III.

Ueber den Einfluß des einfachen Galvanismus auf die thierische Reizbarkeit,

von

Dr. G. R. TREVIRANUS,

Professur der Physik zu Bremen.

Unter allen neuern Entdeckungen in der Lehre vom Galvanismus ist vielleicht keine in physiologischer Rücksicht wichtiger, als die Ritter'sche über den Einfluß geschlossener galvanischer Ketten auf die thierische Reizbarkeit. Ritter machte sie mit Hülfe des einfachen Galvanismus, und erhielt schon auf diesem Wege eine Menge der interessantesten Resultate. Um wie viel reicher wird also nicht die Ausbeute seyn, wenn scharfsinnige Experimentatoren diesen Weg mit Hülfe des von Volta zur Verstärkung der galvanischen Kraft entdeckten Mittels verfolgen werden! *)

Die Wichtigkeit des Gegenstandes bewog mich, gleich nach Erscheinung der Schrift, worin Ritter seine Entdeckung bekannt machte, **) die

*) Der Verfasser kannte noch nicht Ritter's Briefe an den Herausgeber der *Annalen*; *Annalen*, 1801, VII, 431. d. H.

**) Beweis, daß ein beständiger Galvanismus den Lebensprozeß im Thierreiche begleitet. Von J. W. Ritter, Weimar 1798.

Versuche, auf welche sie sich gründet, zu wiederholen. Ich fand sie in der Hauptsache bestätigt, erhielt aber zugleich auch Resultate, wodurch sie einige Einschränkungen erleidet. In der Hoffnung, bald Gelegenheit zu finden, diese Resultate, die sich mir bei der Anwendung des einfachen Galvanismus dargeboten hatten, vermittelt Voltaischer Batterien prüfen zu können, verschob ich bisher die Bekanntmachung derselben von einer Zeit zur andern. Inzwischen fehlte es mir immer bei vorräthigen Fröschen an Mulse, und nachher im Winter bei Mulse an Fröschen. Wahrscheinlich wird jenes erstere Hinderniß auch noch ferner bei mir statt finden, und ich glaube daher einigermaßen entschuldigt zu seyn, wenn ich hier Beobachtungen liefere, die sich vermittelt der neuen Voltaischen Entdeckung weiter hätten verfolgen lassen, als es von mir geschehen ist.

Ritter's Entdeckung über den Einfluß geschlossener galvanischer Ketten auf die thierische Reizbarkeit, ist bekanntlich im Allgemeinen die, *dass die Irritabilität in einem Froschschenkel erhöht wird, wenn der Nerve desselben mit Silber, und einer der Muskeln mit Zink armirt wird, und diese Kette eine Zeit lang geschlossen bleibt, hingegen depressirt, wenn die Ordnung der Kettenglieder die entgegengesetzte ist.* Folgende von mir gemachte Beobachtungen bestätigen diese Entdeckung:

1. Am 11ten April 1799 bemerkte ich in einem Froschschenkel, womit schon verschiedene an-

tere galvanische Versuche gemacht waren, und dessen Nerve auf einer Silberstange lag, fortdauernde Contractionen einzelner Faferbündel. Ich verband die Muskeln dieses Schenkels mit dem Silber durch Zink, und nun hörten die Contractionen völlig auf, so lange die Kette geschlossen blieb, kehrten aber zurück, sobald die Armaturen wieder getrennt wurden.

2. Am 17ten April 1800 um 6 Uhr Nachmittags armirte ich die Muskeln der Hintersehenkel eines Frosches mit Silber, und die Nerven derselben mit Zink, schloß diese Kette, und öffnete sie zwei Stunden nachher wieder. Es erfolgte hierbei eine kaum merkliche Zuckung. Nachdem ich aber die Kette verschiedne Mahl gleich nach einander geschlossen und geöffnet hatte, nahmen die Zuckungen wieder an Stärke zu. Die Contractionen beim Schließen der Kette waren immer heftiger als die beim Oeffnen derselben.

3. Ich verwechselte hierauf die Metalle, indem ich das Silber den Nerven, und das Zink den Muskeln unterlegte, und schloß diese Kette. Es entstanden hierbei ungleich heftigere Zuckungen, als sich vermittelt der vorigen entgegengesetzten Kette hervorbringen ließen. In dieser geschlossnen Kette ließ ich die Hintersehenkel bis zum folgenden Vormittag um 11 Uhr liegen. Als jetzt die Metalle wieder getrennt wurden, erfolgte eine langsame, aber kräftige und lange anhaltende Contraction, die sich auch immer wieder erneuerte, so oft die Kette

von neuem geschlossen und geöffnet wurde. Die stärkste Contraction fand jetzt immer beim Oeffnen statt. Hingegen trat der entgegengesetzte Fall ein, wenn ich die Kettenglieder verwechselte. Die Schließungszuckung bei dieser Construction war der Oeffnungszuckung bei der vorigen, so wie die Oeffnungszuckung bei der erstern der Schließungszuckung bei der letztern an Stärke gleich.

