

UNTERSUCHUNGEN
ÜBER
THIERISCHE
ELEKTRICITÄT

VON
EMIL DU BOIS-REYMOND.

Prodr:
os.



ZWEITEN BANDES ZWEITE ABTHEILUNG.

MIT ZWEI TAFELN.

(BOGEN 1—24: 1860; — BOGEN 24—37: 1884.)

BERLIN.
VERLAG VON GEORG REIMER.

1884.

Sou IV D8165u - 2.2

Source IV

MAX-PLANCK-INSTITUT
FÜR WISSENSCHAFTSGESCHICHTE
Bibliothek

98-232

AUS DER BIBLIOTHEK
VON ERNST FLOREY

„Yea, and that puzzling problem, by
„what means the muscles are contracted
„and dilated to cause animal motion, may
„receive greater light from hence then
„from any other means men have hitherto
„been thinking on.“

Sir ISAAC NEWTON.

(Letter to Oldenburg. Philosophical Magazine etc.
Sept. 1846. 3d Ser. vol. XXIX. p. 193*).

„Quantum praeterea abest, ut motum
„atque effectum, quem subtilis Spiritus,
„continuo per Nervos in Musculos influens,
„ibi producit, cognoscamus! Sane et haec
„res caligine impenetrabili sepulta jacet.“

IOANNES SWAMMERDAM.

(Biblia Naturae. t. II. Leidae 1738.
p. 836. 837*).

der Kreis der Säule geöffnet und der des Multiplicators geschlossen wurde, zum Zeichen, daß kein Theil des erregenden Stromes seinen Weg jenseits des die Querbäusche verbindenden Schließungsbausches durch die metallischen Multiplicatorenden fand, denn alsdann hätte sich in Folge der Ladung dieser Enden beim nachherigen Schließen des Multiplicatorkreises eine Wirkung auf die Nadel kundgeben müssen. Wäre, in Folge mangelhafter Isolation der beiden Gefäße M, M_1 , ein Stromzweig dergestalt über die Querbäusche hinaus durch die metallischen Multiplicatorenden gegangen, so würde der Schließungsbausch über den Querbäuschen begreiflich eine Nebenschließung von verhältnißmäßig geringem Widerstande abgegeben haben in Bezug auf jenen Stromzweig. Dieser Zweig, wenn er vorhanden war, mußte also an Stärke zunehmen, und der dadurch erzeugte Ladungsstrom in demselben Maße wachsen, wenn während der Schließung des Säulenkreises bei geöffnetem Multiplicatorkreise der Schließungsbausch von den Querbäuschen entfernt, und erst bei Schließung des Multiplicatorkreises nach Oeffnung des Säulenkreises wieder über die Querbäusche gebreitet wurde. Allein auch bei dieser Versuchsweise blieb die Nadel des Multiplicators für den Nervenstrom selbst bei fünfzig Gliedern der GROVE'schen Säule ganz unbewegt. Ich brauche nicht zu sagen, was sich von selbst versteht, daß diese Proben auf die Brauchbarkeit der Vorrichtung nicht bloß zu Anfang angestellt, sondern auch im Lauf der Versuche häufig wiederholt wurden.

So weit leistet also die Vorrichtung was sie soll. Sie erlaubt, Muskeln und Nerven dem erregenden Strom auszusetzen und die etwa erfolgenden secundär-elektromotorischen Wirkungen zu beobachten, ohne die thierischen Theile zwischen den Multiplicatorenden zu verrücken. Eine Bedingung für den Gebrauch der Vorrichtung ist jedoch, wie man leicht begreift, eine sehr vollkommene Gleichartigkeit des Multiplicatorkreises. Die Nichterfüllung dieser Bedingung zieht erhebliche Uebelstände nach sich.

Die Nadel, die alsdann während der Schließung des Kreises unter dem Einfluß des durch die Ladungen zum großen Theil aufgewogenen Stromes nahe dem Nullpunkte verharret, geräth bei Oeffnung des Kreises in Schwingungen. Wenn also nicht entweder die Dauer der Oeffnung des Multiplicatorkreises so groß ist, daß die Nadel Zeit hat auf Null zurückzukehren; oder wenn nicht sowohl der im Multiplicatorkreise herrschende Strom als auch jene Dauer als beständig angenommen werden können, so wird, bei erneuter Schließung des Kreises, die Nadel im Allgemeinen sich nicht an derselben Stelle, vielmehr irgendwo anders und zwar in der einen oder der anderen Richtung bewegt vorfinden. Während der Oeffnung des Multiplicatorkreises zerstreut sich ferner, je

nach der Dauer derselben, ein größerer oder geringerer Theil der Ladungen. In dem Augenblick also, wo der Kreis wieder geschlossen wird, erfolgt, auch ohne das eine secundär-elektromotorische Wirkung stattfindet, ein Ausschlag, dessen Größe, bei gleicher Größe der im Kreise herrschenden elektromotorischen Kraft, abhängt von der Dauer der Oeffnung des Multiplicatorkreises.

Findet aber eine secundär-elektromotorische Wirkung statt, so summirt sich dieselbe zu der dauernden Ungleichartigkeit. Wenn die letztere nur klein ist im Vergleich zur ersteren, so hat dies nicht viel zu sagen. Es wird nur der durch die secundär-elektromotorische Wirkung bei verschiedener Richtung des erregenden Stromes auf beiden Seiten erzeugte Ausschlag dadurch ungleich gemacht. Etwas anders ist es, wenn sich jenes Verhältniß umkehrt, so das die secundär-elektromotorische Wirkung sich nur noch bemerkbar machen kann durch die Ungleichheit der Ausschläge, welche bei verschiedener Richtung des erregenden Stromes auf derselben Seite des Nullpunktes erfolgen. Alsdann wird die sichere Wahrnehmung dieser Wirkung begreiflich sehr erschwert. Dieselbe kann nur noch nachgewiesen werden unter der Voraussetzung einer vollkommenen Beständigkeit der dauernden Ungleichartigkeit des Multiplicatorkreises, indem man den erregenden Strom gleich lange Zeit bald in der einen bald in der anderen Richtung einwirken läßt, bald nur, bei Ausschluß des Stromes, den Multiplicatorkreis eben so lange öffnet. Weicht die Größe des Ausschlages bei der einen Stromesrichtung von der bei Abwesenheit des Stromes ungefähr ebenso weit in dem einen Sinne ab, als in dem anderen bei der anderen Stromesrichtung, so kann man mit hinlänglicher Sicherheit auf das Vorhandensein einer secundär-elektromotorischen Wirkung in dem durch den Unterschied der Ausschläge angezeigten Sinne schließen.

Bei der geringen Beständigkeit der thierisch-elektrischen Ströme er giebt sich hieraus die Nothwendigkeit, in den Fällen, wo nicht die secundär-elektromotorische Wirkung sich als eine ganz überwiegende im Vergleich zur dauernden herausstellt, entweder die thierischen Theile so auf den Querbäuschen zu lagern, das sie keinen Strom erzeugen, sie also z. B., bei regelmäsig prismatischer Gestalt, die Bäusche mit symmetrisch zum elektromotorischen Aequator gelegenen Punkten berühren zu lassen, oder ihren Strom auf irgend eine Art durch einen fremden in den Multiplicatorkreis eingeführten, passend abgestuften Strom zu compensiren (S. oben Bd. I. S. 243 ff.). Das Nähere hierüber wird unten, bei Beschreibung der einzelnen Versuche, mitgetheilt werden. Uebrigens wird sich daselbst noch ein fernerer Grund ergeben, den ursprünglichen Muskelstrom so viel wie möglich aus dieser Anordnung zu verbannen.

Sodann muß natürlich dafür gesorgt sein, daß die zuleitende Vorrichtung des Multiplicators selber möglichst gleichartig sei; wo möglich so, daß der Kreis mehrere Minuten lang offen gehalten werden könne, ohne daß, bei seiner darauf folgenden Schließung, eine in Betracht kommende Wirkung entstehe. Bei der Anwendung des Multiplicators für den Nervenstrom, die uns hier oft nothwendig werden wird, fallen dergestalt diese Versuche freilich äußerst zeitraubend und mühsam aus, gleich allen, bei welchen es auf eine für diesen empfindlichen Stromprüfer ausreichende Gleichartigkeit ankommt. (S. oben Abth. I. S. 496.)

Doch giebt es einen Kunstgriff, welcher dienen kann, um, bei bestehender Ungleichartigkeit der Multiplicatorenden, die sichere Anstellung derartiger Versuche dennoch möglich zu machen, und der daher auch stets zu Hülfe zu nehmen ist, wenn es sich darum handelt, den Einfluß der Einwirkung des Stromes während einer so langen Zeit zu beobachten, daß während derselben nicht füglich auf die Erhaltung der Gleichartigkeit der Multiplicatorenden bei offenem Kreise zu rechnen sein würde. Dieser Kunstgriff besteht darin, eine solche Anordnung zu treffen, daß man die Zuleitungsbüschel des Multiplicators von den Hülfsbüscheln entfernen kann, ohne daß diese in ihrer Lage verrückt werden. Alsdann kann man den Multiplicatorkreis während der Dauer des Stromes geschlossen halten, und dadurch der Entwicklung allzu starker Ungleichartigkeiten vorbeugen.

Zu diesem Zweck ertheilt man der Vorrichtung eine solche Gestalt, daß die Querbüschel, anstatt auf den Zuleitungsbüscheln der Säule und des Multiplicators zu ruhen, in gleicher Höhe mit denselben auf irgend eine Art frei aufgestellt sind. Z. B. es kann jeder derselben von einer länglich viereckigen Glasplatte getragen werden, die in die wagerechte Klemme eines allgemeinen Trägers eingespannt ist. (S. oben Bd. I. S. 448. Taf. III. Fig. 19) Die beiden Paar Zuleitungsgefäße stehen auf gemeinschaftlicher Unterlage, und können, unabhängig von den feststehenden Querbüscheln, in einem Stück verschoben werden. Der beständige Abstand zwischen den Zuleitungsbüscheln der Säule und denen des Multiplicators ist etwas größer gewählt als die Breite der Querbüschel. Es können also entweder die Multiplicatorbüschel die Querbüschel berühren, und die Säulenbüschel davon getrennt sein, oder es kann das Entgegengesetzte der Fall sein. Diese beiden Anordnungen leisten dasselbe, was bei der vorigen in Fig. 150 dargestellten Form der Vorrichtung durch Schließung des einen, und Oeffnung des anderen Kreises an zwei Stellen erreicht wurde. Die beiden Unterbrechungsstellen jedes Kreises sind an die Grenze der Zuleitungsbüschel und der Querbüschel verlegt. Dies gewährt den Vortheil, der eben hier bezweckt

wird, während die Querbäusche von den Säulenbäuschen den Strom aufnehmen, von den Multiplicatorbäuschen aber getrennt sind, durch Ueberbrückung dieser letzteren mit dem Schließungsbausch den Multiplicatorkreis in sich geschlossen halten zu können bis zu dem Augenblick, wo die Einwirkung der Säule aufhören und ihr Einfluss erforscht werden soll, wo man dann den Schließungsbausch abhebt und wieder die Multiplicatorbäusche gegen die Querbäusche schiebt, die Säulenbäusche aber gleichzeitig davon trennt. So beugt man der Entwicklung von Ungleichartigkeiten durch Freiwerden der Ladungen im Multiplicatorkreise während der Dauer des Säulenschlusses vor. Natürlich muß man sich hüten, was übrigens durch die Beschaffenheit der Anordnung selbst erschwert ist, die Multiplicatorbäusche den Querbäuschen nicht zugleich mit den Säulenbäuschen anzulegen, da alsdann ein Theil des Säulenstromes seinen Weg durch den Multiplicatorkreis nehmen würde.

Vortheilhaft ist es, die gemeinschaftliche Unterlage, auf der die beiden Paar Zuleitungsgefäße stehen, aus zwei Hälften anzufertigen, deren jede ein Paar Zuleitungsgefäße trägt. Diese beiden Hälften können bald zu einem Stück verbunden in der eben beschriebenen Weise gehandhabt werden, bald kann man, wenn andere Versuchszwecke es verlangen, sie von einander lösen und alsdann jedes Paar Zuleitungsgefäße für sich verschieben.

Gleichviel in welcher der beschriebenen Formen die Vorrichtung angewandt wird, man denke sich nun thierische Theile statt des Schließungsbausches über die Querbäusche gebrückt und eine Zeit lang, durch Schließen des Säulenkreises bei geöffnetem Multiplicatorkreise, dem erregenden Strom ausgesetzt, darauf durch Schließung des Multiplicatorkreises nach Oeffnung des Säulenkreises wieder in den ersteren Kreis aufgenommen. Es erfolge nunmehr eine Wirkung auf die Nadel, die, beim Ersetzen der thierischen Theile durch den Schließungsbausch, nach dem Obigen nicht erfolgt sein würde. Vom Standpunkt der bisherigen elektrischen Kenntnifs aus scheint es, als ob diese Wirkung nichts anderem zugeschrieben werden könne, als einer Einwirkung des erregenden Stromes auf die thierischen Theile, und dafs also auch in dieser Beziehung unsere jetzige Anordnung den oben gestellten Bedingungen Genüge leiste. Es wird sich indess bald zeigen, dafs dies nicht der Fall ist, und dafs hier im Gegentheile bisher noch unbekanntere Wirkungen in's Spiel kommen, die berücksichtigt werden müssen, damit die Vorrichtung jenen Bedingungen entspreche. Zuvor jedoch wollen wir einem anderen Punkt unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

(n) Beschreibung der Vorrichtung zur Beherrschung der Zeit, während der die thierischen Theile dem erregenden Strom ausgesetzt werden.

Die neuen elektromotorischen Wirkungen der thierischen Theile, die hier erforscht werden sollen, zeigen sich ihrer Stärke, ja, wie dies in der Folge klarer erhellen wird, ihrer Richtung nach in hohem Grade abhängig von der Dauer des Stromes, der sie hervorgerufen hat, und von der Frist, die man verstreichen läßt zwischen dem Aufhören des Stromes und der Wiederaufnahme der Theile in den Multiplicatorkreis. Aus dem Vorigen ergibt sich ohnehin die Nothwendigkeit, der Oeffnung des Multiplicatorkreises in mehreren auf einander folgenden Versuchen mit großer Genauigkeit gleiche Dauer ertheilen zu können (S. oben S. 385). Handelt es sich um verhältnißmäfsig lange, einige Minuten bis eine Viertelstunde dauernde Schließung des Säulen-, und Oeffnung des Multiplicatorkreises, so kann man die bezüglichlichen Verrichtungen aus freier Hand vornehmen, indem die dabei begangenen Fehler, die sich bei einiger Uebung kaum auf ein paar Secunden belaufen werden, gegen jene Zeitdauer selber verschwinden.

Etwas anders ist es, wenn, wie es häufig vorkommt, die Einwirkung des Stromes selbst nur wenige Secunden, ja nur einen Bruchtheil einer Secunde, dauern soll. Die Zeit, welche man in den meisten Versuchen zwischen der Oeffnung des Säulen- und der Schließung des Multiplicatorkreises verstreichen läßt, bleibt stets innerhalb dieser Grenzen. Hier also entsteht das Bedürfnifs, die Dauer dieser beiden Fristen unabhängig zu machen von den Zufälligkeiten, die nicht zu vermeiden sind, wenn sie aus freier Hand abgemessen werden sollen. Es muß das doppelte Schließen des einen und Oeffnen des anderen Kreises in gewissen Zeiträumen einer mechanischen Vorkehrung übergeben werden. Die in Fig. 151 A. Taf. VI perspectivisch dargestellte Vorrichtung habe ich dazu mit Hrn. HALSKE ersonnen, und verdanke ihm deren Ausführung.

Sie besteht aus zwei Theilen, erstens der Wippe, welche die Schließung von dem einen auf den anderen Kreis überträgt, nebst den Federn, die die Enden der geöffneten Kreise vorstellen und an welche die Wippe sich anlegt; und zweitens dem Mechanismus, welcher die Stellung der Wippe zur gegebenen Zeit ändert.

In zwei auf ein Brett geschraubten Winkelstücken dreht sich eine wagerechte Axe, welche zwei Glasstäbe in einiger Entfernung von einander senkrecht emporträgt. Jeder der beiden Glasstäbe trägt einen der Axe parallelen Messingstab. Die beiden Enden jedes der Messingstäbe sind von stumpf zugespitzten Platinstiften in wagerechter Richtung, aber

senkrecht auf den Messingstab, durchbohrt. Die Spitzen der Platinstifte ragen zu beiden Seiten des Messingstabes ein wenig hervor, und die vier auf einer und derselben Seite beider Messingstäbe befindlichen, zu zweien durch den Messingstab leitend verbundenen Platinspitzen liegen in einer wagerechten und der Axe parallelen Geraden. Den acht Platinspitzen auf beiden Seiten der zwei Messingstäbe gegenüber, und in gleicher Entfernung von denselben, tragen acht Glasstäbe mittelst Hülsen, die mit Klemmschrauben zur Befestigung von Drähten versehen sind, acht Contactfedern von der in der Figur sichtbaren Gestalt empor. Die Federn sind von Neusilber, nur auf die den Platinspitzen gegenüber liegende Stelle ihrer Fläche ist ein Platinplättchen gelöthet. Vier von denselben, auf der einen Seite der Messingstäbe gelegen, stellen die vier Enden des an zwei Stellen unterbrochenen Multiplicatorkreises vor. Ebenso die vier anderen Contactfedern, auf der anderen Seite der Messingstäbe gelegen, die vier Enden des gleichfalls an zwei Stellen unterbrochenen Säulenkreises. Bei einer Drehung der Axe um einen kleinen Winkel nach der einen Richtung schliessen die Messingstäbe, indem sie die vier Platinspitzen dieser Seite an die vier entsprechenden Platinplatten drücken, die beiden Unterbrechungen im Multiplicatorkreise. Ebenso bei einer Drehung der Axe um einen kleinen Winkel nach der anderen Richtung schliessen die Messingstäbe, indem sie die vier Platinspitzen der anderen Seite an die vier anderen Platinplatten drücken, die beiden Unterbrechungen im Säulenkreise. Es handelt sich also nur noch darum, daß sich die Wippe in der einen oder der anderen Richtung von selbst zu gegebener Zeit bewege.

Zu diesem Behuf geht von der Mitte der Axe nach unten ein kurzer Hebelarm, der übrigens mit einem Laufgewicht zum Aufwiegen des oberen Theiles der Wippe beschwert ist. An dem unteren Ende des Hebels ist in seiner Drehungsebene eine wagerechte Stahlstange eingelenkt, welche durch zwei auf das Brett geschraubte, passend durchbohrte Winkelstücke geführt wird. Jenseits des ersten Winkelstückes von der Wippe aus ist die Stahlstange von einer Spiralfeder umgeben, welche, indem sie sich einerseits auf das Winkelstück, andererseits auf einen an der Stange festgeschraubten Ring stützt, letztere in der durch den Pfeil in der Figur angegebenen Richtung zu treiben strebt. Die Feder hält dadurch die Wippe, wie sie in der Figur abgebildet ist, dauernd gegen die eine Reihe von Contactfedern geprefst. Es ist dies die Reihe, welche die vier Enden des doppelt unterbrochenen Multiplicatorkreises enthält, und es ist somit dieser Kreis für gewöhnlich durch die Wippe geschlossen.

Das freie Ende der Stange drückt dabei, mit einem sehr geringen

Ueberschuß der Kraft der Spiralfeder über die vereinten Kräfte der vier Contactfedern, gegen den Rand einer bis auf ein gewisses Stück ihres Umfanges kreisrunden Messingscheibe, welche an die Anschlagscheiben am Reifswerk der Theilmaschinen erinnert. Diese Scheibe steckt, durch eine vorgeschraubte Mutter befestigt, an der verlängerten Axe des vorletzten Zahnrades eines aus einer CARCEL-Lampe entlehnten Laufwerkes, welches auf dem Brett festgeschraubt ist. In der Zeichnung ist dasselbe weggelassen. Der Gang des Laufwerkes, welches durch einen passend angebrachten Hebel ausgelöst und gehemmt werden kann, wird durch Windflügel so geregelt, daß es bereits wenige Secunden nach dem Auslösen eine beständige Geschwindigkeit hat. Dabei vollzieht die betreffende Axe einen Umgang sehr nahe in 24" in der durch den Pfeil angezeigten Richtung.

So lange das Laufwerk stillsteht, oder so lange, während seines Ganges, das Ende der Stahlstange ruhig auf dem kreisförmigen Umfange der sich drehenden Scheibe schleift, behält die Wippe ihre Stellung bei, und bleibt folglich der Multiplicatorkreis geschlossen. Allein der Rand der Scheibe trägt an einer Stelle einen Vorsprung, der auf der Seite, nach der sich die Scheibe dreht, sanft ansteigt bis zu einer gewissen Höhe, auf der anderen Seite radial abgeschnitten, steil abstürzt. Dazwischen verharret er auf gleicher Höhe und hat also daselbst einen dem übrigen Umfang der Scheibe concentrischen, kreisförmigen Rand. Man sieht leicht, daß bei fortschreitender Drehung der Scheibe der Vorsprung vermöge seiner allmähigen Steigung die Stahlstange in dem der Wirkungsrichtung der Spiralfeder entgegengesetzten Sinne treiben wird. Sobald dies geschieht, lösen sich die vier Platinspitzen der Wippe von den vier Platinplatten, gegen die sie gewöhnlich drücken, und der Multiplicatorkreis ist doppelt unterbrochen. Es ist aber die Höhe des Vorsprungs über dem Rande der Scheibe im Verein mit den Längen des unteren Hebelarmes und der oberen Glasstäbe der Wippe so abgemessen, daß, wenn der Vorsprung sich mit seiner ganzen Höhe unter das Ende der Stahlstange gedrängt hat, die Wippe sich mit ihren vier anderen Platinspitzen gegen die andere Reihe von Platinplatten legt, die die vier Enden des bis dahin doppelt unterbrochenen Säulenkreises enthalten. Dieser wird also, bei doppelt unterbrochenem Multiplicatorkreise, geschlossen, und bleibt es so lange als das Ende der Stahlstange auf dem kreisförmigen Rande des Vorsprungs schleift. Sobald aber die Stange, an dem hinteren steilen Ende des Vorsprungs angelangt, durch den Druck der Spiralfeder wieder gegen den Rand der Scheibe geschneilt wird, öffnet sich doppelt der Säulen- und schließt sich wieder der Multiplicatorkreis.

Die erste Bewegung der Wippe, wodurch die Schließung von dem Multiplicatorkreise auf den Säulenkreis übertragen wird, geschieht allmählig und, wegen der geleisteten Arbeit, mit merklicher Verlangsamung der Windflügel; auf die Verkürzung dieses Zeitraumes kam es aber auch nicht an, wenn nur seine Dauer beständig war. Hingegen die Schließung des Multiplicatorkreises nach Oeffnung des Säulenkreises muß, wenn man sie nicht absichtlich zu verzögern wünscht, so schnell wie möglich geschehen. Dies wurde dadurch erreicht, daß das auf dem Umfang der Scheibe schleifende Ende des cylindrischen Stahlstabes schräg abgeschliffen war und daß die untere Berührungsebene des Stabes durch den Mittelpunkt der Scheibe ging. Die Fig. 152 A macht es deutlich, wie alsdann der Stab, sobald er den radialen Absturz des Vorsprunges erreicht hatte, mit der vollen Kraft der Spiralfeder, anfangs noch unterstützt durch die vier Contactfedern des Säulenkreises, auf den Rand der Scheibe zurückfallen mußte, was noch den Vortheil bot, daß die Schließung des Multiplicatorkreises stets sicher bewerkstelligt wurde.

