnabel, in ganz regelmässigen Intervallen, — etwa alle Secunde einmal —, momentan nach der andern Seite hinüberwerfen. Diese Bewegung zeigt zuweilen eine gewisse Eleganz, meist besteht sie aber in einem hastigen, etwas uncoordinirten, Schleudern. — Nach öfteren Stromdurchleitungen sieht man manchmal auch einfache Zitter- und Wackelbewegungen des Kopfes.

Während der Stromdurchleitungen treten all diese Kopfbewegungen in der Regel erst bei sehr hoher Ermüdung auf, vor solcher beobachtet man sie erst nach den Stromöffnungen.

Es wurde schon erwähnt, dass an Stelle des Fallens und Drehens, welches ganz frische Thiere schon bei wenigen Elementen zeigen, bei ermüdeten auch durch stärkere, und schliesslich selbst die stärksten, Ströme nur je eine Zuckung des Kopfes (bei der Schliessung und Oeffnung) eintritt, und Drehung des Schnabels, meist nach der entgegengesetzten Seite. Ebenso sieht man statt der Rotationen und des Ueberhängens des Körpers nach einer Seite, welche bei frischen Thieren nach der Oeffnung sehr starker Ströme auftreten, bei den ermüdeten nur eine (Secunden bis Minuten andauernde) Verdrehung des Kopfes nach jener Seite. Bei noch nicht allzuhohem Grad der Ermattung kann man dann durch Verstärkung des Stromes auch erstere Erscheinungen noch hervorrufen.

Oefters ist heftiges Flügelschlagen während der Ströme, fast ausnahmslos ist je einmaliges bei Schluss und Oeffnung derselben zur Beobachtung gekommen. Die besonderen Bedingungen

der Erscheinung, insbesondere ihrer Fortdauer, sind nicht zu Tage getreten.

Ein öfterer Wechsel der Stromrichtung nimmt die Thiere stärker mit, als die sonst gleiche Application gleichgerichteter Ströme.

Zwei sonderbare Bewegungserscheinungen, die jede nur einmal, nach mehrfachem Abwechseln der Stromrichtung, beobachtet wurden, waren: einmal ein Herumhüpfen nach verschiedenen Seiten, verbunden mit grosser Unsicherheit und öfterem Fallen, — beobachtet nach Oeffnung des Stromes von 10 El., von hinten nach vorn gehend —, zweitens: krampfhafte Schnabelöffnungen, wechselnd mit ein knirschendes Geräusch gebenden Kiefebewegungen, — beobachtet mehrmals hintereinander während der Ströme, (bes. stark gleich nach Schluss derselben), 18 El., Stromrichtung wie vorher. — Auch die besondere Veranlassung dieser beiden Erscheinungen liess sich nicht erkennen.

Reizung mit nur einer Electrode am H. K., (der anderen in den Weichtheilen der Wunde).

Befestigt man nur den einen stromführenden Draht am H. K., den anderen nahe bei ihm in Haut oder Muskel, so ist der Bewegungseffect genau derselbe wie wenn nur die am Kanale befestigte Electrode auf der betr. Kopfseite sässe, und die andere, dicht dabei befindliche!) an der andern Seite des Kopfes, oder an irgend einer andern Stelle des Körpers. D. h.: man sieht die Thiere bei Schliessung stärkerer Ströme fallen oder sich überschlagen, bei Schliessung mässiger Ströme Kreisdrehungen beschreiben, (Zeiger- oder Umdrehungen um die aufgestützte Brust), und zwar: nach der gereizten Seite hin, wenn hier die Anode um den Kanal liegt, nach der entgegengesetzten Seite, wenn die Kathode am Kanale ist; und sieht sie weiterhin bei Stromöffnung jedesmal dieselben Bewegungen nach der entgegengesetzten Seite hin wie bei der Stromschliessung ausführen.

Unten werden wir auf diese Erscheinungen, (bei „Querleitung der Ströme“), noch zurückkommen. Erwähnt sei hier nur noch, dass ich bei percutaner Quergalvanisirung durch den Kopf selbst mit 20 El. einer starken Zn.-K.-Batterie (S. Berl. kl. Wochenschr. 1877 Nr. 41) bei Tauben immer nur Neigung des Kopfes nach

den betr. Seiten hin, nie Umfallen der Thiere, noch weniger Drehen oder Ueberschlagen derselben, erhalten habe, (beim Kaninchen dagegen schon nach 2 oder 3 El. Ueberschlagen um die Längsaxe).

Der Draht war in der Regel an der vorderen Hälfte des H. K. befestigt. Während der Ströme sah man dabei öfter auch Tendenz zur Rückwärtsbewegung, während nach Stromöffnung immer stürmisches Vorwärtsdrängen vorhanden war. — Einmal sass der Draht an der hintern Hälfte des Kanals bei nicht ganz frischem Thiere. Hier wurde während der Ströme wiederholt ein Nachhinterlaufen des Thieres gesehen.

In wiederholten Fällen wurde, — es sei hiermit etwas vorgegriffen — beobachtet, dass, wenn durch Verletzung eines Kanals oder durch eine mit Liq. fe. gestillte Blutung, entschiedene Bewegungsneigung nach einer Seite hergestellt war, durchs Galvanisiren — am H. K. oder am Q. V. K. — ganz wie bei unverletzten Thieren minutenlanges Fallen und Drehen (der verschiedensten Art) nach der anderen Seite (mit Strömen nicht stärker als gewöhnlich) erzeugt werden konnte, — dass also der durch den galv. Strom gesetzte Drehungsimpuls jene Impulse momentan weit überwog, — dass letztere aber länger andauerten, nach kurzer Zeit also wieder in die Erscheinung traten.

In einem Fall war dies besonders frappant: Nach mehreren Stromdurchleitungen schnitt der um den H. K. gelegte Draht, die Anode, durch, (womit der Strom unterbrochen war). Das Thier beschrieb nun zunächst um die aufgestützte Brust einige Kreisdrehungen nach der entgegengesetzten Seite, nach kurzer Ruhe dann aber verschiedene Zeigerdrehungen nach der verletzten.

Ebenso kann man auch 2 entgegengesetzte Bewegungsantriebe, die beide durch aufeinanderfolgende Galvanisirungen gesetzt wurden, sich bekämpfen sehen. Je nach der Dauer und Stärke der beiden aufeinandergefolgten Reizungen tritt nach der zweiten Sitzung das eine Mal zuerst noch (kurz) der Rest motorischer Wirkung der ersten in die Erscheinung, und dann (länger dauernd) der motorische Effect der zweiten Reizung; — oder gerade umgekehrt: nach kurzer Wirkung der zweiten Reizung tritt wieder ungehemmt die erste (stärker, bezw. länger dauernd gewesene) in Erscheinung.

Directe galvanische Reizung des häutigen H. K.

Die Reizung geschah in derselben Weise wie die gleiche faradische (S. 519), mittels Platindrähten. Constant breiteten sich aus und erhoben sich die Flügel bei Stromschluss, bei jeder Stromrichtung, bei starken Strömen bis zur Berührung ihrer äusseren Flächen, und sie sanken bei längerer Stromdauer nur allmählig herunter. Nachher zeigte sich das Thier immer stark mitgenommen und drehte sich, gehetzt, (NB. sobald es sich überhaupt wieder zum Laufen erholt hatte), immer nach der gereizten Seite um. Letzteres vielleicht nur in Folge gesetzter Quetschung des Bogens, welche nicht wohl zu vermeiden ist.

Galvanische Reizung des Q. V. K. mit 2 Poldrähten.

Bezüglich Qualität und Intensität der Erscheinungen gilt Alles oben, S. 519 ff., und auch das speciell bezüglich des H. K. Gesagte. Sie treten bei denselben Stromstärken in ungefähr der gleichen Intensität und bei den verschiedenen Stromstärken und der verschiedenen Stromdauer in derselben Reihenfolge auf wie am H. K. (Als leichteste Erscheinung also: Umdrehneigung nach einer Seite beim Laufen, Ueberhängen nach derselben und zeitweiliges Fallen auf sie. Als stärkere: Zeigerdrehungen, Rotationen (mit Flügelbewegung) um die aufgestemmte Brust, Rotationen um die Längsaxe des Körpers. Als Zeichen besonders öfter wiederholter und starker Reizung: Wackeln des Kopfes, meist auch in ungefähr horizontaler Ebene (!); unmittelbar nach einer stärkeren Durchleitung bei schon ermüdeten Thieren ein einmaliges Ueberschlagen nach hinten, dann erst die für den betr. Stromreiz charakteristischen Seitendrehungen. Nach noch stärkeren Reizungen: die höchste Prostration der Thiere).

Ein Unterschied wurde insofern beobachtet als hier während der Stromdurchleitungen fast immer die Flügel und die Zehen beiderseits auffällig ausgestreckt, bezw. gespreizt, erschienen, was sich während der Stromleitungen durch die H. K. nicht fand. Die Thiere waren hierbei im Uebrigen in der Regel vollkommen ruhig, wie dort kamen aber auch unruhige Perioden vor.

Entgegengesetzte Stromesrichtungen ergaben hier wie am H. K. entgegengesetzte Bewegungsantriebe. Ein aufsteigender

Strom gab Bewegung nach der gereizten, in absteigender: Bewegung nach der andern Seite hin. Der jedesmalige Effect ist mindestens ebenso stark wie am H. K. (Nach einigen Durchleitungen des Stromes von 10 El. an frischem Thiere hielten einmal die krampfhaften Umdrehungen 2 Minuten lang an.)

Wenn nur Ein Poldraht um den Q. V. K. lag, der andere in den Weichtheilen der Wunde stack, wurden stets ganz genau die gleichen Erscheinungen beobachtet wie bei derselben Anordnung am H. K., d. h. also auch dieselben wie wenn der letztere Pol auf der anderen Seite des Kopfes gesessen hätte. — Es war dies so, wenn der erstere Pol an der oberen, und ebenso wenn er an der unteren Hälfte des Q. V. K. befestigt war. — Immer findet sich grosse Aufregung der Thiere während der Ströme, heftige Fluchtbewegung, notirt.

Einseitige galvan. Reizung mittels nur durch die Weichtheile der Wunde gesteckter Drähte.

Wenn die Drähte in möglichster Nähe der blosgelegten Kanäle eingehakt werden, so beobachtet man bei Durchleitung kräftigerer Ströme stets Schnabel- und Kopfdrehungen nach der anderen Seite hinüber, auch wohl eine Andeutung von Zeigerdrehung ebendahin. — Verglichen mit der Drehwirkung der galvan. Reizung an den Kanälen selbst ist diese Wirkung ganz eminent gering, obschon sie die, — qualitativ ganz gleiche (!) —, Wirkung des in gleicher Weise applicirten inducirten Stromes noch überragt. — Ist durch Blutung, Kanalverletzung oder dgl. vor dieser Electrisirung schon eine Dreh- (und Hänge-) Neigung nach der Seite der Verletzung gesetzt worden, so sieht man meist, dass dieselbe den durch die in Rede stehende Galvanisirung gesetzten Bewegungsantrieb weit überragt, dass durch den Stromschluss, auch wo die entgegengesetzten Bewegung dessen Effect wäre, jene wieder in die Erscheinung gebracht wird.

Das Bein der gereizten Seite sieht man manchmal während des Stromes in fortwährender Wiederholung nach aussen abgleiten. Die Flügel erheben sich momentan bei Ketten-Schluss und Oeffnung immer, ausser bei eingetretener Ermüdung, wo nur der Kettenschluss noch so wirkt. Man sieht dann die Thiere nach Stromöffnung zittern.

Einseitige galvan. Reizung der 2 oberflächl. Kanäle zugleich durch je einen Poldraht.

Diese Methode, welche a priori nicht viele Hoffnungen bei mir erweckt hatte, liess mich in 2 Fällen, (bei denen der eine Draht am oberen Theile des Q. V. K., der andere am vorderen des H. K. sass und mit den Polen abgewechselt wurde), auch wirklich im Stich, indem sie sehr undeutliche Resultate, hauptsächlich nur Reizerscheinungen allgemeiner Art, ergab. Die Versuche wurden darum in dieser Richtung nicht weiter fortgesetzt.

Leitung galvan. Ströme querüber durch den Kopf.

Die Erscheinungen, welche die Querdurchleitung von galvan. Strömen durch den Kopf des Menschen und des Kaninchens bei unverletzten Weichtheilen hervorruft, hat Hitzig¹⁾ genau beschrieben. Sie bestehen beim Menschen in einem Neigen, bezw. Fallen, nach der Anoden-Seite während des Stromes, (bes. gleich nach Schluss desselben), und Neigen, bezw. Fallen, nach der Kathoden-Seite unmittelbar nach Stromöffnung. Kaninchen sah ich sogar schon bei Durchleitung eines Stromes von 2—3 El. einer starken Batterie²⁾ während des Stromes Minuten lang rotiren, d. h. so lange bis die Verwicklung auch der längsten Leitungsschnüre die Kette zu öffnen nöthigt, (nach der An.-Seite hin, um die Längsaxe ihres Körpers), und nach Oeffnung des Stromes 4 mal und mehr nach der Ka.-Seite. Beim Menschen wird man sich schwer entschliessen, über Stromstärken hinauszugehen, welche ein leichtes Fallen nach Schluss und (was immer noch deutlicher) nach Oeffnung der Kette hervorrufen. Die Versuchspersonen empfinden hierbei Scheinbewegungen der Gegenstände und des eigenen Körpers nach der entgegengesetzten Seite als wohin sie fallen bezw. sich neigen, (meist aber sind diese Scheinbewegungen kreisförmig, so dass die angeführte Richtung auf die obere Hälfte des Kreises bezogen werden muss). Ausserdem zeigen sie Nystagmus, dessen Richtung

1) Untersuchungen über das Gehirn. Berlin 1874.

2) Ich benutzte zu den in diesem Abschnitte zu besprechenden Versuchen fast ausschliesslich die in der Berliner kl. Wochenschr. 1877, No. 41 beschriebene Zn.-K.-Batterie.

von der des Stromes abhängt. Auch letzterer ist, wie die Fall- bzw. Drehbewegung, am ausgesprochensten beim Kaninchen zu beobachten.

Bei den auffälligen Bewegungsstörungen, welche Verletzungen und einseitige electriche Reizungen an den halbkreisf. Kanälen hervorrufen, lag nun sicher die Frage sehr nahe, ob die durch die Querdurchströmung des Kopfes erzeugten Bewegungs- und Empfindungs-Anomalien Folge der Stromeinwirkung auf die Kanäle seien. Sie ist auch schon vielfach erhoben worden, aber experimentell wurde ihr meines Wissens bisher noch nicht näher getreten. Mit nachfolgenden Versuchen dürfte ein Anfang dazu gemacht sein.

Wenn man die Tauben bei unverletzten Weichtheilen (nur natürlich entfernten Federn) mit feuchten Electroden querüber durch den Kopf galvanisirt, so erhält man selbst mit 20 El. kein Fallen auf die An-Seite während des Stromes, (geschweige denn Rotationen nach derselben), sondern nur ein Hinüberbeugen des Kopfes und ein wenig auch des ganzen Körpers, selten dazu eine Andeutung von Zeigerdrehung. (Am deutlichsten, bzw. allein deutlich, sind diese Erscheinungen beim Aufsetzen der Electroden auf den Hinterkopf, also direct über den Kanälen). Ebenso sieht man bei Oeffnung des Stromes gewöhnlich nur ein Hinüberbeugen des Kopfes oder auch des Körpers nach der Ka-Seite, zuweilen indessen nun einige ausgesprochene Zeigerdrehungen nach derselben. Am allerdeutlichsten pflegt, — und schon bei schwächerer Reizung auftretend, früher schon als deutliche Kopfneigung —, bei Schluss wie Oeffnung des Stromes, (bes. aber bei Schluss desselben), ein je einmaliges Schlagen, (Zucken), der Flügel zu sein. — In einzelnen Fällen wollen sich die Thiere ferner während des Stromes nach rückwärts überschlagen. Fast immer sind sie während seiner sehr aufgeregt, so dass sie gehalten werden müssen, und die Beobachtung der Bewegungen dadurch getrübt ist.

[Es sei hier gleich hervorgehoben, dass nach dem, gleich zu beschreibenden, Anlegen der (Draht-)Electroden an die Kanäle selbst die Thiere noch mehr als bei einseitiger Reizung umgekehrt selbst bei ganz geringen Strömen sofort abnorm ruhig, fast unbeweglich werden, (wenn man von den Zwangsbewegungen absieht); vor Allem während des Fliessens der Ströme, es sehr deutlich aber auch nachher noch bleiben.

Man kann den Gegensatz der Folgen nach beiden Applica-

tionsarten frappant sehen, wenn man z. B. einen Strom von 10 El. erst durch die unverletzte Haut leitet, und währenddess und danach die Beweglichkeit des Thieres beobachtet, dann es wieder einfängt, seine Kanäle bloslegt und (nachdem man es erst nochmals freigelassen und seine Beweglichkeit constatirt hat), denselben Strom, oder auch einen viel schwächeren!, nun durch Poldrähte direct auf je 1 Kanal hüben und drüben leitet].

Steckt man die Drahtenden der Leitungsschnüre direct in die (befeuchteten) Gehörgänge, so sind die Erscheinungen alle noch weniger deutlich, als wenn mit feuchtem Löschpapier unterlegte Metallplättchen direct hinter den Gehörgängen als Electroden befestigt werden.

Es wurde nun weiterhin die bei derselben Taube schon benutzt gewesene knopfförmige (überzogene und befeuchtete) Metall-Electrode von 4 mm Durchmesser auf die blosgelegten oberflächlichen Kanäle applicirt, erst nur auf einer Seite, (und drüben noch auf die unverletzte Haut), dann beiderseits. Es ergab sich, dass das Neigen, Fallen und (zeitweilige geringe) Zeigerdrehen beidemale merklich verstärkt waren, etwas im ersteren, mehr noch im zweiten Falle. Bei dieser Versuchsanordnung wurde ausserdem während der Ströme immer tonische Streckung der Zehen beobachtet, ein Abheben derselben vom Boden, zuweilen auch Zuckungen derselben, besonders auf der Ka.-Seite. Nach dem Oeffnen beobachtet man, wenn mehrere Stromleitungen oder eine längere vorausgegangen sind, Kopfwackeln in ziemlich wagerechter Ebene.

Weiterhin wurde je ein dünner Kupferdraht, (der zugleich Leitungsschnur und Electrode darstellte), um je einen Kanal geschlungen, und zwar immer um gleichnamige Kanäle und gleiche Stellen, nämlich theils um die vorderen Hälften der H. K., theils um die oberen der Q. V. K. Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Versuchsanordnungen trat nicht zu Tage.

1 El. bewirkt so stets bereits deutliche Neigung des Kopfes nach der An.-Seite, und Zittern desselben während des Stromes¹⁾, bei Stromöffnung eine Zuckung des Kopfes, von meist undeutlicher Richtung. Bei 2 El. ist die Neigung während des Stromes schon

1) Im Allgemeinen treten zitternde und schleudernde Kopfbewegungen mehr nach den Oeffnungen der Kette, als während ihrer Einwirkung auf, bei einseitiger Reizung auch dann meist erst bei gewissen Graden der Ermüdung. Bei Querdurchleitung tritt die Erscheinung ungleich leichter auf.

viel deutlicher, ebenso die Zuckung nach der entgegengesetzten Seite bei Stromöffnung; man sieht selbst schon eine Spur von (Zeiger-)Umdrehung nach Schliessung wie Oeffnung. — Bei 5 El. sieht man schon starkes Fallen auf die An.-Seite nach Schliessung, auf die Ka.-Seite nach Oeffnung, auch schon mehrmalige Zeigerumdrehungen nach den beiden Seiten. Immer ist, bei Schliessung wie bei Oeffnung, gerade so wie bei den vorher besprochenen Stromleitungen durch die unverletzte Haut, heftige Flügelbewegung sichtbar; sie ist nur heftiger und länger dauernd, als dort. Die Flügel können während des Stromes einige bis viele Secunden lang ausgebreitet bleiben. — Nach einigen Stromdurchleitungen kommt bei neuer Schliessung auch schon leicht Rückwärtsüberschlagen vor. — 8 El. machen die Thiere bei Stromschluss mit ausgebreiteten Flügeln auf die An.-Seite stürzen und so (um die aufgestemmte Brust) etwas nach dieser Seite umdrehen. Nach Stromöffnung hängen sie (im Sitzen) nach der entgegengesetzten Seite über, und drehen auch wohl ein oder einigemal (zeigerförmig) nach derselben.

Nachzutragen ist noch, dass statt des nach 1 El. schon beobachteten Zitterns, nach höheren Stromstärken stets heftigeres Kopfwackeln oder Kopfschleudern auftritt, meist von ziemlich horizontaler Richtung, (auch wenn die 2 Drähte um den Q. V. K. — oben — sassen), öfter auch von ganz unbestimmbarer, manchmal endlich von frappant wechselnder Richtung (z. B. erst einige Zeit in ungefähr horizontaler, dann plötzlich in nahezu vertikaler Ebene, oder erst ganz unregelmässig, dann deutlich horizontal). — Auch nach Abtragung der häutigen Kanäle bleibt diese Nachwirkung der Ströme sehr deutlich. Es ist hierbei aber zu berücksichtigen, dass, wie wir aus den früheren Versuchen wissen, nach solcher Operation diese Bewegungen auf jede, auch leise, Erregung hin wieder auftreten.