4. Am 3ten April 1800 um 12 Uhr Mittags wurden die beiden noch mit einander verbundenen Hinterschenkel *Mm*, (Fig. 1,) eines jungen Frosches vermittelt ihrer Nerven *Nn* der geschlossnen Kette *ZS* aus Zink *Z* und Silber *S* ausgesetzt. Um 3 Uhr Nachmittags wurde die Kette wieder geöffnet. Beide Schenkel blieben hierbei völlig in Ruhe. Als nachher die Kette abwechselnd geöffnet und geschlossen wurde, zuckte bloß der Schenkel *m*, dessen Nerve *n* auf dem Silber *S* lag. In dem andern *M* erfolgten keine Contraktionen, auch nachdem ich die Unterlagen verwechselt hatte.

5. Ich ließ jetzt die beiden Schenkel in einer geschlossnen Kette mit verwechselten Unterlagen, (Fig. 2,) von $3\frac{1}{4}$ bis $6\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittags liegen. Bei der Trennung der Kette zuckte nun der Schenkel *M*, der durch die vorige Kette zu keinen Contraktionen zu bringen war, doch nicht gleich bei der ersten Oeffnung der Kette, sondern erst nach einigen abwechselnden Oeffnungen und Schließungen derselben. Der Schenkel *m* zuckte ebenfalls noch, aber minder lebhaft, als um 3 Uhr. Dieser

zog übrigens sich bei der Schließung, hingegen M bei der Oeffnung der Kette zusammen.

Ausgemacht ist es durch diese Versuche, daß eine geschlossene Kette von Zink und Silber unter gewissen Umständen einen entgegengesetzten Effect, entweder auf die thierische Erregbarkeit, oder auf die absolute Kraft des galvanischen Irritaments äußert, je nachdem das Zink den Muskel, und das Silber den Nerven, oder umgekehrt, das Zink den Nerven und das Silber den Muskel, armirt. Ausgemacht ist es ferner, daß unter jenen Umständen eine Kette der erstern Art die Depressio wieder zu heben vermag, die durch eine Kette der letztern Art hervor gebracht ist. Und ausgemacht ist es endlich, daß die Zuckungen der Muskeln bei der Schließung der Kette heftiger sind, als bei der Oeffnung derselben, wenn das Zink den Nerven und das Silber den Muskel bewaffnet, hingegen heftiger bei der Oeffnung der Kette, und schwächer bei der Schließung derselben, wenn die Ordnung der Kettenglieder die entgegengesetzte von jener ist. Unausgemacht aber ist es noch, ob die erwähnte Exaltation und Depressio in der thierischen Erregbarkeit, oder in der absoluten Kraft des galvanischen Reizes statt finden, und unausgemacht, ob nicht diese Wirkungen des Zinks und Silbers durch den Zustand der thierischen Organe, die sich in der Kette befinden, modificirt werden. Daß das Letztere wirklich der Fall ist, erhellet aus folgenden Versuchen :

6. Am 1ten April 1800 um 3 Uhr Nachmittags wurden die beiden Hintersehenkel eines Frosches, die schon durch verschiedne andere galvanische Versuche sehr erschöpft waren, einer geschlossnen Kette aus einer Nerven-Armatur von Zink und einer Muskel-Armatur von Silber ausgesetzt. Um 5 Uhr wurde diese Kette wieder geöffnet. Beide Hintersehenkel blieben hierbei völlig in Ruhe. Doch zeigten sich Contractionen, nachdem die Kette einige Mahl nach einander geöffnet und geschlossen war, und zwar waren sie schwächer, wenn das Silber an die Stelle der Muskeln applicirt wurde, mit der es während des Geschlossenseyns der Kette in Berührung gewesen war, als wenn die Application an irgend eine andere Stelle geschah. Ferner fand die stärkere Contraction beim Schließen, die schwächere beim Oeffnen der Kette statt.

7. Ich brachte hierauf die beiden Schenkel in eine andere der vorigen entgegengesetzte Kette, so daß jetzt der Nerve vom Silber, und der Muskel vom Zink armirt war. Bei der Schließung dieser Kette äußerten die Schenkel ungleich lebhaftere Zuckungen, als sich vermittelt der vorigen Kette hervorbringen ließen. Eine halbe Stunde nachher wurde jene wieder geöffnet, worauf aber eben so wenig, als bei der vorigen entgegengesetzten Kette, Contractionen erfolgten. Doch zuckten die Schenkel auch jetzt wieder, wie im vorigen Versuche, nach einigen Oeffnungen und Schließungen der Kette.