Auf diese Art gelingt es demnach, die Zeit, während der die thierischen Theile dem Strom ausgesetzt werden, so gleich zu machen, als es die Vollkommenheit des angewandten Mechanismus gestattet. Um sie innerhalb der Grenzen, die durch die Umlaufszeit der Scheibe gesteckt sind, zu verändern, braucht man nur Scheiben auf die Axe zu stecken, an denen der Vorsprung, d. h. natürlich der kreisförmig gebogene Theil desselben, verschiedene Länge hat. Ich besaß solcher Scheiben fünf. Die Längen des Vorsprunges daran betragen $\frac{1}{24}$, $\frac{5}{24}$, $\frac{10}{24}$, $\frac{15}{24}$ und $\frac{20}{24}$ eines Kreises, und die Scheiben hielten demgemäß den Säulenkreis 1, 5, 10, 15 und 20 Secunden lang geschlossen. In der Figur sieht man die Fünfsecundenscheibe auf die Axe gesteckt. Fig. 152 A stellt dieselbe nochmals in seitlicher Ansicht und natürlicher Größe vor.

Zum Zweck einiger Versuche, in denen eine noch geringere Dauer des Säulenschlusses beabsichtigt wurde, hatte ich auch noch eine Scheibe, deren Vorsprung gar keine merkliche Länge besaß, so daß die Schließung des Säulenkreises nur einen kleinen Bruchtheil einer Secunde dauern konnte. Zur genaueren Bestimmung dieses Bruchtheiles übrigen fehlten die Mittel. Diese Scheibe wird im Folgenden die $\frac{1}{n}$ "-Scheibe genannt werden. Eine weitere Abänderung der Vorrichtung, um noch kürzer dauernde Schließung der Säule zu erzielen, findet sich unten beschrieben.

Sollte die Einwirkung des Stromes länger dauern als 20", ohne daß gleichwohl der Vorrichtung die zweite oben S. 387 beschriebene Form ertheilt wurde, so mußte das Uhrwerk, während die Spitze der

Stahlstange auf dem Vorsprung ruhte, angehalten und nach der Secunden-
uhr zur rechten Zeit wieder ausgelöst werden.

Die Dauer der Einwirkung des Stromes auf die thierischen Theile war dergestalt in den meisten Fällen mit genügender Sicherheit zu beherrschen. Mittelst einer geringfügigen Abänderung der Scheiben ist es aber auch zu bewerkstelligen, daß die Zeit, welche zwischen dem Oeffnen des Säulen- und dem Schliessen des Multiplicatorkreises verstreicht, innerhalb der Grenzen, die durch die Umlaufszeit der Scheibe gesteckt sind, ebenso beliebig verändert werden könne. Zu diesem Zweck dienen Scheiben von der Fig. 152 B dargestellten Art, an denen nämlich das hintere Ende des Vorsprungs nicht sogleich bis auf den Rand der Scheibe, sondern nur bis zur Hälfte dieser Tiefe radial abstürzt, so daß auf den ersten Vorsprung ein zweiter von nur der halben Höhe jenes und von verschiedener Länge an verschiedenen Scheiben folgt. Dies bewirkt, daß die Wippe, anstatt plötzlich durch die Spiralfeder aus der Stellung, in der sie die Säule schließt, in die Stellung, in der sie den Multiplikator schließt, geworfen zu werden, halbwegs stehen bleibt, und beide Kreise so lange offen läßt, bis auch der zweite Vorsprung durch die Drehung der Scheibe unter der Spitze der Stahlstange fortgeführt worden ist. Solcher Scheiben hatte ich zu jeder der oben beschriebenen Scheiben so viel von immer um $\frac{1}{4}$ des Kreisumfanges wachsender Länge des zweiten Vorsprungs, oder um fünf Secunden wachsender Dauer der dadurch bewirkten Verzögerung der Schließung des Multiplicatorkreises, als die Umlaufszeit der Scheiben gestattete. Die 20" lang die Säule schließende Scheibe liefs diese Einrichtung gar nicht zu. Dagegen hatte ich zwei 15"-Scheiben, die eine sogleich, die andere erst nach 5" den Multiplicatorkreis schließend; drei 10"-Scheiben, mit den Verzögerungen 0', 5", 10"; vier 5"-Scheiben, mit den Verzögerungen 0', 5", 10", 15", und endlich fünf 1"-Scheiben mit den Verzögerungen 0', 5", 10", 15", 20", im Ganzen funfzehn Scheiben. Die in Fig. 152 B dargestellte Scheibe ist die 5"-Scheibe mit der 5"-Verzögerung.

Ich brauche nicht zu erwähnen, daß ich von diesen Vorkehrungen keinesweges eine große Genauigkeit der Zeitbestimmung erwartete. Erstens war die Umlaufszeit der Scheiben mit längeren Vorsprüngen, vorzüglich solchen zum Schluß der Säule bestimmten von voller Höhe, merklich größer als die der Scheiben mit kürzeren Vorsprüngen, wegen der vermehrten Reibung der Stahlstange am Umfang der Scheibe. Zweitens fiel zwar der Augenblick der Oeffnung des Säulen- und Schließung des Multiplicatorkreises, vermöge der schnellen Bewegung der Wippe in diesem Act, hinreichend genau zusammen mit dem, wo die Spitze der Stahlstange das Ende des Vorsprungs erreichte. Dagegen war die lang-

same Uebertragung der Schließung vom Multiplicator auf den Säulenkreis aus verschiedenen Gründen, unter denen ich nur das Zittern der Contactfedern erwähnen will, größeren Ungenauigkeiten ausgesetzt. Namentlich bei den ganz kurzen Vorsprüngen an der $\frac{1}{n}$ - und 1"-Scheibe, wo die Dauer des Schließungsactes nicht mehr klein war gegen die des Schlusses, machten sich Fehler der Art bemerklich. Endlich war wohl auch nicht einmal die Geschwindigkeit des Laufwerkes eine ganz gleichförmige. Weder also maßt die Vorrichtung richtig die vorgeschriebenen Zeiträume, noch beging sie, beim Messen derselben, stets denselben Fehler. Glücklicherweise indess, oder vielmehr leider kam es hier auf eine solche Genauigkeit in den allermeisten Fällen noch gar nicht an. Die dergestalt etwa herbeigeführten Unsicherheiten des Erfolges verschwinden gänzlich gegen die Schwankungen, welche durch die Ungleichmäßigkeit in den Leistungen der thierischen Theile selber bedingt sind.

Man könnte noch eine Einwendung gegen die beschriebene Anordnung machen. Es ist nämlich zu bemerken, daß der Strom der Säule, indem er von einer Feder zur anderen durch die zugehörigen Platinspitzen und den Messingarm geht, in umgekehrter Ordnung die Reihe einander berührender Metalle, Neusilber, Loth, Platin, Messing, durchläuft, und nach PELTIER's Entdeckung¹ daher das eine Mal eine Temperaturerhöhung, das andere eine Temperaturerniedrigung hervorbringen muß. Die beiden Enden eines jeden Messingstabes gelangen folglich nach Oeffnung des Säulenkreises in die Lage, in der sie den Multiplicatorkreis schliessen, mit einer verschiedenen Temperatur, und müssen in diesem Kreise einen Thermostrom in umgekehrter Richtung von der des Stromes der Säule erzeugen, theils durch den bereits vorhandenen Temperaturunterschied der beiden Berührungsstellen zwischen Messing und Platin, theils durch den erst durch Mittheilung entstehenden der beiden Löthstellen zwischen Platin und Neusilber. Da nun früher gezeigt wurde, daß selbst schwache Thermostrome metallischen Ursprungs am Multiplicator für den Nervenstrom, bei Gegenwart der Zuleitungsgefäße im Kreise, noch bemerkbar sind (S. oben S. 200), so könnte man dem Bedenken Raum geben, ob nicht hier, durch den angegebenen Umstand, Täuschungen veranlaßt werden könnten.

Man sieht indess erstens, daß man leicht eine Anordnung treffen

¹ Annales de Chimie et de Physique. Août. 1834. t. LVI. p. 371.* — POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1838. Bd. XLIII. S. 324.* — LENZ, ebendasselbst Bd. XLIV. S. 342.* — MOSER in DOVE und MOSER, Repertorium der Physik. 1837. Bd. I. S. 349.* — HELMHOLTZ, Ueber Erhaltung der Kraft. Berlin 1848. S. 58*. — v. QUINTUS-ICILIUS in POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1853. Bd. LIII. S. 377.*

kann, bei der sich die beiden thermoëlektrischen Wirkungen, die durch die beiden Messingstäbe im Multiplicatorkreise erzeugt werden, entgegen gerichtet sind, und sich folglich, da sie sehr nahe gleich sein dürften, aufheben.

Zweitens sind allem Vermuthen nach diese thermoëlektrischen Wirkungen denn doch zu schwach, um eine merkliche Störung in unseren Versuchen hervorzubringen. Dies zeigt denn auch der Versuch ganz unmittelbar. Ich liefs, aus dem Multiplicator- sowohl als aus dem Säulenkreise, die Zuleitungsgefäße fort, indem ich die zu denselben führenden Drähte durch Klemmen verband. Der Widerstand beider Kreise war also sehr verkleinert. Dann brachte ich in den Säulenkreis eine dreifsiggliedrige GROVE'sche Säule, aus kleinen Zellen von der oben Bd. I. S. 446 beschriebenen Art bestehend, wie sie in der Folge meist wird angewendet werden. Dabei fand keine für das Gefühl bemerkbare Erwärmung der Federn statt. In anderen Versuchen ersetzte ich die Säule durch eine einzige GROVE'sche Kette der gröfseren, ebendasselbst beschriebenen Art, welche eine sehr merkliche Erwärmung der Federn erzeugte. Ich liefs den Säulenkreis eine Zeit lang geschlossen, so dafs ich annehmen konnte, dafs das dynamische Gleichgewicht der Temperaturen sich hergestellt habe. Dann liefs ich die Wippe plötzlich den Multiplicatorkreis schliessen. Die Anordnung war so, dafs die beiden etwa erzeugten thermoëlektrischen Wirkungen sich nicht von einander abzogen, sondern sich summirten. In keinem Fall indess fand eine irgend merkliche Bewegung der Nadel statt. Da nun die Umstände dieser Versuche dem Erscheinen einer solchen aufserordentlich viel günstiger waren als die, unter denen wir später unsere Beobachtungen anstellen werden, so ist klar, dafs die ausgesprochene Befürchtung des Grundes entbehrt.

(iii) Von der anzuwendenden elektromotorischen Vorrichtung.

Wir werden im Folgenden nicht selten gröfserer elektromotorischer Kräfte bedürfen, als wir sie irgend bisher angewandt haben. Zu diesem Zweck stellte mir die Königliche Akademie der Wissenschaften, noch ehe ich die Ehre hatte, ihr anzugehören, auf meine Bitte eine hundertgliedrige DANIELL'sche Säule aus der Fabrik der Herren SIEMENS und HALSKE zur Verfügung. Nachdem ich indess einige Zeit mit dieser Säule gearbeitet hatte, zog ich es vor, zum Gebrauch der GROVE'schen Kette zurückzukehren, und vermehrte die Zahl der in meinem Besitz befindlichen Elemente der kleineren oben Bd. I. S. 446 beschriebenen Art bis auf einige sechzig, von denen aber nur ausnahmsweise mehr als funfzig zu gleicher

Zeit zur Säule vereinigt wurden. Was mich dazu bewog, war erstens die durch den Kupferniederschlag auf dem Zink, in Folge des Eindringens der Kupferlösung in die Zinkzelle, bedingte rasche Wirkungsabnahme der DANIELL'schen Säule, vermöge der sie in der That nur theoretisch den Namen einer beständigen Kette verdient. Zweitens die Mühseligkeit der Handhabung einer solchen Säule, die hervorgeht einmal aus der Nothwendigkeit, nach jedesmaligem Gebrauch die Zinkcylinder mittelst einer Bürste von jenem Niederschlage zu befreien, dann aber auch aus der Gröfse der zur Speisung und Reinigung der Säule erforderlichen Flüssigkeitsmassen, die nicht vermindert werden können, weil durch die verhältnismäfsig geringe elektromotorische Kraft und Leitungsfähigkeit der DANIELL'schen Kette die Anwendung einer grossen Gliederzahl von grossen Massen bedingt wird. Durch diesen Umstand wird, wenn man zur Vollziehung solcher Dienstleistungen auf sich selber angewiesen ist, ein so bedeutender Verlust an Zeit und Spannkraften herbeigeführt, dafs man sich ihm vernünftigerweise nur unterziehen kann, wenn man eine lange Reihe ungestörter Arbeitsstunden vor sich sieht, die ja die Säule selber, ihrer Unbeständigkeit halber, nicht gewährt.

Meine fünfziggliedrige GROVE'sche Säule kann, wenn Alles in guter Ordnung ist, bei einiger Uebung leicht in etwa 20' zusammengesetzt, in der Hälfte der Zeit auseinandergenommen werden. Sie erfordert an Salpetersäure nicht mehr als etwa das Volum von 16 Unzen oder einem halben Liter Wasser. Da aber die Säule bei den folgenden Versuchen nur selten längere Zeit und fast stets nur durch sehr schlechte Leiter geschlossen wird, so ist trotz dieser geringen Menge von Flüssigkeit ein Erschöpfen derselben im Lauf der Versuche doch nicht zu befürchten. Der verdünnten Schwefelsäure gebe ich nur eine Dichte von 1.035, entsprechend etwa einem Theil ersten Hydrates auf 20 Theile Flüssigkeit. Ein Glasgehäuse hindert die Verbreitung der salpetrigsauren Dämpfe. Je zehn Glieder endigen an Klemmschrauben am Gehäuse, so dafs man, ohne es zu öffnen, die Zahl der Glieder beliebig um zehn, zwanzig u. s. w. vermehren oder vermindern kann. Um eine ganz beliebige Anzahl von Gliedern bis fünfzig in den Kreis zu nehmen, dient eine überzählige Platinplatte, die Wanderplatte, die man in den Thontrog eines beliebigen Gliedes stellen und von ihr den Strom mittelst eines zum Gehäuse hinausgeführten Drahtes ableiten kann. (Vergl. oben Abth. I. S. 334.) Meine Säule bietet sonst keine Eigenthümlichkeit dar, aufser dafs ich es zweckmäfsig fand, die Aufsenseite sämmtlicher Zinke, nachdem sie zum ersten Mal verquickt worden, mit Bernsteinlack, der mit Kienrufs schwarz gefärbt ist, zu bestreichen. Die Kosten und die Mühe der folgenden Verquicken sind dadurch um die Hälfte ver-

mindert, und wegen der Beseitigung der örtlichen Wirkung ist die Dauer der Zinke und der verdünnten Schwefelsäure ohne Zweifel vergrößert, ohne daß ein Verlust an Stromstärke bemerkbar würde.¹

Die Säule stand auf einem Isolirschemel. (S. oben S. 384.) Auf demselben befand sich auch noch, um ein ungefähres Maß der Stromstärke abzugeben, ein Galvanoskop mit senkrechter Nadel von SIEMENS und HALSKE, wie sie bei der elektrischen Telegraphie gebraucht werden, und, um den Strom der Säule umzukehren, der gewöhnliche POHL'sche Stromwender. Es war die Einrichtung getroffen, daß der Sinn, in dem die Wippe des Stromwenders umgelegt und die Nadel des Galvanoskops abgelenkt war, unmittelbar denjenigen anzeigte, in dem das beobachtete Ende der Nadel abweichen mußte, wenn der Durchgang des erregenden Stromes durch die Querbäusche und den sie verbindenden Leiter eine jenem Strome gleichgerichtete secundär-elektromotorische Wirkung hinterließ.

Eine solche Wirkung soll übrigens in dem Folgenden, der Kürze halber, als positiv, eine in entgegengesetzter Richtung als negativ bezeichnet werden. Diese Ausdrücke erhalten also, auf secundär-elektromotorische Wirkungen von Muskeln und Nerven angewandt, in diesem Paragraphen einen anderen Sinn, als sie sonst in diesen Untersuchungen haben, wo sie, wie man weiß, beziehlich die Stromesrichtung vom Längs- zum Querschnitt und vom Quer- zum Längsschnitt im angelegten Bogen bezeichnen.

Bei sehr starken Strömen, wie sie hier manchmal angewandt werden mußten, z. B. wenn die 30—50 gliedrige GROVE'sche Säule durch kurze, dicke und mit gutleitenden Flüssigkeiten gefüllte Röhren geschlossen war, ereignete es sich beiläufig, daß die Nadel des Vertical-Galvanoskops die Richtung des Stromes nicht mehr angab, sondern doppelsinnige Ablenkung zeigte, d. h. sie wurde stets nach der Seite weiter abgelenkt, nach der sie bereits abgelenkt war, indem der Strom zuerst die Nadel in dem Sinne magnetisirte, der seiner Richtung entsprach.²

Bei einigen Gelegenheiten wurden übrigens auch noch feinere strommessende Vorrichtungen in den Kreis der Säule aufgenommen.

¹ Dieser Kunstgriff ist neuerdings auch von CALLAN empfohlen worden. *Philosophical Magazine etc.* 4. Series. vol. IX. April 1855. p. 260;* — *Archives des Sciences physiques et naturelles.* Juin 1855. t. XXIX. p. 153;* — *Cosmos. Revue encyclopédique hebdomadaire des progrès des Sciences etc.* Par M. l'Abbé MOIGNO. 4^e Année. 6^e Volume. 15^e Livraison. 13 Avril 1855. p. 408.*

² S. POGGENDORFF in seinen *Annalen u. s. w.* 1838. Bd. XLV. S. 365. 370.*

3. Von der Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte.

(1) Erste Wahrnehmung einer scheinbaren Polarisation an durchströmten Bäschen.

Es ist oben S. 388 gesagt worden, dafs, wenn ein Strom durch die Querbäusche und den mit Salzlösung getränkten Schließungsbausch gesandt worden ist, bei nochmaliger Schließung des Multiplicatorkreises keine Wirkung auf die Nadel bemerkbar wird, dafs aber nichtsdestoweniger eine Wirkung, die nach Ersetzung des Schließungsbausches durch thierische Theile unter denselben Umständen sich kundgebe, noch nicht unbedingt einer Einwirkung des Stromes auf die thierischen Theile zuzuschreiben sei. Diese Einschränkung, die uns alsbald noch zu einer wichtigen Abänderung unserer Vorrichtung zwingen wird, beruht darauf, dafs keinesweges, wie man nach dem bisherigen Stand unserer Kenntnisse vermuthen sollte, alle feuchten Leiter statt des Schließungsbausches zwischen die Querbäusche gebracht, sich nach dem Durchgang des Stromes, gleich dem Schließungsbausch, elektromotorisch unwirksam verhalten. Vielmehr zeigt es sich, dafs dies vermuthlich nur der Fall für den mit Kochsalzlösung getränkten Bausch ist. Sobald der Bausch mit einer anderen Flüssigkeit getränkt ist, scheint die Folge des Stromes eine vorübergehende elektromotorische Wirkung im einen oder im anderen Sinne, bei einigen Flüssigkeiten auch erst in dem einen, und dann in dem anderen Sinne, zu sein; zwar nur von geringer Stärke, doch so, dafs sie bei Versuchen wie den unsrigen alle Beachtung verdient.

In den nachstehenden Versuchen wurden stets balkenförmige Fließpapierbäusche von 50^{mm} Länge und etwa 120 Quadratmillimeter Querschnitt der Wirkung des Stromes ausgesetzt. Die Querbäusche wurden durch Sicherheitsbäusche vor Verunreinigung mit den ungleichartigen Flüssigkeiten geschützt. Nachdem der Multiplicatorkreis gleichartig geworden, was bei den angewandten Flüssigkeiten meist leicht geschah, wurden dreifsig Glieder der Grove'schen Säule 5" lang durch die Querbäusche und den sie verbindenden Bausch geschlossen. Unmittelbar darauf wurde das System von Bäschen in den Kreis des Multiplicators für den Nervenstrom aufgenommen, der Erfolg an der Nadel beobachtet, und der Versuch mit Umkehr des Stromes wiederholt, um den Einfluß einer etwa im Multiplicatorkreise dauernd gegenwärtigen elektromotorischen Kraft aufser Spiel zu bringen. (S. oben S. 386.) Folgendes war das Ergebnifs der oft wiederholten Versuche.

1. Schwefelsäure zu Brunnenwasser :: 1 : 4 und 1 : 8 dem Volum nach, beziehlich von 1.22 und 1.43 Dichte. Heftiges Anschlagen an die negative Hemmung.
2. Gemeine Salpetersäure. Anschlagen an die negative Hemmung.
3. Chlorwasserstoffsäure. Schwache negative Wirkung.
4. Concentrirte Kalihydratlösung. Anschlagen an die positive Hemmung.
5. Ammoniakflüssigkeit. Starke negative Wirkung.
6. Gesättigte Salpeterlösung. Sehr schwache negative Wirkung.
7. Gesättigte schwefelsaure Kupferoxydlösung. Sehr schwacher negativer Ausschlag, dem ein stärkerer positiver Rückschwung folgt.
8. Brunnenwasser. } Sehr starker negativer Ausschlag, dem
9. Destillirtes Wasser. } ein stärkerer positiver Rückschwung folgt.
10. Hühnereiweiß. Starke negative Wirkung.

Als ich zuerst auf die doppelsinnigen Wirkungen stiefs, die die drei Flüssigkeiten 7. 8. 9. gaben, glaubte ich, das der starke positive Rückschwung nach dem negativen Ausschlage vielleicht nur daher rühre, das der secundäre Strom in entgegengesetzter Richtung des ursprünglichen sehr schnell verschwinde, so das die Ladungen, die er auf den metallischen Multiplicatorenden entwickelte, plötzlich in aller Stärke freigeworden, sich mit den die Nadel einlenkenden Kräften zu einer so starken Wirkung auf dieselbe verbänden, während sonst, bei langsamerer Abnahme des secundären Stromes, die Gleichgewichtslage, um die die Nadel schwingt, allmählig dem Nullpunkt näher rücke.

Eine aufmerksame Betrachtung des ersten Rückschwunges bei den anderen Flüssigkeiten zeigte, das auch hier sehr bedeutende Unterschiede seiner Gröfse stattfinden, so das bei den einen Flüssigkeiten die rück-schwingende Nadel in dem Quadranten bleibt, in den der Ausschlag sie geführt hat, bei einer anderen den Nullpunkt erreicht, bei einer dritten noch ziemlich weit darüber hinaus geht. Das diese letztere Erscheinung auf der schnelleren und langsameren Abnahme des secundären Stromes beruhe, ist nicht zu bezweifeln. Allein für die oben als doppelsinnig bezeichneten Wirkungen ist diese Erklärung nicht richtig. Das Mifsverhältnifs des ersten Ausschlages und des Rückschwunges wird häufig zu beträchtlich, um dieselbe noch füglich zuzulassen. Z. B. beim Versuch mit Wasser bewegt sich die Nadel innerhalb der Grenzen $-20^{\circ} + 87^{\circ}$; beim Versuch mit dem schwefelsauren Kupferoxyd innerhalb der Grenzen $-3^{\circ} + 9^{\circ}$ u. s. w.

Demgemäfs gelingt es denn auch, das Umschlagen der durch den

Strom der Säule in dem Bausch erzeugten elektromotorischen Kraft aus der negativen in die positive Richtung in jenen Fällen wirklich nachzuweisen. Es genügt dazu, zwischen Oeffnung des Säulen- und Schließung des Multiplicatorkreises einige Zeit verstreichen zu lassen, was mit Hülfe der oben S. 393 beschriebenen Verzögerungsscheiben bewerkstelligt wird. Bei dieser Versuchsweise gaben die drei erwähnten Flüssigkeiten nunmehr rein positive Ausschläge, die Ausschläge mit den übrigen Flüssigkeiten erschienen nach wie vor beziehlich rein negativ und positiv (Kalihydratlösung), übrigens aber sehr geschwächt.

