

XII.

Neue Versuche

über den

Einfluss des Galvanismus auf die Erregbarkeit thierischer Nerven.

Vorgelesen in der mathematisch-physikalischen Classe am 13ten August 1808.

von

J. W. RITTER.

Im Jahre 1797 entdeckte ich, daß erregbare Nerven thierischer Organe, längere Zeit im Kreise galvanischer Ketten erhalten, allemal eine sehr bedeutende Veränderung ihrer Erregbarkeit erlitten. Zuerst gedachte ich ihrer in meinem „Beweis, daß ein beständiger Galvanismus den Lebensproceß im Thierreich begleitet“ (Weimar, 1798. 8.), und fügte seitdem, besonders in meinen „Beyträgen zur nähern Kenntniß des Galvanismus und der Resultate seiner Untersuchung“ (Jena, 1800 — 1805. 8.), noch viele Erfahrungen über diesen Gegenstand hinzu, durch die er beynahe abgethan schien. Das Ganze zog die Aufmerksamkeit der Physiologen in hohem Grade auf sich; wer meine Versuche wiederholte, fand sie bestätigt, und Volta selbst entdeckte einen Theil der Hauptsache im Jahre 1801 wieder *), — so daß es

mir

*) S. Journal de Chimie, par van Mons. T. I. p. 103, 104.

mir ein besonderes Vergnügen gewähren mußte, ihm, als er mich im December 1806, wo ich ihn besuchte, unmittelbar damit bekannt zu machen, die Gefälligkeit hatte, erwiedern zu können, daß ich ebendasselbe gefunden, und bereits in meiner obgenannten, ihm dedicirten, ersten Schrift über Galvanismus (1798) weiter ausgeführt habe; — denn Bestätigungen durch Meister solchen Ranges muntern den Schüler allemal auf.

Man erinnert sich, daß die Modification der Nerven in diesen Versuchen entweder in einer Depressiön, oder in einer Exaltation ihrer Erregbarkeit bestand, je nachdem jene Nerven entweder mit ihrem Hirn- oder ihrem Muskelende, dem einen oder andern der electricischen Pole der Kette zugekehrt waren, und je nachdem ihre Erregbarkeit selbst wieder bis zu einem bestimmten Grade höher oder niedriger, und damit zugleich in einem Falle die entgegengesetzte von der im andern war. Alle diese Erregbarkeitsmodificationen durch Galvanismus waren örtlich, d. i., sie erstreckten sich nie über das in der galvanischen Kette gewesene Stück des Nerven hinaus. Von den durch gewöhnlich-chemische Mittel hervorgebrachten Erregbarkeitsmodificationen in Nerven hatte schon Fontana, in seinem Werk über das Viperngift, das nämliche beobachtet, und daß auch die den galvanischen gleichen (entgegengesetzten) Modificationen der Erregbarkeit durch Electricität aus Reibung sich nie bis über die von ihr getroffene Nervenstelle hinaus erstrecken, habe ich in m. Beyträgen, B. I. St. 1, 2. §. 26. S. 159. nachgetragen. (Die nähere Natur dieser Erregbarkeitsmodificationen selbst habe ich in dem letztgenannten Werke, B. II., St. 3, 4., an mehreren Orten, Beobachtungen zu Folge, zu bestimmen gesucht.)

Dennoch war es gleich von Anfang an unwahrscheinlich, daß die übrigen Theile eines an einer Stelle durch Galvanismus in seiner Erregbarkeit modificirten Nerven völlig ohne Veränderung blieben.

ben. Schon die genaue Wechselbeziehung dieser, wie aller, Theile eines Organischen unter einander, und daß mit jeder Modification des einen von ihnen, auch welche für alle übrigen gegeben seyn muß, stritt dagegen. Nur so viel schienen die ältern Erfahrungen zu zeigen, daß diese Erregbarkeitsmodification der übrigen Theile desselben u. s. w. eine andere seyn müsse, als jene der unmittelbar der electricischen Action der Kette, Säule oder Maschine ausgesetzt gewesenen Nervenstrecke, weil sonst die Phänomene, welche diese Oertlichkeit der letztern entschieden, nicht leicht des hohen Grades von Präcision fähig gewesen wären, der ihnen nichtsdestoweniger so eigen ist. Uebrigens wiesen mich schon 1798 zufällige Bemerkungen darauf hin, daß solche Erregbarkeitsmodificationen außerhalb des electricischen Kreises in der That zugegen, und daß dieselben, nach der Modification der innerhalb des Kreises befindlichen Nervenstrecken, ebenfalls verschieden seyen (vergl. m. Beweis, §. 20. S. 130, 131.).

Es ist mir nicht bekannt geworden, daß seit jener Zeit Jemand diesen Gegenstand in nähere Untersuchung gezogen hätte. Ich selbst kam lange nicht dazu, ihn von Neuem vorzunehmen, bis ich endlich im Frühjahr 1807 durch das Studium der organischen Electroscopie veranlaßt wurde, ihm ernstere Aufmerksamkeit zu widmen. Ich theile hier der Classe die erhaltenen Resultate mit. Sie gien-gen aus Versuchen an mehr als hundert Fröschen hervor, und mehrere unserer Akademie Verbundene werden sich noch erinnern, sie nachmals so mitbeobachtet zu haben, wie ich sie hier beschreiben werde.

In Fig. 1. der IXten Tafel sey *abcd* ein Froschpräparat, dessen Erregbarkeit bereits so weit gesunken oder durch wiederholte Schläge

*) Ich fabre fort, mich zu diesen Figuren derjenigen Abbreviaturen zu bedienen, welche ich zuerst in m. Beweis gebrauchte, und deren seitdem sich auch andere Galvanisten bedienten.