Aus diesen beiden Versuchen folgt, *dass eine Nerven - Armatur von Zink mit einer Muskel - Armatur von Silber deprimirende Wirkungen äussern kann, ohne dass sich die hieraus entstehende Depression durch eine entgegengesetzte Kette wieder heben lässt*, und der erstere von den beiden vorhergehenden Versuchen beweiset überdies noch, was auch schon Ritter beobachtet hat, *dass diese Depression nur auf die Stelle der Muskeln, welche mit dem Silber in Berührung gestanden hat, eingeschränkt ist.*

Aber woher jener, von dem des 2ten, 3ten, 4ten und 5ten Versuchs so verschiedne Erfolg? Ich finde nur Eine Ursache, die hieran Schuld seyn kann. Die Froschschenkel, die zu den Versuchen 2, 3, 4 und 5 dienten, waren noch ungeschwächt, hingegen die, woran die Versuche 6 und 7 gemacht wurden, waren vorher schon mit Silber, Zink, Spiesglanz, Kupfer und Eisen galvanisirt. Werden also die Wirkungen des Zinks und Silbers etwa durch vorhergegangene Versuche mit andern Metallen abgeändert? Man kennt die Erfahrungen von Wells, nach welchen ein Metall die Kraft eines andern erhält, wenn es mit diesem gestrichen wird. Werden nicht vielleicht auf ähnliche Art die Kräfte der thierischen Organe durch das Galvanisiren mit gewissen Metallen so abgeändert, dass nachher andere Metalle ganz andere Wirkungen erregen, wie sie sonst hervorbringen? Folgende Versuche machen diese Vermuthung sehr wahrscheinlich:

8. Ehe ich mit den beiden Froschschenkeln des 6ten und 7ten Versuchs die oben beschriebenen Erfahrungen machte, galvanisirte ich sie mit Zink und Spiessglanz, und darauf mit Spiessglanz und Silber. Beide Ketten brachten gar keine Contractionen hervor. Diese aber erfolgten, nachdem ich die Schenkel vor der Anwendung jener Metalle mit Zink und Silber gereizt hatte.

9. Der Nerve *n*, (Fig. 2,) der beiden Schenkel, womit die Versuche 4 und 5 gemacht wurden, blieb auf der Zink-Armatur *Z* liegen. *N* wurde mit Eisen, Kupfer und Wismuth armirt. Zink und Eisen brachten in beiden Schenkeln Zuckungen hervor, und zwar stärkere, als Zink und Silber. Zink und Kupfer bewirkten bloß in dem Schenkel *m* Contractionen. Durch Zink und Wismuth ließen sich gar keine Bewegungen erregen. — Ich legte hierauf *n* auf Silber, und armirte *N* mit Wismuth, Kupfer, Eisen und Zink. Sowohl Wismuth und Silber, als Kupfer und Silber waren ganz unwirksam. Eisen und Silber brachten schwache Bewegungen in dem Schenkel *m* hervor. Zink und Silber zeigten wieder nicht die mindeste Wirksamkeit.

Im 8ten Versuche machte also der stärkere Reiz des Zinks mit Silber den schwächern und vorhin unwirksamen des Zinks mit Spiessglanz und des Silbers mit Spiessglanz wirksam. Im 9ten Versuche hoben die vorhergegangenen galvanischen Versuche die Wirksamkeit des sonst stärkern Reizes des Zinks und Silbers auf, ließen aber die des sonst schwächern

Irritaments von Eisen mit Zink, oder Silber zurück. Aehnliche Beobachtungen machte die vom Pariser National-Institute zur Untersuchung des Galvanismus ernannte Commission. *)

Nach diesen Erfahrungen ist es also sehr wahrscheinlich, *dass der Erfolg galvanischer Versuche durch andere vorhergegangene Versuche der Art modificirt wird*, und hierin liegt ohne Zweifel der Grund, warum einerlei Metalle in geschlossnen galvanischen Ketten nicht immer gleiche Wirkungen hervorbringen. Durch diese Erfahrungen wird ferner die Frage beantwortet, die wir oben noch unentschieden lassen mußten: ob die Exaltation und Depression, welche geschlossene Ketten hervorbringen, in der relativen oder in der absoluten Kraft des galvanischen Reizes statt finden? Nur das Erstere kann, den obigen Beobachtungen zufolge, der Fall seyn, und der von meinem verewigten Freunde Niemeyer, in dessen Materialien zur Erregungs-Theorie, (S. 203 ff.,) bestrittene Schluß, den ich bei einer andern Gelegenheit aus den Wirkungen geschlossner galvanischer Ketten auf das Daseyn von Potenzen, welche die Reizbarkeit vermehren oder vermindern, ohne dieses durch Verminderung oder Vermehrung der schon vorhandenen Reize zu be-

*) S. den Bericht dieser Commission in Ritter's Beiträgen zur nähern Kenntniß des Galvanismus, B. 1, S. 58. Tr.

wirken, gezogen habe, erhält hierdurch also einen neuen Beweis.

Zu mehrerer Bestätigung des 6ten und 7ten Versuchs füge ich übrigens noch die beiden folgenden hinzu, welche ebenfalls einen von den Resultaten der Versuche 2, 3, 4 und 5 ganz verschiedenen Erfolg hatten.