Hieraus ergibt sich nun sogleich weiter, daß diese Wirkungen sehr vergänglich sind. Sie müssen verhältnißmäßig schon sehr kräftig sein, d. h. bei nicht verzögerter Schließung des Multiplicator- nach Oeffnung des Säulenkreises die Nadel an die Hemmung führen, wenn nach Verlauf von 10" noch ein merklicher Ausschlag erfolgen soll. Ob die Wirkungen längere Zeit anhielten, wenn der Multiplicatorkreis offen, als wenn er geschlossen war, wurde nicht beobachtet.

Die Stärke der Wirkungen wuchs im Allgemeinen rasch mit der Dauer der Durchströmung. In einzelnen Fällen jedoch zog die Vergrößerung dieser Dauer noch eine andere Folge nach sich. Bei längerer Durchströmung des mit schwefelsaurer Kupferoxydlösung und des mit Brunnenwasser getränkten Bausches nämlich sieht man den negativen Vorschlag erst abnehmen, dann sich nur noch durch ein Zögern der Nadel auf dem Nullpunkt verrathen, endlich bei mehrere Minuten lang dauerndem Säulenschlusse ganz verschwinden, und den positiven Ausschlag dem entsprechend erst stärker hervortreten, zuletzt auch hier ganz rein und zwar in großer Stärke erscheinen. Beim destillirten Wasser ist dies nicht der Fall. Der negative Vorschlag und der positive Ausschlag nehmen, wie es scheint, mit der Dauer des Säulenschlusses in ungefähr gleichem Mafse zu. Dafür zeigt aber der mit Hühnereiweiß getränkte Bausch ein um so auffallenderes Verhalten. Hier nämlich nimmt, mit wachsender Dauer des Stromes, die negative Wirkung statt zu, gleichfalls ab. Es entwickelt sich ein positiver Rückschwung, und die secundär-elektromotorische Wirkung erscheint bei 1—2 Minuten Durchströmung in derselben Art doppelsinnig, wie die des Wasserbausches bei nur wenigen Secunden Stromedauer. Endlich aber, bei fünf und mehr Minuten Schluß, hat die erst später hervorgetretene positive Wirkung dergestalt die Oberhand gewonnen, daß sie allein übrig zu sein scheint.

Nicht minder als von der Dauer des Stromes sind die secundär elektromotorischen Wirkungen natürlich abhängig von seiner Stärke. Im Allgemeinen wächst ihre Stärke also mit der durch den Bausch ge-

gangenen Elektrizitätsmenge, d. h. mit dem Product aus der Stärke des Stromes in seiner Dauer. Vermuthlich würde man bei schwefelsaurer Kupferoxydlösung, Brunnenwasser und Eiweiß durch Verstärkung des Stromes zuletzt dieselben Wirkungen erhalten, wie durch Vergrößerung seiner Dauer. Zwar ist mir dies zu beobachten nicht geglückt. Allein ich konnte die Stärke des Stromes natürlich nicht in so weiten Grenzen verändern wie seine Dauer.

Bei fortgesetzter Durchströmung der Bäsche erreicht die secundär elektromotorische Wirkung ohne Zweifel einen bis zu einer gewissen Grenze von der Stromstärke abhängigen Grenzwert, den sie nicht übersteigt. In meinen Versuchen ist dieser Grenzwert nur einmal bei einer später zu erwähnenden Gelegenheit beobachtet worden.

Hält man, in der obigen Uebersicht, die Widerstände der verschiedenen Flüssigkeiten, womit der durchströmte Bausch getränkt war, zusammen mit der Stärke der Wirkungen bei Anwendung dieser Flüssigkeiten, so findet man, daß gar keine Beziehung zwischen beiden herrscht. Daraus folgt, daß den beobachteten Ausschlägen sehr verschiedene elektromotorische Kräfte zu Grunde lagen. Dieser Unterschied der Kräfte kann aber nicht allein von Schwankungen in der Stärke des ursprünglichen Stromes herrühren. Denu die elektromotorische Kraft der Säule und der Widerstand des Säulenkreises waren beständig genug, damit die verhältnißmäßige Stärke des ursprünglichen Stromes wesentlich durch den Widerstand der Bäsche bestimmt wurde. Einem größeren Widerstande der Bäsche hätte also stets eine geringere secundär-elektromotorische Kraft entsprechen müssen, wäre dieselbe der Stärke des ursprünglichen Stromes einigermaßen proportional gewesen. Auch zeigte die Beobachtung am Vertical-Galvanoskop (S. oben S. 397) ganz unmittelbar, daß der durch den großen Widerstand des Bausches im einen Falle sehr geschwächte Strom der Säule eine viel lebhaftere secundär-elektromotorische Wirkung durch denselben stark widerstehenden Bausch hervorbrachte, als in einem anderen Falle der wegen besserer Leitung des Bausches viel stärkere Strom durch diesen letzteren, minder stark widerstehenden Bausch. Dies fiel z. B. in die Augen bei Anwendung von Brunnenwasser und destillirtem Wasser im Gegensatz zu schwefelsaurer Kupferoxydlösung, Salpeterlösung, Chlorwasserstoffsäure. Es ergibt sich hieraus offenbar, daß die verschiedenen durchströmten Flüssigkeitsanordnungen eine verschiedene Empfänglichkeit für diejenige Wirkungsweise des Stromes besitzen müssen, vermöge welcher sie sich nachmals elektromotorisch zeigen.

Die absolute Stärke der Wirkungen war übrigens, unter scheinbar unveränderten Umständen, unerklärlicher Weise oft sehr verschieden, so

dafs es schwer fällt, einen mittleren Werth derselben für jede der aufgeführten Flüssigkeiten anzugeben.

Bei öfterer Wiederholung des Versuches mit der nämlichen Anordnung pflegte die Stärke der Wirkungen etwas abzunehmen. Ob dies allein die Schuld der seit der Einrichtung des Versuches verflossenen Zeit war, oder ob die Abnahme durch die Einwirkung des Stromes selber bedingt war, ist nicht ausgemacht. Nur so viel steht fest, dafs sie nicht der Vermehrung des Widerstandes der Bausche durch Austrocknung zuzuschreiben war.

(u) Die Grenze ungleichartiger Elektrolyte wird in Folge der Durchströmung zeitweise der Sitz einer secundär-elektromotorischen Kraft.

Man kann die Wirkungen, um die es sich hier handelt, auch noch auf eine andere, zwar minder sichere, dafür aber einfacher und leichter auszuführende Art beobachten, nämlich so wie wir oben Bd. I. S. 377 bei Untersuchung der dort sogenannten PELTIER'schen Ladungen verfahren, d. h. mit Uebertragung des geladenen Bausches aus dem Kreis der Säule in den Multiplicatorkreis.

Man entfernt die Hilfsbausche, kehrt die Zuleitungsbausche der beiden Kreise, die, bis auf die Lücke zwischen diesen Bäuschen, und eine metallische Unterbrechung im Säulenkreise, dauernd geschlossen sind, einander zu, versieht sie mit Sicherheitsbäuschen, und überträgt den Bausch, der dem Strom ausgesetzt werden soll, bei unterbrochenem Säulenkreise, so lange von den Zuleitungsbäuschen des Multiplicators auf die der Säule und zurück, bis entweder keine in Betracht kommende Wirkung mehr erfolgt, oder bis man sich der Richtung und Gröfse der noch erfolgenden Wirkung vergewissert hat. Dann schließt man den Säulenkreis, und läfst den Bausch so lange auf den Zuleitungsbäuschen derselben ruhen, als man für gut befindet. Ueberträgt man ihn dann mit gehöriger Schnelligkeit auf die Zuleitungsbausche des Multiplicators, so findet man ihn in der Stärke und Richtung elektromotorisch wirksam geworden, oder die Richtung und Stärke seiner früheren Wirksamkeit durch den Strom der Säule in dem Sinne verändert, wie man es aus den obigen Erfolgen leicht entnehmen kann. Ich habe den Versuch angestellt mit der verdünnten Schwefelsäure von 1.13, mit Kalihydratlösung, Brunnenwasser, destillirtem Wasser und schwefelsaurer Kupferoxydlösung. Die Schwefelsäure gab eine kräftige negative Wirkung, die vier anderen Flüssigkeiten gaben positive Ausschläge. Das Brunnenwasser, destillirte Wasser und die Kupferlösung wirkten hier, und zum Theil sehr stark, rein positiv, weil der durch das Uebertragen verursachte Zeitverlust, der negativen Wirkung, die sich sonst zu Anfang kund giebt, ebenso zu

verschwinden gestattet, wie die Verzögerung der Schließung des Multiplicatorkreises bei der oben S. 400 beschriebenen Versuchsweise.

In dieser Gestalt erinnern diese Versuche, wie man sieht, sehr an die oben S. 378 ff. in erneuter Form vorgetragenen über die innere Polarisirbarkeit des Muskelfleisches und einiger anderen porösen Körper. Man könnte sich daher denken, daß der Holzfaser des Papiere, gleich dem oben Bd. I. S. 380 erwähnten Stück Holz, innere Polarisirbarkeit zukomme. Allein abgesehen davon, daß bei dieser Vorstellung die mit einigen Flüssigkeiten erhaltenen positiven und doppelsinnigen Wirkungen sehr dunkel bleiben würden, zeigt auch der folgende Versuch, daß, wenn innere Polarisirbarkeit eine Rolle in den obigen Versuchen spielt, doch ohne Zweifel dabei noch etwas Anderes in Betracht kommt. Kehrt man nämlich, bei der letztbeschriebenen Versuchsweise, den zwischen Kochsalzbäuschen geladenen Schwefelsäurebausch oberst zu unterst, so daß er die Zuleitungsbäusche des Multiplicators nicht mit denselben Punkten seiner Oberfläche berührt wie die der Säule, so werden die secundär-elektromotorischen Wirkungen vermisst. Dasselbe ist der Fall, wenn man die mit den Zuleitungsbäuschen der Säule in unmittelbarer Berührung gewesenen Fließpapierlagen vom Bausch ablöst. Dies rührt nicht her von Vergrößerung des Widerstandes oder vom Zeitverlust, denn die abgelösten Lagen für sich allein erweisen sich als wirksam, und thun dies sogar noch, nachdem man sich von der Unwirksamkeit des derselben beraubten Bausches überzeugt hat. Dies dürfte nicht stattfinden, wenn es sich um innere Polarisation handelte, und scheint zu zeigen, daß der Sitz der elektromotorischen Kraft, statt wie bei der inneren Polarisation an allen Punkten des durchströmten Bausches, vielmehr allein an der Berührungsstelle desselben mit den Zuleitungsbäuschen der Säule oder der Querbäusche zu suchen sei. Da aber bei Tränkung des durchströmten Bausches mit Kochsalzlösung, derselben Flüssigkeit, die auch die Querbäusche enthalten, jede Wirkung ausbleibt, während alle andere Flüssigkeiten, wie verschieden sie auch waren, irgendwie beschaffene Wirkungen gaben, so wird man zunächst auf die Vorstellung geführt, daß vielleicht die Grenze ungleichartiger Elektrolyte, ganz unabhängig von der Natur oder auch nur der Gegenwart eines damit getränkten porösen Körpers, in Folge der Durchströmung der Sitz elektromotorischer Kräfte werde. Die Richtigkeit dieser Vermuthung liefs sich leicht folgendermassen aufser Zweifel setzen.

Die vier Zuleitungsgefäße standen einander in der oben S. 383 beschriebenen Art gegenüber, ohne jedoch, wie es dort gesagt ist, zu zweien gegeneinander verschoben zu sein. Es wurden die Zuleitungsbäusche entfernt, und zwischen je einem Zuleitungsgefäß der Säule und einem

solchen des Multiplcators ein Hilfsgefäß mit gesättigter Kochsalzlösung aufgestellt (Fig. 153. Taf. VI). Das Hilfsgefäß wurde in hergebrachter Weise durch heberförmige, zweimal rechtwinklig gebogene Röhren mit Kochsalzlösung verbunden, einerseits mit dem Zuleitungsgefäß des Multiplcators, andererseits mit dem der Säule. Beide Hilfsgefäße unter sich wurden mit einer ähnlichen zur Aufnahme einer ungleichartigen Flüssigkeit bestimmten Röhre verbunden. Bei gut leitender Beschaffenheit der Flüssigkeit war die Röhre eng, und an beiden Enden capillar ausgezogen, wie solche Röhren zuerst von WALKER¹, dann von FECHNER², zuletzt von BECQUEREL dem Vater³, bei Versuchen über Ketten mit mehreren Flüssigkeiten angewendet wurden. Bei schlechter leitenden Flüssigkeiten, deren geringere Dichte dies Verfahren gestattete, wurden aber die WALKER'schen Röhren durch weite Röhren nach Art des Schließungsrohres (Fig. 7. Taf. I. Bd. I dieses Werkes) ersetzt. Um sie, mit der ungleichartigen Flüssigkeit gefüllt, in die Hilfsgefäße umzustürzen, wurden ihre Mündungen mit Papierscheibchen verschlossen, die beim Umkehren der Röhre durch den Luftdruck hafteten.

Wie man sieht, ist die beschriebene Anordnung gleichbedeutend mit der mit den Querbäuschen, nur daß dabei die Gegenwart fester, mit den Elektrolyten getränkter Körper ganz vermieden ist. Die Querbäusche werden vorgestellt durch die Hilfsgefäße und die diese mit den Zuleitungsgefäßen des Multiplcators und der Säule verbindenden Röhren. Die Verbindungsröhre zwischen den Hilfsgefäßen befindet sich in derselben Lage in Bezug auf die beiden Paar Zuleitungsgefäße wie der balkenförmige Bausch zwischen den Querbäuschen in Bezug auf die beiden Paar Zuleitungsbäusche. Bei der einen Stellung der Wippe bildet sie einen Theil des Multiplcatorkreises, bei der anderen einen Theil des Säulenkreises, indem die Enden der darin enthaltenen ungleichartigen Flüssigkeitssäule gleichwohl fortdauernd mit der Salzlösung der Hilfsgefäße in Berührung stehen.

Mit dieser Vorrichtung machte ich nun dieselbe Versuchsreihe durch, wie vorher mit den balkenförmigen Bäuschen. Folgendes waren die Ergebnisse.

1. Verdünnte Schwefelsäure in WALKER'scher Röhre. Mit der concentrirteren der beiden oben S. 399 bezeichneten Säuren, welche die gesättigte Kochsalzlösung an Dichte etwas übertrifft, kam die Nadel nicht zur Ruhe, sondern wanderte beständig auf der Theilung hin und

¹ POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1825. Bd. IV. S. 319.*

² Ebendas. 1839. Bd. XLVIII. S. 5. Taf. I. Fig. 2.*

³ Comptes rendus etc. 29 Mars 1847. t. XXIV. p. 515.*

her, unstreitig wegen der an beiden Enden der Röhre ungleichmäÙig vor sich gehenden Vermischung der Säure mit der Salzlösung. Bei Anwendung der verdünnteren Säure, welche auf der Kochsalzlösung schwamm, fiel dieser Uebelstand ganz fort. Wurde die dreisiggliedrige GROVE'sche Säule 5" lang durch die verdünnte Schwefelsäure zwischen Kochsalzlösung geschlossen, so erfolgte beim erneuten Schliessen des Multiplicatorkreises Anschlagen an die negative Hemmung. Die Wirkung war nicht ganz so stark als in dem Versuch mit dem balkenförmigen, über die Querbäusche gebrückten Bausch, unzweifelhaft wegen des vermehrten Widerstandes. Mit Kochsalzlösung in der WALKER'schen Röhre blieb die Nadel auf Null. Dasselbe war der Fall, wenn bei Anfüllung der WALKER'schen Röhre mit Säure auch die HülfsgefäÙe Säure enthielten. Alsdann nämlich enthielt der Multiplicatorkreis bei seiner Schließung nach Oeffnung des Säulenkreises keine Grenze ungleichartiger Elektrolyte, die vorher durchströmt gewesen war. Dagegen, wenn jetzt die WALKER'sche Röhre Kochsalzlösung enthielt, ward sofort die Nadel an die negative Hemmung geworfen. Diese Wirkungen wuchsen rasch mit der Stärke sowohl wie auch mit der Dauer des ursprünglichen Stromes. Die Abnahme der Wirkungen bei mehrmaliger Wiederholung des Versuches konnte hier nicht wahrgenommen werden.

2. Gemeine Salpetersäure in WALKER'scher Röhre. Negative Wirkung, wie bei Schwefelsäure, nur erheblich schwächer.

3. Chlorwasserstoffsäure. Dieselbe mit dem gleichen Volum destillirten Wassers verdünnt. Beide in WALKER'scher Röhre. Negative Wirkung, stärker als bei Salpetersäure.

4. Concentrirte Kalihydratlösung in WALKER'scher Röhre. Anschlagen an die positive Hemmung.

5. Ammoniakflüssigkeit. In WALKER'scher Röhre ist die Wirkung unmerklich. Bei Anwendung eines weiten Heberrohres erfolgt eine kräftige negative Wirkung.

6. Gesättigte Salpeterlösung in weiter Heberöhre. Schwache negative Wirkung.

7. Gesättigte schwefelsaure Kupferoxydlösung in weiter Heberöhre. Dieselbe mit dem gleichen Volum destillirten Wassers verdünnt. Merkwürdigerweise ist die Wirkung Null, auch nach 5' langer Schließung der dreisiggliedrigeren Säule. Es kann nicht behauptet werden, daß eine positive Spur erscheine.

8 u. 9. Brunnenwasser und destillirtes Wasser (in einigen Versuchen mit Lakmus gefärbt) in weiter Heberöhre. Starke positive Wirkung. Von dem negativen Vorschlage, der sich bei Anwendung eines Bausches kundgab, ist hier nicht die geringste Spur vorhanden. Werden

die Hilfsgefäße und sämtliche Heberöhren, oder auch nur die Hilfsgefäße, mit Wasser gefüllt, so erfolgt, mit Wasser in der die Hilfsgefäße verbindenden Heberöhre, keine Spur von Wirkung.

Bei diesen Versuchen war es beiläufig, wo die secundär-elektromotorische Kraft, insofern sie von der Zeit der Durchströmung abhängt, sehr nahe ihren oberen Grenzwert erreicht (S. oben S. 401). Bei Anwendung einer vierziggliederigen Säule brachte es in der Wirkung, die sich allerdings bereits auf etwa 80° Ausschlag belief, keinen merklichen Unterschied mehr hervor, ob der Strom drei, oder ob er fünf Minuten hindurchgesandt worden war.

10. Hühnereiweiß in weiter Heberöhre. Schwache positive Wirkung.

Wie man sieht, lassen diese Versuche keinen Zweifel an der Richtigkeit der Vermuthung, zu deren Prüfung sie bestimmt waren. Die Grenze ungleichartiger Elektrolyte wird in Folge der Durchströmung zeitweise der Sitz einer secundär-elektromotorischen Kraft, es findet an derselben eine Art von Polarisation statt.

Sehr auffallend aber ist der Umstand, daß, bei dieser Form des Versuches, sich die secundär-elektromotorische Wirkung in einigen Fällen anders verhält als bei Anwendung der Bäusche. Bei der schwefelsauren Kupferoxydlösung, dem Brunnenwasser und dem destillirten Wasser wird hier der negative Vorschlag vermisst, der dort, bei den beiden ersten Flüssigkeiten allerdings nur nach kurzer Durchströmung, die Wirkung zu einer doppelsinnigen machte. Das Hühnereiweiß, welches im Bausch zwischen den mit Kochsalzlösung getränkten Querbäuschen nach kurzer Durchströmung negativ, nach längerer positiv wirkte, wirkt hier stets positiv. Ersetzt man das heberförmige Rohr zwischen den Hilfsgefäßen durch einen Bausch nach Art des Sattelbauses, der mit Brunnenwasser, destillirtem Wasser oder Eiweiß getränkt ist, so erfolgt alsbald wieder bei den beiden ersten Flüssigkeiten die doppelsinnige, bei Hühnereiweiß die negative Wirkung nach kurzer Durchströmung, so daß es klar ist, daß dieser abweichende Erfolg wirklich durch die Gegenwart des Bausches bedingt ist.

(III) Die Substanz der Bäusche ist mit innerer Polarisirbarkeit begabt, woraus sich die mit einigen Flüssigkeiten erhaltenen doppelsinnigen Wirkungen erklären.

Inmitten dieses Gedränges neuer und scheinbar widersprechender Thatsachen enthält vielleicht folgende Wahrnehmung einen Wink, der zum Führer aus der Verwirrung dienen kann.

Verlängert man entweder bei der zuerst, oben S. 398 beschriebenen Form des Versuches mit den Hilfsbäuschen, oder bei der zuletzt beschriebenen mit den Hilfsgefäßen, den durchströmten Bausch, so tritt beim Wasser die negative Wirkung stärker hervor, der positive Ausschlag, der auf den negativen Vorschlag folgt, wird unmerklich. Verkürzt man den Bausch, so geschieht das Gegentheil, der negative Vorschlag wird verschwindend und die positive Wirkung tritt stärker hervor. Da aber, bei einerlei Länge des Bausches, die Art der Wirkung, welche man erhält, unabhängig ist vom Querschnitt des Bausches, so können diese Unterschiede nicht herrühren von den durch die verschiedene Länge des Bausches herbeigeführten Veränderungen der Stromstärke. Es bleibt vielmehr nichts übrig, als sich zu denken, daß das Papier doch wirklich innere Polarisirbarkeit besitze, und daß sich, in den Versuchen mit Bäuschen, die negative innere Polarisation des Papiers algebräisch summire mit der an der Grenze der ungleichartigen Elektrolyte durch den Strom erzeugten bald positiven, bald negativen secundär-elektromotorischen Kraft, und dadurch die Abweichungen zwischen den secundär-elektromotorischen Erscheinungen bei Gegenwart oder bei Ausschluß der Bäusche bedinge.

Um diese Vermuthung zu prüfen, müssen wir mit Bäuschen eine solche Anordnung treffen, daß der Multiplicatorkreis, wenn er nach Oeffnung des Säulenkreises geschlossen wird, keine durchströmte gewesenen Grenzen ungleichartiger Elektrolyte enthalte. Eine Anordnung der Art haben wir bereits oben S. 384. 388. 398 in's Werk gesetzt, indem wir die Querbäusche mit einem balkenförmigen Bausch überbrückten, der mit gesättigter Kochsalzlösung getränkt war. In diesem Fall fand keine secundär-elektromotorische Wirkung statt, was gegen die Richtigkeit unserer Vermuthung zu sprechen scheint. Es wird indefs rathsam sein, uns nicht durch den Erfolg dieses Versuches von ferneren Prüfungen abhalten zu lassen. Die Möglichkeit ist offenbar da, daß ein poröser Körper mit einer Flüssigkeit getränkt keine innere Polarisation zeige, während er, mit einer anderen getränkt, dergleichen offenbare. Die Folge wird lehren, daß dies wirklich der Schlüssel zu dem hier vorliegenden Räthsel ist.

Um mit balkenförmigen Bäuschen, die mit einer anderen Flüssigkeit als mit gesättigter Kochsalzlösung getränkt sind, eine Anordnung zu treffen, die der gestellten Bedingung entpricht, würde offenbar nur nöthig sein, die Querbäusche, statt mit Kochsalzlösung, mit der Flüssigkeit des balkenförmigen Bausches zu tränken. Der Strom der Säule dringt in den Querbäuschen schwerlich mit merklicher Stärke bis an ihre Berührungsfäche mit den Zuleitungsbäuschen des Multiplicators vor; und

wenn er es thäte, würde er doch jene Fläche in gleichem Betrage in der einen oder der anderen Richtung durchströmen, so daß die Summe der in jeder Berührungsfläche hinterbleibenden elektromotorischen Wirkungen aller Wahrscheinlichkeit nach gleich Null würde.