Bei 9 und 10 El. sind immer auch die Bewegungen mit den Beinen sehr ausgesprochen. In erster Linie Strecken und Spreizen der Zehen und Abheben derselben von der Unterlage. Liegt das Thier während des Stromes ruhig auf der Seite ¹⁾, so macht insbesondere das, nicht mit dem Boden in Berührung stehende, Bein

1) Manchmal ist dabei der Körper nach dieser Seite hin concav, iudem Kopf und Schwanz besonders nach ihr hinübergebogen sind.

der andern Seite deutlich zuckende, oder, wenn man will, kratzende, bei höherer Ermüdung auch nur zitternde, Bewegungen. Unmittelbar nach Stromschluss dreht sich indess das Thier (auf der Seite liegend) fast immer erst mehrmals im Kreise, ebenso gleich nach Oeffnung einigemal (nach der entgegengesetzten Seite natürlich). Einige Zeit nach Stromschluss sitzt es, besonders früh bei schon gesetzter Ermüdung, wieder vollständig gerade, mit oder ohne Kopfwackeln. Bei höherer Ermüdung fällt es bei Stromschluss nur auf die betr. Seite und bleibt, mit ausgebreiteten Flügeln, so eine Weile liegen (ohne zu drehen), oder macht nur einen Satz (mit Flügelausbreitung) in nicht sehr gerader, noch gleichbleibender Richtung. — Bei 10 El. tritt schon nach 3—4 Sitzungen von je ca. $\frac{1}{2}$ Min. vorübergehend schon die grösste Unsicherheit ein: das Thier fällt nach allen Seiten oder sitzt unbeweglich, zitternd, mit gespreizten Beinen. Selbst sterbend kann es scheinen, erholt sich aber immer in wenigen Minuten.

Nach vielen Schliessungen treten auch minutenlange Krämpfe, Rotationen um die Längsaxe etc. etc. auf, wie nach einseitigen Galvanisirungen; unmittelbar nach Schluss oder Oeffnung eines Stromes auch eine oder einige Ueberschlagungen nach hinten.

Während der Ströme zeigen die Thiere, auch schon bei wenigen El., — soweit sie dabei aufrecht stehen — eine bedeutende Unsicherheit, auch schon bei den ersten Durchleitungen.

15 und 20 El. rufen bei Schluss fast immer einen mächtigen Satz der Thiere hervor, darauf mehrere Rotationen um die Längsaxe (nach der An.), letztere auch wieder nach Oeffnung (nach der Ka.). An diese Rotationen anschliessend sieht man nach Oeffnung öfter noch einige Zeigerverdrehungen, noch später Neigung nach der Ka.-Seite. Ausserdem sieht man heftiges Kopfpendeln während der Ströme, noch mehr nach ihrer Oeffnung, zuweilen dann auch wiederholtes krampfhaftes Aufstossen des Schnabels oder Rückwärtzüberschlagen. Während der Ströme immer Zehenspreizung. Nach ihnen immer grosse Unsicherheit, Sitzen mit gespreizten Beinen.

Vor dem Uebergehen zu anderen Versuchen seien noch bezüglich der vorstehenden 3 allgemeine Punkte besprochen.

Einmal sei darauf hingewiesen, dass, wenn irgend eine andere Drehung vorausgegangen war, durch eine Blutung oder dgl., ganz geringe Stromstärken — von 1, 2, 3 El. — (gerade so wie die ein-

seitig applicirten) einfach als Reize wirken, welche jenem, vorher latent gewordenen, Bewegungsimpulse zur Aeusserung verhelfen, bei Schliessung wie Oeffnung dieselbe — die frühere — Bewegung hervorrufen, nicht je die der Stromrichtung zukommende. Des Stromes Kraft äussert sich dann nur dadurch, dass er die betr. Bewegung (Fallen und Drehen) bei Schluss oder bei Oeffnung verstärkt, je nachdem sie bei dem ersten oder zweiten Momente mit seiner Drehrichtung übereinstimmt. — Stärkere Ströme dagegen erzwingen auch in dem besprochenen Falle bei Schluss wie Oeffnung ihre charakteristischen Bewegungen. (Näheres darüber folgt noch Ende dieses Abschnittes.)

Zweitens muss noch bemerkt werden, dass bei Strom-Schluss wie Oeffnung den geschilderten Bewegungen nach der An. und Ka. nicht ganz selten erst eine kurze Bewegung (meist einfache Zuckung), nach der entgegengesetzten Seite vorangeht¹⁾. Besonders deutlich und nicht ganz selten wird die Erscheinung bei Stromschluss beobachtet (also vorgängige Zuckung nach der Ka.-Seite, zuweilen selbst ein vollständiges Fallen auf dieselbe, gleich darauf aber ein langsames Hinüberwenden und schliessliches Liegenbleiben auf der An.-Seite.)

Die Bedingungen des Auftretens dieser Erscheinung blieben zweifelhaft. In einzelnen Fällen bot sie sich bei frischen Thieren auf das Ausgeprägtste und verschwand, als dieselben „ermüdet“ waren, andersmal schien die Ermüdung sogar eine begünstigende Rolle zu spielen. Besonders schien letzteres aber die vorgängige Zerstörung von einigen oder allen Kanälen zu thun.

Ein dritter zu erwähnender Punkt ist der, dass manchmal die Zwangsbewegungen nach Stromschluss deutlicher sind, manchmal nach Stromöffnung. Am häufigsten überwiegen sie nach der Schliessung, ganz besonders bei ermüdeten Thieren. Man sieht es sehr oft, dass sie bei Stromschluss noch exquisit auf die An.-Seite fallen, bei fortfliessendem Strome sich ganz allmählig wieder mehrweniger vollständig heben, und beim Oeffnen nun nur eine verhältnissmässig geringe Zuckung des Körpers, ein Zusammenfahren desselben, zeigen. — Umgekehrt erwies sich dagegen die Strom-

1) Dieselbe Erscheinung wurde auch oft beim Kaninchen beobachtet, hier aber fast ausschliesslich bei einer gewissen Ermüdung derselben; frische Thiere fallen immer mit Vehemenz sofort nach der geschilderten Richtung.

öffnung kräftiger besonders auffallend in einem Falle, wo in Folge vorausgegangener Verletzungen Rotationsdrang nach einer Seite bestand. Das Thier fiel bei Stromschluss immer auf diese Seite, einerlei auf welcher die An. stand, bei Stromöffnung dagegen immer auf die Seite, wo die Ka. gestanden hatte.

Die Versuche der Galvanisirung querüber wurden nun weiterhin in der Weise fortgesetzt, dass vorher 1, 2 oder 3 Kanalpaare durchschnitten oder vollständig entfernt waren.

Zunächst bot sich ein Versuch derart von selbst dar. Es waren die beiden Q. V. K. durch die Drähte durchschnitten worden. Dieselben Drähte wurden darauf um die beiden H. K. (vorn) gelegt. Die Reaction auf den Strom war eine sehr deutliche, eine Verminderung derselben nicht zu bemerken.

In einem weiteren Falle waren beiderseits die oberflächl. Kanäle mit dem Thermokauter vollständig weggebrannt. Das Thier stand offenbar noch stark unter dem Einflusse dieser eingreifenden Operation, des „Shock's“, zeigte indess doch deutliche Reaction auf die Ströme. Bei 10 El. — die Knopf-Electroden auf den Boden der Wunde aufgedrückt — zeigte es allerdings nur Herüber- und Hinüberneigung des Körpers, bei 15 El. wurde diese stärker, erst bei 20 El. trat Umfallen auf die An., nachher auf die Ka-Seite ein.

Auch wo die vollständige Abtragung aller häutigen Kanäle ohne jede Gefäss- oder andere Nebenverletzung gelungen ist, bilden die hierdurch gesetzten so beträchtlichen Bewegungsstörungen, insbesondere die hochgradige Verminderung der Gesamtbeweglichkeit, eine sehr bedeutende Erschwerung des Vergleichs zwischen den alsdann bei und nach der Quergalvanisirung auftretenden Bewegungen mit den bei intacten Kanälen erzeugten.

Als allgemeines Gesetz ergibt sich aber doch unzweifelhaft, dass die oben beschriebenen, durch den Strom verursachten, Zwangsbewegungen noch nach vollständiger Zerstörung der Kanäle vorhanden sind, nur schwächer als vorher.

Am besten lassen sich begreiflicherweise die Bewegungseffecte beobachten, wenn man die knöchernen Kanäle nicht weggenommen, sondern sie nur an je den 2 Endpunkten eröffnet, hier die häutigen Kanäle herausgezogen hat, und nun die Drähte wieder um die ersteren geschlungen. Dann sieht man bei 10 El. und mehr

auch Fallen der Thiere auf die, und Zeigerdrehungen nach den betreffenden Polseiten, bei Schluss wie Oeffnung der Ströme. Sind die oberflächlichen knöchernen Kanäle dagegen ganz entfernt, so muss man natürlich die knopfförmigen Electroden beiderseits in die Wunden eindrücken und es müssen hierbei, sei es durch deren Gewicht, sei es durch den Druck der sie haltenden Hand, die Bewegungen der Thiere schon etwas gehemmt werden. Es muss indess vorläufig dahin gestellt bleiben, ob dieser Umstand allein das bedeutende Minus des Bewegungseffectes erklärt.

In einem Falle, in welchem allerdings rechts der ganze L. V. K. erhalten war und links noch ein Theil desselben, gab nicht nur die Umschlingung der stromgebenden Drähte um die erhaltenen knöchernen Kanäle, sondern auch ihr Einstecken in die Haut je des hinteren Wundrandes bei 10 El. deutliches (wenn auch kurzes) Fallen nach Stromschluss und Oeffnung, und $\frac{1}{4}$ bis einige Zeigerumdrehungen nach beiden.

Bei letzterer Applicationsweise werden die Thiere immer wieder höchst unruhig, so träge, unbeweglich sie auch vorher gewesen waren. Noch mehr ist dies ausgesprochen, wenn man die Drähte in die Weichtheile vor der Wunde einhakt. Die Thiere suchen dann so ungestüm zu entfliehen, dass sie nur schwer so zu halten sind, dass man zugleich etwas von etwaiger Seitwärtsdrehung beobachten kann. Es gelingt dies indessen immerhin, und es ergibt sich dann als zweifelloses Resultat, dass Zeigerdrehungen gar nicht vorhanden sind, auch von Fallen auf eine Seite bei Schluss und Oeffnung nicht die Rede, sondern nur noch eine Neigung des Kopfes nach den Seiten zu beobachten, welche auch noch, je weiter nach vorn man geht, um so undeutlicher wird. — Kurze Zeit nach dem Aussetzen dieser Stromdurchleitungen sitzen die Thiere wieder unbeweglich, sind wieder kaum vom Platze zu bringen.

Eine Beobachtung verdient vielleicht noch speciell erwähnt zu werden: Zuerst waren links die 2 oberfl. Kanäle vollständig abgetragen worden. Darauf wurden wiederholt Ströme (von 10 bis 18 El.) querdurch geleitet, in der Weise, dass links die Knopfelectrode in die Wunde, rechts eine gleiche auf die unversehrte Haut gesetzt ward. Der Bewegungseffect war ein ziemlich unbedeutender, einzig deutlich und constant war ein Flügelheben während des Stromes. Nun wurde auch rechts geöffnet und hier alle

3 Kanäle zerstört, darnach wieder derselbe Strom wie vorher querüber geleitet: der Effect war ein zweifellos bedeutenderer als vorher (wo also noch 3 Kanäle mehr vorhanden waren). Der Kopf wenigstens neigte sich immer sehr deutlich nach den entsprechenden Seiten, meist der ganze Körper.

Wenn auch eine eingehende Untersuchung der Erscheinungen, welche die directe Durchleitung des galvan. Stromes durch das Kleinhirn hervorruft, bei dieser Arbeit nicht beabsichtigt war, so konnten doch einige wenige Versuche in der Richtung nicht wohl unterlassen werden.

Man kann bei der Taube den grössten Theil des Kleinhirns blosslegen ohne erhebliche Blutung, wenn auch die Gefahr der letzteren eine sehr bedeutende ist. Kaum vermeidlich ist es dagegen, dass einige Knochenbälkchen über der Kleinhirnssubstanz sitzen bleiben. Für den hier vorliegenden Zweck ist dies nur ein Vortheil, da die Hirnssubstanz dadurch vor Verletzung durch die Electroden geschützt wird. Als letztere dienten mir theils die Messingdraht-Enden der Leitungsschnüre, theils die mehrfach erwähnten Knopfelectroden.

Das Resultat war dies: Bei 6 El. war die Kopfneigung schon unzweifelhaft, aber schwach. Bei 10 El. war sie nicht nur recht ausgesprochen, sondern das Thier fiel meist schon vollständig — wenn auch nur für einen Moment — auf die Seite, machte nach längerer Stromdauer auch wohl etwas Zeigerdrehung (selten einen vollen Kreis). Bei grösserer Elementenzahl wurden Fallen und Drehen noch etwas stärker, aber nie annähernd so heftig wie bei der Leitung der gleichen Ströme durch die Kanäle mittels um sie geschlungener Drähte. In dem Umstande, dass dort die Versuchsbedingungen günstiger sind durch die Umwicklung der Electroden um die Kanäle — welche die Thiere während der Ströme völlig frei zu lassen gestattet — kann sicher für diesen bedeutenden Unterschied in der Wirkung nur ein Theil der Erklärung gesucht werden.

In einem Falle, wo die Kanäle beiderseits erhalten waren, fiel das Thier anfangs bei 10 El. quer durch das Kleinhirn, zuerst auf die Ka. (!) Seite und bei Oeffnung auf die Seite der An. Es wiederholte sich dies mehrmals. Dann erst, bei neuer Stromdurchleitung von 15 El., fiel es wiederholt in den umgekehrten, typi-

schen Richtungen. Nach Stromöffnung trat auch (momentane) Kopfverdrehung auf.

Noch ein anderer Versuch zur Beleuchtung der Betheiligung des Kleinhirns bei den bei und nach Stromquerleitungen durch den Kopf beobachteten Zwangsbewegungen wurde angeschlossen: Bei 2 Thieren, bei denen die Kanäle ziemlich vollständig zerstört waren (bei dem einen fand sich bei der Section noch ca. $\frac{1}{3}$ eines L. V. K., bei dem andern ein kleiner Rest dieses Kanals beiderseits), wurde auch das Kleinhirn zu gut $\frac{3}{4}$ zerstört (die Section zeigte nach allen Richtungen nur die direct an Hirn und Rückenmark angrenzenden Theile erhalten). Nun ward der Strom von 15 El. quer durch den Hinterkopf geleitet, indem die Knopfelectroden auf den Grund der Wunden, die zur Kanalzerstörung angelegt waren, aufgesetzt wurden. Es ergab sich: während des Stromes noch erkennbare Neigung nach der An., nach Oeffnung des Stromes einige Zeigerumdrehungen nach der Ka. Seite. (Daselbe bei Umkehr des Stromes.) — Bei 20 El. erhielt man: Fallen, mit ausgebreiteten Flügeln, auf die entsprechenden Seiten, bei Schluss wie Oeffnung.

In einem weiteren Falle waren alle Kanäle rechts zerstört worden, 10 Tage darauf alle Kanäle links. Das Thier hing auch nach der Zerstörung links immer noch genau so stark wie vor. derselben, in Folge der früheren Operation rechts, nach rechts über, und hielt besonders den Kopf nach dieser Richtung verdreht, so dass der Schnabel nach oben sah. Die Querdurchleitung von 15 El. (mittels Knopfelectroden) hatte nun stets nur eben bemerkbare Körperschwankungen in den bekannten Richtungen zur Folge; die (alte) Rechtsneigung des Körpers blieb dabei immer ausgesprochen, blieb weit stärker, als diese Bewegungen durch den Strom. (Vgl. den Abschn. über die späteren Folgen der Kanalverletzungen.)

Zum Schlusse der Besprechung der durch galvanische Ströme gesetzten Bewegungen verdient wohl noch ein allgemeiner Punkt, der im Speciellen schon wiederholt, auch im letzten Beispiele, berührt wurde, besondere Erwähnung. Er betrifft das Verhältniss der Kraft, mit der dieser Strom die beschriebenen Körperdrehungen bei der Taube hervorbringt, zur Kraft, mit welcher die anderen früher besprochenen Momente: ausgiebige Anwendung von Liq. ferri, Blutungen, Glühhitze, Nebenverletzungen bei Operationen

an den Kanälen, endlich die im nächsten Abschnitte kurz zu erwähnenden: bestimmte Verletzungen des Kleinhirns, Drehungen (insbesondere solche um die Längsaxe), bei diesen Thieren erzeugen.

Wir haben früher gesehen, dass in Folge der erstangeführten Momente ausser den leichteren Drehungen auch Rotationen um die Längsaxe, bald nur kurze, bald längere Zeit dauernd, vorkommen; in Folge von Kleinhirnverletzungen können letztere bekanntlich bis zur tödtlichen Erschöpfung anhalten. In den ersteren Fällen besteht fast immer nach dem Aufhören des ersten Rotationssturmes bei den Thieren doch noch längere Zeit ($\frac{1}{4}$ Stunde oder mehr), eine latente Neigung zu neuen Rotationen fort, und treten letztere wieder auf sobald ein Reiz, ein Anstoss irgend welcher Art, die Thiere trifft. Diese latente Neigung klingt nach und nach ab. Ist sie noch sehr stark und man leitet einen schwachen Strom querüber, so kommt des letzteren drehende Wirkung nicht zur Geltung, er wirkt einfach als Reiz, als Anstoss zur Neueinleitung der früheren Rotation, und letztere beginnt sofort mit Stromschluss. Ist die Neigung zu diesen Rotationen aber schon im Verschwinden, so kann vielleicht schon derselbe Strom (oder ein wenig stärkerer) bei Schluss und Oeffnung seine Drehung erzeugen wie bei sonst intacten Thieren, jene frühere Rotation tritt dann erst unmittelbar nach der durch die Stromöffnung gesetzten Bewegung wieder (und immer nur kurze Zeit) auf.

Natürlich kommen in Bezug auf die Drehkraft des Stroms auch hier Applications-Ort, Weise und Dauer sehr in Betracht, und ist es so z. B. selbstverständlich, dass auch im Kampfe gegen einen andren Impuls der Strom sich am mächtigsten zeigen wird, wenn der Stromgeber um die Kanäle gewickelte Drähte sind. So appliziert bringt man durch recht kräftige Ströme selbst die rasendsten Rotationen (wenn man die An. auf die andre Seite legt), für die Stromdauer zum Stillstand, oder erzeugt selbst Fallen auf jene (die An.-) Seite, ja Umdrehung nach derselben. Bei Stromöffnung fallen dann natürlich beide Bewegungsimpulse (nach der Ka.-Seite) zusammen.

Es gelten diese Sätze für Thiere mit intacten wie für solche mit mehr oder weniger zerstörten Kanälen.

Obwohl Versuche zur Physiologie des

Kleinhirns

überhaupt ausserhalb des Planes dieser Untersuchungen blieben (— und die folgenden wie die früheren Notizen auch keineswegs irgendwie auf diesen Titel Anspruch erheben —), so lagen doch einige vergleichende Experimente in der Richtung nach den vielen Kanal-Versuchen zu nahe, um ganz zu unterbleiben, und sind ganz kurze Notizen über sie immerhin vielleicht mittheilenswerth. Ein Vergleich der beschriebenen Erscheinungen mit den Folgen von Kleinhirnverletzungen liegt sicher Jedem sehr nahe, und vielleicht mit von derselben Hand angestellten (und berichteten) Versuchen am nächsten.

An 12 Thieren wurde nach Operationen an Kanälen Kleinhirnläsionen vorgenommen, bei vierten ohne Vorauszug jener.

Die Blosslegung im mittleren Theile des Kleinhirns (mit dem Messer) ist ohne Gefahr, wenn man von der zu grossen Druckes auf den Kopf (beim Fixiren) absieht. Dagegen birgt die Blosslegung der seitlichen Theile des Kleinhirns die Gefahr heftigster Blutungen, und ganz vollständige Blosslegung ist ohne letztere (durch Verletzung des den L. V. K. begleitenden Blutleiters), ja selbst ohne Verletzung des hintersten Theils des L. V. K. selbst, nicht möglich, — aber doch beinahe vollständige.

Zum Theil wurden Einstiche auch ohne Blosslegung des Kleinhirns gemacht, indem an bestimmten Stellen neben dem blossgelegten L. V. K. die dünne Knochenwand mit der Messerspitze durchstossen wurde (und später die Einstiche durch die Section controlirt).

Die ganzen (verhältnissmässig wenigen und meist (12:4) nicht ganz reinen) Vergleichsversuche ergaben doch folgende gesicherte Resultate:

Zunächst, dass man durch Läsionen am Kleinhirn Körperneigung nach der einen Seite, Zeigerdrehungen, Kreisdrehungen um die aufgestützte Brust und Drehungen um die Längsaxe erzeugen kann, ganz ebenso wie durch die geschilderten Eingriffe an den Kanälen. (Reine Exstirpationen der Kanäle erzeugten die Drehungen um die Längsaxe, wie erinnernlich, nicht.)

Die letztgenannten Bewegungen sind auch hier die heftigsten und andauerndsten. Vor Beginn derselben, oder auch zwischen-

durch, treten auch hier einzelne Rückwärtsüberschlagungen auf. An Dauer können die Drehungen um die Längsaxe die gleichen durch die früher besprochenen Momente gesetzten bedeutend übertreffen, sie können Stunden lang, mit nur wenigen Pausen durch absolute Erschöpfung, anhalten, bis zum Erschöpfungstode führen. — An solchem Bilde ändert nachträgliche oder vorgängige Zerstörung der Kanäle derselben Seite nicht das mindeste.