Schläge von Voltaischen Säulen oder Leidner Flaschen so weit herabgestimmt ist, daß bey der Armirung des Nerven *c* mit Silber *z* und des Nerven *d* mit Silber *s* bey der Schließung blos der Schenkel *a* und bey der Trennung blos der Schenkel *b* in Contraction übergeht. Es befinde sich also im Zustande derjenigen Erregbarkeit, die ich in m. Beyträgen, und sonst, die zweyte, die unbedingte, oder die Extensorenerregbarkeit nannte (weil alle Bewegungen der beyden Schenkel *a* und *b* dann wirklich nur Streckungen derselben sind). Man lege *z* an *c* und *s* an *d*, schliesse zur Kette, und lasse diese eine Viertel-, eine halbe Stunde, oder überhaupt die sich bald ergebende gehörige Zeit hindurch, geschlossen. Nach der Oeffnung der Kette findet man dann den ganzen Nerven *c* bis an seinen Eintritt in die Muskeln bey γ deprimirt, und leicht so sehr, daß er auf keine Reitzung mit Zink und Silber mehr Contractionen seiner Muskeln gewährt, den ganzen Nerven *d* hingegen bis an seinen Eintritt in die Muskeln bey δ exaltirt, und leicht in solchem Grade, daß letztere bey der Trennung, statt, wie sonst, eine sehr mittelmäßige Zuckung, auf welche das Organ sich fast im Augenblicke wieder in seinem vorigen Zustande befindet, zu geben, in die heftigste angestrengteste Streckung übergehen, welche nach Umständen mehrere und viele Minuten lang anhalten kann, und während welcher, und häufig noch nach ihr, schon das bloße Zurückbringen des Nerven auf die Muskeln, also Kette aus blos thierischen Theilen, starke neue Zuckungen hervorruft. — Präparirt man, nach Oeffnung der Kette *zcabds*, *c* aus *a* weiter heraus, und eben so *d* aus *b*, so findet man die beschriebene Modification von *c* schlechterdings nur bis γ vor, und eben so die von *d* beschriebene nur bis δ . Auch hat, über γ und δ hinaus, die Action der Kette die Nerven *c* und *d* in der That nicht merklich mehr treffen können, indem von γ bis δ die galvanische Action allemal den Nerven verläßt, und das seiner viel größeren Masse und Oberfläche, und vorzüglich wohl noch des

kür-

kürzern Weges durch selbes wegen leitendere Muskelfleisch zu seiner Leitung vorzieht *).

Fig. 2. wiederholt das Vorige, nur deutlicher. Die beyden Froschschenkel *a* und *b* sind hier nicht mehr in unmittelbarer Verbindung, sondern getrennt, und durch die gehörige Unterlage und die zwischen ihnen befindliche Luft gegenseitig isolirt. Zink *z* und Silber *s* liegen an *c* und *d*, wie vorhin; die Mitte aber ist erst durch einen *c* und *d* ohngefähr in ihrer Mitte oder an α und β verbindenden, trocknen oder feuchten Leiter, z. B. ein homogenes Metall oder ein Stück Muskelfleisch *m* geschlossen. Hier erstreckt sich, nach verflossener gehöriger Schließungszeit, die Deprefion des mit *z* armirten Nerven *c* blos bis α und die Exaltation des mit *s* armirten Nerven *d* blos bis β . In den Nervenstücken $\alpha e \gamma$ und $\beta f \delta$ findet sich nichts von den in *ca* und *d\beta* zugegebenen Erregbarkeitsmodifikationen mehr vor, und natürlich eben so wenig in den hinter γ und δ in den Muskeln geblieben gewesenen Fortsetzungen von *e* und *f*.

Ich bleibe bey diesen Fällen älterer galvanischer Erregbarkeitsmodificationsversuche stehen, und überlasse es, ihren Ausgang bey anderer und entgegengesetzter oder auch gemischter Erregbarkeit

*) Denn sonst verhielten sich Nerven vor Maschinenelectricität allemal leitender, als Muskelfleisch und andere thierische Theile. Vergl. über diese gute Leitungskraft der Nerven, Kinnersley (s. Priestley's Geschichte u. gegenw. Zustand d. Electricität, A. d. Engl. v. Krünitz, Berl. u. Strals., 1772, 8. S. 135.), Franklin (s. Rühn's Geschichte d. med. u. physik. Electricität. Th. II. S. 69.), Heribert (s. dessen Theoria phaenomenorum electricorum, Ed. II. Vindob., 1778, 8. p. 195, 196.), Pickel (s. dessen Experimenta physico-medica de Electricitate et Calore animali, Wirceb., 1778, 8. p. 52, etc.), Steiglechner (s. Neue philos. Abhandl. d. Baier. Akad. d. Wiss. B. II. 1780, 4. S. 302, 303.), Hemmer (s. Comment. Academ. Theod. Palat. Vol. V. p. 156.), und Andere. In den früher sogenannten galvanischen Ableitungsversuchen indess finden sich Phänomene über Nerven- und Muskelleitung vor, die noch einer besondern Analyse bedürfen.

keit des Froschpräparats da nachzulesen, wo ich sie schon früher abhandelte, oder im fünften Abschnitt meiner Abhandlung über entgegengesetzte Erregbarkeiten überhaupt, in m. Beyträgen, B. II. St. 3, 4. S. 118—131.

Die zur Entscheidung vorzüglich zurückgelassene Frage war, wie erwähnt, was in Fig. 1. den nicht mit im eigentlichen Kreise der Kette befindlich gewesenen Nervenstücken hinter γ und δ innerhalb des Muskelfleisches, oder in Fig. 2. den gleichen nicht mit in der Kette gewesenen Nervenstücken $\alpha e \gamma$ und weiter, und $\beta f \delta$ und weiter, während den angegebenen Modificationen ihrer Hirntheile c und d , begegnet sey? —

Zur Beantwortung dieser Frage war nichts nöthig, als in Fig. 1. die Nervenfortsetzungen hinter γ und δ im Muskelfleisch, oder, und bequemer, in Fig. 2. die Nervenstücke $\alpha e \gamma$ und $\beta f \delta$ mit mäßig wirkenden und auf gleiche Weise angelegten galvanischen Ketten genau vergleichend zu prüfen. Daß das Froschpräparat hierzu vor Anfang des Hauptmodificationsversuchs beständig auf derselben Stufe der Erregbarkeit, hier also auf (wenigstens vorherrschender) unbedingter stehend angenommen sey, versteht sich von selbst.