Bei Ausführung des Versuches fand ich es indess bequemer, die Querbäusche, die, wie man sich erinnert, eigentlich für die Untersuchung von Muskeln und Nerven bestimmt waren (S. oben S. 384), durch eben solche balkenförmige Bäusche zu ersetzen, wie sie, mit verschiedenen Flüssigkeiten getränkt, zwischen den Querbäuschen dem Strom ausgesetzt wurden. Zu jedem Versuch wurden also jetzt drei solcher Bäusche, mit der nämlichen Flüssigkeit getränkt, angewendet, von denen zwei *A, A'* (S. Fig. 154. Taf. VI) die Zuleitungsbäusche der Säule mit denen des Multiplicators verbunden, der dritte aber, *B* in der Figur, von der Mitte des einen *A* nach der des anderen *A'* gebrückt war, so daß die drei Bäusche zusammen die Gestalt eines H bildeten. Die vier Zuleitungsbäusche waren natürlich auch hier stets mit den erforderlichen Sicherheitsbäuschen versehen.

Wie man sieht, entspricht diese Anordnung im Wesentlichen ganz der ursprünglichen mit den Querbäuschen. Sind die balkenförmigen Bäusche, welche, die Schenkel des H's bildend, die Zuleitungsbäusche der Säule und des Multiplicators miteinander verbinden, mit Kochsalzlösung getränkt, und der dritte, querüber gelegte Bausch *B* enthält eine andere Flüssigkeit aus der Zahl der oben bereits in den Kreis der Versuche gezogenen, so ist demgemäß der Erfolg völlig wie bei Anwendung der Querbäusche.

Mit Kochsalzlösung in dem Bausch *B* ist er also auch hier Null. Versuchen wir aber einmal, die Kochsalzlösung in den drei Bäuschen *A, A'* und *B* durch einige andere Flüssigkeiten zu ersetzen, um zu sehen, ob sich nicht, bei der einen oder anderen, elektromotorische Wirkungen kundgeben. Solche Wirkungen werden wir alsdann ohne Zögern als von innerer Polarisation herrührend ansprechen dürfen, da der Multiplicatorkreis, bei seiner Schließung nach Oeffnung des Säulenkreises, keine durchströmt gewesenen Berührungsstellen ungleichartiger Elektrolyte enthält.

1. Verdünnte Schwefelsäure.
2. Gemeine Salpetersäure.
3. Chlorwasserstoffsäure.
4. Concentrirte Kalihydratlösung.
5. Gesättigte Salpeterlösung.

Auch bei fünf Minuten Schluß der dreißiggliedrigen Grove'schen Säule keine Spur von Wirkung. Wird der Bausch *B* mit gesättigter Kochsalzlösung getränkt, statt mit derselben Flüssigkeit, die die Bäusche *A, A'* enthalten, so zeigt sich bei den drei Säuren eine starke negative, bei der Kalilauge eine starke positive Wirkung.

6. Gesättigte schwefelsaure Kupferoxydlösung. Es ist bei fünf Minuten Schluß der dreisiggliederigen Grove'schen Säule eine Spur negativer Wirkung wahrzunehmen.

7. Ammoniakflüssigkeit. Unter denselben Umständen starke negative Wirkung.

8. u. 9. Brunnenwasser und destillirtes Wasser. Schon bei kurzer Dauer der Durchströmung sehr starke negative Wirkung, die auch bei der längsten Dauer rein negativ bleibt.

10. Hühnereiweiß. Dasselbe, nur schwächer.

Es hat sich somit herausgestellt, daß Fließpapier, getränkt mit Kochsalz-, Salpeter- oder Kalihydratlösung, mit verdünnter Schwefelsäure, mit Salpetersäure und Chlorwasserstoffsäure keine innere Polarisirbarkeit zeigt, hingegen mit schwefelsaurer Kupferoxydlösung, mit destillirtem und Brunnenwasser, mit Ammoniakflüssigkeit und Hühnereiweiß solche allerdings, und zwar in verschiedenem Grade, offenbart. Hieraus, mit Hinzunahme einiger ferneren, ganz unbedenklichen Voraussetzungen, erklären sich nun die Widersprüche zwischen den beiden ersten oben mitgetheilten Versuchsreihen vollständig wie folgt. Es sind drei Fälle zu unterscheiden.

Den ersten bieten diejenigen Flüssigkeiten dar, mit denen getränkt der Bausch keine innere Polarisation zeigt. Hier ist die secundär-elektromotorische Wirkung die nämliche, gleichviel ob die Flüssigkeiten im Bausch, oder frei in einer Röhre, zwischen Kochsalzlösung gebracht werden.

Den zweiten Fall bieten diejenigen Flüssigkeiten, bei denen, wie bei schwefelsaurer Kupferoxydlösung, Brunnenwasser, destillirtem Wasser und Hühnereiweiß, die Wirkung in der Heberöhre, welche nur an der Grenze des Wassers und der Kochsalzlösung hat erzeugt werden können, rein positiv ist, im Bausch aber sich dazu eine negative Wirkung wegen innerer Polarisation gesellt. Diese macht sich, wenn beide Wirkungen zugleich im Spiel sind, im Allgemeinen dadurch bemerkbar, daß bei kurzer Durchströmung ein negativer Vorschlag dem positiven Ausschlag voraufgeht.

Um dies zu verstehen, hat man sich zu denken, daß von den beiden secundär-elektromotorischen Kräften von entgegengesetztem Zeichen, der inneren negativen und der äußeren positiven, wie wir sie der Kürze halber nennen wollen, die äußere positive langsamer mit der Dauer des Säulenschlusses wächst und mit der des Multiplicatorschlusses abnimmt als die innere negative.

In Fig. 155. Taf. VI. stellt die Abscissenaxe OT die Zeit vor, die ausgezogene Curve OA , ($+A$) das Gesetz, wonach die äußere positive Kraft,

die punktirte Curve $\theta I, (-I)$ dasjenige, wonach die innere negative Kraft mit der Dauer des Säulenschlusses wächst. Die Curven schneiden sich in s . Bei geringer Dauer des Säulenschlusses, vom Nullpunkt aus diesseits des Schneidepunktes s , hat vermöge ihres rascheren Wachsthums die innere negative Kraft die Oberhand. Man denke sich nun hier zur Zeit τ den Säulenkreis geöffnet und den Multiplicatorkreis geschlossen, so zeigen die Curven I, t, A, ϑ den Verlauf an, den die Abgleichung der Kräfte nimmt. Diese Curven schneiden sich in σ . Zu Anfang wird die Nadel allerdings von negativen Kräften getroffen, deren Betrag durch den schraffirten Flächenraum I, A, σ gemessen wird. Dann gewinnt, wegen des rascheren Sinkens der inneren negativen Kraft, die äußere positive die Oberhand, und es erfolgt ein Ausschlag in ihrem Sinne unter dem Einfluß der durch den unschraffirten Flächenraum $\sigma t \vartheta$ vorgestellten Summe von Kräften.

Dies erklärt die doppelsinnige Wirkung nach kurzer Durchströmung. Bei Anwendung der Verzögerungsscheiben oder der Methode des Uebertragens (S. oben S. 400. 402) wird freilich das Gesetz der Abnahme beider Kräfte ein anderes sein als bei freigestellter Abgleichung durch den Multiplicatorkreis. Doch ist leicht denkbar, daß auch hier die Curve der negativen Kräfte die steilere, die der positiven Kräfte die minder steile bleibe, und daß demgemäß beide Curven fortfahren, sich irgendwo, wie in der Figur bei σ , zu schneiden. Geschieht alsdann die Schließung des Multiplicatorkreises erst jenseits dieses Schneidepunktes, so fällt die Wirkung auf die Nadel, wie wir es oben a. a. O. gesehen, rein positiv aus.

Eine Verlängerung des Bausches muß zwar, indem sie die Stärke des Säulenstromes vermindert, sowohl die positiven Kräfte an den Grenzen als auch die überall im Inneren des Bausches verbreiteten negativen Kräfte herabsetzen. Trotzdem kann aber die Summe der letzteren Kräfte, über die ganze Länge des Bausches genommen, wachsen. Unsere Figur wird also durch die Verlängerung des Bausches dahin verändert werden, daß sämtliche Ordinaten der Curve der positiven Kräfte verkleinert, die der Curve der negativen Kräfte hingegen vergrößert werden. Man sieht leicht, daß dies, bei beziehungsweise gleichbleibender Steilheit beider Curven, die Wirkung haben muß, den negativen Vorschlag im Verhältniß zum positiven Ausschlag zu vergrößern. Denn es sei $\theta \mathfrak{Z}, (-\mathfrak{Z})$ die neue Curve der negativen, $\theta \mathfrak{A}, (+\mathfrak{A})$ die der positiven Kräfte; es seien ferner $\mathfrak{Z}, \sigma, t, \mathfrak{A}, \sigma, \vartheta$, die neuen Curven, in denen die Abgleichung geschieht, σ , der neue Schneidepunkt dieser Curven, so ist der unschraffirte Flächenraum $\mathfrak{Z}, \mathfrak{A}, \sigma$, im Verhältniß zum schraffirten Flächenraum σ, t, ϑ , größer, als der schraffirte I, A, σ im Verhältniß zu

dem unschraffirten $\sigma t \vartheta$. Dies kann so weit gehen, daß der Flächenraum σ, t, ϑ , ganz verschwindet, wo dann die Wirkung rein negativ wird. Es bedarf wohl nicht erst der Ausführung, daß Verkürzung des Bausches die entgegengesetzten Folgen nach sich ziehen müsse; bei hinreichender Verkürzung kann der die negativen Kräfte vorstellende Flächenraum im Verhältniß zu dem der positiven Kräfte so klein gemacht werden, daß die Wirkung ganz im Sinne der letzteren ausfällt.

Dasselbe Verhalten kann, wie die Fig. 155 ferner in Uebereinstimmung mit der Erfahrung lehrt, auch ohne Veränderung in der Länge des Bausches einfach durch Vergrößerung der Durchströmungsdauer erzielt werden. Dadurch wird der Vorgang in der Figur jenseits des Schneidepunktes s der Curven der negativen und der positiven Kräfte in die Gegend verlegt, wo der Unterschied der Ordinaten beider Curven ein positiver ist. Die positive Wirkung hat also von vornherein die Oberhand, und behält sie auch bei beziehungsweise gleichbleibender Steilheit beider Curven (I, t, A, ϑ) nach Oeffnung des Säulen- und Schließung des Multiplicatorkreises, so daß die negative Wirkung gar nicht zum Vorschein kommen kann.

Die vorstehende Zergliederung paßt vorzugsweise auf die Vorgänge bei Tränkung des Bausches mit Brunnenwasser. Bei schwefelsaurer Kupferoxydlösung statt des Brunnenwassers sind erstens die Ordinaten beider Curven absolut genommen sehr viel niedriger, für's zweite schneiden sie sich entweder sehr viel früher, oder es findet irgend eine andere Abänderung ihres Verlaufes statt, die zur Folge hat, daß die doppel-sinnige Wirkung der rein positiven bereits früher weicht, als dies bei dem Brunnenwasser der Fall ist.

Durch Verlängern des Bausches läßt sich, wie die Figur lehrt, der Zeitpunkt, wo dergestalt die negative Wirkung unmerklich wird, weiter hinausrücken, indem die Curven $\theta \mathfrak{S}$, ($-\mathfrak{S}$), $\theta \mathfrak{A}$, ($+\mathfrak{A}$), welche das Gesetz der Kräfte bei verlängertem Bausch vorstellen, sich erst später (bei s) schneiden als die ursprünglichen Curven $\theta I, I$, ($-I$), $\theta A, A$, ($+A$). In derselben Art, wie Verlängern des Bausches, wirkt aber Tränken desselben mit destillirtem Wasser, statt mit Brunnenwasser, unstreitig weil dabei die secundär-elektromotorische Kraft auf allen Punkten des Inneren des Bausches erhöht wird, nach einem Erfahrungssatze, von dem später die Rede sein wird. Indem die Größe der positiven Wirkung, soweit es sich beurtheilen läßt, dieselbe bleibt, werden also die Ordinaten der Curve der negativen Kräfte im Allgemeinen erhöht im Vergleich zu denen der Curve der positiven Kräfte, und der Schneidepunkt der beiden Curven dergestalt so weit hinausgerückt, daß mit destillirtem Wasser

noch ein heftiger negativer Vorschlag erfolgt, wo mit Brunnenwasser bereits rein positive Wirkung stattfinden würde (S. oben S. 400).

Was endlich die etwas abweichenden Erscheinungen bei Tränkung des Bausches mit Hühnereiweiß betrifft, so erklären sich dieselben eben so befriedigend, wenn hinsichtlich des Verlaufes der Curven geeignete Annahmen gemacht werden. Es sind, wie man sich erinnert, drei Zustände zu unterscheiden, der erste bei kurzer Durchströmung, wo rein negative, der zweite bei längerer Durchströmung, wo doppelsinnige, endlich der dritte bei noch längerer Durchströmung, wo rein positive Wirkung erfolgt. Die beiden letzten Zustände fallen, wie der Erscheinung, so der Auslegung nach, zusammen mit dem, was mit Brunnenwasser beobachtet wurde. Es handelt sich also nur darum, die Erscheinung bei kurzer Durchströmung damit in Einklang zu bringen. Dies kann unter anderen auf eine der beiden Arten geschehen, die in Fig. 156 Tafel VI vorgestellt sind. Man denkt sich entweder, daß die Curve der positiven Kräfte anfangs gegen die Abscissenaxe convex ist und erst später concav wird (Fig. 156 A), oder, was das einfachere ist, daß die Curve der negativen Kräfte steiler aufsteigt als bei den vorigen Flüssigkeiten (Fig. 156 B).

Der letzte der drei oben S. 409 angezeigten Fälle findet statt bei der Ammoniakflüssigkeit, wo die Wirkung in der Heberöhre zwischen Kochsalz, sowohl als im Bausch bei Hförmiger Anordnung, negativ ist. Es ist klar, daß sie demnach auch im Bausch zwischen Kochsalz rein negativ bleiben müsse.

Der Widerspruch zwischen den mit der Heberöhre und den mit dem Bausch zwischen Kochsalz erhaltenen Ergebnissen ist also dergestalt geschlichtet, und wo nach dem bisherigen Stande der elektrischen Kenntnifs keinerlei secundär - elektromotorische Wirkung zu gewärtigen war, haben wir unter Umständen sogar zwei verschiedene Arten derselben kennen gelernt. Von diesen knüpft sich die innere Polarisation der Bäusche bereits an früher Verhandeltes an (S. oben S. 380), und es soll demnächst noch ausführlicher darauf zurückgekommen werden. Hier will ich zunächst noch Einiges mittheilen, was sich auf die gänzlich neue Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte bezieht.

(IV) Nachweis der Polarisation an nur Einer Grenze ungleichartiger Elektrolyte.

Es ist also Thatsache, daß die Grenze zweier Elektrolyte, ganz unabhängig von der Gegenwart eines damit getränkten porösen Körpers, in Folge der Durchströmung ebenso der Sitz einer elektromotorischen Kraft werde, wie die Grenze eines Elektrolyten und eines Leiters der

ersten Klasse. Mit einem Worte, eine Schicht verdünnter Schwefelsäure zwischen zwei Massen Kochsalzlösung durchströmt, wirkt in der Art wie eine metallische Zwischenplatte, nur sehr viel schwächer. Sie wird negativ geladen oder polarisirt, um nach kurzer Zeit sich wieder mit ihren beiden Flächen gleichartig und daher unwirksam zu verhalten. Den obigen Erfahrungen nach zu urtheilen, giebt es vermuthlich kaum zwei Flüssigkeiten, die, ähnlich angeordnet, nicht dieselbe Erscheinung zeigten. Bei Anwendung metallischer Zwischenplatten aber ist die Wirkung, mit Ausnahme einiger höchst räthselhaften Fälle, deren oben Bd. I. S. 236. 610 gedacht wurde, stets negativ. Bei der äusseren Polarisation der feuchten Leiter, wie wir die neue Erscheinung, zur Unterscheidung von der oben S. 380 bezeichneten inneren Polarisation, fortan nennen wollen, ist dies, wie man gesehen hat, nicht mehr Regel, sondern bereits die kleine Anzahl von Combinationen feuchter Leiter, die wir geprüft haben, zeigte uns fast eben so häufig positive als negative Wirkungen.

Natürlich übrigens bedarf es, um die Polarisation an der Grenze feuchter Leiter aufzuweisen, nur Einer solchen durchströmten Grenze im Multiplicatorkreise. Die einfachste Art, dies durch den Versuch zu zeigen, ist die in Fig. 157 Taf. VI abgebildete, welche an das bekannte thermoëlektrische Kreuz PELTIER's erinnert¹. Die vier Zuleitungsgefäße werden so aufgestellt, daß die Multiplicatorbäusche einerseits, andererseits die Säulenbäusche, zwei aneinandertreffende Seiten eines Vierecks bilden. Der eine Zuleitungsbausch des Multiplicators *M* und der gegenüberstehende der Säule *S* werden durch einen balkenförmigen Kochsalzbausch *NaCl* verbunden. Ueber die beiden anderen Bäusche *M*, *S*, brückt man, mit jenem sich kreuzend und an der Kreuzungsstelle ihn berührend, einen zweiten balkenförmigen Bausch, der mit einer anderen Flüssigkeit, die gleichfalls keine innere Polarisation zuläßt, getränkt ist. Die ursprüngliche Gleichartigkeit des Multiplicatorkreises ist dabei, wie man sieht, eben so gesichert wie bei der Vorrichtung mit den Querbäuschen. Oeffnet man nun den Multiplicator und schließt den Säulenkreis, so geht der Strom durch die Schenkel des Kreuzes, die dem letzteren Kreise angehören, und die Berührungsstelle der beiden ungleichartigen Bäusche, schiebt aber wohl kaum Schleifen von irgend merklicher Kraft durch die beiden anderen dem Multiplicatorkreis angehörigen Schenkel. Wird darauf dieser Kreis wieder geschlossen, so erhält man einen Ausschlag, als Folge des Stromes durch die Berührungsstelle ungleichartiger Leiter. Legt man die Wippe des Stromwenders um, so erhält man den ent-

¹ Vergl. an den oben S. 394 Anm. angeführten Stellen.

sprechenden Erfolg für die andere Strömungsrichtung durch die Berührungsstelle. Der Fall ist denkbar, daß dieser Erfolg der Richtung und Gröfse nach keinesweges stets mit dem ersten übereinstimme, und daß man, wenn beide Berührungsstellen erst durchströmt und dann in den Multiplicatorkreis aufgenommen werden, wie es in unseren bisherigen Versuchen geschah, statt der Summe, wohl auch den Unterschied der an beiden Grenzen erzeugten Wirkungen zu sehen bekomme.

In den beiden Versuchen, die ich nach dieser Methode anstellte, bloß um die Richtigkeit des Princips zu erproben, fand dies indess nicht statt. In dem einen war der zweite Bausch SO_4H mit verdünnter Schwefelsäure getränkt, und die Berührungsstelle der Säure und der Kochsalzlösung gab einen starken negativen Ausschlag, gleichviel in welcher Richtung sie durchströmt worden war. In dem anderen war derselbe Bausch mit Brunnenwasser getränkt, und die Berührungsstelle gab für beide Strömungsrichtungen einen schwachen positiven Ausschlag. Brunnenwasser gestattet zwar das Hervortreten der inneren Polarisation des Fließpapiere, und dieser Versuch ist also nicht tadelfrei nach der obigen Vorschrift angeordnet. Indessen verschwand unter diesen Umständen die negative Wirkung der inneren Polarisation gegen die positive an der Grenze von Wasser und Salzlösung wegen der Kürze der vom Strom im Wasserbausch durchlaufenen Strecke.

(v) RITTER'sche Ladungssäule nur aus Elektrolyten zusammengesetzt.

Während dergestalt eine einzige Berührungsstelle ungleichartiger feuchter Leiter hinreicht, die neue elektromotorische Wirkung sichtbar zu machen, bedarf es kaum der Erwähnung, daß sich diese Wirkung, wie jede andere der Art, nach dem Grundsatz der Säulenbildung vielfältigen läßt. Mit abwechselnden Schichten zweier Flüssigkeiten, wie Kochsalzlösung und Schwefelsäure, kann man eine secundäre Säule völlig ebenso aufbauen, wie nach RITTER mit abwechselnden Schichten eines Metalls und einer Flüssigkeit. Um dies zu zeigen, diente mir die Fig. 150 Taf. VI abgebildete Vorrichtung mit den Hülfsbäuschen und eine Anzahl runder Pappscheiben von 35^{mm} Durchmesser, wie man sie, mit irgend einer Flüssigkeit getränkt, als Zwischenleiter bei den VOLTA'schen Säulen alter Bauart anzuwenden pflegte. Die einen Scheiben wurden mit gesättigter Kochsalzlösung, die anderen mit verdünnter Schwefelsäure getränkt. Auf jeden der beiden Querbäusche kam zunächst eine Salzscheibe zu liegen, darauf eine Säurescheibe, dann wieder eine Salzscheibe. Die beiden obersten Salzscheiben wurden durch den Schließungsbausch verbunden. So stellte die Anordnung eine zweigliederige Ladungssäule

dar. Indem auf jede Hälfte derselben noch eine Säure- und eine Salzscheibe aufgelegt wurden, konnte die Zahl der Glieder immer um zwei vermehrt werden. Die Säule wurde durch fünf Secunden lange Schließung einer zehngliederigen GROVE'schen Säule geladen. Die Prüfung geschah am Multiplicator für den Muskelstrom, dessen halbe Länge aber nur benutzt, und dessen Empfindlichkeit außerdem noch durch Vorlegen einer Nebenschließung sehr vermindert wurde. Der Erfolg war, wie sich bei Gegenwart eines erheblichen aufserwesentlichen Widerstandes von selbst versteht, ein Wachsen der Stromstärke mit zunehmender Gliederanzahl der feuchten Ladungssäule. 2; 4; 6 Glieder gaben beziehlich — 3.025 ; — 6° ; — 10° Ausschlag im Mittel der Wirkungen nach beiden Seiten. Sehr hoch gelang es in diesem Versuch nicht, die Vervielfältigung der elektromotorischen Kraft zu treiben, indem die dünnen Pappscheiben, deren 10 auf 13^{mm} gingen, sich dem Durcheinanderfließen der ungleichartigen Flüssigkeiten so wenig widersetzen, dafs, als die Säule aus 22 Gliedern bestand, ihre sechs ersten Lagen kaum noch halb so stark wirkten als ursprünglich. Innere Polarisation konnte hier beiläufig nicht im Spiele sein, da die Pappe mit keiner von beiden Flüssigkeiten dergleichen zeigte.

Bei einer anderen Gelegenheit stellte ich einen ähnlichen Versuch mit Pappscheiben an, die abwechselnd mit gesättigter Kochsalz- und Kalihydratlösung getränkt waren. In diesem Fall ist, wie man sich erinnert, die Ladung positiv, statt negativ, d. h. die secundär-elektromotorische Wirkung ist dem ursprünglichen Strome gleich gerichtet. Ich bediente mich der ganzen Länge des Multiplicators für den Muskelstrom, ohne Nebenschließung, und das Laden der secundären Säule geschah durch 20" lange Schließung der dreissiggliederigen GROVE'schen Säule. 1; 2; 3 Elemente gaben beziehlich + 26° ; + 35° ; + 47° Ausschlag. Sehr hoch liefs sich auch hier, und aus demselben Grunde wie oben, die Vervielfältigung der secundär-elektromotorischen Kraft nicht treiben.

(vi) Von der absoluten und relativen Stärke der an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte erzeugten secundär-elektromotorischen Kräfte.