10. Von der einen hintern und der einen vordern Extremität eines Frosches, die schon $1\frac{1}{2}$ Stunden vom Körper getrennt, und mit Zink und Silber galvanisirt gewesen waren, brachte ich am 29ten März 1799 um $2\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittags die erstere in eine geschlossene Kette aus einer Nerven-Armatur von Silber, und einer Muskel-Armatur von Zink, die letztere in eine entgegengesetzte geschlossene Kette aus einer Nerven-Armatur von Zink und einer Muskel-Armatur von Silber, und öffnete diese Ketten um 5 Uhr Abends wieder. Beide Schenkel zuckten hierbei mit gleicher Heftigkeit. Ungleich lebhafter aber zog sich nachher die vordere Extremität zusammen, als ich die geöffnete Kette derselben wieder schloß. Es erfolgten äußerst heftige Starrkrämpfe, die eine geraume Zeit anhielten, und, nachdem sie nachgelassen hatten, sich bei der geringsten Erschütterung des Apparats wieder erneuerten. Die hintere Extremität zog sich beim Schließen der Kette zusammen, und blieb bei der Trennung der Armaturen meist in Ruhe.

11. Am 30ten März 1799 liess ich den einen Hintersehenkel eines Frosches, worin vorher ho-

inogene Muskel- und Nerven - Armaturen von Stahl ziemlich heftige Contractionen hervorgebracht hatten, in einer geschlossnen Kette von Zink und Silber, wovon dieses den Muskel, jenes den Nerven bewaffnete, einige Zeit liegen. Ich bemerkte aber keinen beträchtlichen Unterschied zwischen derjenigen Zuckung, die beim Schliessen, und derjenigen, die beim Oeffnen der Kette statt fand. — Ich armirte hierauf den Nerven mit Silber und die Muskeln mit Zink, und setzte beide Armaturen durch einen Stanniolfstreifen mit einander in Verbindung. Oeffnete ich diese Kette, indem ich die Silber-Armatur von dem Stanniol so wegzog, daß das andere Ende derselben mit dem Nerven in Verbindung blieb, und schloß sie nachher auf eben die Art wieder, so schien mir die stärkere Contraction beim Oeffnen, die schwächere beim Schliessen der Kette zu entstehen. Oeffnete und schloß ich hingegen die Kette, indem ich auf dieselbe Weise mit der Zink-Armatur verfuhr, so schien mir das Gegentheil statt zu finden, und die Schließungszuckung die stärkere, diejenige aber, welche bei der Trennung der Kette entstand, die schwächere zu seyn.

Es ist folglich bewiesen, daß die Wirkungen geschlossner galvanischer Ketten keinesweges constant sind, sondern durch den vorhergegangnen Einfluß anderer galvanischer Agentien modificirt werden. Aber sollten nicht auch andere Ursachen, z. B. die Temperatur, Electricität, Mischung u. s. w. der Atmosphäre ähnliche Modificationen bewirken

können? Die Versuche der Commissarien des National-Instituts über die Wirkung des Erstickens in verschiedenen Gasarten und der Electricität auf die Empfänglichkeit der Thiere für den Galvanismus, lassen an der Richtigkeit dieser Vermuthung keinen Zweifel übrig. Aus diesen folgt: „dafs, wenn alle „Asphyxien, (die durch electrische Schläge mit in- „begriffen,) sich durch die Beraubung einer respi- „rabeln Atmolphäre, und die Unterbrechung der „Functionen der Lungen und des Blutumlaufs glei- „chen, sie in ihren übrigen Wirkungen, nach der „Beschaffenheit der Substanzen, welche sie verur- „sachen, sehr verschieden sind; dafs eine der merk- „würdigsten Veränderungen unter denen, welche „sich nicht auf die Respirations-Organen beschrän- „ken, in den Modificationen besteht, welche die „galvanische Susceptibilität erleidet, und dafs in die- „ser Hinsicht die verschiednen Ursachen der Asphy- „xien beträchtlich unter einander differiren.“ *)

Dies vorausgesetzt, so wird man also nicht ein- mahl bei thierischen Organen, die noch nicht dem Einflusse anderer Metalle ausgesetzt gewesen sind, von geschlossnen Ketten constante Wirkungen erwarten dürfen, und mithin Verzicht darauf thun müssen, jetzt schon ein Gesetz für diese Wirkungen ausfündig zu machen. Ritter **) glaubt indess ein

*) Ritter's Beiträge, B. I, S. 84.

Tr.

**) Beweis, dafs ein beständiger Galvanismus u. s. w., S. 54.

Tr.

folches Gesetz entdeckt zu haben. Seinen Beobachtungen zufolge soll die Schließungszuckung die stärkere seyn, und eine Depression der Erregbarkeit erfolgen, wenn von zwei verschiedenen Metallen das dem Sauerstoffe am nächsten verwandte den Nerven, das andere den Muskel armirt; die Oeffnungszuckung aber soll die stärkere seyn, und eine Exaltation der Erregbarkeit entstehen, wenn die Ordnung der beiden Metalle die entgegengesetzte von jener ist. In wie fern dieser Satz auf allgemeine Gültigkeit Anspruch machen kann, erhellet aus folgendem Versuche:

12. Den Nerven des einen Vordersehenkels eines Frosches, womit noch keine andern Versuche vorher gemacht waren, armirte ich am 20ten April 1800 mit Eisen, und die Muskeln desselben erst mit Zink, dann mit Gold, Spießglanz, Kupfer, Wasserblei, Braunstein und Wismuth. — *Zink* und *Eisen* bewirkten Contractionen, wovon die beim Schließen der Kette die stärksten waren. — Eben so verhielten sich *Eisen* und *Gold*. Hier waren aber die Zuckungen ungleich heftiger, als bei Eisen und Zink. — *Eisen* und *Spießglanz* zeigten sich ganz unwirksam. — *Eisen* und *Kupfer* verhielten sich ganz wie Eisen und Zink. — Zwischen dem Eisen mit dem Zink, und dem Eisen mit dem Golde standen *Eisen* und *Wasserblei* in der Mitte. Die Schließungszuckung war auch hier die stärkste. — *Eisen* und *Braunstein* aus Ilfeld erregten eben so heftige Bewegungen, als Eisen und Wasserblei. Die Schlie-

ßungszuckung schien mir hierbei wieder die stärkere zu seyn. — *Eisen* und *Wismuth* verhielten sich ganz wie *Eisen* und *Wasserblei*.

Man sieht, daß diese Resultate mit denen, welche, nach Ritter's Behauptung, hätten hervorgehen sollen, nicht übereinstimmen. Zink und Braunstein sind bekanntlich dem Sauerstoffe näher verwandt, als Eisen. Die Verbindung derselben als Muskel-Armaturen mit dem letztern als Nerven-Armatur hätte also, nach Rittern, heftigere Zuckungen beim Oeffnen, als beim Schließen der Kette bewirken müssen. Allein der Erfolg war der entgegengesetzte. Ritter *) hat auch schon dieses mit seiner Theorie in Widerspruch stehende Verhalten des Eisens und Braunsteins selbst bemerkt. Er vertheidigt sich aber mit der Unbestimmtheit unfrer bisherigen Verwandtschafts-Tabellen der Metalle zum Sauerstoffe, und dieser Grund wäre freilich gültig, wenn das Eisen und der Braunstein die einzigen Ausnahmen von jener Theorie wären. Aber ihr zufolge müßten auch zwei verschiedene Metalle desto stärkere galvanische Reize seyn, je weiter sie in ihrer Verwandtschaft zum Sauerstoffe von einander entfernt sind. Zink und Silber müßten hiernach stärker wirken, als Zink mit Spießglanz; auf die letztern folgten Zink mit Wismuth; dann kämen Zink mit Kupfer, und die niedrigste

*) A. a. O., S. 52, 54.

Stufe nähmen Zink mit Eisen ein. Hiervon lehrt aber die Erfahrung das Gegentheil. Im 9ten Versuche brachten Zink und Eisen in beiden Schenkeln Contractionen hervor, und zwar stärkere, als Zink und Silber; Zink und Kupfer reizten nur den einen Schenkel; durch Zink und Wismuth ließen sich gar keine Zusammenziehungen erregen. Das Letztere war im 8ten Versuche anfangs auch mit Zink und Spießglanz der Fall.

Ohne Zweifel wurde Ritter dadurch verleitet, seinen obigen Satz für allgemein anzunehmen, weil er es für gleichgültig hält, ob die Muskel-Armatur an den Muskel unmittelbar, oder vermittelt eines Nerven und dessen Muskels, von welchen der letztere mit jenem ersten Muskel noch organisch verbunden ist, angebracht wird. Er scheint diese, in Fig. 1 und 2 ausgedrückte Construction der unmittelbaren Bewaffnung des Muskels deswegen vorzuziehen, weil sich bei derselben durch eine einzige Kette beweisen läßt, daß entgegengesetzte Ketten einen entgegengesetzten Einfluß auf die Reizbarkeit haben. Ist z. B. in Fig. 2 *Z* Zink und *S* Silber, so zieht sich beim Contacte der Metalle *nm* am stärksten, oder allein, *NM* aber weniger, oder auch gar nicht zusammen. Der entgegengesetzte Fall tritt ein, wenn die Metalle wieder getrennt werden. Kamen bei dieser Construction Ritters Fälle vor, die seiner Theorie widersprachen, so leitete er die-

selben, wie aus einer in der untern Note *) angeführten Stelle seiner Schrift erhellet, von einer der Quantität nach verschiedenen Reizbarkeit der beiden Froschschenkel ab, ohne auf qualitative Veränderungen der Irritabilität Rücksicht zu nehmen.