Und so wird man in Fig. 2., sofern nur beyde Schenkel a und b von Anfang an in gleichem oder doch sehr nahe gleichem Grade erregbar waren, ohne Ausnahme finden, daß, während c oder das innerhalb der Kette positiv armirte Stück des Nerven ce deprimirt wird, e oder das aufserhalb der Kette gewesene Stück desselben Nerven exaltirt werde, und wieder, daß, während d oder das innerhalb der Kette negativ armirte Stück des Nerven df exaltirt wird, f oder das aufserhalb der Kette gewesene Stück desselben Nerven deprimirt werde. Fig. 3. stellt diese Erfolge zu einem Ueberblicke dar.

Daß

Dafs in Fig. 4., wo *z* und *s* an der Stelle von *m* und dieses an der von *z s* liegt, die gleichnamigen Nervenstücke überall die umgekehrten Modificationen von denen in Fig. 3. erfahren müssen, ist schon daraus klar, dafs, wie bekannt, Fig. 4. überhaupt umgekehrt von Fig. 3. wirkt, und der Versuch bestätigt den Schluss. Erst wenn *z* in Fig. 4. an die Stelle von *s*, und *s* an die Stelle von *z* kommt, sind sämtliche Erregbarkeitsmodificationen wieder vertheilt wie in Fig. 3.

Uebrigens erstrecken sich die den ausserhalb der Kette befindlich gewesenen Nervenstücken zugekommenen (und umgekehrten) Modificationen ihrer Erregbarkeit jederzeit bis in alle noch mit Sicherheit vergleichend untersuchbaren Verzweigungen derselben für die ihnen zugehörigen Muskeln.

Glaubt man ferner, dafs das Daranlassen der vordern in der Kette gewesenen Nervenstücke *c* und *d* an den ganzen Nerven, nach Oeffnung der Kette, Einfluß auf die Phänomene, welche die hintern ausserhalb der Kette gebliebenen geben, in diesen Versuchen haben möchte (und bey *d* in Bezug auf *f* kann dieß insofern wirklich Statt haben, als das Gespanntseyn des Organs *b*, was nach Oeffnung der Kette häufig erfolgt und anhält, so lange *d* noch mit *f* verbunden ist, die genaue Untersuchung von *f*, was auch durch *b* zu reagiren hat, wenigstens schwierig macht), so hat man nichts nöthig, als *c* und *d* ein wenig hinter der Stelle, wo ihre Fortsetzungen aufhörten in der Kette zu seyn, gleich nach der Oeffnung der Kette, oder auch noch während ihrem Geschlosseneyn wegzuschneiden (oder wenigstens gut zu unterbinden), um, nachdem die Modificationen der vordern Stücke *c* und *d* schon bekannt sind, die hintern völlig ungestört untersuchen zu können.

Arbeitet man mit Froschpräparaten, die neben der zweyten oder unbedingten Erregbarkeit (s. oben) noch wirksam afficirbare
erste

erste oder bedingte (s. m. Beyträge, B. II. St. 3, 4. S. 16.) besitzen, d. i., mit solchen, die in Fig. 1 oder 2 die Schließungszuckung auf beyden Seiten, und die Trennungszuckung entweder ebenfalls auf beyden, oder was, wenn man, besonders im spätern Frühling, dem Sommer und Herbst, sie gleich nach der Präparatur in den Versuch nimmt, häufiger ist, meist oder vorzüglich nur auf der Zinkseite der Kette (in *a*) geben, so sind jene hintern oder neuen Erregbarkeitsmodificationen, so bald die Kette nicht etwa so lange geschlossen blieb, daß die Organe unterdessen auf die bloße unbedingte Erregbarkeit zurückkämen, und wenn bedingte und unbedingte noch zu ziemlich gleichem Grade von der gegebenen Kette afficirt werden, eben so schwer von einander zu unterscheiden, als die vorderen oder älteren es dann sind (vergl. m. Beyträge a. a. O. S. 121.). Hat die Affection der unbedingten Erregbarkeit offenbar schon das Uebergewicht, so zeigt sich dann in den hinteren Nervenstücken schon der nämliche Modificationsunterschied, wie bey bloßer unbedingter Erregbarkeit, nur schwächer.

Mit Organen aber, die auf solcher Höhe der Erregbarkeit gestanden hätten, daß bloß die bedingte noch erst wirksam afficirt worden wäre, oder solchen, die bey der Schließung in Fig. 1 und 2 bloß, und zwar auf der Silberseite, bey der Trennung bloß, und zwar auf der Zinkseite, zuckten, habe ich bis jetzt noch keine Versuche dieser Art anstellen können, da, als ich voriges Jahr den Gegenstand aufnahm, diese hohe Erregbarkeit der Frösche schon vorüber war, und diesen Winter und Frühling mich andere Geschäfte abhielten, auf ihn zu gehöriger Zeit zurückzukommen. Doch ist alle Wahrscheinlichkeit vorhanden, daß alsdann in Fig. 2 z. B., wo jetzt ca statt $d\beta$ exaltirt und $d\beta$ statt ca deprimirt wird, auch $ae\gamma$ statt $\beta f\delta$ deprimirt und $\beta f\delta$ statt $ae\gamma$ exaltirt werden wird. Zugleich wird, um zum Resultat zu kommen, die Kette hier vorher weit kürzere Zeit geschlossen bleiben dürfen, als wo man es nur noch mit bloßer unbedingter Erregbarkeit

keit zu thun hat, indem schon die vorderen oder älteren Erregbarkeitsmodificationen hier viel früher zu einem Unterschied gegebener Grösse zu gelangen pflegen, als dort.