Um von der absoluten Stärke der elektromotorischen Wirkungen, um die es sich hier handelt, einigermaßen eine Vorstellung zu geben, kann folgender Versuch dienen. Ueber die Hilfsbüchse wurde ein balkenförmiger Bausch gebrückt, der mit der verdünnten Schwefelsäure von 1.13 Dichte getränkt war. Durch diesen Bausch und die Hilfsbüchse wurde der Strom der dreissiggliederigen GROVE'schen Säule eine

Minute lang gesendet und dann die Vorrichtung durch den Multiplicator für den Muskelstrom in dem Zustande geschlossen, in dem derselbe für die Ladungssäule aus Kochsalzlösung und verdünnter Schwefelsäure benutzt worden war (S. oben). Es erfolgten 6° Ausschlag. Nachdem diese Ladung unmerklich geworden, wurde in den Multiplicatorkreis eine kleine Salpetersäure-Kalikette mit Platinelektroden aufgenommen. Obschon diese Kette den Widerstand des Kreises um ihren eigenen vermehrte, trieb sie doch die Nadel im ersten Ausschlag auf 40°. Ihre elektromotorische Kraft war also sehr viel größer, obschon bei der großen Schwingungsdauer der Multiplicatornadel freilich in Anschlag kommt, daß die Kraft der Säure-Alalikette beständig bleibt, während die der Ladung vom ersten Augenblick der Schließung des Multiplicator-, wahrscheinlich sogar der Oeffnung des Säulenkreises an, schnell abnimmt.

Liefs ich dem Multiplicator für den Muskelstrom seine volle Empfindlichkeit, so genügten 10" Secunden Schließung von nur fünf Gliedern der GROVE'schen Säule, um einen Ausschlag von 60° zu erzeugen, so daß diese Wirkung bereits gewöhnlicheren Versuchsmitteln zugänglich erscheint.

Im Vergleich zur Stärke des ursprünglichen Stromes aber bleibt freilich die des secundären Stromes in demselben Kreise stets nur sehr klein. Ich habe deshalb auch noch nicht versucht, die secundär-elektromotorische Kraft an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte durch die Veränderung der Stärke des ursprünglichen Stromes zu erkennen, wie dies für die entsprechende Kraft an der Grenze von Metallen und Elektrolyten ja nur allzuleicht gelingt. Jene große Schwäche der neuen hier aufgedeckten secundär-elektromotorischen Kraft macht es leicht erklärlich, weshalb dieselbe in den messenden Versuchen an Ketten mit mehreren flüssigen Leitern nicht in die Augen gefallen ist.

Ich glaube deshalb auch nicht, daß die äußere Polarisation an der Grenze der thierischen Theile oder der Eiweißhäutchen und der Kochsalzlösung in unseren bisherigen Versuchen je eine merkliche Wirkung ausgeübt habe. In der That sieht man, daß dieselbe stets zugegen war, während die innere Polarisation der Bäusche durch Tränkung derselben mit einer gesättigten Kochsalzlösung zufälligerweise beseitigt war. Da, wie die Folge lehren wird, die secundär-elektromotorische Kraft der inneren Polarisation neben der des ursprünglichen Stromes keinesweges verschwindet, so könnte dies Zutreffen beim ersten Blick als ein sehr glückliches, und der Gebrauch von mit destillirtem Wasser getränkten Fließpapierstreifen, wie sie von MATTEUCCI zum Ableiten des Muskelstromes empfohlen werden (S. oben Bd. I. S. 229. B. II. Abth. I. S. 151. Abth. II. S. 4), nunmehr doppelt verwerflich erscheinen. Indessen ist

zu bedenken, daß man bei allen Multiplicatorversuchen ja noch stets die weit stärker polarisirbaren metallischen Multiplicatorenden im Kreise hat. Für den Fall aber, daß diese aus dem Kreise verbannt wären, blieben zuletzt noch immer die thierischen Theile selber übrig, die, wie wir zum Theil schon wissen und noch genauer erfahren werden, innere Polarisirbarkeit in hohem Mafse besitzen.

(vii) Versuche zur Theorie der Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte.

Was die Ursache dieser neuen secundär-elektromotorischen Erscheinung betrifft, so lassen sich zwei Vermuthungen darüber aufstellen, entsprechend den beiden Wirkungen des Stromes im Inneren der Leiter, an die man dabei zunächst denken wird, seiner thermischen Wirkung nämlich und seiner elektrolytischen.

Um die Erscheinung thermisch zu erklären, müßte man erstens annehmen, daß zwischen Elektrolyten thermoëlektrische Ströme stattfinden; was noch nicht bewiesen ist, insofern die oben S. 199 ff. beschriebenen Versuche sich nur auf poröse Körper beziehen, die mit Elektrolyten getränkt sind. Für's zweite müßte man annehmen, daß für die Berührungsstellen zwischen ungleichartigen Elektrolyten ein ähnliches Gesetz stattfindet, wie das von PELTIER für die zwischen Metallen entdeckte, daß nämlich der Strom daselbst, je nach seiner Richtung, eine Temperaturerhöhung oder -Erniedrigung erzeugt (S. oben S. 394).

Ich habe mir, ganz unmittelbar, die Ueberzeugung verschafft, daß dies wenigstens nicht in leicht bemerkbarer Weise der Fall ist. Es standen mir, zu Versuchen der Art, zwei Thermometer von J. G. GREINER jun. zu Gebot durch die Güte des Dr. TRAUBE, in dessen Besitz sie nach dem Tode meines Freundes E. HALLMANN übergegangen waren. Sie sind in fünftel Grade CELSIUS getheilt, und der fünftel Grad ist fast 1^{mm} lang, so daß man mit vollkommener Bequemlichkeit $\frac{1}{50}^{\circ}$ abliest. Ich nahm ein weites Uförmiges Rohr, füllte dasselbe zum Theil mit gesättigter Kochsalzlösung, und goß alsdann, mittelst einer Pipette, vorsichtig verdünnte Schwefelsäure von 1.13 Dichte, die mit Lackmus gefärbt war, in den einen Schenkel. Sie blieb scharf geschieden von der Kochsalzlösung auf derselben schwimmen, und ich setzte nun einerseits die verdünnte Schwefelsäure, andererseits die Kochsalzlösung mit den beiden Zuleitungsgefäßen der Säule in Verbindung durch weite Heberöhren, die gleich diesen Gefäßen mit gesättigter schwefelsaurer Kupferoxydlösung gefüllt, und auf Seiten des Uförmigen Rohres mit Blase überbunden waren. Endlich senkte ich einen der oben beschriebenen Thermo-

meter so tief in den Schenkel mit der Schwefelsäure ein, daß die scharfe Grenze zwischen Säure und Salzlösung mitten durch die Kugel ging. Nachdem das Thermometer einen ruhigen Stand angenommen hatte, sandte ich den Strom der dreisigglieiderigen GROVE'schen Säule durch die Vorrichtung, immer fünf Minuten lang in der einen und fünf Minuten lang in der anderen Richtung, alle fünf Minuten den Stand des Thermometers ablesend, und so fort eine Stunde lang.

Das Ergebnifs zweier nach diesem Plan angestellten Versuche war, daß das Thermometer fortdauernd stieg, aus unbekanntem Gründen bald schneller, bald langsamer, daß sich aber in der Reihe der Unterschiede der aufeinanderfolgenden Ablesungen durchaus kein Gesetz erkennen liefs. Die Erwärmung betrug im Ganzen nur wenige Grade; viel stärker wurden dagegen, dem Gefühl nach zu urtheilen, die mit der Kupferlösung gefüllten Verbindungsrohren erwärmt, die ohne Zweifel auch den größten Widerstand darboten. Im Ganzen hatte wohl die Säule nicht die richtigen Verhältnisse, um, unter den gegebenen Umständen des Versuches, starke thermische Wirkungen zu erzeugen. Doch halte ich es nach diesen Versuchen für bewiesen, daß, wenn an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte eine Wirkung stattfindet, wie die von PELTIER an der Grenze ungleichartiger Metalle entdeckte, diese Wirkung unter den Umständen unserer Versuche über äufserer Polarisation gänzlich verschwindend war, und daß die thermische Hypothese über die Ursache der äufseren Polarisation der feuchten Leiter somit jeder erfahrungsmäßigen Grundlage entbehrt.

Es liegt denn auch wohl unstreitig von vorn herein näher, diese neue Art der Polarisation in Beziehung zu setzen zur elektrolytischen Wirkung des Stromes, auf der ja auch die Polarisation der metallischen Elektroden beruht. Indem der Strom die Grenze zweier ungleichartigen Elektrolyte überschreitet, muß er, nach v. GROTHUSS' Lehre (S. oben Abth. I. S. 322. 323), die elektropositiven Bestandtheile der Flüssigkeit, die er verläßt, den elektronegativen Bestandtheilen der Flüssigkeit, in die er eintritt, zukehren, beide freimachen, und die freigewordenen zur Verbindung antreiben, wenn dieselbe möglich ist. So kann zwischen den beiden Flüssigkeiten eine Schicht einer dritten entstehen, und die Möglichkeit elektromotorischer Wirkungen liegt am Tage. Es ist klar, daß jene Schicht die Dauer des Stromes, der sie in's Dasein rief, einige Zeit wird überdauern können, und daß sie um so massenhafter entwickelt, und folglich um so länger und innerhalb gewisser Grenzen um so stärker elektromotorisch wirksam sein wird, je größer Stärke und Dauer des ursprünglichen Stromes.

Die Erzeugung einer solchen Zwischenschicht durch den Strom ist

aber insofern keine bloße Vermuthung, als ich diese Schicht wenigstens in Einem Falle thatsächlich habe nachweisen können. Man brückt über die mit gesättigter Kochsalzlösung getränkten Querbäusche (Fig. 150) einen mit destillirtem Wasser getränkten balkenförmigen Bausch, gleich als ob man die Polarisation an der Grenze beider Flüssigkeiten beobachten wollte. Der Wasserbausch ist aber an den Stellen, wo er die Querbäusche berührt, mit veilchenblauem Lackmuspapier bekleidet. Läßt man den Strom der dreißiggliederigen GROVE'schen Säule einige Zeit hindurchgehen, so findet man, daß das Lackmuspapier da, wo der Strom aus dem Salz in den Wasserbausch tritt, eine deutliche blaue, da hingegen, wo er den Wasser- für den Salzbausch verläßt, eine etwas minder ausgesprochene rothe Färbung angenommen hat.¹ In der That trifft an der ersten Stelle das mit dem positiven Strom wandernde Natrium den gegen denselben wandernden Sauerstoff, der von der Zersetzung des Wassers herrührt, und muß damit Natron bilden; während das elektronegative Chlor an der anderen Grenze mit dem Wasserstoff Chlorwasserstoffsäure bildet. Das Natron und die Chlorwasserstoffsäure aber finden keine elektronegativen und -positiven Stoffe, mit denen sie sich verbinden könnten, und treten deshalb aus dem elektrochemischen Spiel der Molekeln aus, indem sie ihre Ladung beziehlich dem Wasserstoff und Sauerstoff übergeben.

Es ist hiernach wohl sehr wahrscheinlich, daß mit der gegebenen Erklärung der Polarisation an der Grenze feuchter Leiter im Allgemeinen das Rechte getroffen sei. Damit stimmt auch das Verhalten der zwischen gesättigte Kochsalzlösung gebrachten gesättigten neutralen Salzlösungen, Salpeterlösung und schwefelsaurer Kupferoxydlösung, insofern die Wirkung an ihrer Grenze fast unmerklich war. Was nun hier zunächst zu

¹ HUMPHRY DAVY kam durch seine Versuche zu dem Ergebniss, daß die übergeführten sauren und alkalischen Bestandtheile unterweges nicht auf reagirende Papiere wirken. (Philosophical Transactions for the Year 1807. P. I. p. 22;* — GILBERT's Annalen der Physik. 1808. Bd. XXVIII. S. 30—32;* — FECHNER, Lehrbuch des Galvanismus und der Elektrochemie u. s. w. 1829. S. 361.*) Ich weiß meinen Versuch mit den seinigen nicht in Einklang zu bringen, dagegen sehe ich darin einen neuen Fall der Ausscheidung der Ionen in der Strombahn anderwärts als an der Grenze metallischer Leiter, der sich an die beiden bereits von FARADAY hervorgehobenen Fälle anschließt, wo Ausscheidung stattfindet erstens gegen Luft (Experimental Researches in Electricity. Reprinted from the Philosophical Transactions. London 1839. vol. I. p. 130. 142. Series V. June 1833. No. 461—470. 497. 498;* — POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1834. Bd. XXXII. S. 405. 422;* — HENRICI, ebendas. 1839. Bd. XLVII. S. 437*), zweitens unter besonderen Umständen auch gegen Wasser, wenn nämlich das Ion darin unlöslich ist, wie z. B. Magnesia. (Experimental Researches etc. I. c. p. 140. No. 493—498. p. 154. No. 533;* — POGGENDORFF's Annalen u. s. w. a. a. O. S. 419. 440. — LEOPOLD GMELIN, ebendasselbst 1838. Bd. XLIV. S. 28. 29.*)

thun sein würde, um die angedeutete Theorie etwas näher auszuführen, möchte etwa folgendes sein. Man müfste versuchen nachzuweisen, dafs, wenn man eine Kette aus mehreren feuchten Leitern so anordnet, wie sie, nach unserer Voraussetzung, der Strom in einem bestimmten Falle vorübergehend erzeugen mufs, man dieselbe Strömungsrichtung erhält, welche die Polarisation in jenem Falle zeigt. Natürlich müfste man zu dieser Prüfung solche Zusammenstellungen feuchter Leiter wählen, bei denen es möglich ist, mit hinreichender Sicherheit die Natur der durch den Strom bedingten Veränderungen an der Grenze der verschiedenen Leiter zu beurtheilen. Man müfste ferner, um die Dinge möglichst zu vereinfachen, sich an den Vorgang an nur einer, erst in der einen, dann in der anderen Richtung, durchströmten Grenze halten, wobei man auf die oben S. 412 beschriebene, in Fig. 157 versinnlichte Art zu verfahren haben würde, die an das PELTIER'sche Kreuz erinnert. Den Erfolg bei beiden Strömungsrichtungen hätte man alsdann einzeln durch Ketten aus mehreren flüssigen Leitern nachzuahmen. Gelänge dies, so, sieht man, würde damit für die Polarisation an der Grenze feuchter Leiter dasselbe geleistet sein, was für die Polarisation in Wasser befindlicher Elektroden durch den Versuch, in welchem von zwei ursprünglich gleichartigen Platinplatten die eine positiv gegen die andere gemacht wird dadurch, dafs man sie beziehlich in Wasserstoff und Sauerstoff taucht.

Ich habe in dieser Richtung erst einen und zwar nicht glücklichen Versuch angestellt. Unter den oben S. 404 aufgeführten Zusammenstellungen feuchter Leiter, an deren Grenze wir die Polarisation beobachteten, finden sich nur wenige hinreichend einfache, um den Erfolg der Durchströmung im Voraus bestimmen und künstlich nachbilden zu können. Am meisten schien sich dazu noch der oben bereits zergliederte Fall von Wasser zwischen Kochsalzlösung zu eignen, wo nach Theorie und Versuch die Wirkung des Stromes darauf hinauszulaufen scheint, dafs da, wo er aus dem Salz in das Wasser tritt, Natron, hingegen wo er aus dem Wasser in das Salz tritt, Chlorwasserstoffsäure frei wird. Diese Wirkung ist leicht nachzuahmen.

Ich verband die Zuleitungsgefäfsse mit der halben Länge des Multiplators für den Muskelstrom, und versah ihre Zuleitungsbäusche mit Sicherheitsbäuschen. Auf den einen Sicherheitsbausch legte ich einen ähnlichen, mit Chlorwasserstoffsäure getränkten Bausch und verband ihn mit dem anderen Sicherheitsbausch durch einen balkenförmigen Wasserbausch. Die Säure hatte in verschiedenen Versuchen verschiedene Concentrationsgrade. Ich versuchte nacheinander die käufliche Säure, dann dieselbe mit 10, 20, 30 Raumtheilen Wassers verdünnt. Bei einer anderen Versuchsreihe liefs ich den Säurebausch fort, und betupfte nur den

Wasserbausch an der Stelle, wo er den Sicherheitsbausch berühren sollte, mit einem in die käufliche Säure getauchten Glasstabe. In allen Fällen erfolgte ein starker Strom von der Säure zum Wasser in der Flüssigkeit, also im umgekehrten Sinne eines Stromes, der an der Grenze von Salz und Wasser Säure erzeugt haben würde, oder, wenn man sich die Säure dergestalt durch einen vorausgegangenen Strom entwickelt vorstellt, negativer Polarisation entsprechend.

Dieselbe Versuchsreihe, mit den nämlichen Abänderungen, wurde mit Natronlauge angestellt. Der Strom ging unabänderlich vom Wasser zum Natron, abermals negativer Polarisation entsprechend.

Zum Ueberflufs wiederholte ich auch noch den Versuch mit Säure und Natron zugleich an beiden Enden des Wasserbausches, ebenfalls mit mehreren Abänderungen in Bezug auf Concentration der beiden wirk-samen Flüssigkeiten und auf die Menge, in der sie zwischen den Salz- und Wasserbausch gebracht wurden. Unabänderlich aber ging der Strom von der Säure durch das Wasser zum Natron, also fort und fort negativer Polarisation entsprechend.

Die beiden ersten Versuche ahmten, wie man bemerkt hat, die oben S. 412 beschriebene, dem PELTIER'schen Kreuz verwandte Anordnung nach, wo nur eine der beiden Berührungsstellen durchströmt wird; der letztere hingegen diejenige Anordnung, bei der die beiden, Kochsalz enthaltenden Hülfsgefäße mit einer Heberöhre voll Wassers überbrückt wurden (S. oben S. 404). In allen diesen Fällen war die von uns wirklich beobachtete Polarisation rein positiv, sobald die innere Polarisation des Fliesspapiere aufser Spiel gebracht war. Die obigen Erfolge sind also in gar keinem Einklang mit denen, die sie erläutern sollen.

Befremdend ist denn auch, vom Standpunkt der obigen Theorie aus, der Mangel an Uebereinstimmung zwischen der elektrochemischen Beschaffenheit der Flüssigkeiten und der Richtung, in der sie, zwischen Kochsalzlösung durchströmt, secundär-elektromotorisch wirken. Unter den Flüssigkeiten, die negative Polarisation gaben, befinden sich saure, neutrale und alkalische; unter den positiv wirksamen gleichfalls neutrale und alkalische.

Ein Punkt, der hier wohl ferner zu Versuchen auffordern würde, ist der Mechanismus des Abgleichens der äusseren Polarisation der Elektrolyte. Bei negativer secundär-elektromotorischer Kraft zwar ist es hier wie bei der Polarisation metallischer Elektroden einsichtlich, dafs die Ionen sich in dem durch sie erzeugten secundären Strom wieder verzehren werden. Bei positivem Vorzeichen jener Kraft dagegen scheint es, als ob der secundäre Strom fortfahren müfste, Ionen in demselben Sinne anzuhäufen, so dafs, wenn nicht die Diffusion stärker auf Zer-

streuung der Ionen hinwirkte, die einmal durch den ursprünglichen Strom gebildete Zwischenschicht immerfort müfste bestehen bleiben.

Indessen habe ich diese Untersuchung nicht weiter verfolgt. Mein Interesse daran durfte zunächst nur ein praktisches sein, und mußte zurücktreten, sobald ich die Natur der Erscheinung genau genug ermittelt hatte, um deren Einfluß bei den eigentlich hier beabsichtigten Versuchen beurtheilen und denselben gelegentlich unschädlich machen zu können. So weit sind wir aber jetzt gelangt, und ich habe deshalb auch die mannigfachen anderen Fragen, die sich hier aufdrängen, vor der Hand unbeantwortet gelassen. Ich habe mich deshalb auch auf die geringe Anzahl der oben angeführten Zusammenstellungen von Flüssigkeiten beschränkt, bei denen allen gesättigte Kochsalzlösung die eine Flüssigkeit abgab. Möglich, daß man, bei Vervielfältigung der Versuche, auf noch viel wirksamere Anordnungen stoßen würde, als die welche sich uns dargeboten haben. Von Wichtigkeit würde es gewesen sein, den Einfluß der Temperatur und der Stromdichte auf die neue Art der Polarisation zu erforschen. Im Allgemeinen jedoch ist zu bezweifeln, daß man hier zu befriedigenden Aufschlüssen gelange, ehe nicht die Lehre von der Elektrolyse und die von den Ketten aus mehreren flüssigen Leitern etwas weiter gediehen sind. Vielleicht ist es auch dem von WIEDEMANN¹ so erfolgreich begonnenen Studium der Fortführungserscheinungen durch den elektrischen Strom vorbehalten, hier einiges Licht zu verbreiten.

Schließlich erwähne ich noch, daß, was wir hier als Polarisation an der Grenze ungleichartiger feuchter Leiter bezeichnet haben, nicht zu verwechseln ist mit SCHOENBEIN's sogenannter Polarisirung flüssiger Leiter. Diese beruht nämlich auf einer durch gewöhnliche Ausscheidung von Ionen an metallischen Elektroden bewirkten Ungleichartigkeit verschiedener Theile einer ursprünglich gleichartigen Flüssigkeitsmasse, und giebt sich dadurch zu erkennen, daß beim Eintauchen neuer gleichartiger Elektroden in diese verschiedenen Theile ein Strom von umgekehrter Richtung des ursprünglichen entsteht.²

¹ Monatsberichte der Königl. Preussischen Akademie der Wissenschaften. März 1852. S. 151; * — POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1852. Bd. LXXXVII. S. 321; * — RAOULT, Comptes rendus etc. 9 Mai 1853. t. XXXVI. p. 826; * — Archives des Sciences physiques et naturelles etc. 1853. t. XXIII. p. 179.*

² VAN BECK, Annales de Chimie et de Physique etc. Mai 1828. t. XXXVIII. p. 49; * — POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1828. Bd. XII. S. 274; * — SCHOENBEIN, Comptes rendus etc. 22 Octobre 1838. t. VII. p. 741; * — ibid. 17 Décembre. p. 1065; * — L'Institut. 1838. t. VI. No. 260. p. 414; * — No. 252. p. 345; * — POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1839. Bd. XLVI. S. 118; * — XLVII. S. 101; * — The Philosophical Magazine etc. New Series. 1839. vol. XIV. p. 43; * — Bibliothèque universelle etc. Nouvelle Série. 1839. t. XVIII. p. 173.* — S. auch PELTIER, Comptes rendus etc.

4. Erwägung der Sachlage mit Rücksicht auf die neuerkannte Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte, und dadurch bedingte Abänderung der zur Untersuchung der secundär-elektromotorischen Wirkungen der thierischen Theile bestimmten Vorrichtung.

Nehmen wir jetzt den Faden unserer Untersuchung wieder auf. Sie war gerichtet auf die Erforschung der positiven secundär-elektromotorischen Wirkungen, welche wir unter gewissen Umständen von den Muskeln erhalten hatten. Wir hatten eine Vorrichtung ersonnen zum Zweck, die thierischen Theile dem erregenden Strom auszusetzen und die etwa erfolgenden secundär-elektromotorischen Wirkungen zu beobachten, ohne jene Theile zwischen den Multiplicatorenden zu verrücken. Bei der Prüfung dieser Vorrichtung auf ihre Brauchbarkeit war es, das wir auf die Polarisation an der Grenze ungleichartiger feuchter Leiter stießen. Wie man sich leicht denken mag, kann diese Entdeckung nicht verfehlen, auf die Sachlage der gegenwärtigen Untersuchung einen erheblichen Einfluss auszuüben. Ja es fragt sich geradezu, wie viel denn nun noch von unseren früheren Beobachtungen stehen bleibe.