Die von Ritttern gewählte Construction verleitet also zu Trugschlüssen, die sich vermeiden lassen, wenn man die Muskel-Armatur mit dem Muskel in unmittelbare Berührung bringt. Aber auch noch von einer andern Seite lassen sich die Resultate, die aus Versuchen mit dieser Construction gezogen

*) „Wir bemerkten *dafs, wenn die Organe noch auf einem sehr hohen Grade der Erregbarkeit, worauf sie sich z. B. nicht längst nach der Präparation des Thiers befinden, standen, die Contractionen fast von gleicher Stärke in beiden Extremitäten erschienen.* Hatten hingegen die präparirten Organe eine Stunde oder länger gelegen, oder waren sie schon einige Zeit den Versuchen unterworfen gewesen, wodurch sie wieder reizbar geworden waren, so sahen wir bei Schließung der Kette sehr deutlich, wie nicht mehr beide, waren sie auch vorher gleich starken Reizungen ausgesetzt gewesen, mit gleicher Stärke contrahirt wurden; sondern die eine Extremität, und zwar, was sehr merkwürdig ist, die, deren Nerv mittel- oder unmittelbar durch den Zink armirt war, wurde meist stärker, als die andern, oder, wenn die Reizbarkeit noch mehr abgenommen hatte, diese ganz allein bei Schließung, die entgegengesetzte mittel- oder unmittelbar durch Silber armirte aber, entwe-

sind, bestreiten. Es ist nicht, wie Ritter voraussetzt, gleichgültig, ob die Muskel-Armatur unmittelbar, oder auf die in Fig. 1 und 2 angezeigte Art mit dem Muskel verbunden wird. *Das galvanische Agens, Fluidum, oder wie man das unbekannte Princip der galvanischen Erscheinungen sonst nennen will, wird bei seinem Durchgange durch den Nerven und Muskel geschwächt, oder ganz aufgehoben.* Die Entdeckung dieses Satzes, der mir für die Theorie der galvanischen Erscheinungen wichtig zu seyn scheint, glaube ich mir zueignen zu dürfen, und folgende Erfahrungen sind es, worauf ich denselben gründe:

„der stärker als die erste, oder ganz allein, bei
 „Trennung der Kette in Zuckungen versetzt, so-
 „bald wir uns nur in Acht nahmen, daß das
 „Schliessen und Trennen nicht mit zitternder
 „Hand oder Apparat geschah, wo Schliessung
 „und Trennung nicht rein, sondern mit mehr-
 „ern auf einander folgenden und mit einander
 „abwechselnden Schliessungen und Trennungen,
 „welche eben so gemischte Erscheinungen an
 „den Organen zur Folge hatten, begleitet waren.
 „War die Reizbarkeit noch tiefer gesunken, so
 „zuckte bloß noch bei Schliessung, nicht mehr
 „bei Trennung der Kette, die der erstern zuge-
 „hörige Extremität. (*Ungleiche Erregbarkeit beider*
 „*im Veruche befindlichen Extremitäten kann, nach-*
 „*dem jene Differenz mehr oder minder beträchtlich*
 „*ist, bisweilen zu dieser angemessenen Anomalie*
 „Anlaß geben,“ u. s. w.)

Tr.

13. Den ischindischen Nerven *N*, (Fig. 3,) des einen Hinterschenkels eines männlichen Frosches verband ich am 18ten April 1799 mit den Muskeln *m* des andern Hinterschenkels durch eine Silberstange *S*, und armirte die Muskeln *M* des erstern, und den Nerven *n* des letztern mit Zinkstangen *Z* und *z*. Beide Schenkel mit ihren Armaturen lagen auf einer Glasplatte. Wurden *Z* und *z* mit einander in Berührung gebracht, so blieb *M* vollkommen ruhig, *m* aber zuckte, doch nur zehn- bis zwölfmahl, worauf es ebenfalls ruhig blieb. Als das Schliessen der Kette vermittelt *Z* und *z* keine Zuckungen in *m* mehr hervorbrachte, entstanden in diesem Gliede wieder Contractionen, wenn ich *M* und *S*, oder auch *m* und *z* oder *Z* durch einen Eisen- oder Silberdraht verband. Gesah diese Verbindung durch einen Eisdraht, so zuckte *M* niemahls, wohl aber, doch nur schwach, wenn die Communication vermittelt einer Silberstange bewerkstelligt wurde. Die Verbindung von *S* mit *z* oder *Z* brachte in beiden Gliedern Contractionen hervor. Aber sowohl in diesen, als in den übrigen, sonst positiven Fällen erfolgten theils keine, theils nur schwache Zusammenziehungen, wenn die Armaturen der Nerven *N* und *n* mit den über den Insertions-Punkten dieser Nerven befindlichen Theilen der Muskeln *M* und *m* in Berührung gebracht wurden, oder wenn eine Leitung von den Muskeln über die Glasplatte hinaus, worauf der Apparat lag, statt fand.

14. An dem nämlichen Tage wiederholte ich den vorigen Versuch an den beiden Hinterschenkeln eines weiblichen Frosches. Bei der Berührung von z und Z entstanden auch hier Contractionen in m , aber keine in M , außer wenn ich Z bis an m schob. Die Zuckungen in m waren bald nur schwach, blieben dann eine Zeit lang ganz aus, und erfolgten dann wieder sehr lebhaft.