Noch habe ich von der Grösse der hintern oder neuen Erregbarkeitsmodificationen, verglichen mit derjenigen der vordern ältern, zu sprechen, und nehme dazu am sichersten Resultate, wie sie erhalten werden, wo man mit Organen von bloß noch wirksam afficirbarer zweyter oder unbedingter Erregbarkeit experimentirt, oder sie doch wenigstens bis zur Oeffnung der Kette bey diesem Zustand angekommen sind (denn bey einiger Bekanntschaft mit der Geschichte der Erregbarkeit an Fröschen wird es sogar vortheilhaft, nicht erst zu warten, bis das Froschpräparat auf den Zustand blosser unbedingter Erregbarkeit für Zink und Silber, — oder, da diese Namen hier kürzlich jedes Paar heterogener Metalle oder electrischer Leiter, darunter wenigstens ein trockner oder von der ersten Classe ist, bedeuten, für irgend ein gegebenes davon — zurückgekommen ist, sondern das Präparat immerhin zu nehmen, wie man es gleich nach der Präparatur des eben getödteten Frosches erhält, indem sich, während der Schließung der Kette, hält sie nur die gehörige Zeit an, schon von selbst die anfangs dann noch mit zugegen gewesene erste oder bedingte Erregbarkeit aus ihm verliert, und nachmals nur noch die zweyte oder unbedingte übrig ist, und zwar in einem höhern Grade, als wenn man mit dem Anfang des Versuchs erst wartete, bis sie allein zurück war, weil dann nach den Viertel- und halbe Stunden und länger angehaltenen Schließungen sie selbst nun schon wieder beträchtlich schwächer geworden ist. Ob aber in dem hier besprochenen Falle die Erregbarkeit während des Geschlossenseyns der Kette nun wirklich bis zur bloßen unbedingten oder zweyten zurückgekommen sey, erfährt man ganz kurz dadurch, daß man die Kette von Zeit zu Zeit öffnet, und wieder schließt. Zuckt bey der Oeffnung bloß noch der Silberschenkel, oder spannt er sich sogar und kommt bey der Schließung bloß wieder in Ruhe, und

zuckt der Zinkschenkel allein dabey noch schwach, oder auch schon gar nicht mehr, dann ist man gewiß, nun bloß noch zweyte oder unbedingte Erregbarkeit, die bey dem hier angewandten Grade galvanischen Reitzes wirksam afficirt würde, übrig zu haben.)

Diese neuen Modificationen von Erregbarkeit treten nie in so großen Unterschied, wie die vordern oder ältern. — Wer je gut bedingte Versuche über die letzteren sah, wird sich noch mit Vergnügen der Ueberraschung durch ihren Erfolg erinnern. Doch sind auch gut bedingte über die ersteren schon insofern nicht ganz ohne eine solche, als der Erfolg durch gleiche durchgängige Präcision und das fürs erste so wunderbar scheinende Arrangement seiner Theile interessirt. — Die höchsten Unterschiede sah ich darin ausgedrückt, daß in Fig. 2 das Nervenstück $\beta f \delta$, mit Zink und Silber galvanisch gereizt, gar keine Zuckung in b mehr bewirkte, während das Stück $\alpha e \gamma$, eben so gereizt, noch sehr starke in a hervorbrachte. Gewöhnlicher ist $\beta f \delta$ bloß schwächer als $\alpha e \gamma$, immer aber zu solchem Grade, daß nie Jemand über Mangel an Deutlichkeit des Unterschiedes klagen kann. Auch wird man, auf αc und βd bezogen, $\alpha e \gamma$ beständig reizbarer finden als αc , und $\beta f \delta$ beständig minder reizbar als βd . Ferner ist αc durchgängig früher todt (insofern nämlich bey seiner Reizung a auf Zink-Silber nicht mehr zuckt) als $\beta f \delta$; von $\alpha e \gamma$ dagegen kann man bloß sagen, daß es, wie schon das Vorige giebt, nie zu der Erhöhung der Erregbarkeit komme, zu der βd in gleicher Zeit gelangt.

Wer alles zur völligen Ueberzeugung und Bestätigung und zum gleichzeitigen Ueberblick der vorkommenden bloßen Gradunterschiede im Erfolg sich in der Geschwindigkeit vergegenwärtigen will, thut wohl, acht bis zehn Präparate geforderter Beschaffenheit auf einmal, jedes in seine besondere Kette, zu bringen, diese Ketten dann zu beliebig verschiedenen Zeiten zu öffnen, und die zurückgebliebenen Nerven zu untersuchen.

Daß

Daß endlich die Erregbarkeitserhöhung in $\alpha e \gamma$ in Fig. 2 und die Depression derselben in $\beta f \delta$ daselbst eine wahre sey, bestätigt sich, sobald man den Versuch mit bloßen Hälften von Fig. 2, oder mit Fig. 5 und 6 anstellt, am besten, wie es mir schien, schon etwas matte Frösche nimmt, die Kette möglichst kurze, doch hinlängliche, Zeit geschlossen läßt, und von jedem (dessen Nerven beyde möglichst gleich erregbar seyn müssen) den Nerven seines einen Schenkels in Fig. 5 oder Fig. 6 spannt, den andern aber unter übrigens ganz gleichen Umständen neben jenem ohne geschlossene gleiche Kette liegen läßt. Dann wird, bey genauer Nachsicht, das Stück $\alpha e \gamma$ in Fig. 5 des (mit ca) in der Kette gewesenen Nerven deutlich erregbarer zurückbleiben als das $\alpha e \gamma$ des ohne Kette gebliebenen Gegenerven, und wieder $\beta f \delta$ in Fig. 6 mit Kette (an $d\beta$) minder erregbar als $\beta f \delta$ des Nerven ohne Kette. Freylich aber sind diese Unterschiede kleiner als die von $\alpha e \gamma$ und $\beta f \delta$ der in der Kette gewesenen Nerven selbst, schon weil sie ohne Weiteres nur die Hälften davon seyn können. Ob sie dieß aber genau seyen, kann ich aus Untersuchungen noch nicht sagen, obschon es mir, besonders für den Unterschied der beyden $\alpha e \gamma$'s, aus andern Gründen *) nicht einmal wahrscheinlich ist. —

Es sey mir erlaubt, jetzt einige Bemerkungen über die Natur dieser neuen Nervenerregbarkeitsmodificationen zuzufügen, als Antwort auf Fragen, die sich jedem mit den physiologischen Wirkungen der galvanischen Kette Bekannten dabey darbieten müssen.