Es ist klar, das nur diejenigen darunter jetzt noch für tadelfrei gelten können, bei denen keine durchströmte Grenze ungleichartiger Elektrolyte in den Multiplicatorkreis aufgenommen wurde. Diese Bedingung findet sich aber in jenen Beobachtungen einzig und allein für die negativen Wirkungen der Muskeln wegen innerer Polarisation erfüllt, indem bei diesen der secundäre Strom auch von anderen Stellen abgeleitet wurde als von solchen, durch die der ursprüngliche Strom zugeführt worden war. Dank diesem Umstande können wir es also noch für bewiesen ansehen, das das Muskelfleisch mit innerer Polarisirbarkeit begabt ist.

Was aber die positiven Wirkungen der durchströmten Muskeln betrifft, um deren willen wir uns in diese Untersuchung eingelassen haben, so sind sie bisher nur ganz roh mittelst der Methode des Uebertragens beobachtet worden, wobei die Ableitung des secundären Stromes im Allgemeinen von denselben Stellen stattfindet, durch die der ursprüngliche Strom eintrat. Erinnerung man sich ferner, das wir an den durchströmten thierischen Gliedern bereits, wie an den durchströmten Bäuschen, Spuren der Ausscheidung von Zersetzungsstoffen an den Ein- und Austrittsstellen des Stromes wahrnahmen, und endlich, das Wasser und Hühner-

eiweiß zwischen Kochsalz positive äußere Polarisation zeigten; so hat es jetzt freilich den Anschein, als ob sich jene positiven Wirkungen, statt als eine neue den Muskeln eigenthümliche elektromotorische Wirkung, nur noch einfach als äußere Polarisation der Muskeln zwischen Kochsalz erweisen würden.

Indessen giebt es andererseits auch wieder Gründe, welche gegen einen solchen Ursprung der besagten positiven Wirkungen sprechen. So wurde dadurch, bei Anwendung nur weniger GROVE'schen Glieder, und nach wenigen Secunden Durchströmung, die Nadel des Multiplicators für den Muskelstrom an die Hemmung geführt. Sie sind also beträchtlich stärker als die Wirkungen wegen äußerer Polarisation sich gewöhnlich darstellen. Sodann würde, wenn dies ihre Natur wäre, ganz räthselhaft bleiben, daß sie mit dem Verlust der Lebenseigenschaften aufhören.

Wir haben also Grund, dennoch in dem Unternehmen zu beharren, diese, dem Lebenszustand angehörigen positiven Wirkungen genauer zu verfolgen. Allein die Vorrichtung, mit der wir oben S. 388 glaubten diesen Zweck erreichen zu können, zeigt sich ihm jetzt nicht mehr entsprechend. Wir wissen nun, daß wir bei der Anwendung der mit Kochsalzlösung getränkten Querbäusche, wie sie damals beabsichtigt wurde, stets die Polarisation an der Grenze der Salzlösung und der thierischen Theile oder der Eiweißhäutchen, die zwischen den beiden letzteren für Null gerechnet, mit im Spiel haben würden. In vielen Fällen dürfte diese Störung allerdings unmerklich sein; dennoch müssen wir um jeden Preis bemüht sein, die daraus erwachsende Unsicherheit zu beseitigen.

Die Versuchsweise, die wir im Vorigen angewendet haben, um die äußere Polarisation an durchströmten Bäuschen aufser Spiel zu bringen, bestand darin, die Hilfsbäusche, wodurch diese einerseits mit den Säulen-, andererseits mit den Multiplicatorbäuschen in Verbindung standen, statt mit Salzlösung, mit derselben Flüssigkeit zu tränken, die der durchströmte Bausch enthielt. Indem dieser Gedanke mit Bäuschen auf die einfachste Art verwirklicht wurde, entstand was wir die Hförmige Anordnung dreier balkenförmiger Bäusche genannt haben (S. oben S. 408. Fig. 154. Taf. VI). Ich brauche nicht zu sagen, daß zur Ausführung mit Muskeln und Nerven statt mit Bäuschen diese Anordnung nicht geeignet ist. Wohl aber könnte man daran denken, von demselben Versuchsplan ausgehend, die ursprüngliche, zur Erforschung thierischer Theile bestimmte Vorrichtung, aus der die Hförmige Anordnung entsprungen ist, dahin abzuändern, daß die Querbäusche statt mit Kochsalzlösung, mit Eiweiß oder Blutserum getränkt würden, indem anzunehmen ist, daß an der Grenze dieser Flüssigkeiten und der thierischen Theile keine merkliche Polarisation stattfindet. Leider aber zeigt, wie

wir in Erfahrung gebracht haben, das Fließpapier bei Tränkung mit Hühnereiweiß innere Polarisirbarkeit. Man würde also, bei diesem Verfahren, nur das eine Uebel mit dem anderen vertauscht haben.

Es bleibt demnach nichts übrig, als auf eine andere Art zu sinnen, die äußere Polarisation aus dem Spiel zu bringen. Dies geschieht am einfachsten, bequemsten und sichersten offenbar dadurch, daß der secundäre Strom von anderen Stellen der Oberfläche der thierischen Theile abgeleitet wird als denen, durch die der ursprüngliche zugeführt wurde, während die thierischen Theile ebenso, wie bei der früher beabsichtigten Versuchsweise, in unverrückter Berührung mit den Säulen- und Multiplikatorbäuschen verharren. Dies setzt, wie man sieht, voraus, daß man den thierischen Theilen, behufs des Zu- und Ableitens von Strömen, an vier Stellen zugleich beikommen könne, und folglich, in Anbetracht der häufig nur geringen Ausdehnung jener Theile, besondere Einrichtungen, um entweder den Strom nur einem möglichst beschränkten Punkt ihrer Oberfläche zuleiten, oder das elektromotorische Verhalten eines einzelnen solchen Punktes ermitteln zu können.

Eine in technischem Bezuge ähnliche Aufgabe haben wir bereits im Beginn dieser Untersuchungen (S. oben Bd. I. S. 223. 507. 508 und dazu Fig. 37. Taf. IV desselben Bandes) gelöst, als es sich darum handelte, das elektromotorische Verhalten der verschiedenen Punkte des künstlichen Querschnittes der Muskeln zu ermitteln. Damals gaben wir den spitzen Hülfsbäuschen, deren wir uns bedienten, nur wenige Lagen, und legten sie entweder auf die Oberfläche der Zuleitungsbäusche oder klemmten sie zwischen deren Lagen ein. Diese Einrichtung leidet indess an dem Uebelstand, daß die Hülfsbäusche sich zu leicht verschieben, oder wohl gar herunterfallen; sie haben nicht die gehörige Steifigkeit; ihre Spitzen biegen sich bereits unter einem leichten Druck, oder sinken im durchtränkten Zustande wohl gar durch die Schwere allein herab; endlich lassen sie sich nicht gehörig mit Eiweißhäutchen bekleiden, und wollte man sie selber mit Eiweiß tränken, so würden sie einen zu großen Widerstand darbieten.

Die in Fig. 158 A. Taf. VI dargestellte Gestalt der Vorrichtung ist frei von diesen Mängeln und mehr geeignet für die mannichfaltigen Anwendungen, die wir jetzt daran zu machen haben werden. Der Hülfsbausch selbst besteht aus einer hinreichend großen Anzahl von Fließpapierlagen, um ihm die erforderliche Steifheit zu verleihen. Er läuft aus in eine senkrechte keilförmige Schneide, welche sich sehr dazu schickt, das elektromotorische Verhalten einzelner Stellen eines wagerecht ausgespannten Muskels oder Nerven zu erforschen, und von der er den Namen Keilbausch erhält. Um den Keilbausch an den Zuleitungsbausch zu be-

festigen, habe ich zwei Methoden. Entweder ich durchbohre letzteren mit einem Spitzbohr an zwei Stellen, und ziehe durch die Löcher Fäden, mittelst deren ich den Keilbausch am Zuleitungsbausch unverrückbar festbinde. Oder ich durchbohre beide mit einem Locheisen, was im durchtränkten Zustande der Bäusche sehr gut gelingt, und stecke durch die Löcher einen mit starker Reibung darin beweglichen, aus einem Thermometerrohr gefertigten gläsernen Nagel, der in Fig. 158 B in halber natürlicher Gröfse abgebildet ist. Diese Methode hat vor der ersten den Vorzug, dafs man den Keilbausch vom Zuleitungsbausch leicht entfernen und ihn wieder daran anbringen kann, wie auch dafs der Keilbausch um den gläsernen Stift als senkrechte Axe beweglich bleibt und so verschiedene Stellungen erhalten kann.

Wir wollen nun zusehen, ob diese Vorrichtung im Stande ist, uns vor der Einmischung der äufseren Polarisation in unsere Ergebnisse zu sichern. Zu diesem Zweck denke man sich die beiden Zuleitungsbüsche der Säule mit einem balkenförmigen Bausch überbrückt, der mit irgend einer Flüssigkeit getränkt ist, welche keine innere Polarisation gestattet, deren Grenze gegen Kochsalzlösung aber der Sitz einer lebhaften äufseren Polarisation zu werden vermag, also z. B. mit verdünnter Schwefelsäure, mit concentrirter Kalihydratlösung. An zwei Punkte der Länge des so durchströmten Bausches seien die Schneiden der Keilbüsche angelegt. Damit die Schneiden nicht mit der Flüssigkeit des durchströmten Bausches verunreinigt werden, sind sie mit einigen Lagen Fließpapier bekleidet, das mit gesättigter Kochsalzlösung getränkt ist. Ist der Multiplicatorkreis offen und sind dessen Zuleitungsgefäße wohl von einander isolirt, so hat der durch den Bausch kreisende Strom der Säule in den Keilbüschen offenbar nichts zu suchen. Wird nachmals der Säulenkreis geöffnet, der Multiplicatorkreis geschlossen, so enthält also letzterer keine während des Säulenschlusses durchströmt gewesene Berührungsstelle ungleichartiger feuchter Leiter. Demgemäfs bleibt auch bei 15" Schlufs der dreifsiggliederigen Grove'schen Säule die Nadel völlig unbewegt. Zerschneidet man aber den Schwefelsäure- oder Kalibausch zwischen den Schneiden der Keilbüsche, rückt die beiden Hälften mit den daran liegenden Schneiden auseinander und füllt die Lücke mittelst eines Kochsalzbausches aus, so erhält man, trotz dem vermehrten Widerstande, im ersten Falle Anschläge an die negative, im letzteren an die positive Hemmung, weil nun der Multiplicatorkreis, bei seiner Schließung nach Oeffnung des Säulenkreises, wieder Berührungsstellen ungleichartiger feuchter Leiter enthält, die während des Schlusses des Säulenkreises durchströmt waren.

Vielleicht ist es richtiger, sich den Vorgang in diesem Versuch so

zu denken, daß der Strom etwas in die Schneide eines jeden Keilbäusches einbiegt, um darin eine Schleife zu bilden, und sie alsbald wieder zu verlassen. Dann würden die Berührungsflächen der Schneiden und des durchströmten Bäusches, die sich nachher im Multiplicatorkreise befinden, in der That durchströmt sein, allein nur von einer sehr kleinen Elektrizitätsmenge, und zwar von dieser in beiden Richtungen. Die Summe der elektromotorischen Wirkungen, welche an einer so durchströmten Berührungsstelle hinterbleiben, wird demnach Null, oder wenigstens sehr nahe Null sein müssen (Vergl. oben S. 408).

Tränkt man bei dieser Versuchsweise den durchströmten Bausch mit Brunnen- oder destillirtem Wasser oder mit Hühnereiweiß, so erhält man eine starke, rein negative Wirkung wegen innerer Polarisation, wie bei der Hförmigen Anordnung. Doch darf man, bei allen diesen Versuchen, die Berührung der Keilbäusche mit dem durchströmten Bausch nicht zu lange fortsetzen. Alsdann nämlich dringt Kochsalzlösung aus den ersteren Bäuschen in den letzteren ein, und der Erfolg ist derselbe, als hätte man den durchströmten Bausch an zwei Stellen, entsprechend den Schneiden der Keilbäusche, zerschnitten, und Kochsalzbäusche zwischen seine beiden äußeren Stücke und das mittlere eingeschaltet. In Folge davon mischt sich die äußere Polarisation zwischen Kochsalz und der Flüssigkeit, mit der der Bausch getränkt ist, in das Ergebnis ein, und ändert dasselbe in den einzelnen Fällen so ab, wie man leicht aus dem Vorhergehenden entnehmen kann. Also z. B. mit Schwefelsäure erfolgt allerdings bei sehr langer Durchströmung eine negative, mit Kalihydratlösung eine positive, mit Wasser eine doppelsinnige Wirkung u. s. f. Doch ist leicht zu zeigen, daß dies wirklich von dem Eindringen der Kochsalzlösung herrührt, und nicht etwa von einer der Vorrichtung wesentlich anhaftenden Unvollkommenheit, vermöge welcher sie die äußere Polarisation nicht völlig auszuschließen im Stande wäre. Dies ergibt sich daraus, daß die Wirkung im Sinn der äußeren Polarisation sich nicht einstellt, wenn man die Schneiden der Keilbäusche mit einer hinreichend dicken Lage Fliespapier bekleidet, das mit derselben Flüssigkeit getränkt ist, wie der durchströmte Bausch; ferner daraus, daß, wenn in Folge langer Berührung des durchströmten Bäusches mit den Schneiden der Keilbäusche die Zeichen äußerer Polarisation sich einmal eingestellt haben, man dieselben auch bei kurzer Durchströmung erhält, wo sie vorher nicht erschienen; endlich daraus, daß man den fraglichen Zustand auch leicht und schnell dadurch herbeiführen kann, daß man den durchströmten Bausch zwischen den Schneiden der Keilbäusche entweder mit einem Salzbausch dauernd berührt, so daß dessen Lösung in den durchströmten Bausch eindringen kann, oder auch nur mittelst eines-

Pinsels oder Glasstabes mit Salzlösung betupft. Auf diese Art gelingt es aber sogar bei der die äufserer Polarisation gewifs ganz sicher ausschliessenden Hförmigen Anordnung, Zeichen äufserer Polarisation zu erhalten; bei absichtlicher Verunreinigung des Querstückes des aus Kochsalzbäuschen gebildeten H's nämlich mit verdünnter Schwefelsäure negative, mit Kalilauge positive Wirkung; doppelsinnige Wirkung dagegen, wenn das Querstück eines aus Wasser gebildeten H's mit Kochsalzlösung benetzt wird.

Diese Versuche lehren, dafs die neue Art den ursprünglichen Strom dem Bausche zu-, den secundären davon abzuleiten, völlig dieselben Dienste leistet, wie die Hförmige Anordnung. Dabei bietet sie den Vortheil, dafs man mit ihrer Hülfe leicht die Vertheilung der secundärelektromotorischen Kräfte in dem durchströmten Körper untersuchen kann, wie sie oben S. 380 vermuthungsweise hingestellt worden ist. Dieses Verfahren werden wir jetzt auf die thierischen Theile anwenden. Man hat sich dieselben im Allgemeinen, an Stelle des durchströmten Bausches in den vorigen Versuchen, zwischen den Zuleitungsbäuschen der Säule angebracht, und die Schneiden der Keilbäusche an zwei dazwischen befindlichen Punkten ihrer Länge angelegt zu denken. Das Nähere wird später, bei den einzelnen Versuchen, mitgetheilt werden. Die Schneiden der Keilbäusche werden dazu, wie Fig. 158 zeigt, mit Eiweifs häutchen bekleidet. Die Federkraft der Blase widersetzt sich zwar der Beugung in einen so spitzen Winkel. Allein es gelingt sie zu überwinden, indem man die Eiweifs häutchen länger macht als gewöhnlich (S. oben Bd. I. S. 223) und dadurch die Kraft vermehrt, mit der sie den seitlichen Flächen des Keilbausches anhaften. Die Eiweifs häutchen erfüllen hier übrigens noch einen anderen Zweck. Indem sie wie sonst das Anätzen der thierischen Theile durch die Salzlösung verhindern, beugen sie nämlich zugleich dem Auftreten äufserer Polarisation bei längerer Berührung der Keilbäusche mit den thierischen Theilen in der eben erläuterten Art vor. Aus diesem Grunde ist es rathsam, die Keilbäusche stets mit doppelten Eiweifs häutchen zu bekleiden.

Und somit wären wir so weit gelangt, dafs wir nunmehr endlich mit Sicherheit an die Erforschung der ofterwähnten positiven Wirkungen durchströmter Muskeln gehen könnten. Allein es ist zuvor noch etwas anderes zu erwägen. Durch unsere Beobachtungen über die Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte sind, wie oben S. 423 auseinandergesetzt wurde, die älteren Versuche über innere Polarisirbarkeit entwerthet. Obschon sich Gründe für das Gegentheil anführen lassen, wäre es doch möglich, dafs die negativen Wirkungen des Holzes und der Froschhaut, die wir innerer Polarisation zuschrieben, von äufserer

Polarisation herrührten. Von der positiven Wirkung des elastischen Gewebes ist dies jetzt sogar äusserst wahrscheinlich. Somit ist das einzige Beispiel innerer Polarisirbarkeit, welches wir mit Gewissheit ausser den Muskeln kennen, das der Fliesspapierbäusche, die wir in der vorigen Nummer untersucht haben, und zwar nur in dem Fall, wo dieselben mit gewissen, grosstentheils minder gut leitenden Flüssigkeiten getränkt waren.

Man sieht, dass wir uns hier, wo die innere Polarisirbarkeit von solcher Bedeutung zu werden verspricht, nicht füglich mit einer so unvollkommenen Kenntniss dieser Erscheinung begnügen können. Das Nächste, was uns demnach jetzt zu thun obliegt, ist die Untersuchung poröser, mit verschiedenen Flüssigkeiten getränkter Körper, ja, wovon sich die Nothwendigkeit ergeben wird, sogar ganz flüssiger Körper, auf innere Polarisation gleich der der Muskeln und des Fliesspapiers, unter Berücksichtigung der neuerkannten Polarisation an der Grenze feuchter Leiter.

Es versteht sich von selbst, dass die Vorrichtungen und Versuchsweisen, die im Vorigen zur sicheren Erforschung der mehrerwähnten positiven Wirkungen durchströmter Muskeln ersonnen wurden, unmittelbar für die hier beabsichtigte Versuchsreihe tauglich sind. Um irgend welche poröse, mit feuchten Leitern getränkte Körper auf innere Polarisirbarkeit zu untersuchen, ohne Gefahr zu laufen, durch die Polarisation an der Grenze feuchter Leiter getäuscht zu werden, brauchen wir nur damit in der nämlichen Weise zu verfahren, wie es oben mit den balkenförmigen durchströmten Bäuschen geschehen ist. Wir stellen also entweder die Hförmige Anordnung her, oder, wo dies durch die Natur des porösen Körpers untersagt ist, wir führen demselben den ursprünglichen Strom an zwei Punkten mittelst der Zuleitungsbäusche der Säule zu, und leiten den erregten Strom an zwei anderen Punkten mittelst der Keilbäusche als Multiplicatoren davon ab.

Schliesslich muss hier noch eines Mittels gedacht werden, wodurch die Hförmige Anordnung eine ausgedehntere Anwendbarkeit erhält, indem dasselbe erlaubt, diese Anordnung auch mit flüssigen und halbflüssigen Körpern in's Werk zu setzen. Mit flüssigen Körpern ist dies zwar bereits oben S. 404 von uns geschehen, in der Fig. 153 abgebildeten Vorrichtung mit den Hilfsgefässen, welche, mit der betreffenden Flüssigkeit gefüllt, durch Röhren, die dieselbe Flüssigkeit enthielten, untereinander und mit den Zuleitungsgefässen der Säule und des Multiplicators in Verbindung standen. Viel einfacher aber wird dieser Zweck erreicht mit Hülfe einer Hförmigen Guttapercharinne, deren Querschnitt ein Quadrat von 15^{mm} Seite darstellt, und deren Seitenstücke, den senkrechten Grundstrichen oder

Schenkeln des H's entsprechend, 80^{mm} messen, während das Querstück, zwischen den inneren Wänden der Schenkel, 40^{mm} lang ist. Die vier Enden der Rinne haben einen nach außen umgebogenen Rand, so daß man sie mit feuchter Blase überbinden kann. So ist die Rinne fertig, um, wagrecht aufgestellt, Flüssigkeiten aufzunehmen, und mit ihren vier Enden die vorderen Flächen der beiden Paar Zuleitungsbüschel zu berühren. Bei halbflüssigen Körpern, etwa von Salbenconsistenz, kann Fließpapier, welches man mit Kitt oder Kautschukringen befestigt, mit Vortheil die Blase ersetzen. Das Nähere von der Anwendung dieses Guttapercha-H's wird sich bei den einzelnen Versuchen ergeben, zu denen wir nun endlich schreiten.

5. Von der inneren Polarisirbarkeit poröser Körper im durchtränkten Zustande.

Die folgenden Ermittlungen sind anzusehen als eine mit vertiefter Einsicht und vervollkommneter Technik begonnene Wiederaufnahme der oben Bd. I. S. 376 nur flüchtig angestellten Untersuchung über die PELTIER'sche Ladung, deren Ergebnisse oben S. 378 zusammengestellt sind.

Das Ergebniß dieser erneuten Untersuchung ist zunächst eine viel größere Allgemeinheit der Erscheinung, als früher vermuthet worden war. Während es früher nicht gelungen war, dieselbe an anderen als an organisirten Körpern zu beobachten, stellt sie sich jetzt heraus als eine Eigenschaft sehr vieler poröser Körper sogar rein anorganischer Natur. In den folgenden Versuchen waren, wo es irgend anging, die Maße der angewandten prismatischen Bruchstücke poröser Körper stets nahe dieselben, nämlich 50^{mm} Länge bei einem quadratischen Querschnitte von etwa 15^{mm} Seite; und wenn die Beschaffenheit der Körper es erlaubte, die Hförmige Anordnung herzustellen, wurden wo möglich die Maße des eben beschriebenen Guttapercha-H's beibehalten.

(1) Von der inneren Polarisirbarkeit poröser anorganischer Körper.

Der Modellirthon der hiesigen Königlichen Porzellanmanufactur, mit dem die oben S. 201. 202 erzählten thermoëlektrischen Versuche angestellt wurden, zeigte in verschiedenen Stufen der Anfeuchtung mit Brunnenwasser einen beträchtlichen Grad innerer Polarisirbarkeit. Er wurde geprüft sowohl mittelst der Hförmigen Anordnung, indem ein H daraus geknetet wurde, als mittelst der Keilbüschel, deren Schneiden, um das Eindringen von Salzlösung in den Thon zu verhindern (S. oben S. 427), mit einigen Lagen mit Wasser getränkten Fließpapiers bekleidet

waren. Die Stärke des Polarisationsstromes, den man unter sonst gleichen Umständen von dem Thon erhält, hängt von seinem Wassergehalt ab. Der lufttrockene Thon wirkt nur sehr schwach secundär-elektromotorisch, so daß er nach 15" Schlufs der dreissiggliedrigen Säule nur 4—6° Ausschlag am Multiplicator für den Nervenstrom gab. Brunnenwasser mit dem achten Gewichtstheil lufttrockenen Thones angerieben, welches eine trübe Flüssigkeit darstellt, und im Guttapercha-H untersucht ward, wirkte gar nicht mehr merklich secundär-elektromotorisch. Dazwischen aber liegen alle Stufen der Wirksamkeit bis zur Erzeugung eines Ausschlages von beinahe 90°, den man mit dem Thon im guten plastischen Zustande erhält. Aber auch ein ganz dünnflüssiger Thonbrei gab merkwürdigerweise in der Guttapercharinne eine starke elektromotorische Wirkung, welche ausblieb, wenn ich während der Uebertragung der Schliessung von dem Säulen- auf den Multiplicatorkreis die Flüssigkeit in dem Querstück des H mittelst eines Glasstabes umrührte. Die Stärke des Polarisationsstromes, der durch ein gegebenes Prisma feuchten Thones in einem gegebenen Kreise erzeugt wird, hat also ein Maximum in Bezug auf den Wassergehalt des Thones.