Ferner ergab sich, dass durch umfänglichere Zerstörungen des Kleinhirns weniger Drehungen der Thiere gesetzt werden, als Unsicherheit derselben, welche den höchsten denkbaren Grad erreichen kann, die Unsicherheit unmittelbar nach raschaufeinanderfolgender Zerstörung aller Kanäle noch übertreffen. Die Thiere sind ohne allen Halt, Muskelcontractionen finden zwar noch statt, sie dienen aber nur dazu, erstere fortwährend nach allen Seiten wackeln und fallen zu machen. Die Thiere liegen dabei auf dem Bauch und fallen doch noch. Einmal fiel auch die angestellte Schluckprobe negativ aus, tief in den Schnabel geschobene Erbsen blieben liegen. Dabei kann man wohl auch beobachten, dass zeitweise das ganze Thier, besonders der Kopf, ruckweise bald nach links, bald nach rechts, in ziemlich regelmässigen Intervallen, gezogen wird.

Bemerkt muss hier aber auch werden, dass in keinem Versuche das Kleinhirn vollständig zerstört war, vielmehr die Theile unmittelbar über dem 4. Ventrikel, sowie das hinterste (bezw. unterste) Ende immer noch erhalten (um vor Nebenverletzungen sicher zu sein).

Die Zwangsbewegungen wurden am häufigsten nach einfachen Einstichen in eine Kleinhirnhälfte (— gewöhnlich ward ungefähr die Mitte ihrer Oberfläche getroffen —) beobachtet, weniger nach Zerstörungen. Am deutlichsten und am häufigsten sind sie seitliche, zuweilen sieht man aber auch ein Vor- oder Rückwärts-Rutschen. Bei einseitigen (geringeren) Läsionen wurden, wenn an demselben Thiere mehrere nacheinander in der Weise gesetzt waren, dass jede folgende die vorhergehende vergrösserte (bes. vertiefte), nicht selten ein Abwechseln in der Richtung der Zwangsbewegungen beobachtet, so dass das Thier z. B. nach der ersten Verletzung linksum drehte, nach der zweiten, dritten oder vierten rechtsum, oder umgekehrt. Es kam dies sogar in noch öfterem Wechsel vor, aber nur wenn die Zerstörung durch Glühhitze geschah. Dann

sah man auch öfter zwischen den Drehungen nach der einen Seite ein ruckweises Hinüberschleudern des Thieres nach der entgegengesetzten Seite.

Besonders bei Gebrauch einer glühenden Nadel hierbei lassen sich auch hier Drehungserscheinungen öfter deutlich als Folgen von Reizzuständen (nicht Folgen der gesetzten Zerstörung) erkennen. Nach solchen Einstichen (in die eine Hälfte) wurde nämlich öfter beobachtet, dass unmittelbar darauf das Thier sich deutlich nach der entgegengesetzten Seite umdrehte und nach ihr überhing, dass beide Erscheinungen aber nach wenigen Minuten wieder vollständig verschwunden waren. Bei Einem Thiere wurde dies zweimal hintereinander nach solchen Einstichen constatirt. — Dass eine durch die Glühhitze gesetzte Lähmung von Nerventheilen in so kurzer Zeit verschwinde, lässt sich nicht wohl annehmen. Ein Reizzustand, welcher in der Nähe der von der Nadel getroffenen Gebilde durch die Erwärmung noch gesetzt wird, kann dagegen recht wohl in Minuten abklingend gedacht werden. (Als Folge etwaiger Einwirkung strahlender Wärme von dem nicht eingesenkten Theile der Nadel auf die Oberfläche des Kleinhirns kann man die Erscheinung gewiss nicht ansehen).

Ueber die Querdurchleitung von galv. Strömen durch das Kleinhirn wurde im vorigen Abschn. einiges bemerkt.

Einige Worte seien hier nun noch einer Erscheinung gewidmet, die in früheren Arbeiten zum Theil schon stärker betont wurde, nämlich dem

Nystagmus (der Augen).

Cyon beobachtete denselben bei jeder Kanaldurchschneidung. Ich habe nur bei einer beschränkteren Zahl von Versuchen auf Augenbewegungen geachtet, und möchte deshalb hier nur, so zu sagen gelegentlich, bemerken, dass in den Fällen, wo ich darauf geachtet, das Resultat kein constantes war. Insbesondere bei den beschriebenen galvanischen Reizungen wurde unter anscheinend gleichen Bedingungen, — z. B. bei Leitung des Stromes durch einen H. K. —, das einemal deutlicher Nystagmus beobachtet (auch in seiner Richtung deutlich), das anderemal undeutlicher, d. h. es erschien zweifelhaft (insbesondere durch die gleichzeitig meist heftigen Bewegungen der Nickhaut), ob Nystagmus oder nur unregelmässige Augenbewegungen vorhanden seien. In nicht ganz weni-

gen anderen Fällen wurde bestimmt die Abwesenheit aller nystagmusartigen Augenbewegungen constatirt. Mehrmals wurden sie bei der einen galvan. Reizung (und kurz nach derselben noch) gesehen, bei einer oder mehreren darauffolgenden keine Spur davon, obgleich die Lage der Drähte nicht (absichtlich!) verändert worden war, und derselbe Strom in derselben Richtung ging, also die Bedingungen die gleichen schienen.

Unmittelbar nach Kanaldurchschneidungen (mit dem Messer) konnte ich, so oft ich darauf geachtet, mit Bestimmtheit Fehlen des Nystagmus constatiren; er muss also jedenfalls sehr schnell danach verschwinden können. Während der Durchschneidungen, — die das Auge des Operirenden vollauf in Anspruch nehmen —, konnte ich nicht darnach sehen.

Es sind, ich wiederhole es, meine Beobachtungen in der Richtung nicht vollständig. Durch das, was ich beobachtet, namentlich durch das doch vielmals sicher constatirte Fehlen der Erscheinung bei Kanalreizungen bin ich aber doch einigermaßen gedrängt anzunehmen, dass nicht die Reizung der Kanäle überhaupt, sondern entweder nur die bestimmter Theile derselben, oder nur die bestimmter Nachbartheile, die Erscheinung des Nystagmus hervorrufe ¹⁾. — Am allerausgesprochensten zeigte sie sich mir wiederholt bei heftigeren Blutungen der Tauben, mehrmals ohne dass noch irgend ein Kanal verletzt war. — In einem Falle wurde er nach vorgängiger Zerstörung sämtlicher Kanäle bei der Leitung eines galv. Stroms (von 9 El.) quer durch das Kleinhirn sehr deutlich beobachtet. Auf der An-Seite ging die ruckende Bewegung deutlich nach hinten und unten, — also umgekehrt wie man sie beim Kaninchen während der Querleitung galv. Ströme durch das unverletzte Hinterhaupt beobachtet.

1) Bekanntlich ist er bei Reizung verschiedener Hirntheile beobachtet worden, insbesondere bei solcher von Kleinhirntheilen. Eine Aufzählung derselben siehe bei Rähmann, Arch. f. Ophthalmologie XXIV, S. 237 (1878); Schmidt'sche Jahrbücher Juniheft 1879.

Die späteren Folgeerscheinungen der Kanal-Operationen.

Die seitherigen Besprechungen galten fast ausschliesslich den Erscheinungen, welche unmittelbar nach den Eingriffen sich darbieten, in den nächsten Minuten oder Viertelstunden.

Es erschien geboten, diese und die späteren Erscheinungen scharf auseinanderzuhalten. Einmal in Folge der nahe liegenden Erwägung, dass Erscheinungen, welche erst stunden- oder tagelang nach dem operativen Eingriff auftreten, ihre Ursache nicht unmittelbar in dem gemachten Eingriffe, sondern in secundären Gewebsveränderungen haben möchten, — bezw. müssten —, dann auch weil diese späteren in der That mehrere ganz charakteristische, allen Fällen gemeinschaftliche, Besonderheiten zeigen. Ihre Constanz und ihr typisches Auftreten gestatten ganz gut eine gemeinsame Schilderung, auf Grund der einzelnen Protokolle.

Die Nachbeobachtung erstreckte sich in den meisten Fällen aus äusseren Gründen nur über 10—12 Tage, in fünf über 3—6 Monate. Die Thiere wurden nach dieser Zeit getödtet, einige waren auch von selbst zu Grunde gegangen.

Wo es nicht ausdrücklich anders bemerkt ist, wird sich die Besprechung auf nur einseitig operirte Thiere beziehen.

In den ersten Tagen nach der Operation konnten solche ihre Nahrung — wenn auch immer ungeschickt — häufig noch selbst nehmen. Nach dieser Zeit machte besonders die dann nach allen ausgedehnteren Eingriffen sich ausbildende Kopfverdrehung (s. unten) es meist für Wochen unmöglich. Die Thiere hauen alsdann mit dem Schnabel immer stark nach der unverletzten Seite hinüber, die Erbsen zerstreuend, und fahren mit krampfhaften, ruckartigen Bewegungen mit dem Schnabel in das vorgehaltene Wassergefäss, so dass die Schnabelspitze oft gar nicht im Wasser steht, dass die Thiere nur trinken können, wenn man ihnen den Kopf mit der Hand leicht fixirt. — Ganz gelinde Eingriffe, z. B. einfaches Durchschneiden eines Bogens, oder auch Ausschneiden eines Stückes aus demselben, können ohne alle Entwicklung von Kopfverdrehung und ohne Störung der Nahrungsaufnahme vorübergehen. Doppelseitig an mehr als je einem Kanale operirte Thiere mussten immer Wochen und Monate lang gefüttert werden. Nicht selten entwickelte sich auch bei solchen (anfallsweise) Kopfverdreh-

hung nach der einen Seite (innerhalb der gleichen Zeit), häufiger aber einfache Senkung des Kopfes bis zum Aufliegen des Schädeldachs auf dem Boden. Nach Wochen oder Monaten, wo auch diese Thiere wieder (sehr flink laufen und) allein Nahrung aufnehmen konnten, geschah letzteres doch immer noch ziemlich ungeschickt.

Ausnahmslos erscheinen die motorischen Störungen bei den Thieren am Tage nach der Operation geringer als noch Viertelstunden nach ihr. Nach Eingriffen, die eine sehr bedeutende Unsicherheit setzten, ist diese immer geringer geworden; nach leichteren Eingriffen, die nur der Beweglichkeit Eintrag thaten, erscheint diese wieder mindestens bedeutend gebessert. Auch Anfangs vorwaltendes oder ausschliessliches Umdrehen nach einer Seite (beim Laufen) ist immer mehr zurückgetreten, nach ganz leichten Verletzungen sogar ganz verschwunden. Manche Thiere, die (besonders in Folge von Einwirkung der Electricität), noch Viertelstunden nach dem Eingriffe kaum vom Platze zu bringen waren, und bei den wenigen Schritten, zu denen man sie brachte, noch häufig stürzten, laufen mitunter am nächsten Tage wieder ganz flink, und fliegen bis zur halben oder ganzen Zimmerhöhe auf.

Deutlich ist fast immer noch bei dem — noch so flinken — Laufe ein öfteres Einknicken auf der operirten Seite geblieben.

Die grösste Unsicherheit, die grösste Drehneigung u. s. w., kurz alle motorischen Störungen am stärksten, zeigen die Thiere stets wenn sie in Angst sind, in erster Linie darum immer dann, wenn man sie eben aus ihrem Behälter genommen hat.

Ueber die Flugfähigkeit der Thiere ist noch ein besonderes Wort zu sagen. Selbst nach schon beträchtlichen (— aber nicht ganz vollkommenen! —) einseitigen („reinen“) Kanalabtragungen mit dem Messer flogen die Thiere am nächsten Tage (gehetzt) meist wieder auf, wie oben erwähnt, eines selbst nach Ausschneiden der 2 oberflächlichen Kanäle sammt Gefässen bis zur Zimmerdecke. Nach leichten Verletzungen kann sich die wiederhergestellte Flugfähigkeit erhalten, bei allen stärker (bezw. mehrfach) Verletzten war dieselbe aber am zweitfolgenden Tage fast immer wieder deutlich zurückgegangen, längstens am drittfolgenden. Die Thiere flogen da nicht mehr so hoch, den darauf folgenden Tag noch weniger hoch, und am fünften Tage nach der Operation wurde dann nicht mehr als $\frac{1}{2}$ Met. hohes Auffliegen beobachtet. — Zu bemerken ist noch, dass der bleibende Flug leichtverletzter Thiere

doch immer eine Reihe von Tagen lang, wenn auch hoch, doch merklich weniger ausdauernd ist, als der Flug gesunder, dass sie früher wieder zur Erde kommen, und zwar sehr häufig ziemlich plump, in fast senkrechter Linie, halb fallend. — Die Drehung nach der operirten Seite ist beim Fluge immer ganz besonders deutlich, und nimmt bei allen stärker verletzten Thieren von Tag zu Tag zu, so dass sie zuletzt bei einem kurzen Auffliegen (von $\frac{1}{2}$ M. Höhe) 1—2 vollkommene Kreise in der Luft beschreiben. Dann stossen sie dabei auch fast jedesmal gegen Wände, Tische, Stühle oder lebende Beine an, — was ihnen Allen beim Laufen so gut wie nie passirt. Da das Sehvermögen der Thiere von allen anderen Beobachtern wie von mir bei wiederholter Prüfung (durch Verhüllen je eines Auges) intact gefunden wurde, so kann dies Widerstossen im Fluge nur auf Rechnung der ungeschickten Körperlenkung der Thiere im Fluge überhaupt, sowie insbesondere der sie dabei mächtig nach der einen Seite drehenden Kraft, angesehen werden. Fast immer fallen die Thiere in diesem Stadium auch sehr plump, hart auf, bes. häufig auf die verletzte Seite. Man sieht sie dabei selbst einmal sich überschlagen.

Ganz besonders auffallend ist das Auftreten der gleichen Erscheinung (des plumpen Herabfallens und Auffallens, so dass man selbst starke Beschädigung der Thiere fürchten muss), bei solchen (stärker verletzten), welche noch ziemlich hoch auffliegen, wenn man sie in die Luft wirft. Es ist dies um so mehr auffallend, als es mit dem Verhalten derselben Thiere bald nach der Operation stark contrastirt; hier fliegen sie, wie erinnernlich, gar nicht auf, kommen aber, wenn geworfen, recht gut zur Erde herab.

Sehen wir nunmehr von den leichtverletzten Thieren ganz ab, welche nur eine, wenige oder viele Tage dauernde, leichte Unsicherheit in den Bewegungen und Verkürzung der Flugzeit, mit mehrweniger unbeholfenem Herabkommen, behalten, dann sich von gesunden nicht mehr unterscheiden lassen, — und reden nur von (einseitig) stärker verletzten. Bei ihnen trat überall da, wo sie nicht schon von der Operation her geblieben war, ausnahmslos wieder starke Neigung zu Umdrehungen nach der verletzten Seite und zum Bogen- bzw. Kreislaufen nach derselben (d. h. die verletzte Seite innen) längstens am dritten Tage nach der Operation auf. Geblieben war diese Neigung nach fast allen „unreinen“ Operationen oder wenigstens solchen, wo die gesetzte Wunde eine

besonders ausgedehnte gewesen. Nach ganz reinen Kanalverletzungen dagegen kommt es, wenn dieselben sich nur auf Einen Kanal erstrecken, wenn auch in grösserer Ausdehnung, oder auf 2 Kanäle in je etwas geringerer, vor, dass den ersten Tag nach der Verletzung, mitunter selbst noch den zweiten danach, bei dem flinken, (nur durch Ausgleiten oder Einknicken öfter unterbrochenen,) Laufe, eine vorwaltende Umdrehung nach einer Seite gar nicht zu entdecken ist, oder höchstens bei starkem Hetzen der Thiere eine Spur davon. In beruhigtem Zustande eine grössere Strecke durchs Zimmer gradaus zu gehen, und dann auch einmal gelegentlich nach der unverletzten Seite sich umzudrehen, vermögen alle Thiere, auch späterhin noch, selbst wenn auch die gleich zu beschreibenden, (zeitweiligen) heftigen Drehungen (um die Längsaxe) nach der verl. Seite aufgetreten sind.

Die innerhalb der 2—3 ersten Tage nach der Operation sich wieder entwickelnden und zuerst und einzig constant auftretenden Kreise beim Laufen haben Anfangs einen sehr grossen Durchmesser, (und werden dann auch meist nur Segmente derselben beschrieben), ihr Durchmesser verkleinert sich aber in der Regel rasch, so dass nach 4 oder 5 Tagen wenigstens unmittelbar nach der Herausnahme der Thiere aus dem Behälter stets einige Drehungen um den eigenen Körper auftreten; welche mit zunehmender Beruhigung immer grösser werdenden Kreisen Platz machen, wie erwähnt, schliesslich sogar so zurücktreten, dass man auch Gradauslaufen und gelegentliches Umdrehen nach der anderen Seite beobachtet. Die angeführten Drehungen um den eigenen Körper bestehen zum Theil in Zeigerdrehungen, z. Th. in Rotationen um die vorn aufgestützte Brust (mit Flügelschlagen). Die Zeigerdrehungen scheinen einen höheren Grad der Drehneigung zu repräsentiren; einmal nämlich treten sie im Allgemeinen später nach den Operationen auf, und dann bilden sie nicht selten auch nach dem Herausnehmen der Thiere aus dem Behälter die erste Erscheinung, an welche sich erst die Drehungen um die aufgestützte Brust anschliessen.

Auch Drehungen um die Längsaxe des Körpers treten, wie schon erwähnt, selbst nach „reinen“ Operationen nicht ganz selten auf, aber dann immer erst im weiteren Verlaufe, nämlich nach frühestens ca. 4 Tagen, im Allgemeinen ziemlich, (keineswegs aber vollständig!) zusammentreffend mit der nachher zu beschreibenden Kopfverdrehung. Die Thiere zeigen diese Rotationen dann

fast immer als erste (und heftigste) Erscheinung nach dem Anfassen. Die Reihe der Umdrehungen ist dann meist eine bedeutendere, bis 20 und mehr, doch kommen häufig auch, — gewöhnlich einen Tag vor Entwicklung dieser heftigen Rotationen — schon einzelne Längsaxendrehungen zwischen den Drehungen um die aufgestützte Brust oder den Zeigerdrehungen vor. Nach den Rotationen um die Längsaxe treten häufig Drehungen letzterer Art (um eine senkrechte Axe) auf, immer aber folgt auf sie noch eine zeitlang Marschiren in (immer grösser werdenden) Kreisen. — Nach neuem Aengstigen der Thiere (durch Anfassen z. B.) können jene Rotationen etc. wieder erscheinen.

Nach „unreinen“ Operationen kann man schon am folgenden Tage unmittelbar nach dem Loslassen aus der Hand die allerheftigsten Drehungen um die aufgestützte Brust oder um die Längsaxe, seltener Zeigerdrehungen, beobachten. Bis zu 10 Min. Dauer sind sie dann auch notirt. Bei solch längerer Dauer kommen meist dazwischen auch einige Purzelbäume nach hinten vor. Immer zeigte sich in solchen Fällen auch, sobald die Rotationen geendigt hatten, bereits Verdrehung des Kopfes (S. unten), und das jetzt zu beschreibende

Ueberhängen des Körpers nach der einen Seite. Diese eine Seite war ebenfalls stets die Seite, auf der die Verletzung stattgefunden hatte. Die Neigung des Körpers nach dieser Seite kann nach „unreinen“ Operationen auch schon am nächsten Tage deutlich sein, nach „reinen“ fand sie sich frühestens am zweitfolgenden, meist erst am 4., 5., spätestens am 6. Tage. Zuerst wenig ausgesprochen, nimmt sie rasch zu, so dass die Thiere ein auffälliges Bild darbieten, bei dem Sitzen sowohl wie beim Laufen. Am wenigsten fällt diese Körperhaltung begreiflicherweise während der Kreisdrehungen auf, und umsoweniger je kleiner die Kreisdurchmesser sind, weil diese Drehungen ja nach derselben Seite gehen und die Thiere dann nur überzuhängen scheinen wie die Pferde in der Reitbahn. Indessen bleibt das Ueberhängen beim Gradauslaufen wie beim Sitzen genau dasselbe, es verschwindet keinen Augenblick.

Diese Erscheinung hängt sicher wohl sehr enge mit den beiden folgenden zusammen, die besonders von Curschmann schon als unmittelbare Folgen der Operationen genau geschildert sind. Noch mehr als gleich nach den Operationen treten sie aber später, (an

folgenden Tagen) hervor, wo die Thiere wieder im Allgemeinen beweglicher und geschickter geworden sind.

Die erste dieser beiden Erscheinungen ist die, dass die Thiere sich durch seitlichen Druck parallel ihrer Längsaxe ganz auffallend leichter nach der verletzten Seite als nach der unverletzten verschieben lassen, und dass sie ausserdem auch auf leichte Berührung oder nur drohende Annäherung, direct nach dieser Seite sehr leicht ausweichen, direct nach der andern Seite dagegen sehr schwer oder gar nicht.