Es ist aufs schärfste, sowohl theoretisch als practisch, dargethan, daß in der galvanischen Kette Fig. 2. — so wie in jeder, deren Glieder sich über ihre Verbindungsstellen unter einander merklich

*) Die ich aber erst bey näher anderer Gelegenheit auseinander setzen kann, — und die zugleich alles enthalten werden, was bey der Deutung obiger Erregbarkeitsmodificationen noch vermist werden möchte.

lich hinauserstrecken, und wovon Fig. 8 das Extrem abbrevirt wiedergiebt — die Action derselben sich weder über den wahren Kreis der Kette hinaus erstreckt, noch erstrecken kann. Schon in m. Beweis habe ich für unsern Fall das nöthige dargethan. Also befinden sich $\alpha\gamma$ und $\beta\delta$ in Fig. 2 zu keinem Grade in dem wirklichen Kreis der Kette und ihrer Action. Dennoch werden sie, während jene geschlossen ist, modificirt; $\alpha\gamma$ wird erregbarer, $\beta\delta$ minder erregbar; und selbst wenn der Ausdruck ganz verfehlt wäre, müßte es doch immer noch heißen: $\alpha\gamma$ bleibt erregbarer als $\beta\delta$. Was behalten wir unter solchen Umständen für die Erregbarkeitsmodifikationen dieser Theile übrig? —

Die Antwort wird leichter, als sie scheint, sobald man ihre Einfachheit nur wagt. — Daß in Fig. 5 und 6 und ihrer Vereinigung in Fig. 2 die Contraction der Muskeln a und b nichts weniger als eine unmittelbare Wirkung der Kette als solcher sey, ist klar. Diese ruft in dem von ihr getroffenen Nervenstück $c\alpha$ und $d\beta$ eine Veränderung hervor, deren Natur wir hier ganz ohne weitere Erörterung lassen können, sobald wir nur bemerken, daß sie es ist, welche vom galvanisirten Nervenstück sich, und ohne daß ihr auf ihrem Wege etwas anderes als der in seiner organischen Structur ungestörte Nerve selbst zum Leiter dienen könnte, durch seine übrige Fortsetzung nach den ihr eben so ungestört organisch verbundenen Muskeln fortpflanzt, und dort, auf ebenfalls hier nicht weiter zu erörternde Art, bey ihrer ersten Ankunft die Contraction, oder was sonst für plötzlich eintretende Vorgänge, bewirkt, nach diesen ihnen aber demohngeachtet noch fortfährt zuzufliessen, wiewohl von hier an die Rechenschaft über ihre Wirkungen schwerer wird. Alles, was Nerven wirksam reizt, bringt diese Veränderung in ihnen hervor, und so lange, als es reizt.

Aber Nerven, als Theile organischer Körper schon, sind von selbst bereits in continuirlicher innerer Thätigkeit.

Na-

Namentlich von den beyden galvanischen Reitzungsarten in Fig. 5 und 6 ist es ausgemacht, daß sie zunächst durch nichts, als, im Falle Fig. 5 und der dort vorausgesetzten Erregbarkeit des Organs, durch Acceleration, im Falle Fig. 6 und der gleichen Erregbarkeit des Organs, durch Retardation dieser Thätigkeit wirken (vergl. m. Beyträge, B. II. St. 4., den 6ten Abschnitt, besonders §. 66—69 oder S. 133—137.). Darin also bestehen diejenigen Veränderungen, welche, zuvörderst vom galvanisch gereizten Nervenstück, durch des Nerven übrige Strecke nach den Muskeln fortgeleitet werden.

Hieraus sehen wir sogleich, daß, was in Fig. 5 oder dem Aequivalent der linken Hälfte von Fig. 1—3 (und der rechten von Fig. 4.) dem mit seinem einen Theile in der Kette begriffenen Nerven mit und während ihrer Schließung widerfährt, eine vermehrte Nervenaction oder Uebung der Nervenvirtualität, was in Fig. 6 oder dem Aequivalent der rechten Hälfte von Fig. 1—3 (und der linken von Fig. 4.) dem gleichen Nerven mit und während der Schließung der Kette widerfährt, eine verminderte, (mehr oder weniger) arrêtirte Nervenaction oder Uebung der Virtualität des Nerven ist. Im ersten Falle ist der Nerve mehr, im andern minder beschäftigt, in Uebung, in Gebrauch, als ohne Kette bloß sich selbst überlassen. Nun sehen wir mit jenem, wo nichts weiter zugegen seyn kann als es, nämlich in $\alpha e \gamma$ in Fig. 2 und 5, Exaltation oder Entstehung leichterer Erregbarkeit, mit diesem aber, wo wieder nichts weiter zugegen seyn kann als es, nämlich in $\beta f \delta$ in Fig. 2 und 6, Depression oder Entstehung schwererer Erregbarkeit verbunden. Sollen wir demnach zögern, hier wiedergefunden zu glauben, was uns überall im Organischen, und bey so vielen Gelegenheiten, begegnet, dieses: daß Uebung eines Organs es stärkt, es beweglicher, agiler macht, während Vernachlässigung desselben oder Nichtgebrauch es schwächt, es unbeweglicher, inagiler zurückläßt? — Und
daß

daß wir hier zunächst nichts als dieses Phänomen, auf neuem, reinem Wege verfolgbare, wiederhaben? —

Wirklich hat man, um $\alpha\epsilon\gamma$ in Fig. 2 und 5, und $\beta f\delta$ in Fig. 2 und 6, nicht allein wieder zur vorigen vollkommen unter sich gleichen Erregbarkeit zurückzubringen, sondern sie sogar in die den früheren entgegengesetzten Modificationen überzuführen, nichts nöthig, als z (Zink) dahin, wo zuvor s (Silber), und s dahin, wo zuvor z war, zu bringen, und die Kette für den ersten Zweck eine gegebene kürzere, für den letzten eine gegebene längere Zeit geschlossen zu lassen. Dann wird der vorher aus Unthätigkeit eingeschlafene Nerv $\beta f\delta$, durch die jetzige Uebung seines Vermögens, wieder geweckt, dagegen der vorher an so große Thätigkeit gewöhnte Nerv $\alpha\epsilon\gamma$ durch Entziehung oder Hemmung derselben wieder minder wach, und, nachdem sie einander erst auf einen Augenblick gleich gewesen, schläft dieser endlich ganz ein, während jener nun wacht, und so sehr als zuvor der andere. Daß hierbey auch die Erregbarkeitsmodificationen von αc und βd erst aufgehoben, dann umgekehrt werden, ist bekannt.