Mit gesättigter Kochsalzlösung, verdünnter Schwefelsäure (von 1.13 Dichte), concentrirter Kalihydratlösung angerührter Thon zeigt trotz dem viel kleineren Widerstande des Kreises keine Spur von innerer Polarisirbarkeit. Er verhält sich also in dieser Beziehung wie das Fließpapier (S. oben S. 409).

Thon mit Wasser angemacht zwischen den mit Salzlösung getränkten Hilfsbäuschen der ursprünglichen Vorrichtung durchströmt gab doppel-sinnige Wirkung genau wie ein Wasserbausch, d. h. einen negativen Vorschlag, dem ein positiver Ausschlag auf dem Fulse folgt, und es wurde beobachtet, wie durch Verlängern des Thonprima's die negative innere, durch Verkürzen desselben die positive äufere Polarisation die Oberhand gewannen. Wurde das Querstück des aus Wasserthon gekneteten H's an einer Stelle mit Salzlösung befeuchtet, so wurden auch an dieser Vorrichtung die secundär-elektromotorischen Wirkungen doppel-sinnig, gerade wie dies bereits von uns an dem aus drei balkenförmigen Wasserbäuschen zusammengesetzten H beobachtet worden ist (S. oben S. 427. 428). Wurde aber ein neues Querstück eingesetzt, so wurden sie wieder rein negativ.

Vom Thon wurde übrigens bei vielen der folgenden Versuche Gebrauch gemacht, um das Eindringen der Kupferlösung aus den Zu-leitungsbäuschen der Säule in die Grundflächen der Prismen, welche die porösen Körper darstellten, zu verzögern. Dazu wurde auf diese Grundflächen ein dünnes Schild von Thon geklebt. Es leistete den verlangten

Dienst völlig, und man sieht leicht ein, daß die eigene Polarisirbarkeit des Thones dabei gar nicht in Betracht kam.

Gemeiner Töpferlehm wirkte wie Thon, aber stärker. Bei 15" Schluß der dreisiggliederigen GROVE'schen Säule gab ein H aus Lehm Anschläge an die negative Hemmung des Multiplicators für den Nervenstrom. Zwischen den mit Salzlösung getränkten Hülsbäuschen der ursprünglichen Vorrichtung erfolgte zuerst Anschläge an die negative, dann an die positive Hemmung mit Verweilen der Nadel im positiven Quadranten. Erst als die Länge des Lehmprisma's nur noch etwa 12^{mm} betrug, erschien die Wirkung sogleich sehr stark im positiven Sinne der äußeren Polarisation.

Gyps wurde gleichfalls als mit innerer Polarisirbarkeit begabt erkannt. Ich goß ein H aus Gyps ungefähr von den Verhältnissen des Guttapercha-H, und außerdem, behufs der Untersuchung mittelst der Keilbäusche und zwischen den Querbäuschen, in Reagenzgläsern Gypscylinder von etwa 12^{mm} Durchmesser. Das frischgegossene H gab nach 15" Schluß der dreisiggliederigen Säule — 40° Ausschlag beiderseits. Entsprechend wirkte ein Gypscylinder bei Anwendung der Keilbäusche. Zwischen Salzlösung durchströmt gab der Cylinder doppelsinnige Wirkung, mit Vorwiegen des negativen Vorschlages bei großer Länge des Cylinders (150^{mm}), des positiven Ausschlages bei großer Kürze desselben. Ein an der Luft getrockneter und nachher in gesättigter Kochsalzlösung gesottener Gypscylinder zeigte keine Spur innerer Polarisation.

Das Merkwürdigste aber ist, daß auch der Gypsbrei, der später, wenn er erhärtet ist, innere Polarisirbarkeit zeigt, frisch angerührt keine Spur davon zu besitzen scheint. Dieser Versuch wurde mit dem Guttapercha-H angestellt, welches, mit Gypsbrei gefüllt, zwischen den Zuleitungsbäuschen der Säule und des Multiplicators stehen blieb, bis der Brei erstarrt war, und in dem Maf, wie er erstarrte, stärkere innere Polarisation zeigte.

Kreide in destillirtem Wasser gesotten besitzt ebenfalls einen geringen Grad innerer Polarisirbarkeit, wie ich mit Hülfe eines aus Kreide geschnittenen H's fand. Nach vier Minuten Schluß der dreisiggliederigen Säule erfolgten etwa 20° Ausschlag auf jeder Seite am Multiplicator für den Nervenstrom. In Kalihydratlösung gesottene Kreide dagegen gab beiderseits Anschläge an die negative Hemmung schon nach zwei Minuten langem Schlusse derselben Säule, im Widerspruch mit dem Fließpapier und dem Thon, die, mit dieser Flüssigkeit getränkt, jede Spur innerer Polarisation versagen.

Ein Stück Quadersandstein von Schandau, mit Brunnenwasser

tränkt und mittelst der Keilbäusche untersucht, warf nach 15" Schluß der dreißiggliedrigeren GROVE'schen Säule die Nadel des Multiplicators für den Nervenstrom mit äußerster Heftigkeit an die Hemmung, und sogar noch fünf GROVE'sche Glieder vermochten am Multiplicator für den Muskelstrom einen merklichen Ausschlag zu erzeugen. Der Sandstein wirkte folglich unter gleichen Umständen sehr viel stärker als die Kreide. Dabei war aber merkwürdigerweise die Stärke des ursprünglichen Stromes, am Vertical-Galvanoskop gemessen (S. oben S. 397), sehr viel kleiner als bei der Kreide. Als dann der Sandstein, statt mit Brunnenwasser, mit Kochsalzlösung oder mit Chlorwasserstoffsäure getränkt wurde, konnte keine sichere Spur innerer Polarisirbarkeit mehr daran entdeckt werden.

Ein Stück Badeschwamm auf ähnliche Weise untersucht, verhielt sich ganz ähnlich dem Sandstein. Mit destillirtem Wasser getränkt zeigte er sehr starke, mit Kochsalzlösung keine merkliche innere Polarisirung.

Mit destillirtem Wasser getränkt und mit Hilfe der Keilbäusche untersucht wurden ferner prismatische Stücke Rüdersdorfer Kalkstein, Trachyt vom Siebengebirge, Thonschiefer von Glarus und aus dem Nassauischen, käuflicher Bimstein, Berliner Dachziegel, poröser Thon von dem Troge einer constanten Kette. Alle diese Körper zeigten einen hohen Grad innerer Polarisirbarkeit, der poröse Thon verhältnißmäßig den geringsten. Diesen letzteren hatten wir, wie man sich erinnert, bereits oben Bd. I. S. 380, jedoch vergeblich, auf innere Polarisirung untersucht (S. oben S. 381). Der jetzige bejahende Erfolg ist jedoch ohne Zweifel der richtige, und der größeren Vollkommenheit der neuen Versuchsweise beizumessen.

Ein Stück Hydrophan konnte wegen seiner Kleinheit nicht mittelst der Keilbäusche untersucht werden. Es gab aber, zwischen den mit Salzlösung getränkten Querbäuschen dem Strom ausgesetzt, kräftige negative Ausschläge, die auf nichts anderes als auf innere Polarisirung bezogen werden konnten.

Carrarischer Marmor und Asbest (sogenannter Tyroler Bergflachs) in destillirtem Wasser gesotten, zeigten keine merkliche Spur von innerer Polarisirung. Der Asbest wurde in der Richtung der Fasern durchströmt. Was den Marmor betrifft, so ist freilich zu bemerken, daß er nicht merklich leitete und auch, wie ich mich nachträglich überzeugte, selbst durch halbstündiges Kochen in destillirtem Wasser nicht an Gewicht zunahm.

Krystalle von schwefelsaurem Kupferoxyd und von schwefelsaurem Zinkoxyd, wie sie aus der Mutterlauge hervorgingen,

gaben keine Spur innerer Polarisation, und so verhielt sich auch ein aus einem klaren Stück Eis mit dem heißen Messer geschnittenes Eisprisma und ein mit destillirtem Wasser getränktes Prisma gewöhnlichen Rohrzuckers. In den beiden letzten Fällen war übrigens die Schwächung des Stromes so groß, daß er am Vertical-Galvanoskop gar nicht bemerklich wurde. Das Eis und die Krystalle isolirten vermuthlich vollständig in ihrem Inneren.

Eben so wenig gelang es mir, eine Wirkung wahrzunehmen, als ich das Guttapercha-H, dessen Mündungen mit Fließpapier verbunden waren, mit einem Teig von gereinigten Schwefelblumen (*Sulphur depuratum Pharm. Bor.*), oder von gebrannter Bittererde (*Magnesia usta Pharm. Bor.*) und destillirtem Wasser, anfüllte. Auffallend war, daß trotz der ausnehmend geringen Löslichkeit der Bittererde der Teig sehr viel besser zu leiten schien als das destillirte Wasser. Merkwürdig ist ferner, daß, wie ich zweimal mit voller Bestimmtheit beobachtet habe, der durch wochenlanges Stehen an der Luft fest und spröde und ohne Zweifel zugleich kohlsauer gewordene Magnesiasteig einen merklichen Grad innerer Polarisirbarkeit angenommen hatte. *Magnesia carbonica* wie *Magnesia usta* mit destillirtem Wasser zu einem Teig angerührt, zeigte dagegen keine deutliche Spur innerer Polarisirbarkeit.

Auch reiner Quarzsand in seinem ursprünglichen Zustande sowohl als fein gemahlen und geschlemmt, wie er von der hiesigen Königlichen Porzellan-Manufactur gebraucht wird¹, zeigte sich mit destillirtem Wasser angerührt unwirksam.

Hier mag endlich noch erwähnt werden, daß ich keine tropfbare, in sich chemisch gleichartige Flüssigkeit habe finden können, die mit innerer Polarisirbarkeit begabt wäre. Es wurden darauf geprüft die meisten der oben S. 399 angeführten Flüssigkeiten, theils mittelst des Guttapercha-H's, theils auch nur mittelst der oben S. 403. 404 beschriebenen, Fig. 153. Taf. VI abgebildeten Vorrichtung mit den Hilfsgefäßen, indem diese sowohl als die Verbindungsröhren, zwischen den Hilfs- und den Zuleitungsgefäßen, mit der zu prüfenden Flüssigkeit gefüllt wurden. Außer jenen Flüssigkeiten wurden aus Gründen, die später erhellen werden, noch versucht absoluter Alkohol, der sich aber auch für die hier angewandten Stromeskräfte und stromprüfenden Mittel als Nichtleiter erwies, und ein Gemisch von gleichen Raumtheilen von absolutem Alkohol und destillirtem Wasser.

Genau genommen konnte ein bejahendes Ergebniss nur erwartet werden bei den Flüssigkeiten, mit denen getränkt poröse Körper innere

¹ Ich verdanke ihm der Güte des Hrn. Dr. ELSNER.

Polarisirbarkeit entfalten, also nach unseren jetzigen Erfahrungen bei Brunnenwasser, destillirtem Wasser, Hühnereiweiß, Ammoniak, schwefelsaurer Kupferoxydlösung. Man konnte sich vorstellen, daß die Erscheinung der inneren Polarisirbarkeit gar nicht an dem porösen Körper haftet, sondern an der Flüssigkeit, mit der er getränkt ist. Dies ist jedoch nicht der Fall. Schon der Umstand spricht dagegen, daß, bei der oben S. 404 beschriebenen Versuchsweise, wo die Flüssigkeiten statt im Bausch, in einer WALKER'schen oder anderen Röhre zwischen Kochsalzlösung durchströmt wurden, die Wirkungen der äußeren Polarisation rein hervortraten, ohne Einmischung der inneren Polarisation. Ferner daß, wie wir oben gefunden haben, es auch poröse Körper giebt, die, mit den fraglichen Flüssigkeiten getränkt, keine innere Polarisation wahrnehmen lassen. Endlich aber lehrt auch der unmittelbare Versuch, daß, bei Abwesenheit eines porösen Körpers und bei Ausschluß der äußeren Polarisation, eine Säule aus jenen Flüssigkeiten beliebig lange dem stärksten Strom ausgesetzt werden kann, ohne daß bei Schließung des Multiplicatorkreises nach Oeffnung des Säulenkreises eine Spur von innerer Polarisation bemerkbar würde.

(n) Von der inneren Polarisirbarkeit imbibitionsfähiger organischer, aber nicht organisirter Körper.

Durch Hitze geronnenes Hühnereiweiß besitzt innere Polarisirbarkeit in ganz merklichem Grade. Es wurde theils in Cylinderform mittelst der Keilbäusche, theils mittelst der Hförmigen Anordnung untersucht. Die Cylinder erhielt ich, indem ich das Eiweiß in geölten Reagenzgläsern gerinnen ließ, die ich später über dem entstandenen Cylinder zertrümmerte. Um die Hförmige Anordnung herzustellen, machte ich mir eine Kapsel aus Blattkupfer, wie die Apotheker sie aus Papier haben, um Pflastermasse darin auszugießen, oder wie FARADAY eine solche aus Platinblech bei der Verfertigung des schweren Glases benutzt hat.¹ Diese Kapsel goß ich voll Eiweiß, erhitzte sie bis zur Gerinnung des Eiweißes und gewann so eine Tafel, aus der ich leicht ein H schneiden konnte. Zwischen Kochsalzlösung durchströmt zeigt das geronnene Eiweiß schwache positive äußere Polarisation.

Aehnlich dem geronnenen Eiweiß, aber noch wirksamer, verhielt sich ausgewaschener geronnener Faserstoff, wie er durch Schlagen aus Ochsenblut erhalten war. Es wurde blos der Stab, der zum

¹ Philosophical Transactions for the Year 1830. P. I. p. 19. §. 35;* — POGGENDORFF'S Annalen u. s. w. 1830. Bd. XVIII. S. 535 ff.*

Schlagen gedient hatte, aus dem Gerinnsel gezogen, ein Cylinder aus letzterem geknetet, und mittelst der Keilbäusche untersucht. Zwischen Kochsalzlösung durchströmt gab der geronnene Faserstoff positive äußere Polarisation.

Ein prismatisches Stück vom Blutkuchen des Ochsen dagegen zeigte merkwürdigerweise keine innere Polarisation.

Ebenso wenig erhielt ich Zeichen derselben von erstarrtem gewöhnlichem Tischlerleim, der auf die nämliche Weise geprüft wurde wie das geronnene Eiweiß, theils mittelst der Keilbäusche in Gestalt eines in einem geölten Reagenzglase gegossenen Cylinders, theils als H, das aus einer in eine Untersatzschale gegossenen Leimmasse geschnitten worden war. Die äußere Polarisation des Leimes gegen Kochsalzlösung fand ich stark positiv.

Ganz ähnlich dem Leim verhielt sich Schweizer Käse. Er leitete gut, lieferte aber keine andere secundär-elektromotorische Wirkung als, zwischen Kochsalzlösung geprüft, positive äußere Polarisation.

Ein hieher gehöriger Körper dagegen, der sehr starke innere Polarisirbarkeit besitzt, ist die Seife. Ich untersuchte gemeine Berliner Hausseife, gewöhnliche käufliche Palmölseife, und, um vor Täuschungen durch Verunreinigungen sicher zu sein, die medicinische Seife (*Sapo medicatus*) der vorigen Ausgabe der Preussischen Pharmakopöe (1829), welche nur aus Olivenöl und Natron besteht.¹ Prismen aus der letzteren Seife im lufttrockenen Zustande, wo sie leicht gepulvert werden konnte, geschnitten, gaben nur schwache Wirkungen; aber nachdem sie vierundzwanzig Stunden lang in Fließpapier, welches mit destillirtem Wasser angefeuchtet war, in einem verschlossenen Gefäß eingewickelt gelegen hatten, warfen sie nach 15" Schlufs der dreisiggliedrigeren Grove'schen Säule die Nadel des Multiplicators für den Nervenstrom mit äußerster Heftigkeit an die Hemmung. Getrocknet nahmen sie wieder an Wirksamkeit ab. Aus der Palmölseife liefs sich leicht ein H schneiden, welches sich kräftig wirksam zeigte.

Rührt man Seife mit einer größeren Menge Wassers an, so dafs sie einen schaumigen Brei bildet, so zeigt sie, in das Guttapercha-H gefüllt, gleichwohl noch innere Polarisirbarkeit. Ja ganz dünnflüssiges, trübe opalisirendes Seifenwasser, mit dem man bereits Blasen darstellen konnte, gab noch deutliche Spuren innerer Polarisation, — 15° bei 15" Schlufs der dreisiggliedrigeren Säule. Bei noch größerer Verdünnung wurde die Wirkung unmerklich, so dafs dieselbe auch hier, wie beim

¹ Die neuere Ausgabe (1846) hat eine minder einfache Vorschrift, da sie aufser Olivenöl auch noch Schweinefett in Anwendung bringt.

Thon, ein Maximum in Bezug auf die Menge des zugemischten Wassers besitzt (S. oben S. 431).

Zwischen Salzlösung durchströmt giebt Seife auch in der dünnsten Schicht und nach der längsten Zeit rein negative Wirkung. Es muß also entweder die äußere Polarisation derselben negativ, oder Null oder so schwach positiv sein, daß sie unter allen Umständen von der negativen inneren übertroffen wird.

Eine Ammoniakseife, die ich demnächst untersuchte, nämlich das Linimentum ammoniatum Pharm. Bor., zeigte ebenfalls Spuren innerer Polarisirbarkeit. Jedoch hielt es dabei so schwer, ein genügende Gleichartigkeit des Multiplicatorkreises zu erzielen, daß ich zu keiner völligen Gewifsheit gelangte.

(m) Von der inneren Polarisirbarkeit organisirter Körper aus dem Pflanzenreich.

Sämmtliche Körper aus dem Pflanzenreich scheinen im hohen Grade mit innerer Polarisation begabt zu sein, gleichviel ob frisch, mit ihren natürlichen Säften angefüllt, oder nach der Trocknifs, nach mannichfacher Verarbeitung gleich den Körpern anorganischen Ursprungs erst mit Wasser getränkt. Ich gründe diesen Satz auf folgende Thatsachen.

Dieselben sind größtentheils im Frühjahr zu Anfang Mai beobachtet, was möglicherweise nicht ohne Einfluß auf die Lebhaftigkeit der Erscheinungen sein mag, insofern dieselbe von Natur und Menge des in den Pflanzentheilen gegenwärtigen Saftes abhängen muß. Die benutzten Stücke von Zweigen, Stielen u. s. w. hatten im Allgemeinen auch hier etwa 50^{mm} Länge und 15^{mm} Durchmesser.

Stücke vom Stengel der *Fritillaria imperialis*, von dem einer *Begonia*, vom Blattstiel von *Rheum rhaponticum* und *Angelica officinalis*, wurden mit ihren beiden senkrechten Querschnitten zwischen die Zuleitungsbüusche der Säule gebracht. Auf der einen Seite waren sie der Epidermis beraubt. Hier wurden ihnen die Schneiden der Keilbüusche angelegt. Sie warfen sämmtlich nach 15" Schluß der dreifsiggliedrigen Säule die Nadel des Multiplicators für den Nervenstrom mit Heftigkeit an die Hemmung.

Ein dicker holziger Zweig von *Prunus Mahaleb*, ebenso behandelt, nur daß statt der Epidermis die Rinde bis auf den Splint entfernt worden war, zeigte eine so starke innere Polarisirbarkeit, daß 15" Schluß von fünf Grove'schen Gliedern noch hinreichte, die Nadel des Multiplicators für den Muskelstrom an die negative Hemmung zu führen. Stücke von Zweigen von *Rhus typhinum*, *Acer Ne-*

gundo, Sambucus nigra, Salix fragilis, Cornus sanguinea verhielten sich ähnlich.

Das Mark von Sambucus nigra und die Rinde von Salix fragilis allein gaben auch sehr heftige Wirkung; das Holz an und für sich aber gleichfalls.

Endlich Prismen aus Kartoffeln und Aepfeln geschnitten, und Stücke von Mohrrüben (*Daucus Carota*) und Petersilienwurzel (*Petroselinum sativum*) zeigten ebenfalls innere Polarisirbarkeit.¹ Auch nachdem sie fünf Minuten gekocht worden waren, war dies noch der Fall. Ein Stück vom sogenannten Albumen der Pará-Nufs (des Samens von *Bertholletia excelsa*) gab allerdings keine Spur von Wirkung, schien aber auch fast vollständig zu isoliren.

Was nun das Holz betrifft, das wir bereits oben Bd. I. S. 380 (S. oben S. 381) mittelst eines unvollkommenen Verfahrens auf innere Polarisirbarkeit geprüft und als damit begabt erkannt hatten, so besitzt es wirklich dieselbe in hohem Mafse, wie sich nun schon aus den Versuchen an frischen Zweigen ergibt. Hölzerne Stäbe aus verschiedenen Holzarten, Eichen, Birken, Kien, Weifsbüchen, Mahagoni, in Brunnenwasser gesotten, von Querschnitt zu Querschnitt durchströmt und mittelst der Keilbäusche untersucht, gaben erstaunlich starke Wirkung. Mit schwefelsaurer Kupferoxydlösung getränkt wirkten sie noch immer sehr kräftig, dagegen mit Kochsalz war ihre Wirkung zwar noch zu bemerken, jedoch unvergleichlich kleiner als vorher. Wurde die Guttapercha-Rinne mit einem Brei von Brunnenwasser und Eichensägespänen gefüllt, so gab sie lebhaft negative Wirkung. Wurde der Brei während des Durchströmens und bis zum Augenblick nach der Oeffnung des Säulen- und Schließung des Multiplicatorkreises umgerührt, so blieb die Wirkung aus.

Ob die innere Polarisirbarkeit des Holzes, wie es nicht unwahr-

¹ Ich muß hier beiläufig bemerken, daß ich, bei Ableitung mit Salzbüschen, zwischen je zwei Querschnitten der Mohrrübe mit auffallender Regelmäßigkeit einen an der Rübe aufsteigenden Strom vorgefunden habe. Hingegen der Blattstiel des Rheum und der *Fritillaria* zeigten ebenso regelmäßig einen absteigenden Strom, der um so stärker war, je länger das Stück. Diese Erscheinungen gehören ohne Zweifel in die Klasse derjenigen, die, zuerst von ALEXANDRE DONNÉ beobachtet (S. oben Bd. I. S. 9), in neuester Zeit wieder der Gegenstand ausgedehnter Untersuchungen von Seiten des älteren BECQUEREL'S, WARTMANN'S und BUFF'S geworden sind. (S. die Fortschritte der Physik in den Jahren 1850 und 1851. Dargestellt von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin. Redigirt von Dr. KROENIG und Prof. Dr. BEETZ. Berlin 1855. S. 740.*) Auffallend aber ist, daß BUFF ein Verhalten, wie ich es beobachtet zu haben glaube, ausdrücklich in Abrede stellt (LIEBIG und WOEHLER. Annalen der Chemie und Pharmacie. 1854. Bd. LXXXIX. S. 85.*)

scheinlich ist, in verschiedenen Richtungen verschieden ist, habe ich noch nicht ermittelt. Von dem Verhalten der Holzkohle wird noch später die Rede sein.

Die innere Polarisirbarkeit des Papiere ist uns bereits eine geläufige Thatsache. Wie im Papier, verhält sich die verarbeitete Pflanzenfaser übrigens auch im Bindfaden. Eine Hförmige Anordnung aus hanfener Schnur, die in destillirtem Wasser war gesotten worden, gab starke innere Polarisation, während dieselbe Schnur in Salzlösung gekocht sich völlig unwirksam verhielt.

Baumwollener Docht mit destillirtem Wasser getränkt giebt ebenfalls lebhaft Zeichen von innerer Polarisation.