In diesen beiden Versuchen wirkte der Schenkel nm , in welchem bei der Schließung der Kette die Zuckungen erfolgten, offenbar als Isolator für den andern MN . Sobald M , z oder Z unmittelbar, oder durch einen Silberdraht mit S verbunden wurde, oder Z mit m in unmittelbare Berührung kam, zuckte M . Hingegen wurde der galvanische Strom aufgehalten, und mn blieb in Ruhe, wenn er, um von S nach Z zu kommen, erst von m zu n , oder von n zu m gehen mußte. Eben so wirkte aber auch MN als Isolator für mn , indem dieser Schenkel im 13ten Versuche nach zehn bis zwölf Zuckungen nicht weiter zu Contractionen zu bringen war, so lange der galvanische Strom durch MN ging, und erst dann wieder zuckte, als M mit S , oder m mit z oder Z durch einen metallischen Conductor verbunden wurde. *)

*) Aus dem 12ten Versuche folgt auch noch, daß der galvanische Strom sowohl bei seinem Uebergange vom Nerven zum Muskel, als vom Muskel zum Nerven aufgehalten wird, doch in dem ei-

15. Von demselben Hinterschenkel, womit ich den vorigen Versuch angestellt hatte, verband ich die Muskeln *M, m*, (Fig. 4,) durch eine Silberstange *S*, und die Nerven *N, n* durch zwei Zinkstangen *Z, z*. Bei der Schließung dieser Kette vermittelt der Zinkstangen *Z, z* blieben beide Schenkel in Ruhe.

16. Statt *Z* und *z* in unmittelbare Berührung zu bringen, verband ich sie durch ein anderes Metall, *X*, (Fig. 5.) War dieses Silber, so blieben beide Glieder in Ruhe; hingegen zuckten beide, wenn es Eisen war.

Auch diese beiden Versuche lassen sich nicht anders, als unter der Voraussetzung erklären, daß die galvanische Action bei ihrem Uebergange vom Nerven zum Muskel, oder vom Muskel zum Nerven aufgehalten wird. Im 15ten Versuche erfolgten in beiden Schenkeln keine Contractionen, weil die Action des Zinks und Silbers zu schwach war, um dieses in beiden Schenkeln auf gleiche Art stattfindende Hinderniß zu überwinden. Aus derselben Ursache fehlten die Zuckungen im 17ten Versuche, wenn *z* und *Z* durch Silber verbunden wurden. Gesah aber diese Verbindung durch Eisen, so zogen

nen Falle mehr, als in dem andern. Denn in *MN* wurde derselbe, wie wir oben gesehen haben, eben sowohl, als in *mn* geschwächt. Sein Durchgang durch *MN* ist aber der entgegengesetzte von dem durch *mn*.

Tr.

sich beide Gliedmaßen zusammen, weil der aus dieser Verbindung entstehende stärkere Reiz das erwähnte Hinderniß zu überwinden vermochte.

Wir haben oben gesehen, daß jenes Hinderniß sowohl beim Uebergange des galvanischen Stroms vom Muskel zum Nerven, als beim Uebergange desselben vom Nerven zum Muskel statt findet. Man könnte hierdurch veranlaßt werden, zu vermuthen, daß in der Insertion der Nervenfasern in die Muskelfasern jenes Hinderniß liege. Allein, wenn diese Vermuthung auch gegründet ist, so beweisen doch die nachstehenden Erfahrungen, daß es noch andere Stellen des Nerven-Systems giebt, welche ebenfalls die galvanische Action schwächen oder ganz aufheben.

17. Am 25ten April 1799 präparirte ich die beiden Hintersehenkel *M* und *m*, (Fig. 6,) eines sehr reizbaren weiblichen Frosches, dem ich vorher das Gehirn zerstört hatte, so, daß sie bloß noch durch ihre ischindischen Nerven *N*, *n*, und dasjenige Stück *R* des Rückgraths, woraus diese entspringen, mit einander in Verbindung blieben, legte beide auf eine Glasplatte, und armirte die Muskeln *M* des einen mit einer Zinkstange *Z*, die des andern mit Silber *S*. Sowohl beim Schließen als beim Oeffnen dieser Kette zuckten beide Schenkel sehr heftig. Die Schließungszuckung aber war in beiden schwächer, als diejenige, welche das Oeffnen der Kette begleitete.

18. Armirte ich statt der Muskeln *M* den Nerven *n* mit *Z*, (wie in Fig. 7,) so zuckte bei der Berührung von *Z* und *S* bloß *m*.

19. Armirte ich *N* mit dem Zink *Z*, (wie in Fig. 8,) so zuckte beim Schließen der Kette *m* heftig, *N* aber wenig, oder zuweilen auch gar nicht; hingegen beim Oeffnen der Kette umgekehrt *m* nur wenig, und *M* sehr heftig.