Ich habe noch keine absichtlichen Versuche darüber angestellt, welche Folgen in Fig. 2, oder Fig. 5 und 6 sehr starke Reitzungen von αc und βd auf $\alpha\epsilon\gamma$ und $\beta f\delta$ haben mögen, wie z. B., wenn man, statt z und s , den positiven und negativen Pol einer Voltaschen Säule, und einer immer stärkern, nimmt. Doch wird es auch hier wohl gehen, wie sonst, nämlich, allzugroße Anstrengungen der Nerventhätigkeit werden sie, statt zu stärken, lähmen, so wie bis über einen gewissen Punkt hinaus gehende Hemmung dieser ihrer Thätigkeit sie gleichfalls dahin bringen kann, daß sie letztere nach aufgehobener Hemmung doch nicht mehr von Neuem beginnen können, sie also gänzlich suspendirt ist. Welches auf zwey Todesarten von Nerven führte, die ohne Frage einer genauern Untersuchung werth sind, zumal sich jetzt ein vortreflicher Weg dazu öffnet.

Ein

Ein Umstand vorzüglich aber bleibt ebenfalls noch zur weiteren Untersuchung übrig. Früher bewunderten wir, daß die hintern oder neuen Erregbarkeitsmodificationen, die von $\alpha e \gamma$ und $\beta f \delta$, die umgekehrten von den vorderen oder älteren, denen von αc und βd , wären; jetzt hingegen muß uns vielmehr das Umgekehrte auffallen, nämlich, daß die vordern oder ältern Modificationen, die von αc und βd , die umgekehrten von den hintern oder neuen sind. Denn kommt nicht auch in αc z. B. schon Punkt für Punkt die nämliche Nervenveränderung durch die Action der Kette vor, als in $\alpha e \gamma$, und eben so auch in βd schon Punkt für Punkt die nämliche dadurch, als in $\beta f \delta$? — (Die genauere Art dieses Vorkommens ist für beyde die, daß, während die Nervenstücke αc und βd durch ihre ganze Ausdehnung hindurch von der Action der Kette getroffen werden, der erste, oberste oder vorderste Punkt dieser Nerven bloße Veränderungssetzung, der zweyte Veränderung und zugleich Fortleitung der vom ersten Punkte nach den Muskeln, der dritte Veränderung und zugleich Fortleitung der vom ersten und zweyten, u. s. w., zu erleiden hat. Daß indess diese Veränderungen schwerlich durch die ganze Strecke αc und βd gleichmäfsig fortgehen, scheint schon daraus zu folgen, daß zwar im Allgemeinen, je gröfser, länger, das in der Kette begriffene Stück αc und βd ist, auch die Muskelcontraction . . . in a oder b um so gröfser wird, daß aber doch das Verhältniß, in welchem die Wirkung wächst, bey weitem nicht jenem gleichkommt, in welchem αc oder βd länger genommen werden.) — Warum also zeigen nicht schon αc und βd genau dieselben Erregbarkeitsmodificationen, als weiter hinten $\alpha e \gamma$ und $\beta f \delta$? —

Ich unternehme es nicht, schon die völlige Antwort zu geben, sondern erlaube mir bloß, auf einen Hauptumstand hinzuweisen, der einst für sie zuerst in Rücksicht zu nehmen seyn wird. — Vom ganzen erregbaren Froschpräparat in Fig. 2. befinden sich blos die Nervenstücke αc und βd im Kreise der Kette, und dieser ihre
Action

Action erstreckt sich nicht über α und β hinaus. Der beste für unsern Fall passende Beweis ist der, daß die genannten $\alpha\epsilon\gamma$ und $\beta f\delta$ sogleich nicht im Geringsten mehr in ihrer Erregbarkeit modificirt werden, als die Nerven bey α und β , oder besser, ein wenig dahinter, gut unterbunden sind, obschon solche Unterbände die Action der Kette nicht im Mindesten zu isoliren pflegen. Aber die Kette als solche bringt nicht bloß die oben beschriebenen Veränderungen in der Nerventhätigkeit und die Veranlassung zu ihrer Fortpflanzung längst dem übrigen Nerven hervor, sondern sie verändert zugleich die Masse der ihr ausgesetzten Nervenportionen chemisch, bringt chemische Wirkungen, wie schon in jedem feuchten Leiter, also auch hier, hervor. Hierdurch müssen mehr oder weniger bleibende chemische Modificationen (Oxygenationen und Hydrogenationen) zu Stand kommen, so gewiß die Nervenmasse nicht blosses Wasser ist, sondern neben und mit diesem noch vielerley Oxy- und Hydro- (oder Desoxy-) genirbares enthält und daraus besteht. Von allem diesem begegnet den außerhalb der Kette befindlichen Nerven nichts, oder doch nichts durch die Action der Kette unmittelbar Veranlafstes, weil diese sie nicht trifft. Wirklich auch äufsern sich jene nothwendigen und bleibenden chemischen Modificationen von αc und βd , und zwar zunächst durch das jetzt so veränderte Verhalten dieser Nervenstücke als galvanischer (electrischer) Erreger, — wohin vorzüglich die schon in m. Beweis, S. 130. Z. 11 — 18, angeführte Beobachtung gehört.

Wie nun diese chemischen Nervenmodificationen in αc und βd jene großen Erregbarkeitsveränderungen in ihnen hervorbringen, und noch mehr, wie sie dann gerade diese hervorbringen, würde wohl fast noch unmöglich seyn, zu entwickeln. Daß sie aber ihren sehr bedeutenden Beytrag dazu ausüben müssen, und vielleicht nichts als ein bloß anderer Ausdruck (der chemische) dieser Erregbarkeitsveränderungen seyen, ist schon darum
höchst

höchst wahrscheinlich, daß auch in organischen Massen keine Veränderung vorgehen kann, die nicht zuletzt sich auch als chemische ausdrückt, und keine chemische, die sich nicht auch als organische, physiologische, oder wie man etwa besser zu sagen hat, auswiese.

Factum ferner bleibt es einstweilen, daß die mit diesen chemischen zugleich mit entstandenen Veränderungen der Erregbarkeit in den Nervenstücken αc und βd beträchtlich größer sind, als die ähnlichen aber entgegengesetzten in $\alpha e \gamma$ und $\beta f \delta$, wie schon der erste Anblick des Gesamtpphänomens zeigt. Ja sie müssen sogar größer seyn, als jene, schon um jene, soweit sie auch an ihrem Orte vorkommen (s. oben), und da sie die entgegengesetzten sind, aufheben, und darauf demohngeachtet noch mit einem Reste stehen bleiben zu können, der selbst wieder weit größer in seiner Art ist, als die Erregbarkeitsmodificationen von $\alpha e \gamma$ und $\beta f \delta$ es in der ihrigen sind.