Die zweite Erscheinung ist die, dass Bein, Fuss und Zehen der operirten Seite sich immer etwas ungeschickter zeigen, als auf der anderen. Von einer eigentlichen Schwäche derselben kann dabei in den meisten Fällen nicht gesprochen werden. Die Zehen umspannen den gereichten Finger meist so kräftig, wie die der anderen Seite, aber die Geschicklichkeit und die Sicherheit im Ergreifen desselben sind entschieden vermindert. Oefter kommt die eine oder andere Zehe dabei in wider-natürliche Lage und diese wird keineswegs immer sofort corrigirt. Nur in 2 — nicht reinen — Fällen, (in deren jedem alle 3 Kanäle ein Stück Wegs zerstört waren und dabei je einen Moment starke Blutung bestanden hatte), fand sich das betr. Bein, das einmal nach 8, das anderemal nach 9 Tagen, fast vollständig gelähmt. Die Zehen waren flectirt, fast unbeweglich, schlaff, letzteres auch das ganze Bein. Die Thiere konnten in beiden Fällen allerdings stehen, die Zehen dieses Beins waren dabei aber meist ungeschickt aufgesetzt, ihre Spitzen öfter mit der Rückenfläche. Legte man die Thiere auf den Rücken, so machte das Bein der anderen Seite energische Bewegungen in der Luft, das Bein der operirten Seite blieb fast vollkommen unbeweglich. In beiden Fällen hatten die Thiere schon 1—2 Tage vor dieser Erscheinung auch die stärkste Neigung zu Rotationen um die Längsaxe gezeigt, auch spontan, ohne alle Beunruhigung, häufige Anfälle derselben bekommen, und zwischen diesen häufiges und langdauerndes Verdrehen des Kopfes, wie es jetzt geschildert werden soll.

Es ist dies eine schon viel besprochene, und auch für die Deutung der übrigen Bewegungsstörungen herangezogene, Folgeerscheinung der Kanalverletzungen.

Oben war von einer Verdrehung des ganzen Körpers (um seine Längsaxe) in derselben Richtung, — dem „Ueberhängen“ —,

schon die Rede. Die nun zu betrachtende Kopfverdrehung ist aber nicht etwa eine Theilerscheinung jener, sondern gänzlich davon zu trennen, wenn auch durch jenes Ueberhängen ein Hinübersehen des Schnabels in demselben Sinne wie bei dieser Kopfverdrehung, — nämlich nach der unverletzten Seite hinüber —, erzeugt wird. Es handelt sich bei dem Ueberhängen aber um absolut keine Kopfverdrehung, im Gegentheil, eben weil der Kopf genau mit dem Körper sich nach der verletzten Seite gesenkt hat, muss der Schnabel etwas nach der unverletzten Seite hinübersehen. Die Kopfverdrehungen — die früher schon erwähnt wurden und hier näher betrachtet werden sollen —, („Halsdrehungen“ zu sagen wäre wohl correcter, doch weniger anschaulich), unterscheiden sich von jenem stäten Ueberhängen des Körpers physiologisch ferner noch sehr bedeutend durch ihr ausschliesslich anfallsweises, krampfartiges Auftreten. Es kann dieser Kramp fzustand mehr den Character des tonischen haben, die Verdrehung kann eine $\frac{1}{4}$ bis mehrere Minuten lang dauernde sein, — und dies ist der häufigere Fall —, oder auch mehr clonischer Art sein: die Thiere machen (sich wiederholende) Verdrehungen von nur momentaner Dauer. Wie alle anfallsweise sich zeigenden motorischen Störungen, so treten auch diese Kopfverdrehungen am stärksten auf bei Aufregung der Thiere, oft sogar, (namentlich bei ihrem ersten, noch leisen, Erscheinen), ausschliesslich als Folge der höchsten Aufregung, beim ersten Anfassen der Thiere oder bei der künstlichen Fütterung derselben. — Es sei nun die Erscheinung selbst geschildert.

Der Kopf der Thiere wird um seine (und des Körpers) Längsaxe rotirt, stets das Hinterhaupt nach der verletzten, der Schnabel also nach der gesunden Seite hinüber. Ziemlich den gelindesten Grad dieser Drehung stellt $\frac{1}{4}$ Kreisdrehung dar, — so dass also der Schnabel vollkommen nach der unverletzten Seite hinübersieht; selten sieht man aber diese Verdrehung allein, meist vielmehr daneben, (während des Anfassens u. dgl.) auch Halbkreisdrehungen, so dass also der Schnabel gerade nach oben sieht. Dabei wird dann der Hinterkopf nicht selten dem Boden angelegt. Die Thiere verharren in der Stellung, — natürlich ohne alle Locomotion trotz allen Treibens —, nach dem Loslassen aus der Hand bis zu mehreren (5 und noch mehr) Minuten. Nicht selten wird der Kopf dabei ausserdem nicht vor den übrigen Körper gelegt, sondern

neben die Brust, auf der verletzten Seite. Auch der Schwanz ist dann manchmal nach der letzteren Seite herübergebogen, so dass dann der Körper des Thieres nach der verletzten Seite concav erscheint. Letztere beiden Erscheinungen bilden indess nicht die Regel, meist ist der Körper grade, der Hinterkopf vor demselben befindlich.

Nach der angegebenen Zeit wird, wenn man das Thier ganz in Ruhe gelassen hat, (— durch fortwährendes Aengstigen desselben kann man die Zeit noch fast beliebig verlängern —), der Kopf wieder in die normale Stellung gebracht, und das Thier fängt an, zu gehen, zuweilen Anfangs in Kreisen, zuweilen auch gleich ziemlich gradaus, immer langsam. Nach den ersten Schritten verdreht es häufig wiederholt den Kopf wieder auf Secunden, auch ohne irgend welche äussere Ursache. Nach Kurzem ist das Gehen aber meistens ein nicht mehr spontan durch solche Verdrehung unterbrochenes, die Thiere gehen, laufen selbst ein wenig, in weiteren Bogen oder selbst vollkommen gradaus, drehen dann weiterhin beim Gehen selbst einmal gelegentlich nach der anderen Seite um, bewegen ausnahmslos dann den Kopf frei, wie gesunde Thiere, nach allen Richtungen, fahren z. B. mit dem Schnabel nach links wie nach rechts putzend durch die Flügel-federn. Neues Hetzen erzeugt meist wieder erneutes Kopfdrehen, immer aber kürzerer als das erste war, zuweilen aber auch keines, sondern heftige Kreisdrehungen. Nicht selten fliegen die Thiere sogar bald auf, allerdings nie hoch, höchstens $\frac{1}{2}$ M., und drehen dann im Fluge stets sehr stark, stossen während seiner und beim Herunterkommen an Tische, Stühle, Wände etc. heftig an.

Bei manchen solcher Thiere, welche spontan wiederkehrende Rotationen um die Längsaxe oder Kreisdrehungen zeigen, haben (nach 8, 9, 10 Tagen) auch die zwischen jenen Körperverdrehungen auftretenden Kopfverdrehungen eine grössere Dauer und Häufigkeit (bezw. Unabhängigkeit von Aengstigung des Thieres). Sie können die Zeit zwischen den Rotationen ziemlich ausfüllen, so dass die Thiere nur selten gehen und dann nur wenige, langsame und kleine Schritte machen. Vom geringsten Fluge ist in solchen Fällen natürlich keine Rede mehr. Auch von dem ruhig gehaltenen Finger fallen diese Thiere herunter, und zwar wie ein Stück Holz. — Diese Fälle zeigen bei der Section alle eine starke secundäre Entzündung der Schädelknochen und öfter auch Blutergüsse

unter die Hirnhäute. In einem derselben fand sich auch braune Erweichung der Kleinhirnrinde auf der operirten Seite. Solche Thiere gingen alle vor Ablauf dreier Wochen zu Grunde.

Es bleibt noch ein Wort über die Zeit des Auftretens der Kopfverdrehung zu sagen. Es wurde früher schon (z. B. unter den „unreinen Experimenten“) erwähnt, dass in seltenen Fällen diese Verdrehung unmittelbar nach manchen Eingriffen an den Kanälen, z. B. nach dem Durchschneiden eines Drahtes, nach starkem Electrisiren, beobachtet wird. Da ist sie aber immer eine nur flüchtige Erscheinung, die einzelne Verdrehung dauert immer nur 1 oder einige Secunden, und mit einer oder wenigen Verdrehungen ist die Sache beendet. Die vorstehend beschriebene Verdrehung tritt erst Tage nach der Operation auf, als secundäre Erscheinung, ist von vornherein länger dauernd, nimmt ausnahmslos in wenigen Tagen bis zu minutenlanger Dauer und häufiger Wiederholung zu und erst nach Wochen wieder wesentlich ab, ist aber in keinem meiner Fälle (auch nach $\frac{1}{2}$ Jahre nicht) wieder vollständig verschwunden gewesen, trat vielmehr bei starker Aengstigung der Thiere auch dann noch, wenn auch zu Beginn nur $\frac{1}{4}$ Kreis betragend, und nur ganz kurze Zeit dauernd, auf. Nach wenigen Secunden liefen dann solche Thiere, gehetzt, wieder aufs flinkste, flogen auch $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Met. hoch auf.

Bei der Mehrzahl der nachbeobachteten reinen Fälle wurde die Kopfverdrehung 6 Tage nach der Operation zuerst gesehen. Nie später als 7 Tage danach, aber mehrmals früher, nach 2 und 3 Tagen schon, ja einmal in Andeutung sogar schon nach Einem Tage. In diesem letzteren Falle war nicht nur Blutung bei der Operation vorhanden gewesen, die mit Liq. fe. gestillt werden musste, sondern es waren auch die 2 oberflächlichen Kanäle sammt Gefässen durch den Thermokauter zum grössten Theile weggebrannt (auch vom häutigen L. V. K. ca. $\frac{3}{4}$ Cm mit dem Messer ausgeschnitten), und endlich noch neben dem letzteren die knöcherne Bedeckung des Kleinhirns etwa halblinsengross vorsichtig abgehoben. Kein Fall, in dem die Kopfverdrehung vor dem 6. Tage aufgetreten, lässt sich als absolut reiner ansprechen, mindestens war er mit etwas Blutung complicirt. Die verhältnissmässig so grosse Anzahl der reinen Fälle, in denen erst nach 6 Tagen die Verdrehung auftrat, zusammengehalten besonders mit dem letztangeführten Controlfall, in dem neben ausgedehnten Zerstörungen

an den Kanälen und dem Gebrauche von Liq. fe. absichtlich auch die Meningen des Kleinhirns ein wenig blosgelegt worden waren, — dies spricht entschieden dafür, dass die Verdrehung erst einer secundären Erkrankung von innerhalb des Schädels liegenden Gebilden ihren Ursprung verdanke, und zwar in erster Linie solcher des Kleinhirns. In keinem anderen Falle, als dem letzt-erwähnten, war schon am ersten Tage nach der Operation die Verdrehung angedeutet, in keinem, wie hier, schon am zweiten vollkommen ausgesprochen. Makroskopisch fand sich bei der Section hier am Kleinhirn keine Veränderung. Leider ging das Präparat vor der mikroskopischen Untersuchung zu Grunde.

Wie beiderseits an allen Kanälen operirte Tauben sich im weiteren Verlaufe verhalten, wurde oben (S. 499), im Anschluss an die Erscheinungen unmittelbar nach den Operationen, schon kurz geschildert, und sei hier darauf verwiesen.

II. Theil. Theoretisches.

Einigermassen zögernd, ich gestehe es, trete ich an den Versuch heran, aus vorstehenden Beobachtungen Schlüsse über die Function der Bogengänge, über die Vorgänge in ihnen oder anderen Gebilden, welche den beschriebenen Erscheinungen zu Grunde liegen, zu formuliren. Was die Unvollkommenheit der Freude daran verschuldet, ist einmal die noch vorhandene Unmöglichkeit, eine nach allen Richtungen hin bestimmte und gesicherte Deutung zu geben, dann aber auch noch der Umstand, dass schon eine ganze Reihe von Deutungen von berufenster Seite vorliegt, die ebensowenig ganz mit Stillschweigen übergangen, als in voller Uebereinstimmung citirt, noch auch endlich, — dem ohnedies schon stark in Anspruch genommenen Raum zu Liebe —, mit der ihrer Wichtigkeit zukommenden Ausführlichkeit hier kritisch besprochen werden können. — Indessen verlangt man ziemlich allgemein — und mit Recht wohl —, dass jeder Experimentirende auch die Schlüsse formulire, welche sich ihm aus seinen Experimenten zu ergeben scheinen, und etwas fühlt sich ausserdem doch auch

wohl Jeder, der sich mit der Frage längere Zeit beschäftigt hat gedrängt hierzu.

Ich versuche es aus diesen Gründen hiermit, die Hauptfragen auch von meinem Standpunkte aus zu beleuchten.

Zunächst muss meines Erachtens als über allen Zweifel erhaben constatirt werden, dass die häutigen halbkreisf. Kanäle an sich für die Sicherheit sämtlicher willkürlichen Bewegungen der Thiere von hoher Bedeutung sind.

Manche haben viele (oder sogar alle) nach den Kanalverletzungen gesetzten Bewegungsstörungen auf Rechnung der gesetzten äusseren Wunde, der beträchtlichen Ablösung von Hals- und Nackenmuskulatur, oder der Blutung dabei, setzen zu können geglaubt. Diese Annahme ist wohl schon als abgethan zu betrachten. Nach der vollständigen Blosslegung der Kanäle habe ich, vor allen Manipulationen an letzteren, die Thiere jedesmal, (auch um zu sehen, ob sie nicht durch den Druck auf den Schädel — beim Fixiren — etc. Schaden gelitten hätten), erst losgelassen, laufen und fliegen sehen, und mich überzeugt, dass die Ablösung der Muskulatur etc. weder das Geh- noch das Flugvermögen in irgend bemerkenswerther Weise beeinträchtigt hatte.

Auch die früher noch öfter gehörte Behauptung, dass die Erscheinungen immer von Nebenverletzungen (des Kleinhirns bes.) abhängen, ist unhaltbar. Hat man die Kanäle einmal vollkommen freigelegt, so kann man weiterhin auf das exacteste an ihnen allein operiren, mit sicherem Ausschluss von Nebenverletzungen. — Dass diese vollkommene Präparirung der Kanäle das Bewegungsvermögen der Thiere so gut wie nicht beeinträchtigt, erfuhr ich selbst einmal zu meinem Schaden, indem eine, nach beiderseitiger Präparirung derselben probeweise freigelassene Taube das Offenstehen des oberen Fensterflügels benutzte und bald hinter dem nächsten Dache verschwand.

Ferner ist als feststehend zu betrachten, dass, — wie dies a priori zu erwarten war —, Lähmungserscheinungen nach reinen Kanalverletzungen in keiner Muskelgruppe beobachtet werden.

Nach Complicationen, insbesondere starken Blutungen und dem Gebrauche von Eisenchlorid, bildet eine mehrweniger ausgesprochene Lähmung des Beines derselben Seite dagegen ein sehr gewöhnliches Symptom. Ueber die Motilität des betr. Flügels ist

schwer sich zu orientiren, da die Thiere zum Fluge keinen Versuch machen. Der passiv ausgespannte Flügel wird immer wieder angelegt.

Man wird dann weiterhin wohl fragen, ob übermässige („krampfhaft“) Muskelzusammenziehungen die Schuld an den Bewegungsstörungen tragen?

Dass in Folge der Eingriffe an den Kanälen krampfartige Bewegungen nicht selten auftreten, unterliegt keinem Zweifel. Die oft so heftigen Drehungen um die Längsaxe, die Zeiger- und die Drehungen um die aufgestützte Brust müssen wohl unter dieser Bezeichnung begriffen werden¹⁾. Nach reinen Kanalverletzungen kommen jene heftigen Rotationen allerdings (direct) sämmtlich nicht vor, aber man kann das Kreis- oder Bogenlaufen, das ausschliessliche Umdrehen nach einer Seite, doch auch kaum unter eine andere Rubrik bringen. Eine Lähmung oder Parese als Ursache dafür lässt sich nicht entdecken. Gegen solchen Grund spräche auch a priori das oft so rasche Verschwinden der Erscheinung.

Zur Erklärung derselben hat man wohl die nachher zu besprechende halbseitige Ataxie (auf der verletzten Seite) herangezogen. Man sagte, dass in Folge ihrer das Thier durch die normale Action der Muskeln der anderen Seite nach der atactischen hintübergedrängt würde. Es will mir nicht gelingen, mich in diese Anschauung hineinzuleben. Wenn überhaupt in Folge einseitiger Unsicherheit Körperdrehungen (beim Laufen) auftreten, so scheint mir, müssten dieselben bei atactischen, d. h. doch bald zu schwacher, bald übermässig starker, Muskelaction der einen Seite, bald Drehung nach der atactischen, bald solche nach der gesunden Seite hin veranlassen, aber in keinem Falle allezeit Bogenrotation nach der ersteren, — wie wir sie doch bei allen

1) Insofern man unter „Krampf“ im Allgem. Bewegungen versteht, welche entweder durch gar nicht vom Bewusstsein ausgehende Impulse hervorgerufen werden, oder welche, wenn auch Impulse vom Voluntarium her sie hervorriefen, doch zu wesentlich anderen Körperstellungen als beabsichtigt sind, führen, — mag die Ursache hierfür nun darin liegen, dass der vom Voluntarium kommende Reiz in falsche Bahnen gleitet, oder dass er auf Grund pathologischer Gefühlswahrnehmungen, falscher Vorstellungen über Lage oder Bewegung des Körpers, — von Schwindelgefühlen mit einem Worte — in unzumuthige (um nicht zu sagen: falsche) Bahnen geschickt wird oder auch in die richtigen, aber viel zu heftig.

Thieren beobachten, sogar oft von solcher Regelmässigkeit, dass die Bogen einer Cirkellinie nur wenig nachstehen.

Sieht man nun aber von der Annahme der Ataxie als Ursache ab, so bleibt nur die einer übermässig starken Muskelaaction auf der operirten, (atactischen) Seite übrig, da wir ja auf der unverletzten Seite keine Unregelmässigkeiten bemerken. Bei dieser Annahme müssen wir, als der wahrscheinlichsten, vorläufig stehen bleiben, umsomehr als diese Drehungen (beim Laufen) meist so bald verschwinden, dass man sie kaum als Ausfalls-, vielmehr als Reiz-Erscheinungen betrachten kann, bezw. muss, (und als namentlich die Ataxie sie meist lange überdauert). Die Drehneigung sahen wir ja nach leichteren Verletzungen sogar nicht einmal immer deutlich, jedenfalls rasch verschwindend. Viel länger dauernd und ausgesprochener das Ausrutschen beim Laufen, das Einknicken (bis zu flüchtigem Fallen) auf der verl. Seite. Nach einigen Min. war dies oft noch die einzig sichtbare Erscheinung. Die Unsicherheit betrifft evident wenn nicht allein, doch sehr in erster Linie das Bein der verl. Seite. Nur hier zeigt sich (nach nicht mehr ganz leichten Verletzungen) die Erscheinung, dass einzelne Zehen eine fehlerhafte Stellung annehmen bezw. beibehalten. — Da sich eine Schwäche im Bein nicht constatiren lässt, so ist man wohl gewungen, die Ursache dieser letzteren Erscheinungen im Fehlen zweckmässiger Coordination der Muskeln, in einer gewissen Ataxie also, zu suchen.

Nun dürfen alle Mängel in der Coordination der Muskelverkürzungen sich zurückführen lassen auf anatomische Veränderungen entweder in dem motorischen Nervensysteme oder in den sensiblen Bahnen. Die Erregungen, welche in den letzteren verlaufen, (von den peripheren Sinnesorganen und den inneren Organen, insbes. den Muskeln her), bedingen ja wohl die fortwährend genaue Orientirung über unsere Körperstellung (selbst ohne Zuhülfenahme des Auges), und bewirken die stäte Haltung des Körpers (im Stehen, Sitzen und bei der Locomotion) durch einen continuirlichen Reflexvorgang, d. h. dadurch, dass diesen sensiblen Eindrücken entsprechend die betr. Muskeln fortwährend je in der zur Bewahrung des Gleichgewichts (in Ruhe und Bewegung) nöthigen Stärke innervirt werden. Wir wissen aus pathologischen Erfahrungen beim Menschen, dass, wenn diese centripetalen Leitungsbahnen (von Haut, Muskeln etc. her) erkrankt sind, die Erhaltung des Gleichgewichts bei ruhigem Stehen wie beim Gehen bedeu-

tende Einbusse erleidet, welche durch Zuhülfenahme des Gesichtssinnes nur zum Theile gedeckt wird¹⁾).

Es bietet sich kein Anhaltspunkt, nach Kanalverletzung Ataxie der ersteren Art anzunehmen. Wenn auch selbst der mikroskopische Bau der häutigen Bögen eine Stütze dafür gäbe, sie als motorisches Centrum oder motorische Leitungsbahn anzusehen, — was ja absolut nicht der Fall ist —, so könnte man doch nur schwer sich vorstellen, dass die Reizung wie die völlige Abtragung so viele gleichartige, nur dem Grade nach verschiedene, Erscheinungen hervorrufe, ebenso schwer, dass dieselben nach Verletzung des einen wie des anderen Kanals einer Seite dieselben, und endlich, dass sie die Gesamtmotilität des Thieres (und nicht blos je einzelne Muskelgruppen) betreffende sein sollten.

Dagegen findet sich wohl Manches, was die Annahme der zweiten Ursache plausibel macht. Allerdings spricht anatomisch Alles dagegen, dass eine Leitung der sensiblen Eindrücke, von den Muskeln hierher, bezw. hierdurch, führe, dagegen lässt sich der mikroskopische Bau der häutigen Kanäle recht gut mit der Annahme vereinbaren, dass in ihnen ein eigenes (peripheres) Organ zur Wahrnehmung der Kopfstellung zu erblicken sei, — ein „Sinnesorgan für das Gleichgewicht des Kopfes“ (Goltz) —, und die makroskopische Anordnung der 3 Kanäle, ihre Ausspannung in den 3 Ebenen, welche sich in rechten Winkeln schneiden, ist für diese Annahme geradezu bestrickend, sie lässt von dem Gedanken gar nicht abkommen.