Vergleicht man mit diesen Beobachtungen die Phänomene, welche das Unterbinden der Nerven bei den galvanischen Versuchen hervorbringt, so zeigt sich, daß beide auffallend mit einander übereinstimmen, und daß der Theil *R* des Rückenmarks hier ganz so wie eine Ligatur wirkte. Das Unvermögen gewisser Stellen des Nerven-Systems, empfangene Eindrücke weiter fortzupflanzen, das man schon längst aus andern Erfahrungen kannte, ist also jetzt auch durch die Erscheinungen des Galvanismus bewiesen. Uebrigens gehört der 17te Versuch auch noch zu denen, welche mit dem oben erwähnten Ritter'schen Gesetze ganz unvereinbar sind. Diesem zufolge hätte beim Schließen der Kette der Schenkel *m* und beim Oeffnen derselben der andere *M* allein, oder am stärksten zucken sollen. Allein der Erfolg stimmte hiermit keinesweges überein. Dagegen war das Resultat des 19ten Versuchs jenem Gesetze völlig gemäß. Schwerlich wird man diese Verschiedenheit von einer andern Ursache ableiten können, als von der Schwächung der galvanischen Action in *R*, und

auch hieraus erhellet also, daß Metalle, welche durch Nerven-Verbindungen an die zu erregenden Organe angebracht sind, ganz andere Erscheinungen geben, als wenn diese unmittelbar mit ihnen armirt sind.

Zu mehrerer Bestätigung des letztern Satzes füge ich noch den folgenden Versuch bei:

20. Am 15ten Mai 1799 präparirte ich die beiden Hintersehenkel *H*, *h*, (Fig. 9,) und den linken Vordersehenkel *O* eines Frosches so, daß jene Gliedmassen mit diesem Schenkel bloß noch durch ihre Nerven *N*, *N*, *n*, und durch das Rückenmark *R* zusammenhingen. Wurden nun die Muskeln der Hintersehenkel *H*, *h*, oder die ischindischen Nerven *N*, *N* mit Zink *Z*, und die Muskeln des Vordersehenkels *O*, oder auch die Nerven *n* desselben mit Silber *S* armirt, so zuckten beim Schließen dieser Kette alle drei Extremitäten, jedoch die Hintersehenkel immer mit größerer Heftigkeit, als der Vordersehenkel, und zwar auch dann, wenn die Metalle verwechselt wurden. Gesah das Schließen stoßweise, so zuckten beide Hintersehenkel mit gleicher Stärke. Gesah es hingegen leise und allmählig, so zuckte der mit dem Zink *Z* in unmittelbarer Berührung stehende Schenkel *h* heftiger, als der andere *H*. Wurde dann die Kette eben so langsam wieder geöffnet, so war umgekehrt bei der Trennung der Metalle die stärkere Contraction auf Seiten von *H*.

Hier ist nicht eine einzige Erscheinung, die mit dem Ritter'schen Gesetze übereinstimmt. Ganz anders aber ist der Fall, wenn die Organe *H*, *h* mit *O* noch durch andere Theile, als durch das Rückenmark und ihre Nerven in Verbindung stehen.

21. Am 6ten Junius 1798 armirte ich die Nerven der vordern Extremitäten eines jungen, erst kürzlich gefangenen Frosches mit Zink, und die der hintern Gliedmaßen mit Eisen. Bei der Schließung dieser Kette zuckten die hintern Extremitäten sehr lebhaft, hingegen die vordern blieben völlig in Ruhe. Nachdem hierauf die Metalle verwechselt waren, zuckten die vordern Extremitäten, und die hintern blieben einige Mahl ruhig, einige Mahl aber zogen sie sich ebenfalls zusammen, jedoch weit schwächer als vorhin, da sie mit Eisen armirt waren.

Bei diesem Versuche stimmte der Erfolg mit dem Ritter'schen Gesetze überein. Aber hier standen die Hinter- und Vordersehenkel nicht bloß durch ihre Nerven und durch das Rückenmark, sondern auch durch Membranen, Muskeln, Blutgefäße u. s. w. in Verbindung, und wo der galvanische Strom sonst aufgehalten wäre, wenn bloß Nerven diese Verbindung ausgemacht hätten, fand er hier andere Conductoren, an denen er seinen Lauf ungehindert fortsetzen konnte.

So weit meine Versuche über den Einfluß geschlossener galvanischer Ketten auf die thierische Erregbarkeit. Die *Resultate* derselben lassen sich kurz in folgende Sätze zusammenfassen. Die Action

einer solchen Kette hört nicht mit der Schließung der letztern auf, sondern dauert fort, so lange diese geschlossen bleibt, und ihre Wirkung besteht in Exaltation oder Depression der Erregbarkeit derjenigen Organe, welche derselben ausgesetzt sind. Beide Veränderungen aber sind nicht bloß quantitativ, sondern auch qualitativ, und werden modificirt durch den vorhergegangenen Zustand der Erregbarkeit. Es giebt ferner gewisse Stellen des Nerven-Systems, welche die galvanische Action schwächen, oder auch ganz aufheben, und theils hieraus, theils aus dem verschiednen, zu Anfange des Versuchs statt findenden Zustande der Reizbarkeit, entstehen so viele Anomalien in den Erscheinungen, welche nach der Einwirkung geschlossener galvanischer Ketten auf thierische Organe in diesen erfolgen, daß es bis jetzt noch unmöglich ist, ein allgemeines Gesetz für dieselben aufzustellen. Uebrigens ist jene Exaltation oder Depression der Erregbarkeit, welche durch diese Einwirkung verursacht wird, immer nur auf die mit den Metallen in Berührung stehenden Theile der thierischen Organe eingeschränkt.

Bremen im Februar 1801.