Uebrigens sind eben so gewiß auch die Erregbarkeitsmodificationen in $\alpha e \gamma$ und $\beta f \delta$ nicht ohne einige chemische; aber erstens werden sie verhältnißmäßig eben so gering seyn, als jene, gegen die umgekehrten in αc und βd gehalten, und dann, was schon daraus mit begreiflich seyn kann, ist mir bis jetzt noch kein Versuch vorgekommen, in welchem sie sich, z. B. durch verändertes Electricitätserregungsvermögen, zu bedeutendem Grade äußerlich verrathen hätten. —

Es kann von besonderm Interesse werden, die im Vorigen aufgestellten neuen Erregbarkeitsmodificationen einer fernern sorgfältigen Untersuchung zu würdigen. Eines Theils schon ist es das erste Mal, daß man, was Nervenaction in Nerven selbst von Veränderung hervorbringt, zur leicht verfolgbaren Beobachtung bekommt; andern Theils öffnet schon, was bis jetzt davon bekannt, verschiedene vielversprechende Aussichten für Physiologie, Pathologie und Therapie.

Jene Nerventhätigkeit, die zu erklären man zu allerhand Dingen griff, von denen doch keins etwas an ihr erklärte, spielt im lebenden Thier - und Menschenkörper die höchsten Rollen, und ihr Sollicitirendes, das sie Anregende, wirkt hier bey weitem nicht mit der Gewalt und Verschwendung seines grössten Theiles, als z. B. in unsern Frosch- und andern galvanischen Versuchen. Man hat das grösste Recht zu erwarten, daß auch jene Thätigkeit sich in electriche auflösen werde, und dürfte ich, da dieß so lange und so häufig schon vermuthet wurde, noch von meinen eigenen Bemühungen sprechen, so würde ich hinzufügen, daß sie bereits darein aufgelöst dargethan sey. Ihr Sollicitirendes aber ist hier im organischen Körper selbst zugegen. Dasselbe, was sie leitet, erregt sie auch, nur das Unterordnende (der „edlere“ Theil) mehr, als das Untergeordnete. Hirn und Nerven sind Electromotoren, und die Natur hat schwerlich dazu Apparate, auf Volta's Art construirt, nöthig gehabt, da schon das Hydrogen und Oxygen der Feuchtigkeit, ohne die sie nie dem Leben vorstehen könnten, hinreichen, — als die zwey entgegengesetztesten, äußersten Glieder der großen allgemeinen electriche Spannungsreihe alles Mannichfaltigen auf Erden nämlich, — alle die ungeheure Electricität zu liefern, welche die Summe der organischen Verrichtungen, der billigsten Rechnung nach, erheischt, deren Spannungen aber, die im geschlossenem organischen Ganzen, eben ihrer inneren Verwendung wegen, nie zu großer Freyheit oder electroskopischer äusserer Wahrnehmlichkeit kommen, erst, wo sie dem Thiere noch als Zahn und Gebiß (überall wie hier zu Nähr und Wehr zugleich bestimmt) dienen sollen, wie bey den electriche Fischen, in jenen Größen, die Neger lähmen und „Pferde tödten“, den Begriff von dem, was sie schon innerhalb vermögen und ihrem Ursprung nach sind, ganz vollenden. Und so sieht die kühne längst gehegte Vermuthung des einen von uns ihrer Bestätigung noch eine Stufe höher entgegen. Immer aber fiel es mir auf, wie hier Mittel und Zweck einander so entsprechen, daß keines das andere überwiegt, während

rend schon das in diesem Vortrag abgehandelte Phänomen, und tausend andere in Verbindung damit, zeigen, was wir Nerven ausstehen lassen müssen, um ihnen, auf galvanischem und ähnlichem äußerem Wege, eine sehr mäßige Veränderung abzugewinnen. Man vergleiche die Erregbarkeitsmodificationen der Nerven in Fig. 2 an αc und βd , mit denen an $\alpha e \gamma$ und $\beta f \delta$. So bringt eine voltaische Säule, unter leicht schon unerträglich werdendem Schmerz, mit ihrem positiven Pole im Auge blaues Licht, mit ihrem negativen rothes hervor; im Ohre, jener tieferen, dieser höheren Ton; in der Nase, mit diesem fast ohne Spur von bestimmtem Geruch bloße Neigung zum Niesen, mit jenem bloße Abstumpfung dafür; auf der Zunge mit dem positiven nichts als säuerlichen, mit dem negativen nichts als alkalischen Geschmack, u. s. w. — Aber während man sich bey Allem diesem, wenn es von Bedeutung werden soll, schon den widerlichsten Empfindungen und Schmerzen aussetzen muß, hat man doch bey weitem noch nicht jenes hohe Blau und Gelb oder Roth, was wir, im Prismabilde z. B., so ohne allen Schmerz, unter bloßem Vergnügen, dem Auge darbieten; im Ohr noch nichts von dem ausgesprochenen reinern Ton, den eine menschliche Kehle, und selbst die schlechteste Violine schon, giebt; in der Nase keine Spur von der unendlichen Mannichfaltigkeit der uns überall zuströmenden wirklichen Gerüche; im Munde (auf der Zunge), außer sauer und alkalisch (und auch dieses noch nicht, wie etwa Eßig und Potasche es schon geben), nichts von dem, was bey dem frugalsten Mahl schon unsern Gaumen unterhält: — mit einem Worte, nirgends so viel, so bequem, und so „natürlich“, als die Natur, unter weit weniger Anstrengung unserer Sinnorgane, wie schon uns zugemessen und vorgerichtet, als wäre sie das bloße zweyte Innere von uns, uns darbeut. Eben deshalb vermochte ich es auch nie über mich, den einst so lockenden Einladungen zu einer ärztlichen Anwendung des Galvanismus zu folgen, da ich immer mit der Ueberzeugung zu kämpfen hatte, daß, so wahr auch die electriche Action lebender Körper nur in wiederum electriche das ihr direct Ent-

sprechende finden könne, denn doch, von der Electrisirmaschine und Leidner Flasche an gerechnet, Galvani's Kette und Volta's Säule den letzten Schritt zu dessen adäquatester Anwendung auf jene noch nicht gethan haben. Und in der That, wo je, erwiesen, findet sich ein Beyspiel, daß der organische Körper seine Electromotoren an die in Erregung zu setzenden und darin zu erhaltenden Gliedmassen anlegt, wie wir Zink und Silber, positiven und negativen Pol der Säule, an Nerven? — Was würde schon der Nerve meines Arms und der Finger, mit denen ich dieß schreibe, oder der Mund, die Zunge, mit denen ich es lese, zu erleiden haben, müßte das Electromotorische im Körper dazu auf solche Weise operiren, oder müßte ich diese Bewegungen alle durch auf unsere Art angelegte galvanische Ketten und Säulen bewirken? —