Aus dieser Annahme lässt es sich auch einigermaßen verstehen, dass einfache Reizungen (durch Blosslegung, durch Chemikalien, durch Längseinschnitte etc.) und Exstirpationen der Bögen qualitativ einen gleichen Effekt, — nämlich Unsicherheit in den Bewegungen der betr. Seite —, zeigen. Durch beiderlei Eingriffe wird, besonders wenn sie nur einseitig gewesen sind, die Orientierungsmöglichkeit zwar nicht aufgehoben, — es bleiben ausser dem Gesichtssinne noch die Kanäle der anderen Seite dafür übrig —, aber sie wird, besonders natürlich in der ersten Zeit, erschwert. Es muss letzteres ja ebensowohl dadurch geschehen, dass die gewohnten sensiblen Eindrücke von einer Seite in Wegfall gekom-

1) Das bei völliger und altgewordener Anaesthesie diese Störung gering sein kann, beweist noch nichts gegen die Möglichkeit heftiger Bewegungsstörung bei Erkrankung der sensiblen Bahnen, (die wahrscheinlich in den verschiedenen Bahnen verschieden starke Hemmungen setzt).

men sind, wie durch das Anlangen abnorm starker, von der physiologischen sicher sehr verschiedener, Erregungen. (Pathologische Bewegungsrichtung sollte man allerdings in entgegengesetztem Sinne erwarten. Allein die Gleichartigkeit derselben erklärt sich aus der — nachher ausführlich zu begründenden — Ansicht, dass wir auch nach Exstirpationen Anfangs wesentlich Reizerscheinungen (an den verbliebenen Enden) vor uns haben, dass namentlich so lange Drehungserscheinungen vorhanden sind, auch Reizzustände an den Stümpfen bestehen. Dass jene nach glatten Kanaldurchschneidungen besonders schnell verschwinden, spricht jedenfalls — u. A.! — auch für diese Annahme.)

Die Erscheinungen zwingen, wie mir scheint, anzunehmen, dass in Folge von Verletzung eines oder mehrerer Kanäle einer Seite die Orientirung über die Gliederlage auf dieser Körperhälfte (— allein oder mindestens ganz vorwiegend hier —), gestört sei, und dass, besonders Anfangs, (in Folge einer von hier ausgehenden Reizempfindung?) dieser Seite beim Fliegen und Laufen stärkere Muskelimpulse zugeschickt werden, welche die vorwiegende Drehung nach dieser Seite und das Bogenlaufen nach derselben verursachen.

Letztere Annahme ist wohl ohne besondere Schwierigkeit. Dass diese Drehung, sobald die Reizung eine geringere geworden, besonders oder ausschliesslich in der Aufregung, in der Angst, der Verwirrung der Thiere erscheint, kann die Annahme wohl nur stützen. Bei ruhigem und langsamem Gehen bewegt sich das Thier vollkommen gradaus und findet auch die Umdrehung nach der gesunden Seite: es hat eben dann Zeit, vor und bei jedem (behutsamen) Schritte sich mit Hilfe des Gesichtssinnes und der Kanäle der anderen Seite über Stellung und Bewegung seiner Glieder zu orientiren. — Im Fluge, sahen wir, tritt die Drehung immer am deutlichsten auf. Den Grund hierfür darf man vielleicht einmal darin suchen, dass beim Fliegen zwischen den einzelnen Muskelimpulsen keine solche Pausen gegönnt sind (bezw. den einzelnen Muskeln keine volle Ruhe), wie beim Gehen; ferner darin, dass eine, pathologische Sensationen (oder auch den Ausfall von normalen, wenn man lieber so annehmen will), überwindende, so zu sagen vicariirende, Orientirung durch den Gesichtssinn im Fluge, wo die Gegenstände der Umgebung ferner sind und rascher wechseln als beim Gehen und selbst beim Laufen, weniger leicht

möglich ist, als bei letzteren Locomotionen. Endlich drittens mag die Erscheinung noch wesentlich in dem Umstande begründet sein, dass die so verletzten Thiere, wenn überhaupt, fast nur auffliegen, wenn sie geängstigt, aufgeregt sind.

Als gegen die Annahme einer excessiven Muskelaction auf der verletzten Seite als Ursache des Bogenlaufens und Umdrehens nur nach dieser Seite sprechend, könnte man vielleicht den Umstand anführen, dass die (ruhig stehenden) Thiere nach der verletzten Seite ungleich leichter hinüberzudrücken sind, leichter „nachgeben“, als nach der unverletzten Seite. Stärker verletzte lassen sich in ersterer Richtung — nur in dieser —, parallel ihrer Längsaxe sogar zuweilen einfach fortschieben, ohne Schrittbewegungen dabei zu machen. Ohne Zweifel leistet hier also das Bein der verletzten Seite und die ganze Körperhälfte weniger Widerstand, als die Körperhälfte der gesunden Seite. Aber ob diese geringere Reaction in der Ruhe auf eine unnatürliche Fuss- und Körperstellung der Seite — im Wesentlichen also eine verminderte motorische Reaction auf bestimmte sensitive Eindrücke —, gegen das Vorhandensein einer übermässigen Muskelaction auf derselben Seite beim Laufen, in der Aufregung spreche, muss doch wohl sehr dahingestellt bleiben. Dass die Thiere im Ganzen weniger mobil sind, ist unzweifelhaft. Es ist dies ja sogar immer die zuerst auftretende und am längsten bleibende Erscheinung. Sie schliesst aber wohl ebensowenig wie der Umstand, dass die Thiere auf eine fehlerhafte Stellung des Fusses der verl. Seite weniger prompt als auf der gesunden Seite reagiren, das Auftreten einer excessiven Muskelaction auf derselben Seite, wenn sie zur Bewegung genöthigt und aufgeregt sind, aus.

Es wurde oben gesagt, dass, wie schon Goltz überzeugend ausgeführt hat, wir allen Grund haben, in den Kanälen ein peripheres Organ zu sehen, welches das centrale Nervensystem über die Stellung des Kopfes orientirt. Es muss nun noch gelten, sich die Frage zu beantworten, wie diese Annahme mit der Beobachtung zu vereinbaren sei, dass die Verletzung oder Zerstörung der Kanäle (oder nur eines) auf einer Seite Unsicherheit der Bewegung auf der ganzen betreffenden Körperhälfte — und wieder nur (oder wenigstens zunächst) auf dieser — erzeugt.

Eine ganz einwurfsfreie Hypothese hierüber scheint mir heute

kaum aufzustellen, weil wir kein rechtes Analogon der Erscheinung kennen, uns die Bedingungen des Körpergleichgewichts, der Sicherheit der Bewegungen, eben noch gewissermassen zu fremd sind. Indessen scheint mir doch folgende Annahme den Thatsachen zu ent- und keinen sonstigen physiologischen Anschauungen zu widersprechen: Man kann sich vorstellen, dass die Orientirung über die Kopfstellung durch die Nerven der Nacken- und Halsmuskulatur keine genügend feine sei, dass die vollkommene Feinheit der Orientirung vielmehr durch die Kanäle vermittelt werde; und weiterhin, dass eben an diese besonders feine Orientirung — über jede Kopfhälfte — sich jederseits die, wesentlich durch die Haut- und Muskelnerven bewirkte, Orientirung über die Lage der übrigen Körpertheile nur anreihe, gleichsam um jene als Centrum sich gruppire. — Hiernach wäre die allgemeine grosse Unsicherheit nach Zerstörung aller Kanäle verständlich, auch eine gewisse allgemeine Unsicherheit nach Zerstörung von nur je zweien gleichnamigen Kanälen (indem hier für beide Kopfhälften die Orientirung in der betr. Ebene weggefallen zu denken), ebenso die geringere Unsicherheit (bei eingetretener Beruhigung!) nach nur einseitigen Verletzungen (weil hier die auf der anderen Seite noch nach allen Richtungen erhaltene Orientirung der Gesamtkörperbewegung immerhin noch einige Sicherheit geben muss). Es ist bei dieser Annahme endlich — last not least — auch nichts Triftiges zu sehen, was das Verstehen des Auftretens vorwiegend einseitiger Unsicherheit nach einseitiger Kanalverletzung hindern sollte. Fällt das Centrum der Orientirung einer Seite weg, oder wird wenigstens gestört (verletzt), so wird die Gesamtorientirung über die Stellung dieser Körperseite eine mangelhafte.

Dass ein solches Unsicherheitsgefühl auf einer Körperseite auch schon bei geringerem Grade Einfluss auf die Gesamtbeweglichkeit des Thieres haben muss (vermindernden natürlich) ist leicht begreiflich. Ebenso, dass es bei jedem höheren Grade die ausgeführten Gesamtkörper-Bewegungen ein wenig unsicher machen wird.

Auf die, sehr interessanten, Theorien, welche aufgestellt worden sind über die Art und Weise, wie durch die halbkreisförmigen Kanäle die Wahrnehmung der Kopfstellung vermittelt werde, durch welches agens die betr. Sinneserregung geschehe, hier ausführlich einzugehen, liegt nicht in meiner Ab-

sicht. Indessen schiene gänzliche Uebergang der Frage doch kaum gerechtfertigt. Einige Worte über den eigenen Standpunkt ihr gegenüber drängen sich auf.

Es ist bekannt, dass man als das den betr. Sinnesreiz anregende, vermittelnde Element ziemlich allgemein die Endolympe angesehen, dass man eigentlich nur über die Art gestritten hat, wie diese Endolympe bewegt werde, und durch ihre Bewegung den Reiz in den häutigen Kanälen (oder deren Ampullen) setze. Goltz meinte ursprünglich, dass es wohl der Druck der Wassersäule sei, und dass die Orientirung über die jeweilige Kopfstellung durch die Verschiedenheit dieses Druckes (der an der tiefstgelegenen Stelle immer am stärksten sein müsse), bei der verschiedenen Kopfstellung bedingt werde. Breuer und Mach suchten in bestrickender Schlussfolgerung das Reizmoment in den bei jeder Kopfbewegung entstehenden (Gegen-) Strömungen, und Bornhardt endlich suchte die Reizung (der Ampullarnerven) „in den schwankenden Erschütterungen der Endolympe“, welche durch die Verkürzung der den Kopf drehenden Muskeln („Muskelton“), hervorgerufen würden. Ich meinerseits will nur bekennen, dass, so sehr ich auch die Annahme der Function der Endolympe als Reizmoment fast als unentbehrlich für das Verstehen des Zustandekommens der Erregung finde, mir doch ein Umstand noch die volle Befriedigung, insbesondere an der sonst sehr plausiblen Mach-Breuer'schen Theorie, nimmt, der Umstand nämlich, dass Quer- (und noch mehr Längs-) Durchschneidungen der Kanäle soviel geringfügigere Erscheinungen (besonders einige Zeit nach der Operation!) geben, als Ausschneidungen von Kanalstücken, während doch bei jenem Verfahren schon ein grosser Theil der Endolympe ausfliesst, und die Spannungsverhältnisse des Restes sicher so gründlich geändert gedacht werden müssen, dass man sich erhaltene Fähigkeit desselben, normale Raumempfindungen zu vermitteln, kaum denken kann. Dieser Umstand, und der weitere, dass, je grösser das entfernte Stück eines Kanales, zweifellos um so bedeutender die Folgeerscheinungen sind, stören eben noch meine Freude an dieser Theorie. (Es wird diese Störung dadurch noch nicht weggeräumt, dass man allerdings mit Recht sagen kann, die Lymphe werde immer noch um so vollständiger ausfliessen können, je grösser das entfernte Kanalstück sei.)

Auch das völlige Verschwinden der Bewegungsstörungen nach

Durch-, ja selbst kleineren Ausschneidungen an einem Kanale will sich nicht gar zu leicht mit der Annahme der Reizvermittlung der Endolympe vereinbaren. Bornhardt fand nach einer Reihe von Tagen einfach durchschnittenen Kanäle zwar wieder zusammengeheilt, aber an der Durchchnittsstelle undurchgängig. Auch bei diesem Verhältnisse lassen sich normale Endolymphreize kaum denken. Man muss vielmehr wohl annehmen, dass (nach Stunden oder Tagen) die betr. Kanäle der anderen Seite vicariirend eintreten können (d. h. dass die Thiere lernen, das Gleichgewicht auf Grund der nur einseitigen genauen Orientirung zu erhalten). Schwer ist aber die Frage zu beantworten: welches Gebilde vicariirend eintrete, wenn die Kanäle beiderseits verletzt oder zerstört worden sind? (Wir sahen ja doch selbst nach ganz zerstörten Kanälen im Verlaufe von längstens Monaten bedeutende Wiederherstellung der Bewegungsfähigkeit eintreten.) Es fehlt auf die Frage meines Erachtens heute die volle Antwort. Sollte blos die Bewegungs-Regulirung durch den Gesichtssinn eine vollkommener geworden sein? — Hervorgehoben muss übrigens hierbei auch wieder werden, dass wir aus verschiedenen Gründen genöthigt sind, einen grossen Theil der anfänglichen Unsicherheit als Reiz-, nicht als Ausfalls-Erscheinung zu betrachten, und dass von diesem Gesichtspunkte aus die spätere Wiedererlangung der Sicherheit nicht so überraschend erscheint, als bei der umgekehrten Annahme.

Mit einem Worte sei noch auf die Theorie Bornhardt's zurückgekommen. Es scheint mir betonenswerth, dass eine wesentliche Stütze derselben hinfällig wird. Er hebt hervor, dass „die den Kopf drehenden“ Muskeln sich (zum Behufe der Mittheilung der Muskelschwingungen) direct über den Kanälen inserirten. Nach dieser Annahme müsste die Raumorientirung wohl gestört gedacht werden, wenn diese Muskelinsertionen abgelöst sind. Dutzendmale aber habe ich mich überzeugt, dass die Bewegungen der Thiere noch sozusagen ungestört erscheinen, nachdem nicht nur die Muskeln abgelöst, sondern auch die Knochenplatte, an die sie inserirten, entfernt, und die Kanäle vollständig frei präparirt sind.

Dass durch Schallempfindungen die Orientirung über die Stellung des Kopfes (durch die Kanäle) sollte vermittelt werden, ist eine jetzt wohl kaum noch gehegte Ansicht. Cyon, der sie früher noch vertrat, hat sie in seiner neuesten einschlägigen Arbeit völlig aufgegeben. Er sagt (p. 97), dass Tauben, denen

man alle Kanäle vollständig zerstört hat, einmal beruhigt, noch sehr lebhafte Reaction¹⁾ auf alle Geräusche zeigten, und schlägt vor, den nerv. acusticus künftig lieber „n. vestibulo-cochlearis“ zu nennen, und damit auszusprechen, dass derselbe zusammengesetzt sei aus dem Hörnerven und dem Raumsinnsnerven („nerf de l'espace“). Zur weiteren Begründung dieser Scheidung bezieht er sich u. A. auf Stieda, der den doppelten Ursprung des achten Nervenpaares im Gehirne am genauesten beschrieben habe (die eine Wurzel von kleinen Ganglienzellen auf dem Boden des 4. Ventrikels, die andere, bestehend aus mächtigen Axencylindern, von grossen Zellen in den pedunculis cerebelli). Ich glaube, dieser Vorschlag ist nach dem heutigen Stand der Frage empfehlenswerth.

Auch Curschmann meinte früher, die lebhaften Bewegungen, welche die Thiere bei den Durchschneidungen der Kanäle immer ausführen, auf eine Gehörsempfindung beziehen zu sollen. Doch führt er meines Erachtens keine die Annahme nothwendig machende Facta's an, und erwähnt selbst, dass das Benehmen der Thiere dabei eigentlich genau dem bei momentaner Schmerzempfindung entspreche. Letzteres war auch der Eindruck, den ich immer davon empfangen habe. Es spricht wohl auch Vieles dafür, dass die häutigen Bögen höchst sensible Gebilde seien. Man muss sich die Empfindlichkeit derselben nach allen bis jetzt aufgestellten Theorien über ihre Function sogar als eine so hohe vorstellen, dass es in der That überrascht, wie wenig bedeutende, und namentlich wenig dauernde, Störungen durch dieselben geführte Schnitte hervorrufen.

Müssen wir, wie es mir scheint, gestehen, dass unsere Kenntniss von der Art des Sinnesvorganges, des Zustandekommens der Sinneserregung, in den halbkreisf. Kanälen eine noch nicht genügend gesicherte sei, so mag die relative Jugend dieses Forschungsgebietes vielleicht einigermassen darüber trösten. In gewissem, — allerdings nicht ganz berechtigtem — Sinne kann man auch vielleicht noch einen Trost darüber darin finden, dass selbst bei dem seit langer Zeit unendlich viel durchforschten Gesichtsinne ein so wesentliches Moment wie der Sehpurpur erst in allerneuester Zeit entdeckt wurde.

1) Ich fand Tauben im Allgemeinen (auch gesunde), ziemlich schlecht auf Gehöreindrücke reagirend.

Schwer sind die während (kräftiger) **einseitiger faradischer Reizung** der Kanäle (durch die knöchernen K. hindurch) auftretenden Erscheinungen zu deuten, namentlich das Neuauftreten der Drehung (nach der intacten Seite) unmittelbar nach Aufhören der Ströme. Es muss von vornherein sehr fraglich erscheinen, ob sich diese Zeigerdrehungen nur als Folge von Schmerzempfindung, — welchen Eindruck das sonstige Verhalten der Thiere, besonders das tonische Hinüberwenden des Kopfes, entschieden macht —, betrachten lassen, ihr Auftreten nach Beginn wie nach Aufhören der inducirten Ströme, (während die Kopfverdrehung in der ganzen Stromdauer, und nur in ihr sich zeigt) schliesst diese Annahme wohl ganz aus. Am nächsten liegt nun weiter wohl die Annahme, dass durch den (kräftigen) Strom im Bogen oder einem Nachbargebilde zunächst ein Erregungszustand, sehr bald aber ein Lähmungszustand gesetzt werde, und dass bei des letzteren Verschwinden zunächst wieder ein Reizzustand sich einstelle, welcher wieder Zeigerdrehung bedinge. Die Unsicherheit der Bewegungen, welche sich nach Verschwinden der letzteren noch eine Zeit lang präsentirt, wäre dann auf einen schon gemässigten (abgeklungenen) Reizzustand zurückzuführen. — In der That bleibt kaum eine andere Annahme übrig, nur verbietet ein gewichtiger Umstand die Vorstellung, dass die Drehungen von solchen Zuständen in den Bögen abhängen. Es ist der Umstand, dass wir als Folgen der verschiedensten anderen auf die häutigen Bögen applicirten, — und besser als der electriche Strom auf sie localisirbaren! — Reize: mechanische, chemische, thermische, stets ganz unzweifelhafte Drehneigung nach der gereizten Seite beobachten (nur daneben noch hier und da leise und kurze Andeutungen von Drehneigung nach der intacten Seite). Es bleibt danach wohl nichts anderes übrig, als für die bei und nach der Einwirkung inducirter Ströme auftretenden Drehbewegungen Reizungen von Nachbargebilden als Ursache anzunehmen, welche Annahme dadurch noch wesentlich gestützt wird, dass diese Zeigerdrehungen nur bei höheren Stromstärken erscheinen, und die starken Drehungen des Kopfes nur dann, wenn der eine Poldraht ganz am vordersten Ende des H. K. steht (wo zudem ausschliessliche Berührung des Kanals nicht mehr möglich ist).

Das geringe Hinüberbeugen des Kopfes und des ganzen Körpers, — welches unter allen Verhältnissen auftritt, auch bei der

Befestigung der Drähte in den Weichtheilen —, kann, wie schon erwähnt, recht gut nur als ein Ausdruck von Schmerzempfindung aufgefasst werden.

Merkwürdig sind die Resultate **einseitiger galvanischer Reizung** der Kanäle, wenn beide Pole an einem Kanale stehen. Das Fallen der Thiere während der Ströme nach der einen oder anderen Seite je nach der Richtung des Stromes, das Umdrehen nach je der nämlichen Seite (wie vorher) auf Oeffnung der Kette — diese Erscheinungen führen, sofern man sie überhaupt von den Kanälen ableitet, wohl auch zunächst auf die Vermuthung von Endolymphströmungen als Erregungsursache der Kanäle hin.

Die Thatsache des Fallens auf die entgegengesetzten Seiten je nach der Stromrichtung ergab sich mir in einer ganzen Reihe von Versuchen, in einer kleinen Minderzahl war das Fallen der Thiere aber auch nicht das erwartete. Es scheint mir zwar das Wahrscheinlichste, dass diese Ausnahmen auf zufälligen Nebenumständen beruhten, dass z. B. vielleicht die Operationen vorher doch keine ganz reinen gewesen waren, und die Thiere dadurch nach einer Seite besondere Neigung hatten, — indessen zwingen die Ausnahmen doch vorläufig zu einiger Reserve in der Betonung des Factums.

Man kann auch noch den Einwand erheben, — und ich selbst erhebe ihn noch — dass das Fallen möglicherweise so wenig wie (wahrscheinlich) das Drehen bei faradischer Einwirkung, oder wenigstens nicht allein, von einer Reizung der Kanäle abhängt, sondern allein, oder wenigstens mit, von dem Einflusse des Stromes auf Gehirntheile, einem Einflusse, der hier in derselben Weise, (nur noch intensiver) stattfindet wie bei percutaner Galvanisirung, durch welche beim Kaninchen mit wenigen Elementen schon Umwälzungen um die Längsaxe hervorgebracht werden. Man weiss, dass wenn der eine Pol bei diesem Thiere seitlich auf das Hinterhaupt gesetzt wird, der andere auf eine ganz beliebige andere Körperstelle, (— nur also vom Hinterhaupte dieser Seite etwas entfernt —) während der Stromdauer stets Fallen auf die Seite jenes ersten Poles (oder Umwälzung nach derselben) stattfindet, wenn der Pol die Anode ist, Fallen resp. Wälzen nach der entgegengesetzten Seite aber, wenn er die Kathode ist. Man könnte also sagen, bei den von mir geschilderten Versuchen habe eben je nach der einen oder andern Versuchsanordnung die An. oder

Ka. jenem Hirntheile, von dem diese Bewegungen ausgelöst würden, näher gelegen, so dass der andere Pol ebensogut wie er im Versuche an demselben Bogen gesessen, an ganz beliebiger anderer Stelle hätte sitzen können. — Wirklich ergaben auch mehrere Versuche an einem Thiere, an denen bald die An., bald die Ka. am Q. V. K. sass, (und zwar bald an seiner oberen, bald an seiner unteren Hälfte), der andere Draht in der Haut-, bezw. Muskelwunde daneben, (also jedenfalls immer weiter von dem Hirne entfernt), dass hier jedesmal während des Stromes Fallen, (oder wenigstens Neigen), zuweilen auch Drehen, nach der electricisirten Seite stattfand, wenn der am Kanale (oben oder unten!) sitzende Pol die An., nach der entgegengesetzten Seite, wenn dies die Ka. war; ferner nach Oeffnung des Stromes jedesmal Fallen (oder wenigstens Neigen), zuweilen auch wieder Drehen, nach der entgegengesetzten Seite wie während des Stromes. In 2 anderen Fällen aber war dies Verhalten wieder nicht zu constatiren, zum mindesten gesagt, nicht recht deutlich, besonders nicht bei den entsprechenden Proben am H. K. Vielleicht, dass hier die Applicationsstelle des zweiten Drahtes doch wesentlich in Betracht kam. Vorderhand muss diese Frage noch dahin gestellt bleiben. Sie zu endgültiger Lösung zu verfolgen, war mir nicht möglich, weil, wie schon erwähnt, unter den von mir benutzten Tauben nur wenige überall Raum genug boten, um ohne Nebenverletzung den Draht unter den Kanälen herführen zu können. Ich hoffe, dass ich auf diesen Punkt später noch einmal speciell eingehen kann.

Die Fragen sind jetzt zunächst wohl noch so zu stellen: 1) Werden durch galvanische Kanal-Reizungen bestimmter Art bestimmte Drehbewegungen der Thiere gesetzt? und 2) Sind die Drehbewegungen, welche man bei percutaner Querdurchleitung galv. Ströme durch den Kopf bei Thieren (bes. deutlich bei Kaninchen) beobachtet, (nur) auf Rechnung der Kanalreizung zu setzen?

Es spricht nach den Versuchen entschieden Vieles dafür, dass Frage 1) bejaht werden müsse. Zunächst der Umstand, dass die Drehbewegungen entschieden am stärksten sind, wenn die stromgebenden Drähte (auf einer Seite) um Einen Kanal geschlungen sind. Dann der weitere, dass bei dieser Versuchsanordnung ich dutzendmale constatirte, wie nach Oeffnung des Stromes die Thiere nach derselben Seite (noch verstärkt) Drehneigung

zeigten, wie während des Stromes, während bei der Querleitung von Strömen ohne alle Ausnahme nach Stromöffnung die entgegengesetzte Drehneigung zu beobachten ist. Es spricht dies gewiss für eine specifische Wirkung der Reizung eines Kanales. Ausserdem auch für Verneinung der Frage 2). Ganz bestimmt verneinen lässt sich letztere auf Grund des wiederholten Augenscheines, dass nach Entfernung aller häutigen Bögen die Drehneigung bei der Querleitung von Strömen durch den Kopf noch recht deutlich, wenn auch etwas vermindert, fortbesteht, (besonders wenn die Drähte, wie vorher, um die erhaltenen knöchernen Kanäle geschlungen sind). Ob die Verminderung der Erscheinung auf eine fehlende Mitwirkung der gereizten Kanäle, oder nur auf die durch deren Entfernung allgemein verminderte Bewegungsenergie zurückzuführen sei, bleibt eine noch offene, wohl schwer zu entscheidende, Frage. Im weiteren Verfolg der Sache werfen sich noch weitere Fragen auf.

Bezüglich der fehlerhaften Kopfstellung, der Kopfverdrehung, der Tauben, welche s. Z. Goltz als Ursache der übrigen motorischen Störungen, des geschwundenen Flug- und verminderten Geh-Vermögens insbesondere, glaubte ansehen zu müssen, ergaben die Versuche mit Bestimmtheit, dass dieselben in Folge reiner Kanalverletzungen niemals primär, sondern immer nur als Nachkrankheitserscheinung auftritt. Auffallend häufig wurde die Erscheinung gerade bei den reinsten Versuchen am 6ten Tage nach der Operation zum erstenmale bemerkt. Aber nicht nur alle vor dieser Zeit beobachteten Bewegungsstörungen müssen als ausserhalb alles ursächlichen Zusammenhangs mit der Kopfverdrehung angesprochen werden, sondern es muss auch hervorgehoben sein, dass die einmal aufgetretene Verdrehung nie eine dauernde, sehr selten eine länger währende, vielmehr eine anfallsweise, meist nur auf Secunden oder Minuten auftretende, ist; ferner dass während dieser Verdrehung das Thier fast regungslos verharret, höchstens, wenn man es mit dem Fusse wiederholt anstösst oder schiebt, einen kleinen Theil einer Zeigerdrehung, oder eine minimale Rückwärtsbewegung, zuweilen beides vereint, ausführt. Alle anderen beschriebenen Bewegungsstörungen: — die Störung oder Vernichtung des Flugvermögens, die Unsicherheit der Thiere beim Laufen, die Kreisdrehungen im Flug und Laufe, das Ueberhängen des ganzen Körpers nach einer Seite, — beob-

achtet man deshalb sogar ausschliesslich zwischen diesen Anfällen, bei normaler Kopfhaltung.

Während des Operirens, bezw. unmittelbar nach demselben, zeigte sich Kopfverdrehung nur in ganz vereinzeltten Fällen, und dann immer als nur momentane, nur wenige Secunden dauernde, und meist nur einmal auftretende, Erscheinung. Diese Verdrehungen, — man darf sie vielleicht „primäre“ nennen, im Gegensatz zu jenen, zweifellos in Folge secundärer Gewebsveränderungen auftretenden, „secundären“ Verdrehungen —, traten bisweilen auf während des Electrisirens, besonders in dem Momente, wo ein Draht den betr. Bogen durchriss, oder nach dem ausgiebigen Gebrauch von Eisenchlorid oder nach der Anwendung glühenden Metalls. Sie machten ganz entschieden den Eindruck des „krampfhaften“ in gewöhnlichem Sinne, fast noch mehr als jene länger dauernden secundären Verdrehungen.

Hervorgehoben muss bezüglich der letzteren wohl hier noch werden, dass nach einseitigen (bedeutenderen) Operationen stets Kopfverdrehung nach derselben Seite beobachtet wurde, nach ganz gleichmässigen (auch gleich gelungenen) beiderseitigen Eingriffen dagegen einfache Senkung des Schnabels nach der Brust zu, bis zu völligem Anliegen desselben an der letzteren und häufig Aufliegen des Scheitels. Letzteres wird häufig auch vermisst, noch öfter bei verdrehtem Kopfe. Manche Thiere sieht man trotz recht häufiger Verdrehung kaum je mit dem Scheitel den Boden berühren. Damit ist, wie schon Breuer bemerkt, die Meinung widerlegt, dass diese Verdrehung aus dem Bedürfniss entspringe, dem Körper eine weitere Stütze zuzuführen. Es ist, glaube ich, auch schon von ihm betont worden, dass zu diesem Zwecke das Aufstützen des Schnabels oder des Schwanzes viel einfacher und näher liegend, wahrscheinlicher wäre.

Wo, nach beiderseitiger Operation, auch eine ganze Reihe von Tagen das einfache Senken des Scheitels, ohne Verdrehung des Kopfes, bestanden hatte, sah ich schliesslich doch fast immer noch Drehneigung, wenn auch schwache, sich herausbilden, oft erst wenn die Thiere in ihrer Gesamtbeweglichkeit wieder viel besser geworden waren. Ich kann mir dies Factum nicht anders erklären, als mit der Annahme, dass der secundäre pathologische Process sich doch immer auf einer Seite etwas vorwiegend entwickle, wenigstens für einige Zeit vorwiegend. Böttcher hat

zuerst die Meinung ausgesprochen, dass sich jene secundären Verdrehungen in Folge der Fortpflanzung pathologischer Processe auf Centraltheile des Nervensystems entwickelten. Nur in 2, und zwar nicht ganz reinen, Fällen vermochte ich makroskopisch an dem Kleinhirne Veränderungen — diffuse bräunliche Erweichung seiner Oberfläche auf der operirten Hälfte —, nachzuweisen. Eine mikroskopische Untersuchung einer Anzahl aufbewahrter Hirne wurde leider durch einen unliebsamen Zufall, der sie unbrauchbar machte, verhindert. Böttcher hat immer Veränderungen gefunden.

Bei primären Kopfverdrehungen kann ich Hirnverletzungen als ausschliessliche Ursache jedenfalls nicht anerkennen. Ich beobachtete sie in Fällen, wo ich solche Nebenverletzung absolut ausschliessen konnte. Es scheint nöthig, anzunehmen, dass bestimmte sehr heftige Reize an den Kanälen, oder Nachbargebilden, (aber ohne Verletzung der letzteren!) auch im Stande sind, auf Momente jene Drehungen hervorzurufen.

Es dürfte hier geboten sein, auf den von Munk in Du Bois Reymond's Archiv (1878, p. 347) veröffentlichten Fall von einseitigem Fehlen der Kanäle bei einer Taube einen vergleichenden Blick zu werfen. Es fehlten dort sämmtliche Bogengänge der rechten Seite. Der Schnabel des Thieres stand nach links, das Hinterhaupt nach rechts hinüber. Beim Gehen stolperte es öfters. Nur diese Erscheinungen stimmen mit den nach den Experimenten beobachteten überein. Weiter aber zeigte sich dort die abnorme Kopfstellung als eine dauernde, in den 6 Monaten der Beobachtung nur auf ganz kurze Zeit, behufs des Flügelputzens, (das übrigens auch nur auf der linken Seite geschah) unterbrochene. Sie liess sich sogar mit Gewalt nicht rectificiren, indem beim Versuch dazu sofort allgemeine heftige Muskelbewegungen auftraten. Die auffallendste Erscheinung aber war folgende: das Thier lief niemals gradaus, beschrieb grosse Bogen, (nie kleine), linksum, — statt rechtsum, wie dies nach Analogie mit den operirten Tauben zu erwarten gewesen wäre. Dabei sah das linke Auge ganz nach oben, das rechte ganz nach unten. Fliegen konnte das Thier gar nicht.

Die bedeutende Differenz der Erscheinungen zwischen diesem Falle und den experimentellen sich zu erklären, ist sehr schwer. Man könnte wohl sich versucht fühlen, zu sagen, dass eben bei

sämmtlichen operirten Thieren secundäre Reizungen, (wahrscheinlich entzündliche), vorlägen, während man bei dem von Munk beschriebenen Falle dagegen die reinen Ausfallserscheinungen der Function der rechtsseitigen Bogengänge vor sich habe. Aber die Verdrehung des Kopfes ist ja die gleiche hier wie dort, (beim Fressen hackt das Thier auch mit dem Schnabel nach der intacten Seite, wie dort), nur das Kreislaufen geschieht in entgegengesetztem Sinne! — Ausserdem dürften ja doch die Erscheinungen, welche nach experimenteller Zerstörung sämmtlicher Kanäle einer Seite beobachtet werden, beweisen, dass der Ausfall der Bogen-Function auf einer Seite solche Kopfverdrehung (um 90°) nicht bedingt.

Es wäre sicher wenigstens eine recht gezwungene Annahme, wenn man etwa das Ausbleiben dieser Kopfverdrehung (unmittelbar) nach experimenteller Kanalentfernung durch hier gleich vorhandene Reizzustände im centralen Nervenende (Vgl. unten) erklären wollte. Der weitere Verlauf der Erscheinungen, wie er eben beschrieben wurde, macht solche Annahme sogar wohl unhaltbar. Nach Tagen sind, wie wir sahen, auch Reizerscheinungen vorhanden, und doch tritt gerade hier die Kopfverdrehung auf. — Zu alledem kommt, dass man sich als Folge des einseitigen Ausfalls der Bogengangfunction wohl nach allen experimentellen Resultaten eher eine Unsicherheit der Bewegungen, zeitweilig excessive oder unzureichende Muskelactionen, vorstellen muss, als jene dauernde Kopfhaltung, welche durch kein Unterstützen zu rectificiren ist, und nichts weniger wie den Eindruck einer auf Schwindelgefühlen beruhenden Haltung macht. — Ich sehe noch nirgends den Schlüssel zum rechten Verständniss der so wesentlichen Unterschiede in den Erscheinungen dieses Falles und der experimentellen Fälle.

Bezüglich des Kopf-Wackelns und Pendelns möchte zunächst hervorzuheben sein, (was meines Wissens noch nicht sehr betont wurde), dass man bei den verschiedenen Behandlungen der Kanäle alle möglichen Grade der Kopfbewegung, vom leichtesten Zittern desselben bis zu den ausgiebigsten Pendel- oder Schleuder-Bewegungen, beobachtet. Besonders gute Gelegenheit, all diese verschiedenen Grade zu beobachten, gibt die galvanische Reizung. Schon nach Durchleitung eines Stromes von 1 El. durch den Kopf wird, wenn die Drähte um je einen H. K. geschlungen waren,

Zittern des Kopfes beobachtet, durch stärkere Ströme kann dasselbe, auch bei einseitiger Reizung, (an Einem Kanale selbst), bis zu heftigen Pendelbewegungen gesteigert werden. (Allerdings muss erwähnt sein, dass unter anscheinend gleichen Versuchsbedingungen die Bewegungen manchmal ausblieben, bes. bei schon etwas mitgenommenen Thieren. Gewöhnlich zeigten sich die Kopf-Oscillationen bei ganz schwachen Strömen während der Stromdauer, und hörten bei der Stromöffnung auf; bei etwas stärkeren überdauerten sie die Oeffnung etwas, und bei ganz starken Strömen traten sie meist nach deren Oeffnung auf.)

Was die Richtung der durch galvanische Reizung erzeugten Kopfbewegungen anlangt, so fand ich eine Ebene meist überhaupt nicht bestimmbar, dieselben vielmehr unregelmässig schleudernd, manchmal achterförmig. Nicht selten wechselten sie aber auch plötzlich, ohne alle äussere Veranlassung, die Richtung, gingen aus einer unregelmässigen in eine regelmässige von bestimmbarer Ebene über, oder umgekehrt, und fielen nach einiger Zeit meist wieder ebenso plötzlich und scheinbar unmotivirt in die erste Bewegungsart zurück. Wo eine bestimmte Bewegungsebene vorhanden war, da war dies keineswegs immer die Ebene des gereizten Kanals (oder der gereizten Kanäle), sondern sie ging z. B. nach Reizung an beiden H. K. deutlich von oben nach unten. Nach dem Aufsetzen knopfförmiger Electroden auf je die 2 blossgelegten oberflächl. Kanäle jeder Seite und Durchleiten eines Stromes von 10 El. wurden dagegen ungefähr wagrechte Kopfbewegungen beobachtet, etc.

Auch nach Verletzungen der Kanäle konnte ich nicht die Regelmässigkeit der folgenden Kopfbewegungen — immer in der Ebene der verletzten Kanäle — beobachten, wie sie Flourens beschrieben hat. Nach Kanalverletzungen auf nur einer Seite traten sie überhaupt nur in sehr geringem Grade auf. Nach Verletzung eines gewöhnlich gar nicht, nur wenig nach Verletzung des zweiten, deutlicher nach Läsion des dritten, aber auch hier noch sieht man gewöhnlich nur einige Zuckungen. Viel ausgesprochenener sind die Bewegungen nach Verletzung, besonders gänzlicher Zerstörung, gleichnamiger Kanäle. Aber länger als einige Minuten (ca. 6) währen sah ich sie nach ganz reinen Operationen nie. Nach einfacher Durchschneidung beider H. K. zeigten sich meist nur ganz mässige, kaum 1 Min. dauernde Bewegungen, deren

Richtung nur in seltenen Fällen dauernd der Ebene der Kanäle entsprach. Ebenso nach Durchschneidung der beiden Q. V. K. Oefters geschahen sie in den ersten Secunden wohl in der betr. Ebene, wechselten aber bald plötzlich, und fielen auch dann wohl wieder in jene Ebene zurück. Nach Verletzung mehrerer Kanalpaare (mit dem Messer) ist dies Wechseln der Richtung die Regel, immer geschieht es plötzlich und ohne äussere Veranlassung,* aus ziemlich horizontaler Ebene in ziemlich verticale z. B. oder umgekehrt, oder die eine Richtung im Wechsel mit unregelmässiger Bewegung.

Zu meiner Beruhigung finde ich auch von Breuer notirt, (der häufiger als ich Kanalpaare verletzte), dass doch nur die kleineren Bewegungen ziemlich in der Ebene der verletzten Kanäle erfolgten, die heftigeren ziemlich irregulär. — Die so verlockende Annahme, dass jedes Kanalpaar das Gleichgewichtsgefühl in seiner Ebene vermittele, verlangt fast solche Bewegung(störung) in dieser Ebene nach seiner Verletzung. Indessen doch nur „fast“, nicht absolut, wegen des Zusammenhanges der Endo- und Perilymphräume der Kanäle.

Viel heftiger, bezw. länger dauernd, sind die Kopfbewegungen, wenn die Kanalverletzungen mit Blutungen complicirt waren. Auch nach einfacher Blutung, ohne Kanalverletzung, wird, — sogar starkes! — Kopfpendeln beobachtet, und zwar ein Pendeln, welches genau wie das durch An- und Ausschneidung von Kanälen oder durch galvan. Reizung erzeugte seine Richtung oft plötzlich ändert.

Nach all diesen Momenten treten die Kopfbewegungen, wenn sie auch in der Ruhe des Thieres bald aufgehört hatten, noch eine Zeit lang, (nach sehr ausgedehnten Abtragungen Tage lang), wieder für einige Zeit auf, sobald die Thiere neuerdings beunruhigt werden, insbesondere wenn man sie zu Bewegungen nöthigt. Vergesellschaftet ist dann damit auch wieder Unsicherheit im Gehen und Stehen.

Das erste Auftreten der Kopfbewegungen unmittelbar nach der Operation, ihr Verschwinden trotz gleich bleibenden Defectes, und auch letzterwähntes Wiederauftreten in Folge psychischer Erregung, weisen wohl mit Bestimmtheit darauf hin, dass in diesen Bewegungen weniger ein Symptom eines Functionsausfalles, (also Wegfall der Empfindung über die Kopfstellung), als eine Reiz-

erscheinung vorliege. Am ehesten drängt sich wohl, besonders auch in Anbetracht der gleichzeitigen Unsicherheit, die Ansicht auf, dass es sich bei diesen Thieren um eine Störung des „statischen Sinnes“ (Breuer) handle, die nicht so gross sei, um nicht ruhiges Sitzen zu gestatten, bei erzwungener Locomotion des Thieres aber zu bestimmten krampfhaften Bewegungen führe, — wie beim Schwindel der Mensch bekanntlich krampfhafte Bewegungen ausführt, die zum Fallen führen, welche man vielleicht krampfhaft-willkürliche nennen kann.

Schliesslich muss betont werden, dass anhaltendes Kopfpendeln auch (bei völlig intacten Kanälen) beobachtet werden kann, wenn grössere Theile des Kleinhirns zerstört worden sind.

Bei Versuchen, speciellere Vermuthungen über die Vorgänge, welche die Kopfbewegungen bedingen, zu formuliren, schwindet, wie mir scheint, noch zu bald der feste Boden, weshalb ich hier davon absehe.

Dagegen erscheint es nun nothwendig, einen sorgfältigeren Ausblick zu thun auf die gesammten motorischen Folgeerscheinungen der Kanalverletzungen, von dem Fragestandpunkte aus: **sind es Lähmungs- oder Reizungs-Symptome?**

Es ist vielleicht Manchem, der Flourens, erste Arbeit über Durchschneidung der Kanäle gelesen hat, zunächst dabei die Meinung gekommen, dass es sich bei den darauf beobachteten Bewegungsstörungen um Ausfallserscheinungen, um Folgen des Wegfalls der Function der durchschnittenen Kanäle, handeln müsse. Ich ging noch mit dieser Ueberzeugung an die ersten Versuche heran, muss aber jetzt bekennen, dass ich, nach Ueberblickung der Versuchsprotokolle, der Ansicht Löwenberg's, Schklawewsky's und Bornhardt's beipflichten muss, die motorischen Störungen **stellten Reizerscheinungen dar**. Von allen behaupte ich es freilich nicht, aber von der Mehrzahl derselben. Es sei hier gleich vornweg gesagt, dass man a priori schon doch auch Ausfallserscheinungen, mindestens nach umfänglichen Zerstörungen, vorhanden annehmen müsse. Aber ihr Antheil lässt sich anfangs, besonders nach weniger ausgedehnten Verletzungen, nur schwer an den hervorstechenden Erscheinungen von kaum zu bezweifelnder Reizdignität herauslesen.