Darum scheinen mir die in dieser Abhandlung auseinander gesetzten neuen galvanischen Nervenversuche so wichtig, weil ihre Wirkungen an Orten beobachtet sind, die im Kreise der Kette nicht mehr waren, und, während die fast immer unter gleichen Umständen erscheinenden Muskelbewegungen nur Sache des Augenblicks, Resultate der gesamten Versuchszeit sind. In ihnen scheint die wahre GröÙe des der organischen Natur des Nerven völlig adäquat gewordenen Theils der Wirkung der electricen Action auf ihn hervorzutreten; und fast möchte man vermuthen, daß alles, was, aufser diesem, dem in der Kette befindlichen Nerven begegnet, im organischen und lebenden Körper selbst, zum wenigsten in seinem gesunden Zustande, ihm nie begegnet, und bloÙe Folge einer bey weitem noch nicht ganz getroffenen, also immer noch zu großem Theile verfehlten Anwendungsart der Electricität auf Nerven, und zugleich beständig dieser Abweichung vom im Körper selbst realisirten Ideal proportionirt, sey.

Auch für Pathologie und Therapie, sagte ich, müßten die mitgetheilten Beobachtungen von Interesse seyn. Ich habe, dieß zu be-

bewähren, nichts nöthig, als auf alle die Fälle zu weisen, wo Nerven oder nervigte Organe nicht als Ganze, sondern örtlich, von starken Reitzen entweder deprimirt oder exaltirt, — beydes in dem durch die galvanischen Phänomene an αc und βd in Fig. 2 und sonst gegebenen Sinne, — werden. Dann wird, sofern der Reitz nicht bis zur Ueberanstrengung oder der gänzlichen Retardation der Nerventhätigkeit gieng, überall der folgende peripherische Theil dieser Nerven, im ersten Falle exaltirt, agiler, reizbarer, im zweyten Falle deprimirt, inagiler, minder reizbar werden, — was viele wohl wirklich schon in der Praxis vorgekommene Phänomene erläutern und dienen kann, da wo der kranke Zustand eines Organs . . . Erhöhung oder Schwächung seiner peripherischen Nerventheile fordert, jene durch Depression, diese durch Exaltation der mehr dem Hirn zu liegenden Theile seiner Nerven hervorzurufen, obschon dabey die beständige Rücksicht auf die in jedem Organischen zugleich vorkommenden zwey und sich entgegengesetzten Erregbarkeiten, in die, zu keiner grossen Förderung der guten Sache, freylich nur erst Wenige glaubten eingehen zu dürfen, nie aus den Augen zu lassen seyn kann. Verwickelung indeß, die aus bloßer weit gehender Gültigkeit an sich sehr einfacher Gesetze entsprang, wurde in ihrer Lösung noch allemal lohnend, und so wird man auch gegenwärtigen Beobachtungen und Bemerkungen, ohngeachtet sie dem Zunamen „feiner“ ausgesetzt seyn könnten, eine weitere Verfolgung fordern dürfen, zumal sie allenfalls bloß in ihrer Analyse diesen Namen verdienen.

Auch wird man diese Versuche gewiß nicht ohne Resultat auf die bey weitem zu früh in Vergessenheit gekommenen Erregbarkeitsmodificationen Fontana's, von Humboldt's, und Anderer, wo bloße gewöhnlich-chemische Reitze, wie Weingeist, Säuren, Opium, Alkalien, und dergleichen, auf Nerven und Muskeln angewandt werden, und denen so viel Aehnliches bey der Wirkung dieser

dieser Agentien auf Pflanzenkörper zur Gegenbeobachtung dient, — ferner auf blos mechanisch gereizte Organe, da auch über diese Reizungsart und ihre Folgen noch so große Dunkelheit herrscht, — ausdehnen. Den Beobachtungen der ersten Art scheint in der That der Abzug, den sie dadurch erlitten, daß allemal die angebrachten Substanzen zu electricen Erregern, die den Wirkungsgrad der Kette dann schon als solche modificiren mußten, wurden, und daß, wie noch hinzugesetzt werden könnte, die Nerven hierbey auch mit zugleich bald besser bald schlechter, als der natürliche Nerve selbst, leitenden Flüssigkeiten umgeben und getränkt wurden, wodurch oft noch aus einem zweyten Nebengrunde die Action der Kette, und damit die Reaction des Organs vergrößert oder verringert wurde, allzusehr geschadet zu haben, ob ich gleich selbst, — der erste, der ihnen jenen Abzug zuerkannte, — schon damals deßhalb nicht das Ganze jener Beobachtungen verwarf, sondern blos an nothwendige Rücksichten dabey erinnern wollte (s. m. Beweis, 1798, §. 8. S. 19, 20.). Jetzt aber, wo man weiß, daß man so angegriffene Nerven noch da mit Erfolg untersuchen kann, wo schlechterdings nichts von der angewandten Substanz hinkommen konnte, oder wenigstens, ehe es möglich war, können alle jene Rücksichten wegfallen, wodurch die Untersuchung nothwendig reiner, und selbst leichter wird. Daß ihre Resultate interessant seyn werden, kann schon, weil jedes gute es ist, nicht in Zweifel stehen. —

Von den Veränderungen, welche galvanisch gereizte Nerven oberhalb angelegter Ketten erleiden, oder in x und y in Fig. 7, werde ich zu anderer Zeit sprechen. —