Auf eine nur kann man mit ziemlicher Bestimmtheit hinweisen: es spricht nichts Triftiges für Reizfolge, Verschiedenes

aber für Folge eines Funktionsausfalles bei der Unsicherheit in den Bewegungen, welche (nach Durchschneidung mehrerer Kanäle oder Ausschneidung von Kanalstücken) auch nach dem Verschwinden der Drehneigung immer noch beobachtet wird.

Dagegen lassen sich vor Allem die gewöhnlichen (stets sichtbaren) Folgen einfacher Durchschneidungen fast nach keiner Richtung als durch Functionsausfall verursacht betrachten. Das rasche und vollständige Verschwinden der im ersten Augenblicke nach der Operation so ausgesprochenen Störungen macht diese Annahme so gut wie unmöglich. Vor Allem ist in der Beziehung hinzuweisen auf die, meist so flüchtigen Drehneigungen. Ein weiterer und wichtiger Beweis für deren Reiznatur liegt darin, dass dieselben um so deutlicher auftreten, je entschiedener wir, nach den Erfahrungen der Nerven-Physiologie und Pathologie, die vorher gesetzten Eingriffe für reizende halten müssen. Nicht nur sind sie nach mehrfachen Schnitten stärker als nach Einem, sie sind auch nach Quetschungen u. dgl. stärker als nach Schnitten, und auf chemische Reizungen, (die keine Zerstörung setzen, wie u. a. der Verlauf der Folgeerscheinungen zeigt), welche die ganze Länge des Kanales treffen, — z. B. mit Liq. ferri —, (durchschnittlich) am stärksten. Zu erwähnen ist hier auch noch die Beobachtung Bornhardt's, dass Eisauflegen auf die (knöchernen) Kanäle wesentlich dieselben (vorübergehenden) Erscheinungen hervorruft, wie die unmittelbar nach Durchschneidungen beobachteten.

Nicht gar selten werden auch nach Durch- bzw. Ausschneidungen mehrerer Kanäle derselben Seite zunächst ruckweise Kopfbewegungen (nach derselben Seite) beobachtet, welche ebenfalls nach Minuten vollständig verschwinden. Auch bei ihnen kann evident von Lähmungs-, von Ausfalls-Erscheinung nicht die Rede sein. Schwer ist es auch, das unmittelbar nach Verletzung des zweiten oder dritten Kanals einer Seite mitunter zu beobachtende Taumeln der Thiere anders denn als Reizerscheinung zu deuten, da es eminent rasch, nach weniger als 1 Min. schon, zu verschwinden pflegt, die Thiere dann schon wieder ganz leidlich gut laufen.

Besonders häufig sieht man nach den Eingriffen zunächst zuckende, manchmal auch bohrende; Kopfbewegungen, wenn man die häut. Bögen nicht einfach durch- bzw. ausgeschnitten hat, sondern, nach Blosslegung derselben in ihrer Mitte, durch Einführen

der Messerspitze oder einer Nadel oder eines Hölzchens nach beiden Seiten die Bögen mehrweniger vollständig zerquetscht. Auch einige Zeigerbewegungen nach der gleichen Seite treten dann zuweilen auf, welche sogut wie nie nach einfacher, glatter Abtragung der Kanäle beobachtet werden.

Die noch deutlicheren, (ebenfalls, wenn auch nicht so ganz schnell, vorübergehenden), Drehneigungen, welche nach mässigeren Blutungen und nach der Application von Liq. fe. auf die Kanäle, (oder einen K.), auftreten, sind, schon der gleichen Drehrichtung halber, mit grosser Wahrscheinlichkeit auch als Reizerscheinungen aufzufassen. In 2 Fällen von Eisenchloridanwendung schien diese Reizqualität besonders hervorzutreten, in denen nämlich, worin bald nach der Application Zeigerdrehungen auftraten, welche, Anfangs ganz langsam, zusehends rascher wurden. Es liegt wohl sicher am nächsten, diese Zunahme als Symptom des Tiefer- bzw. Weitergreifens der Chloridwirkung anzusehen, (welche sich notorisch selbst durch unverletzte Knochenkanäle hindurch erstrecken kann).

[Ob die Blutungen aus den die Bogen begleitenden Blutleitern jene Drehneigung bewirken durch den Einfluss, den die Blutleere auf den betr. Bogen äussert, oder durch ihren Einfluss auf centralere Gebilde, (das Kleinhirn in erster Linie), ist nicht zu entscheiden, doch darf man vielleicht sagen, dass die vollkommene Gleichartigkeit der Folgeerscheinungen einigermassen für erstere Annahme spricht.]

Am allerzwingendsten vielleicht von allen Erscheinungen sprechen diejenigen, welche nach der Einwirkung der Thermokauterspitzen oder glühender Drähte auf die (unverletzten) knöchernen Kanäle beobachtet werden, — qualitativ die gleichen wie die unmittelbar nach den seither beschriebenen Eingriffen an den Kanälen auftretenden —, für deren Gesamtabstammung von Erregungsvorgängen an den Bögen oder deren Insertionen. Diese Erscheinungen sind noch bedeutend ausgesprochener, als nach Verletzungen mit dem Messer, und die Localisirung des Insults ist eine beiweitem schärfere, als bei der Application von Liq. ferri.

Unmittelbar nach der Bestreichung der Kanäle mit dem glühenden Metalle zeigen die Thiere, wie erinnerlich, immer einen verhältnissmässig hohen Grad von Unsicherheit, wie von Dreh-

neigung nach der gleichen Seite, — beide Erscheinungen nehmen aber immer in verhältnissmässig sehr kurzer Zeit, nach Minuten, stark ab und verschwinden nach leichteren Cauterisationen in dieser Zeit sogar schon vollständig. Ist es möglich, dieselben als auf Lähmung der Function der häut. Bögen beruhend anzusehen? Müsste man dann nicht mindestens auch das Auftreten der (entgegengesetzten) Erscheinungen eines Reizstadiums vor oder nach dem Verschwinden aller Bewegungsstörung erwarten? Aber nichts so zu Deutendes wird beobachtet. Die Erscheinungen sind dieselben wie nach Durch- und Ausschneidungen, und wechseln mit entgegengesetzten so wenig wie dort.

Nach vollständigem Wegbrennen der 2 oberflächlichen Kanäle einer Seite durch den Thermokauter wurde momentan die denkbar grösste Unsicherheit der Thiere beobachtet, sie konnten nicht (auf der Erde) sitzen, kippten nach allen Seiten um. Auch diese Erscheinung war nach mehreren Min. verschwunden, man sah nur noch zuckende Kopfbewegungen. Es ist darum wohl auch unmöglich, diese enorme Unsicherheit als Ausfallserscheinung aufzufassen. Es ist sicher unmöglich, Angesichts der Thatsache, dass vollständige Ausschneidung oder Ausziehung dieser häut. Bögen entschieden weniger heftige Unsicherheit hervorrufen. — Auch starkes Ueberhängen der Thiere nach der gebrannten Seite, und selbst Kopfverdrehung nach derselben, (Schnabel nach der anderen), werden beobachtet, die nach wenigen Minuten verschwinden. Auch diese Erscheinungen müssen darum wohl als Folgen eines kurzen Reizzustandes betrachtet werden.

Vollständig beweisend für die Reiznatur der uns beschäftigenden Erscheinungen ist endlich noch nachstehendes Experiment: Man durchschneidet oder ausschneidet auf der einen Seite den einen der oberflächlichen Kanäle oder beide. Dann berührt man mit dem glühenden Metalle auf der andern Seite denselben Kanal oder dieselben Kanäle in derselben Ausdehnung ziemlich intensiv, oder bis zur vollständigen Verbrennung. Entweder ist nun augenblicklich die vorher bestandene Drehneigung nach der ersten Seite verschwunden und solche nach der zweiten aufgetreten, oder es tritt letztere doch, nach dem sich jene erstere noch durch eine nach Secunden zählende Zeit erhalten hat, unmittelbar an sie anschliessend, auf.

Ein Nachwirken des Brennens, die Entfaltung der deutlichsten

Wirkung erst kurze Zeit nach Beendigung desselben, ist überhaupt nicht selten zu bemerken. Selbst nach völligem Wegbrennen einer oder der 2 Kanäle. In den letzterwähnten Fällen, wo vor dem Brennen auf der einen Seite durch Eingriffe auf der anderen Drehneigung nach jener erzeugt war, trat die allmähliche Nachwirkung aber besonders frappant hervor. Zweimal zeigte sich ferner die merkwürdige Erscheinung, dass kurze Zeit nach dem Brennen die Thiere sich (in der Ruhe) nach der gebrannten Seite von Secunde zu Secunde mehr überneigten, bis sie schliesslich vollständig auf die betr. Seite fielen. Sie setzten sich sofort wieder, und zwar ganz gerade, aber nur um das zunehmende Ueberneigen, bis zum Fallen, von Neuem zu beginnen. In beiden Fällen wiederholte sich diess Spiel mehrmals hintereinander. Dabei zeigte sich auch der Kopf verdreht, sogar immer am meisten, so dass der Schnabel anfangs nach der entgegengesetzten Seite, unmittelbar vor dem Umfallen sogar nach oben, sah. Nach dem Verschwinden der Erscheinung trat anfallsweise mehrmaliges Kreisdrehen (nach der gebrannten Seite natürlich) auf.

Es kann hierbei wohl Niemanden der Gedanke an Ausfalls- (Lähmungs-) Erscheinungen kommen.

Wenn man je die 2 oberflächlichen Kanäle (samt den Gefässen) beiderseits vollständig wegbrennt, so resultirt daraus meist nur grosse Unsicherheit, keine Drehneigung. Einmal war aber auch letztere noch sehr deutlich vorhanden. Von ungleich grosser Zerstörung konnte man sie unmöglich ableiten, da beiderseits ganz gleich verfahren war, und etwaige minimale Differenzen der Zerstörungsausdehnung, wie die Ausschneidungsversuche lehren, nicht in's Gewicht fallen, hierzu nicht führen können. Dagegen lässt sich der Gedanke nicht abweisen, dass an den Brand-Enden auf der einen Seite ein etwas grösserer Reizzustand als auf der anderen gesetzt worden sei.

Nach dem blossen Bestreichen der Kanäle mit einem glühenden Nagel fand sich in 3 Fällen vorübergehende Drehneigung nach der entgegengesetzten Seite. Einmal war diess besonders frappant. Rechts wurde der H. K. zuerst leicht bestrichen, das Thier zeigte darauf Neigung zur Rechtsdrehung. Nun wurde diese Bestreichung etwas stärker wiederholt; das Thier zeigte darauf entschiedene Neigung zur Linksdrehung! Nach einigen Minuten war aber wieder mehr Rechtsdrehung vorhanden. Nach dem Wegbrennen beider Kanäle war keine Drehneigung mehr ausgesprochen.

Hier könnte man vielleicht an einen, durchs stärkere Bestreichen des knöchernen Kanals gesetzten, vorübergehenden Lähmungszustand des häutigen Bogens denken, während leichtere Bestreichung nur einen Reizzustand gesetzt habe, wenn nicht die früher erörterten Erfahrungen entgegenstünden. Nach ihnen hat man für hier diese wenigen Fälle wohl zumeist an die Möglichkeit einer Reizung von Nachbargebilden als Ursache des Drehens nach der andern Seite zu denken.

Es gibt vielleicht nur einen wesentlichen Umstand, den man als gegen die Reiznatur der nach Kanalverletzungen auftretenden Drehneigung sprechend anführen kann. Es ist der, dass die Application des faradischen Stromes auf je einen (unverletzten) Kanal entgegengesetzte Drehung (wenn auch verhältnissmässig sehr geringfügige) hervorruft. Man sollte von seiner Wirkung auf die Kanäle Drehung nach derselben Seite (und nur während der Ströme) erwarten. Es wurde oben eine Erklärung dieses in mehrfacher Beziehung abweichenden Verhaltens versucht.

Dagegen sprechen die (viel stärkeren!) motorischen Erfolge der Application galvanischer Ströme (auf je 1 Kanal) wieder zu Gunsten der Annahme, dass ein Reizzustand der häutigen Bögen Drehbewegungen der Thiere hervorrufe, (womit natürlich nicht gesagt ist, dass nur ein solcher Drehung hervorrufen könne).

An eine durch das Galvanisiren gesetzte Lähmung der betr. häut. Bögen kann man wohl von vornherein, nach den bekannten Effecten des constanten Stromes auf die Nerven, kaum denken. Ganz ausgeschlossen wird der Gedanke durch die stets beobachtete Erscheinung, dass die Thiere nach Schluss wie Oeffnung der constanten Ströme am allerstärksten auf die Seite fallen und drehen, während der Stromdauer dagegen, (wenigstens bei schwächeren Strömen oder eingetretener Ermüdung), nur nach der betr. Seite mehrweniger geneigt stehen, und nur selten ausserdem noch Drehbewegungen machen. Das lässt sich nur aus dem bekannten vorwiegenden Erregungs-Einfluss der Stromschwankungen auf die Nerven (und Muskeln) selbst erklären. Es können nicht Stromschluss und -öffnung Lähmung setzen, die während der Stromdauer einfach geringer wäre, und nie zu Beginn oder Ende auch einem Reizzustand Platz machte, (ein qualitativer Unterschied zwischen der Körperneigung und den Drehungen während des Stromes und nach seiner Oeffnung ist ja nicht vorhanden).

Insbesondere ist nicht wenig drängend zur Deutung der meisten auch nach Kanalverletzungen beobachteten Bewegungsstörungen als Folgen eines Reizzustandes der Umstand, dass man, nachdem mittels Durchschneidung oder Abtragung an den Kanälen Ueberhängen und Drehneigung nach einer bestimmten Seite erzeugt worden, durch nachfolgende entsprechende galvanische Reizung an einem der noch intacten Kanäle nicht nur diese Hänge- und Drehneigung völlig zurücktreten machen, sondern sogar die entgegengesetzte (der betr. galv. Reizung zukommende) auf das Ecclatanteste in die Erscheinung rufen kann. — Dass es sich hier um ein gegenseitiges Bekämpfen zweier Lähmungserscheinungen handele, dürfte eine wohl nicht zu riskirende Annahme sein, wogegen der Anschauung, dass 2 in entgegengesetztem Sinne wirkende Erregungszustände vorhanden seien, von denen der durch den Strom gesetzte der weitaus mächtigere wäre, kaum irgend etwas entgegenstehen mag. Wie viel mächtiger (im gleichen Sinne) die galvan. Erregung einer gewissen Kanalstrecke, als deren Durchschneidung oder selbst Ausschneidung ist, davon kann man sich u. A. noch beim (unbeabsichtigten) Durchschneiden der stromgebenden Drähte, besser aber durch die der galvanischen Reizung unmittelbar folgende Ausschneidung des vorher zwischen den Leitungsdrähten befindlichen Stückes überzeugen. Die Körperneigung, die Unsicherheit der Thiere, nehmen nach dem letzteren Eingriffe nicht zu, sondern im Gegentheil meist beträchtlich ab. Sie sind viel geringer dann, als während des Electrisirens, meist auch geringer als unmittelbar nach der Stromöffnung. Ganz dasselbe Verhältniss, nur etwas weniger ausgesprochen, sieht man, wenn vorher der freigelegte häut. Bogen mechanisch gereizt war, durch Einstecken von Drahtspitzen z. B. Mit der nachfolgenden Excision des gereizten Stückes wird die Unsicherheit und noch mehr die Körper- und Kopfneigung der Thiere geringer, als sie während des Aufsitzens der Drahtspitzen und unmittelbar nach ihm gewesen war.

Nur beiläufig sei hier nochmals auch auf das oben erwähnte Factum hingewiesen, dass man durch den Batteriestrom selbst heftige continuirliche Drehungen des Körpers um die Längsaxe, welche durch Eisenchlorid, durch starke Blutung oder selbst durch Einstich in's Kleinhirn erzeugt sind, momentan zu hemmen, ja selbst den Körper zu einer entgegengesetzten Bewegung zu bringen vermag.

Es gibt eine Erscheinung, welche allen Eingriffen an den Kanälen gemeinschaftlich ist, — der Durch- bzw. Ausschneidung von Bogenstücken, der thermischen, der galvanischen und auch der faradischen Behandlung. Es ist das Hinüberdrehen des Schnabels nach der entgegengesetzten Seite. Bei den erstgenannten Eingriffen ist diess Hinüberdrehen aber immer nur ein momentanes, bei dem letztgenannten dagegen immer ein dauerndes. — Es dürfte wohl am nächsten liegend sein, diese Erscheinung als ein Symptom von Schmerzempfindung aufzufassen.

Wenn es nach dem oben Besprochenen noch eines Beweises dafür bedürfte, dass die Verdrehung des Kopfes nach der verletzten Seite hinüber, die gewöhnlich auf 180° geht, eine Reizerscheinung sei, so läge er wohl darin, dass diese Erscheinung zuweilen ganz vorübergehend während des Electrisirens an den Kanälen, oder quer durch das Kleinhirn, oder unmittelbar nach solcher Einwirkung, endlich auch einmal nach dem Durchschneiden der Drähte durch die beiden Q. V. K. (— hier aber erst nach mehreren Secunden —) beobachtet wurde.

Bezüglich der Natur der Hin- und Herbewegungen des Kopfes sei hier daran erinnert, dass man alle Uebergänge von dem einfachen Erzittern des Kopfes bis zu den heftigsten Pendelbewegungen, welche den ganzen Körper mitreissen, beobachtet. Ferner daran, dass ersteres schon durch Querdurchleitung des Stromes von 1 El. durch den Kopf mittelst um je einen H. K. geschlungener Drähte erzeugt wird. Weiterhin daran, dass diese Kopfbewegungen auf Durch- und Ausschneidungen immer unmittelbar darnach am stärksten sind, und sich nach reinen Durchschneidungen immer bald, nach mehr reizenden Insulten langsamer, verlieren, um mehrweniger lange Zeit hindurch (nur) bei psychischer Erregung der Thiere von Neuem aufzutreten. — Sie dürften hiermit auch im Wesentlichen als Reizerscheinungen charakterisirt sein.

Auch die nicht selten beobachteten Zeigerbewegungen und die vorübergehenden Neigungen des Körpers nach der verletzten Seite müssen, aus genügend entwickelten Gründen, zu denselben gerechnet werden.

Des Zusammenhanges halber sei hier wiederholt, dass die Rotationen, welche nach starken Blutungen und dem Gebrauche von Eisenchlorid auftreten, auf das Unzweideutigste den Character

des krampfhaften an sich tragen, dass sie auch häufig in Anfällen auftreten, mit Intervallen, in denen die Thiere zuweilen wieder gut laufen und sogar hoch auffliegen können.

[Obgleich nicht direct zu unserem Thema gehörig, dürfte hier doch die Erinnerung daran am Platze sein, dass auch nach Verletzungen des Kleinhirns, besonders nach Einstichen in dasselbe mit einer glühenden Nadel, vorübergehendes Drehen und Ueberhängen des Körpers beobachtet wird. Nach mehreren Einstichen etwa in die Mitte einer Kleinhirnhälfte (die Mitte zwischen der Vereinigungslinie beider Hälften und der seitlichen Begrenzung, sowie zwischen oberem und unterem Ende genommen), sah ich immer Drehungen und Ueberhängen nach der entgegengesetzten Seite.]

Vielfach aufgeworfen, und auch vorstehend schon mehrfach im Einzelnen berührt, ist die Frage, ob und inwieweit all die besprochenen abnormen Bewegungen operirter Tauben mit **Schwindелеmpfindungen** vergesellschaftet, bezw. durch dieselben hervorgerufen, seien. Es gibt, soviel mir bekannt, unter dem über diesen Punkt Vorgebrachten weder für noch gegen einen eigentlichen Beweis, wie aus der Natur der Sache leicht erklärlich ist; man kann nur Wahrscheinlichkeitsgründe geltend machen, und unter diesen spielt der Eindruck, den der Anblick der Bewegungen macht, eine grosse Rolle. Ein Hauptgrund für die Annahme des Vorhandenseins von Schwindелеmpfindung liegt in dem ganz auffälligen, unbezweifelbaren Umstande, dass diese abnormen Bewegungen unter dem Einfluss psychischer Aufregung, der Angst, bedeutend verstärkt werden, ja sogar meistens blos dadurch hervorgerufen. Dass aber Angst- und Schwindelgefühle nahe verwandt sind, dass erstere die letzteren leicht wecken, ist eine jedem Menschen bekannte Thatsache.

Ein anderer zur Annahme von Schwindелеmpfindungen führender Umstand wurde auf S. 490 angeführt.

Die Hinundherbewegungen des Kopfes, welche unmittelbar auf Verletzungen der Kanäle folgen, kommen von allen Bewegungsstörungen danach fast allein ohne jedes weitere aufregende Moment zu Stande. Aber ohne solches hören sie doch fast immer bald auf, während sie unter seiner Einwirkung lange andauern, bezw. immer wieder von Neuem angeregt werden. Ausser höchstens unmittelbar nach der Operation tritt bei einseitig operirten Thieren auch die Neigung zum Bogen- oder Kreislaufen immer nur in Folge

von Aengstigen, Jagen der Thiere auf, und die (nach Ablauf von Tagen) erscheinende Kopfverdrehung auch ganz vorwiegend in Folge desselben Momentes. Auch die Unsicherheit im Laufen, das Stürzen, nimmt stets deutlich in Folge desselben zu.

Es ist nach alledem schwer, den Gedanken abzuweisen, dass die fraglichen abnormen Bewegungen krampfhaft seien, welche mit Schwindelempfindungen einhergingen und in einem gewissen Verhältniss zu denselben stünden.

Durch Beobachtungen von Menière'scher Krankheit beim Menschen wird diese Meinung noch wesentlich gestützt. So erzählt z. B. Bramwell (Edinb. med. journ., Febr. 1876) einen solchen Fall, wo der Kranke auf das Gehen ganz verzichtete, weil sich Alles um ihn zu drehen schien, er das Gefühl hatte, dass er nach der gesunden Seite hinüberfalle. — Einen anderen Fall berichtet Duffin (Lancet, March 4 1876). Hier hatte der Kranke das Gefühl, nach der linken Seite getrieben zu werden (auch im Bette), und fiel in Folge davon nach rechts hinüber. (Auch die Beobachtung des galvanischen Schwindels ergibt dieselbe Erscheinung: (Schwindel-)Gefühl, nach der einen Seite getrieben zu werden und in Folge davon Fallen nach der entgegengesetzten. — Auch der Gesichtsschwindel scheint mir (nach Selbstbeobachtung) dasselbe zu ergeben. Helmholtz' Beobachtung am Rheinfalle dürfte vielleicht ebenso gedeutet werden.)

Diesen Beobachtungen am Menschen entsprechend hätten wir auch bei den Thieren anzunehmen, dass die besprochenen abnormen Bewegungen dadurch zu Stande kämen, dass die Thiere sich je nach der entgegengesetzten Seite fortbewegt glaubten.

Goltz macht (S. 192) auf eine nicht seltene Beobachtung am Menschen aufmerksam, welche beweist, dass im mittleren oder inneren Ohre ein Gebilde sein muss, dessen Reizung Schwindelempfindung hervorruft. Leute nämlich mit durchbohrtem Trommelfell, welche sich Einspritzungen in das Ohr machen, bekommen, wenn sie diese etwas unvorsichtig ausführten, dabei nicht selten Schwindelanfälle.

Ziemlich zahlreiche pathologische Beobachtungen am Menschen beweisen ferner, dass Schwindelempfindungen keine nothwendigen Folgen der vollendeten Zerstörung des inneren oder mittleren Ohres sind. Man findet ja bei der Section nicht selten diese Zerstörung auf einer Seite oder beiden vollständig, ohne

dass die (auf den betr. Ohren natürlich taub gewesenen) Personen in den letzten Wochen oder Jahren an Schwindel gelitten hätten. Einen dies Factum sehr gut illustirenden Fall erzählt Toynbee (*Transact. of the path. soc.* XVII, p. 272, 1867): Ein Kranker litt lange an Otorrhoe, Ohren- und Kopfschmerzen und heftigem Schwindel. Nach einem Monate erreichten alle diese Beschwerden ihr Ende — mit dem Ausstossen des ganzen nekrotischen inneren Ohres durch den äusseren Gehörgang. — Mit der völligen Zerstörung hörten also hier evident die während der Erkrankung bestandenen Schwindelerscheinungen auf. — Auch die Kaninchen Exner's (welche lebhaft Rotationen zeigten), scheinen noch keine vollständige Zerstörung des inneren Ohres geboten zu haben, von Einem wenigstens erwähnt der genannte Autor ausdrücklich nur „Blutgerinnsel in Vorhof und Schnecke“.

Müssen aus vorstehend entwickelten zahlreichen Gründen die meisten und hervorstechendsten der nach Kanalläsionen auftretenden Bewegungsstörungen als Reizerscheinungen angesehen werden, so scheint es auf der andern Seite doch auch wohl, — wie schon zu Beginn dieser Erörterungen hervorgehoben wurde, — nicht gut angängig, das Vorhandensein von Ausfallserscheinungen nach den Operationen ganz läugnen zu wollen. Schon a priori ist die Annahme nicht ganz leicht, dass die Abtragung eines Gebildes, dessen Reizung wir ganze Reihen so eclatanter und regelmässiger Bewegungsstörungen hervorrufen sehen, gar keine solchen hinterlassen solle. Es wurde schon Eingangs erwähnt, dass wir wirklich auch Bewegungsstörungen nach Abtragungen sehen, welche als Reizerscheinungen anzusprechen wir so gut wie keine Berechtigung haben. Es sind: das geschwundene Flugvermögen, das Einknicken beim Laufen etc., mit einem Worte: die geschwundene Sicherheit in der Herrschaft über die Muskeln. Viertelstunden und Stunden nach jeder ausgiebigeren Kanalzerstörung, — mag dieselbe noch so schonend, reizlos, ausgeführt worden sein, beobachten wir dieselbe Erscheinung jedesmal, (auch ohne jede Aengstigung des Thieres, obwohl sie bei solcher auch immer stärker wird). Die anfänglichen offenbaren Reizerscheinungen (Bogelaufen etc.) sind um diese Zeit verschwunden, secundäre Reizerscheinungen noch nicht aufgetreten.

Die Hauptergebnisse vorstehender Untersuchungen und Erörterungen schliesslich in wenigen Sätzen zusammengefasst, lauten etwa:

1) Es ist unzweifelhaft, dass die häutigen Bögen des inneren Ohres und ihre Ampullen eine hohe Bedeutung für die Sicherheit der Bewegungen haben.

2) Mit dem Gehörvermögen haben dieselben aller Wahrscheinlichkeit nach gar nichts zu thun¹⁾. Es empfiehlt sich daher, wie schon Flourens meinte, den 8ten Hirnnerven, der offenbar zweierlei in ihrer peripheren Endverknüpfung so grundverschiedene Fasern führt, nicht mehr einseitig „nerv. acusticus“ zu nennen, sondern n. vestibulo-cochlearis, oder etwa, wenn man vor der Bildung eines im classischen Latein nicht gebräuchlichen Adjektivums nicht zurückschreckt, die Function bezeichnend: n. acustico-aequilibricus.

3) Nichts berechtigt uns indessen, die halbkreisförmigen Bögen als Centralorgan des Gleichgewichtssinnes anzusehen. Die Versuche ergaben bisher nichts, was der schon durch so viele Untersuchungen²⁾ und Krankenbeobachtungen höchst wahrscheinlich gemachten Annahme, dass dies Centralorgan das Kleinhirn sei, widerspräche.

4) Anatomische wie experimentelle und pathologische That- sachen sprechen hingegen dafür, dass die Bögen ein peripheres Organ, ein „Sinnesorgan“ (Goltz) für das Gleichgewichtsgefühl,

1) Für das Vorhandensein dieses Verhältnisses beim Menschen spricht lebhaft auch noch ein von Ferrier (in West Rid. Lun. Asyl Rep. Vol. 5 p. 24) mitgetheilter Fall von Menière'scher Krankheit, wo das Gehör auf der erkrankten Seite sogar schärfer war, als auf der gesunden. Solche Verschärfung lässt sich wohl schwerlich aus der Annahme erklären, dass ein Theil des Gehörorgans Sitz einer Erkrankung sei, die zum Menière'schen Schwindel geführt. Nichts Wesentliches dürfte aber der Vorstellung entgegenstehen, dass die Erkrankung hier einmal (ausnahmsweise) nur die Nachbartheile des Gehörorgans (die Kanäle) befallen habe, und das Gehörorgan selbst nur mit etwas Reizzustand participirt.

2) Hingewiesen sei hier speciell auf Budge (Berliner kl. Wochenschr. 2. Aug. 1869) u. Nothnagel (Virch. Arch. Bd. 68 u. 71). Kohts' Fall und seine anschliessenden Versuche (Virch. Arch. Bd. 67) lassen sich auch meines Erachtens, wie es s.Z. schon Curschmann u. Bernhardt in der Berl. med. psychol. Gesellsch. hervorhoben, nicht als Gegenbeweise auffassen.

den „statischen Sinn“ (Breuer) und bezw. die Coordination der Bewegungen darstellten.

5) Es können dieselben aber unmöglich das einzige Sinnesorgan für Gleichgewichtsgefühl (und darauf beruhende Bewegungsveroordination) sein, da völlige Zerstörung aller Kanäle vor Allem dem Menschen keineswegs alle Haltungs- und Bewegungsfähigkeit nimmt, auch die experimentelle Zerstörung derselben bei Thieren diesen (selbst nicht unmittelbar) den höchsten beobachtbaren Grad von Unsicherheit gibt ¹⁾, (wohl aber allerdings die Bewegungsfähigkeit dauernd beeinträchtigt, wie schon Flourens und dann Goltz constatirt haben.)

6) Eine ganz einwurfsfreie und befriedigende Erklärung der Art wie die betreffenden Sinneserregungen in den Kanälen erzeugt werden, des ihnen zu Grunde liegenden Reizmomentes, ist heute noch nicht zu geben.

7) Viel bedeutendere motorische Störungen als durch das einfache Ausschneiden der Bögen wird durch deren Reizung (mechanische, thermische, chemische, electriche) erzielt. Eine ganz reizlose Abtragung derselben ist aber überhaupt nicht möglich. Auch wo die Ampullen ausgezogen wurden, müssen wir offenbar einen hierdurch gesetzten Reizzustand in den an sie tretenden Nervenenden annehmen. Die meisten und hervorstechendsten der nach Eingriffen an den Kanälen auftretenden Bewegungsstörungen sind als Reizerscheinungen aufzufassen.

8) Allerdings sind aber nach Kanalzerstörungen auch Erscheinungen vorhanden, welche kaum anders, denn als Ausfallserscheinungen zu deuten sind. Zumeist ist dahin zu rechnen die Unsicherheit, welche noch vorhanden ist nach dem Verschwinden der deutlichen Reizerscheinungen, und vor dem Auftreten secundärer Entzündung oder Entartung.

9) Die Kopfdrehung, welche man bei einfach reizenden Eingriffen zuweilen auf Augenblicke, constant aber (auf einigermassen bedeutende einseitige operative Eingriffe) nach Ablauf von Tagen, und dann in häufigen und viel längeren Anfällen, beobachtet, ist auch Zeichen eines Erregungszustandes; eines Erregungszustandes

1) Eben sowenig oder noch weniger thut diess die Durchschneidung der Gehörnerven, ein Punkt, in dem die sonst ziemlich widersprechenden Angaben der hierüber experimentirt habenden Forscher übereinstimmen.

an noch unbekannter Stelle, die aber sicher centralwärts von den Bögen gesucht werden muss. Während oder unmittelbar nach einfachem Ausschneiden der Bögen kommt diese Kopfverdringung nie vor. Ist sie Tage nach der Operation (gewöhnlich 5—6) aufgetreten, so zeigt sie sich doch nur anfallsweise, (vorwiegend oder ausschliesslich, wenn man die Thiere in Aufregung setzt). In den Zwischenzeiten können sie den Kopf frei nach allen Seiten bewegen und nach allen Seiten laufen, zeigen aber mehrweniger grosse Unsicherheit und starke Beeinträchtigung, oder selbst Vernichtung, des Flugvermögens. Die Kopfverdringung ist also bestimmt nicht die Ursache der übrigen Bewegungsstörungen, die nach Kanalverletzungen auftreten.

10) Es spricht Manches dafür, dass mit den einen krampfartigen Charakter tragenden Bewegungen, welche sichtlich durch psychische Erregung verstärkt, oder überhaupt nur hervorgerufen werden, (wie die Kopfverdringung, das Kreis- oder Bogenlaufen etc.), Schwindelempfindungen verbunden seien, bezw. ihnen zu Grunde lägen.

11) Die galvanische Reizung an einem der beiden oberflächlichen Kanäle (mittels umwickelter Drähte) ergab in den meisten Versuchen Fallen und Drehen nach durch die Stromrichtung bestimmter (mit ihr wechselnder) Seite; nach Oeffnung des Stromes stets neue Bewegung nach derselben Seite wie vorher.

12) Letzterer Umstand beweist eine Verschiedenheit des Wesens dieser Zwangsbewegungen von den durch die Querleitung von gleichen Strömen (durch den Hinterkopf) erzeugten. Bei letzteren ist die Bewegung nach Stromöffnung immer der nach Stromschliessung entgegengesetzt.

13) Bei ersteren ist mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass sie Folge der Einwirkung des Stromes auf die betr. Kanäle seien.

14) Bei den in Folge der Galvanisirung quer durch den Kopf auftretenden Bewegungen scheint die Einwirkung des Stromes auf die Kanäle gar keine Rolle zu spielen, sicher spielt sie höchstens eine untergeordnete. Dafür spricht einmal stark jene unter 12) erwähnte Verschiedenheit, dann beweist es der Umstand, dass die betr. Bewegungen auch nach Zerstörung aller Kanäle noch deutlich vorhanden sind.

Nachschrift.

Nachdem ich einige vorstehend erörterte Punkte in der neurologisch-psychiatrischen Section der Badener Naturf.-Versammlung vorgetragen hatte, wies in der sich anschliessenden kurzen Discussion Herr Professor Schiff darauf hin, dass nach Kanalverletzungen Veränderungen im Innern der Schädelhöhle gefunden worden seien. Brieflich hatte der Genannte die Güte mir diess dahin zu präcisiren, dass Stefani und Weiss Veränderungen in den Zellen der Kleinhirnrinde gefunden, und ihre Beobachtungen in einer Mittheilung an die Academie in Ferrara niedergelegt hätten. Durch freundliche Ueberlassung der betr. Arbeit, — die ich vordem nur dem Titel nach erwähnt gefunden hatte —, setzte mich Herr Prof. Schiff auch in den Stand, mich über die Einzelheiten der Angaben zu unterrichten.

Die Verfasser, die in ihren anatomischen Angaben wesentlich von denen Denissenko's (Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 14. S. 203) abweichen —, fanden schon nach 13 Tagen beginnende, nach Monaten sehr ausgeprägte Veränderung, schliesslich selbst, man kann ohne grossen Fehler sagen Zerstörung, der Purkinje'schen Zellen. Anstatt der schön spindelförmigen Gebilde mit deutlichem Kern und Kernkörperchen wie bei normalen Tauben, fanden sie später ganz unregelmässige Form zeigende, vielzackige dunklere Körper mit kaum oder gar nicht mehr erkennbarem Kerne, mit anderen Worten ziemlich homogenem Inhalte; ebenso Fortsätze daran kaum oder nicht mehr erkenntlich. — Diese Veränderungen zeigten sich, wenn nur einseitig operirt war, zuerst auf der operirten Seite, verbreiteten sich mit der Zeit aber auch auf die andere.

Diese Thatfachen, wenn sie uns auch noch nicht gerade ein volles Verständniss der Function der Bogengänge in Sicht stellen, sind doch sicher sehr interessante und beachtenswerthe. Insbesondere geben sie der Annahme, dass die Bögen periphere Organe seien, deren Centrum im Kleinhirn zu suchen, auch eine sehr positive anatomische Basis. Ich werde suchen, an einigen mir noch zu Gebot stehenden Gehirnen operirter Tauben und Controlhirnen nicht operirt gewesener mir die Bestätigung zu verschaffen, und behalte mir vor, später darüber zu berichten.

Spätere Nachschrift.

Während des Druckes dieser Arbeit habe ich die mikroskopische Untersuchung erst zweier Kleinhirne von gesunden, dann zweier von operirt gewesenen Tauben ausgeführt. Die Kleinhirne waren unmittelbar nach der Decapitation der Thiere in 2 seitliche Hälften getheilt und dann zum Theil (nach der Vorschrift von Stefani und Weiss) in Chromsäurelösung (1:500), zum andern Theil (nach der Methode Denissenko's) in Müller'sche Flüssigkeit oder eine 4% Lösung von doppeltchromsaurem Ammoniak gelegt worden. Nach mindestens 17 Tagen wurden die Präparate aus diesen Flüssigkeiten herausgenommen, stundenlang in (öfter gewechseltes) Wasser gelegt und dann zuerst in schwächeren, schliesslich in absoluten, Alkohol. Man konnte dann vortrefflich schneiden.

Mit dem Bilde ungefärbter Schnitte (welches St. und W. zum Theil benutzten, zum andern Theile Carmin) war ich wenig zufrieden. Bei der Färbung mit Eosin und Hämatoxylin, welche Denissenko besonders empfiehlt, erhielt ich leicht zu wenig oder zu viel. Es ist offenbar, um das Richtige immer zu treffen, einige Uebung mit den betr. Präparaten erforderlich, oder man muss einzelne Stücke aus der Färbeflüssigkeit wiederholt prüfen, wozu mir meist die Zeit fehlte. Mit der Färbung durch Beale'sches Carmin war ich aber auch durchaus zufrieden, und es war ausserdem eine nicht zu unterschätzende Annehmlichkeit solcher Schnitte, dass man sie vor der Untersuchung in Alkohol entwässern und dann aufhellen konnte (bei Eosin-Präparaten wäre Entwässerung höchstens in neuem Eosin-Alkohol möglich). Bei den starken Vergrösserungen, wie sie St. und W. benutzten (meist 500), sind unaufgehellte Schnitte leicht nicht dünn genug. Ich wandte dieselbe, und zum Theil noch eine stärkere Vergrösserung an. (Gundelach VII, Immersion 1 = 600).

Es liegt mir fern, meine relativ wenigen Untersuchungen den nach Zahl und Zeit viel ausgedehnteren der beiden italienischen Forscher an die Seite stellen zu wollen. Ich will nur, versprochenemassen, angeben, was ich in den Schnitten, die ich gemacht, gefunden habe.

„Zunächst muss ich bekennen, dass es mir nicht gelungen ist, mich in diesen 2 Fällen makroskopisch vom Vorhandensein einer Atrophie des ganzen, oder auch nur des hintersten Theiles, des Kleinhirns zu überzeugen, wie St. und W. sie sahen. Ich gebe aber ausdrücklich die Möglichkeit zu, dass bei häufigeren Vergleichen ich die Wahrnehmung doch gemacht haben könnte. Sicher springt sie (nach solcher Zeit) wenig in die Augen.

Der einen meiner Tauben waren 4 Monate vor der Tödtung links alle Kanäle abgetragen worden, der zweiten 3½ Monate vor der Tödtung alle Kanäle beiderseits. Die mikroskopischen Schnitte waren alle senkrecht auf die Oberfläche geführt und verschiedenen Gegenden einer jeden Kleinhirnhälfte entnommen.

An diesen Schnitten war es mir nun weiter auch nicht möglich, mich mit Sicherheit von Form-, ja nicht einmal ganz sicher von Inhalts-Veränderungen der Purkinje'schen Zellen zu überzeugen, auch nicht in den hintersten Windungen.

Wiederholt sah ich allerdings, sowohl bei Präparaten vom einen, wie bei solchen vom anderen Thiere, einzelne Bilder, welche veränderten, zackig, undurchsichtig gewordenen, Zellen einigermaßen ähnlich sahen (etwa der 3ten Zelle in Fig. 2 bei St. und W.), aber je häufiger ich untersuchte und mit den Präparaten von gesunden Tauben verglich, um so mehr wurde ich geneigt, dieselben doch nur als dem Schnitte an- oder aufsitzende Gewebsschollen zu betrachten. Ein Bild von der Deutlichkeit der Figg. 2 und 4 bei St. und W. sah ich nie auch nur annähernd. Ich muss dazu aber auch hervorheben, dass St. und W. ihre Thiere zum Theil schon 2 Jahre vor der Tödtung operirt hatten. Bei den erwähnten Figuren ist leider nichts über die in dem speciellen Falle zwischen Operation und Tödtung verflossene Zeit bemerkt. Gewisse „evidenteste“ Zellenveränderungen fanden die Genannten allerdings auch bei beiderseitig operirten Thieren schon 13 Tage nach der Operation (p. 41).

Mit aller Bestimmtheit kann ich nur sagen, dass ich ganze Reihen vollständig wohlerhaltener P. Zellen bei beiden Tauben gesehen habe (jedenfalls in jedem Präparate, das eine Anzahl Schnitte enthielt, einige Reihen).

Daneben fanden sich allerdings auch einzelne Reihen, deren Umrisse und Kerne weniger deutlich waren, aber ich kam nicht zur sicheren Antwort auf die Frage, ob diese Undeutlichkeit der Zeichnung Folge eines weniger gelungenen Schnittes (oder d^o. Färbung), oder Folge einer Veränderung der betr. Zellen sei. Von normalen Tauben gab es einige ähnliche Bilder.

Bemerken möchte ich bei der Gelegenheit noch, dass ich auch bei Schnitten nicht operirt gewesener Tauben auch nicht die (fast durchaus gleichen) Bilder erhielt, wie sie St. und W. in Fig. 1 und 3 darstellen. Ich fand die Zellen an Grösse nicht überall gleich und besonders jene, dort so sehr dominirende, schlanke Spindelform nicht so sehr häufig, die meisten Zellen vielmehr dickbauchiger, öfter sogar der Kugelform nahe, — soweit der Uebergang in den Fortsatz auf der einen Seite dies zulässt.

Ich wiederhole, dass ich, nach meinen kurzen Untersuchungen, gar nicht daran denke, das Vorkommen gewisser Veränderungen der Purkinje'schen Zellen nach Kanaloperationen überhaupt in Abrede stellen zu wollen, weil ich mich in den beiden Fällen nicht mit Sicherheit von der Existenz solcher überzeugen konnte. Nur das Eine möchte ich behaupten, dass 3½ Monate selbst nach Entfernung aller Kanäle jedenfalls noch ganze Reihen dieser Zellen sich unverändert zeigen.