Schwach, jedoch entschieden wirkten Brodkrume, wie auch sogenannte Pfundbärme. Wurde die Hförmige Guttapercha-Rinne mit Ober- (Weißbier-) Hefe gefüllt, so wurden wenigstens unzweideutige Spuren innerer Polarisation in der mit Pilzzellen angefüllten Flüssigkeit bemerkbar.

(iv) Von der inneren Polarisation organisirter Körper aus dem
Thierreich.

Wir nähern uns wieder etwas mehr der eigentlichen Ziele unserer Untersuchung, indem wir uns jetzt zu der Frage wenden, wie die verschiedenen thierischen Gewebe sich in Bezug auf äußere und innere Polarisirbarkeit verhalten. Die Antwort ist, daß alle untersuchten Gewebe, zwischen Kochsalzlösung durchströmt, gleich Wasser, Eiweiß u. s. w., positive äußere Polarisation zeigen, und daß sie ebenso sämmtlich, mehr oder weniger stark, mit innerer Polarisirbarkeit begabt sind. Folgendes ist das Einzelne meiner Versuche.

Ein frisches Stück Rippe vom Kalb, von der Beinhaut entblößt, zwischen die Zuleitungsbäusche der Säule gebracht und mit den Keilbäuschen ableitend berührt, gab äußerst starke negative Wirkung, nach 5" — 5' langer Durchströmung der zehn- bis dreißiggliedriger Säule.

Hier mag sogleich auch noch des Elfenbeins gedacht werden, welches, in Gestalt einer 1^{mm} dicken Platte (S. oben Abth. I. S. 353) zwischen die Querbäusche gebracht, eine zwar sehr schwache, jedoch unverkennbare Spur negativer Wirkung gab.

Frischer Rippenknorpel vom Kalb, gleichfalls von fibrösem Gewebe frei, gab auf dieselbe Art und in Hförmiger Anordnung untersucht, schwächere negative Wirkung. Zwischen den mit Kochsalzlösung getränkten Querbäuschen gab er starke positive Wirkung wegen äußerer Polarisation, bei kurzer Dauer des Stromes mit einem negativen Vor-

schlage wegen innerer Polarisation. Positiv wurde auch bei Anwendung der Keilbäusche die Wirkung, wenn die Schneiden der Keilbäusche nicht mit doppelten Eiweißhäutchen bekleidet waren, und die Anordnung etwas länger zusammengestellt blieb. Ganz wie dies oben S. 427 bereits auseinandergesetzt wurde, verbreitet sich nämlich alsdann Kochsalzlösung von den Schneiden der Keilbäusche aus in den Knorpel, und es entstehen in der zwischen den Schneiden begriffenen Strecke desselben zwei Begrenzungen von Kochsalzlösung gegen Knorpel, an denen sich, wenn ein Strom hindurchgeht, eine positive secundär-elektromotorische Kraft entwickelt. Der Beweis, daß dies sich so verhält, liegt erstens darin, daß an den Stellen, wo die Schneiden den Knorpel berühren, durch Entziehung des Wassers nach bekannten Gesetzen der Hydrodiffusion zwei tiefe Furchen entstehen; zweitens darin, daß bei gehöriger Verwahrung der Schneiden mit Eiweißhäutchen auch nach sehr langer Zeit die Wirkung noch rein negativ ist; endlich darin, daß, wenn man unter diesen Umständen einer Stelle des Knorpels zwischen den Schneiden durch Berührung mit einem mit Salzlösung getränkten Bausch oder Pinsel Gelegenheit giebt, sich mit der Lösung zu tränken, sofort positive Wirkung auftritt.

Gekochter sowohl als über Schwefelsäure getrockneter und wieder aufgeweichter Knorpel verhält sich wie frischer.

Bei der Durchströmung des Knorpels zwischen den mit schwefelsaurer Kupferoxydlösung getränkten Zuleitungsbäuschen der Säule zeigte sich eine Erscheinung, die zwar nicht hierher gehört, jedoch Beachtung verdient. Man sieht nämlich, wenn man nicht zwischen die Enden des Knorpels und die Zuleitungsbäusche Thonschilder eingeschaltet hat (S. oben S. 431. 432), das Kupfersalz von dem positiven Bausch aus in den Knorpel dringen und ihn mehrere Millimeter tief blau färben, während er auf der negativen Seite dieselbe Färbung nur ganz oberflächlich annimmt. Man kann auf diese Art, ohne irgend ein anderes Merkmal, mit völliger Gewißheit die Richtung des Stromes bestimmen. Ich brauche nicht zu erwähnen, daß dies nur ein besonderer Fall der von REUSS und PORRET entdeckten, neuerdings von WIEDEMANN untersuchten Elektrodifffusion ist (S. oben S. 422). Auch bei anderen porösen Körpern wurde im Laufe dieser Versuche dieselbe Erscheinung beobachtet, bei keinem jedoch so schön und unzweideutig, wie bei dem Knorpel.

Die Beugeschnen des Vorderfußes des Rindes boten eine gute Gelegenheit, das secundär-elektromotorische Verhalten des Sehnen-
gewebes zu ermitteln. Es zeigte sich, wie zu erwarten war, bei Anwendung derselben Versuchsweisen wie beim Knorpel, positive äußere und negative innere Polarisation, allein merkwürdigerweise beide viel

schwächer als beim Knorpel. Auch eine halbe Stunde lang gekochte Sehne gab noch schwache Wirkung.

So werden wir endlich auf das elastische Gewebe zurückgeführt. Es ist, nach allem Voraufgegangenen, wohl leicht, das Ergebnis der erneuten Untersuchung desselben vorherzusehen, welche, wie die frühere (S. oben Bd. I. S. 381), am Nackenbände des Schafes und des Rindes angestellt wurde. Das Räthsel der positiven secundär-elektromotorischen Wirkung dieses Gewebes, welches mich Jahre lang als ein unbegreifliches Paradoxon verfolgt hatte, löst sich jetzt leicht dahin auf, daß diese Wirkung auf äußerer Polarisation an der Grenze der Kochsalzlösung beruhte, während bei Ausschluß dieser Polarisation das elastische Gewebe einfach einen geringen Grad gewöhnlicher innerer Polarisation im negativen Sinne erkennen läßt. Zwischen den mit Kochsalzlösung getränkten Querbäuschen, wo beide Polarisationen gleichzeitig im Spiel sind, verhält sich das elastische Gewebe sehr ähnlich einem mit Eiweiß getränkten Bausch, indem bei kurzer Durchströmung rein negative, bei etwas längerer doppelsinnige, bei noch längerer endlich rein positive Wirkung erfolgt. (Vergl. oben S. 400.)

Die Haut des Frosches haben wir schon oben Bd. I. S. 381 untersucht und ihr, wie sich jetzt bei erneuter Prüfung herausgestellt hat, mit Recht innere Polarisirbarkeit zugeschrieben. Ebenso verhält sich die Haut des Menschen, wie sich schon daraus entnehmen läßt, daß Bindegewebe und elastisches Gewebe in ihren Bau eingehen. Ein Streifen Haut von der Rückenfläche des Unterarmes einer drei Tage alten weiblichen Leiche (derselben, woran die oben S. 269 beschriebenen Versuche angestellt sind) gab positive äußere Polarisation, gleichviel ob er die Salzbäusche mit der Oberhaut oder mit dem Unterhautbindegewebe berührte.

Bemerkenswerth ist, daß sogar gegerbte Haut noch innere Polarisirbarkeit besitzt. Ein Streifen von sogenanntem sämischen Leder, aus dem die Stulpen der Fechthandschuhe gemacht werden, in Wasser gesotten, zeigte lebhaftere innere Polarisation; in Kochsalzlösung gesotten, nur noch eine Spur.

Auch das Gewebe der Lunge, Leber, Milz und Niere eines frisch getödteten Kaninchens zeigte innere Polarisirbarkeit; die Lunge und Milz in geringerem, die Niere und Leber aber in sehr hohem Grade.

Unerwarteter war mir, daß sogar das Horngewebe einen beträchtlichen Grad innerer Polarisirbarkeit besitzt. Ein zwei Stunden lang in Brunnenwasser gekochtes Stück Büffelhorn, 15" lang dem Strom der dreifsiggliederigen GROVE'schen Säule ausgesetzt und mittelst der Keilbäusche abgeleitet, warf die Nadel des Multiplicators für den Nerven-

strom an die negative Hemmung. Ein ebenso behandeltes Stück Fischbein trieb sie wenigstens auf 50 — 60°.

Seidene Schnur dagegen, wie baumwollene oder hanfene behandelt, zeigt keine Spur innerer Polarisirbarkeit, so dafs es möglich wäre, mit Hülfe dieses Unterschiedes eine Verfälschung der Seide mit Baumwolle zu erkennen; ein Verfahren, welches sich freilich eben so wenig als praktisch empfehlen dürfte, als das von ROUSSEAU zur Erkennung der Verfälschung des Baumöls vorgeschlagene. (S. oben Abth. I. S. 111. Anm. 1 und 2.)

Es bleiben endlich hier übrig die Muskeln und Nerven, deren secundär-elektromotorische Wirkungen kennen zu lernen, wie man sich erinnert, eigentlich das letzte Ziel unserer gegenwärtigen Bestrebungen ist. Wir werden uns dieser Ermittlung bald mit ungetheilter Aufmerksamkeit zuwenden. Zuvor jedoch wird es am Orte sein, die Erscheinung der inneren Polarisation an sich etwas näher in's Auge zu fassen.

(v) *Einfluss erhöhter Temperatur auf die innere Polarisirbarkeit feuchter poröser Körper.*

Ueber den vernichtenden Einfluss, den Siedhitze auf die bereits entwickelte innere Polarisation der Muskeln und des Holzes ausübt, sind bereits oben Bd. I. S. 379. 380 rohe Versuche mitgetheilt worden. Es schien mir jetzt abermals nicht ohne Wichtigkeit, mit meinen vervollkommeneten Versuchsweisen zu ermitteln, wie sich die innere Polarisirbarkeit poröser feuchter Leiter bei höheren Temperaturen verhalten würde.

Zu diesem Zweck stellte ich die Fig. 154. Taf. VI abgebildete Anordnung her, brachte aber, statt des heberförmigen Verbindungsrohres zwischen den beiden Hülfsgefäfsen ein Uförmiges Rohr an, welches mit den Hülfsgefäfsen durch ziemlich enge heberförmige Röhren verbunden war. Die Hülfsgefäfsen, das Uförmige Rohr und die letztgenannten engen Röhren waren mit Brunnenwasser gefüllt; die weiten heberartigen Verbindungsrohren der Hülfsgefäfsen mit den Zuleitungsgefäfsen der Säule und des Multiplicators beziehlich mit schwefelsaurer Kupferoxyd- und Kochsalzlösung. Diese Röhren waren nach den Hülfsgefäfsen zu in hergebrachter Weise mittelst doppelter Schweinsblase geschlossen. Das mit Brunnenwasser gefüllte Uförmige Rohr diente zur Aufnahme des gleichfalls mit Brunnenwasser getränkten innerlich polarisirbaren Körpers, der darin der Siedhitze ausgesetzt werden konnte. Es wurde also zuerst die Stärke der inneren Polarisation für eine gewisse Dauer und Stärke des ursprünglichen Stromes bei gewöhnlicher Temperatur geprüft. Dann wurde mittelst einer untergesetzten Weingeistlampe das Wasser in dem Uförmigen

Rohr zum Sieden gebracht, und der Versuch wiederholt. Allerdings nahm bei diesem Verfahren der Widerstand des Uförmigen Rohres etwas ab.¹ Indessen war anzunehmen, daß dieser Widerstand verschwand gegen den der engen Verbindungsrohren zwischen dem Uförmigen Rohr und den Hülfsgefäßen. Damit aber dieser minder einer Abnahme in Folge erhöhter Temperatur ausgesetzt sei, wurden jene Röhren, nach dem Uförmigen Rohr hin, mit Stopfen verschlossen, die, wenn es anging, aus dem im Rohr enthaltenen, innerlich polarisirbaren Körper gemacht waren, sonst aus Fließpapier.

In das Uförmige Rohr brachte ich nun nacheinander Baumwollendocht, Fließpapier, Hanfschnur, Badeschwamm, Thonschiefer in Stücken. Die innere Polarisirbarkeit der beiden erstgenannten Körper erwies sich als zu schwach, um unter den Umständen des Versuches selbst bei 20" Schlufs der dreissiggliedrigen GROVE'schen Säule eine merkliche Wirkung am Multiplicator für den Nervenstrom zu erzeugen. Hingegen mit den drei letzteren Körpern gelang der Versuch sehr gut. Der Erfolg war, daß, während das Wasser in dem Uförmigen Rohr im Sieden begriffen war, der Badeschwamm seine innere Polarisirbarkeit, die sonst sehr beträchtlich ist, scheinbar ganz eingebüßt hatte. Nach dem Erkalten kehrte dieselbe in der ursprünglichen Stärke zurück. Die Hanfschnur und der Thonschiefer ließen dagegen während des Siedens noch ganz kräftige Wirkungen wahrnehmen, obschon allerdings schwächer, als sie bei gewöhnlicher Temperatur, unter sonst unveränderten Umständen, vor- und nachher erhalten wurden.

Das Ergebnifs ist demnach, daß Erhöhung der Temperatur die innere Polarisirung der porösen feuchten Leiter beeinträchtigt.

(vi) Von der Vertheilung der elektromotorischen Kräfte in den innerlich polarisirten Körpern, und von der Abhängigkeit der Gröfse der secundär-elektromotorischen Wirkung von den Dimensionen jener Körper.

In zahlreichen Fällen wurde im Laufe der vorigen Versuchsreihe die Ueberzeugung erlangt, daß die secundär-elektromotorische Kraft zwischen je zwei der Länge nach auseinandergelegenen Punkten der durchströmten Strecke in derselben Richtung wahrnehmbar ist.

Rückt man mit den in beständigem Abstand gehaltenen Schneiden der Keilbäusche einem innerlich polarisirten Körper von prismatischer Gestalt entlang, so erhält man, unter sonst gleichen Umständen, stets einen gleich starken negativen Ausschlag.

¹ S. OHM in POGGENDORFF'S Annalen u. s. w. 1844. Bd. LXIII. S. 403.

Legt man die Schneiden zweien von der Mitte des innerlich polarisirten prismatischen Körpers gleich weit entfernten Punkten seiner Länge an, und wählt dabei ihren Abstand bald kleiner bald gröfser, so wächst die Stärke der secundär-elektromotorischen Wirkung mit jenem Abstände, vorausgesetzt, dafs ein hinlänglicher aufserwesentlicher Widerstand im Multiplicatorkreise zugegen ist.

Hieraus folgt, in Uebereinstimmung mit dem oben S. 380 Gesagten, dafs bei der inneren Polarisation eines gleichartigen, der Axe nach durchströmten Prisma's jeder durchströmte Querschnitt der Sitz einer gleich grofsen elektromotorischen Kraft in der dem ursprünglichen Strom entgegengesetzten Richtung wird. Der innerlich polarisirte Körper wird zeitweise in eine Art von secundärer Säule aus gleichförmig in seinem Inneren vertheilten elektromotorischen Elementen verwandelt.

Die Stärke der secundär-elektromotorischen Wirkungen, oder die elektromotorische Kraft der eben erwähnten Elemente, wächst bei gleichen Mafsen des innerlich polarisirten Leiters mit der Stärke des ursprünglichen Stromes und mit seiner Dauer. Unzweifelhaft hat dieses Wachstum nach beiden Richtungen eine gewisse Grenze, doch ist dieselbe noch nicht mit hinlänglicher Schärfe bestimmt.

Es würde sich jetzt noch darum handeln, eine Vorstellung davon zu gewinnen, wie sich die Stärke der secundär-elektromotorischen Wirkung mit den Dimensionen des innerlich polarisirbaren Leiters ändert. Offenbar mufs das Verhältnifs ein sehr verwickeltes sein, insofern nämlich der Widerstand der innerlich polarisirbaren Körper stets ein grofser im Vergleich zu dem der Säule und des Multiplicators ist, die ursprüngliche und die secundäre Stromstärke folglich schon in dieser Weise von den Mafsen jenes Körpers abhängen; zweitens bei wachsendem Querschnitt des innerlich polarisirbaren Körpers die Dichte des gleich stark gedachten ursprünglichen Stromes darin abnimmt, die secundär-elektromotorische Kraft aber unzweifelhaft nicht mit der ursprünglichen Stromstärke, sondern vielmehr mit dieser Dichte nach irgend einem Gesetze wächst.

Um einigermafsen die Folgen dieser verschiedenen Abhängigkeiten zu übersehen, wollen wir gewisse einfache Voraussetzungen machen, wodurch wir in Stand gesetzt werden, uns der Rechnung zu bedienen.

Es heifse nämlich

E die elektromotorische Kraft der Säule, die den ursprünglichen Strom liefert;

S der Widerstand des Säulenkreises gemessen bis zum innerlich polarisirbaren Körper;

M der Widerstand des Multiplicatorkreises ebenso gemessen;

q der Querschnitt jenes prismatisch gedachten Körpers;

L die Länge desselben gemessen zwischen den den Grundflächen des Prisma's angelegten Endbäuschen des Säulenkreises;

mL , worin m eine Constante < 1 , seine Länge gemessen zwischen den Keilbäuschen des Multiplicatorkreises;

σ der Widerstand desselben für die Einheit der Länge und des Querschnittes;

endlich t die Dauer der Schließung des ursprünglichen Stromes.

Die Stärke des ursprünglichen Stromes wird sein

$$I = \frac{E}{S + \frac{\sigma L}{q}} \quad (1)$$

Wir wollen annehmen, die im durchströmten Körper im Augenblick der Oeffnung des Säulen- und Schließung des Multiplicatorkreises (die als gleichzeitig betrachtet werden) gegenwärtige und im letzteren Kreise wirksame Summe E' secundär-elektromotorischer Kräfte sei 1. der Dauer des ursprünglichen Stromes, 2. seiner Dichte, beides zwischen gewissen Grenzen, 3. der Länge der in's Auge gefassten Strecke mL einfach proportional. Da die Dichte = dem Quotienten aus dem Querschnitt in die Stromstärke, so wird also E' dem Querschnitt, innerhalb gewisser Grenzen, umgekehrt proportional sein.

Dies scheint ganz unverfänglich, doch ist zweierlei dazu zu bemerken. Erstens muß man sich den innerlich polarisirbaren Körper von sehr gestreckter Gestalt denken, damit man ohne merklichen Fehler E' der Strecke mL proportional setzen könne, weil nämlich die Ableitung zum Multiplicatorkreise nicht von den Grundflächen des Prisma's aus, sondern mittelst der Keilbäusche geschieht, in welche sich die Stromescurven hineinbiegen müssen, so daß ein Theil der zunächst den Ableitungsstellen ihren Sitz habenden elektromotorischen Kräfte nicht zur Wirkung kommt. Für's Zweite wird die Folge lehren, daß aller Wahrscheinlichkeit nach die in einem Querschnittselement erzeugte secundärelektromotorische Kraft im Multiplicatorkreise nur mit einem Theile wirkt, welcher nicht unabhängig ist von dem Querschnitt des innerlich polarisirten Körpers, von seiner Länge, und vom Widerstande des Multiplicatorkreises.

Sieht man von diesen Umständen ab, so hat man also

$$E' = -n \cdot t \cdot \frac{I}{q} \cdot mL.$$

Setzt man hierin für I dessen Werth aus (1), so erhält man

$$E' = -n \cdot t \cdot \frac{E}{S + \frac{\sigma L}{q}} \cdot \frac{mL}{q}$$

Unter der schon erwähnten Voraussetzung einer sehr gestreckten Gestalt des innerlich polarisirbaren Körpers ist der Widerstand desselben zwischen den Keilbäuschen ohne merklichen Fehler zu setzen

$$= \frac{m \sigma L}{q}.$$

Es ergibt sich folglich für die im ersten Augenblick der Schließung des Multiplicatorkreises stattfindende Stromstärke der Ausdruck

$$I' = -n \cdot t \cdot \frac{E}{\left(S + \frac{\sigma L}{q}\right) \left(M + \frac{m \sigma L}{q}\right)} \cdot \frac{m L}{q}. \quad (\text{II})$$

Wie man sieht, kommen in diesem Ausdruck die Dimensionen des polarisirbaren Körpers L und q nur zusammen und zwar dergestalt verbunden vor, dass sie den Widerstand des Körpers angeben, insofern derselbe von den Dimensionen abhängt. Liefse man daher L und q in gleichem Verhältniss sich verändern, so dass

$$\frac{L}{q} = r = \text{const.},$$

so würde die im ersten Augenblick stattfindende secundär-elektromotorische Wirkung dieselbe bleiben, welches auch der Werth von L und q wäre.

Ein Ergebniss, welches auch ohne Rechnung einleuchtet. Bleibt nämlich der Widerstand des innerlich polarisirbaren Körpers unverändert, so bleibt dies auch die Stärke des ursprünglichen Stromes, und ebenso der Widerstand des secundären Kreises, d. h. des Kreises, der aus jenem Körper und dem Multiplicatorkreise besteht. In dem Masse, wie der Querschnitt wächst, nimmt freilich, bei sich gleich bleibender Stärke des ursprünglichen Stromes, die Dichte dieses Stromes im Querschnitt und folglich die secundär-elektromotorische Kraft im Längenelemente ab. Allein da in demselben Masse die Länge wachsen soll, so bleibt schliesslich E' , die Summe der secundär-elektromotorischen Kräfte, constant, und bei sich gleichbleibendem Widerstande des secundären Kreises also auch die Stärke der secundär-elektromotorischen Wirkung im ersten Augenblick.

Denken wir uns nunmehr r veränderlich und untersuchen die Function $I' = f(r)$, so zeigt sich, dass dieselbe ein Maximum hat für

$$r = \frac{1}{\sigma} \sqrt{\frac{SM}{m}},$$

wenn also $S = M$ und $m = 1$, für

$$\sigma r = \frac{\sigma L}{q} = S = M,$$

oder für den Fall, daß der Widerstand des innerlich polarisirbaren Körpers gleich ist dem des Säulen- und dem des Multiplicatorkreises. Geben wir S und M ihre allgemeine Bedeutung wieder, denken uns q beständig, und nur L veränderlich, so findet ein Maximum statt für

$$L = \frac{q}{\sigma} \sqrt{\frac{SM}{m}}.$$

Umgekehrt bei beständigem L und veränderlichem q für

$$q = \sigma L \sqrt{\frac{m}{SM}}. \quad (\text{III})$$

Bemerkenswerth ist noch, was sich ereignet, wenn man sich denkt, daß der Widerstand des Säulen- sowohl als des Multiplicatorkreises verschwindet gegen den des innerlich polarisirbaren Leiters, und umgekehrt. In beiden Fällen hört die Function $I' = f(r)$ auf, ein Maximum zu besitzen. Im ersten Fall nämlich wird sie

$$I' = \frac{ntE}{\sigma^2 \cdot r},$$

im zweiten

$$I' = \frac{mntE \cdot r}{SM}. \quad (\text{IV})$$

Die Stärke der secundär-elektromotorischen Wirkung wird also im ersten Falle dem Widerstand des polarisirbaren Leiters, sofern er von dessen Dimensionen abhängt, umgekehrt, im zweiten gerade proportional sein.

Es wäre nun von hohem Interesse gewesen, die wichtigsten unter diesen Schlüssen durch den Versuch zu prüfen, theils um die Gestaltung des Phänomens unter den fraglichen Umständen wirklich zu erkennen, theils um sich von dem Mafs von Wahrheit und von Irrthum in den gemachten Voraussetzungen zu überzeugen. Dies würde indessen für's Erste erfordert haben, daß diese Versuche in messende umgewandelt würden, wozu die Beseitigung der Polarisation der Platinenden des Multiplicatorkreises und die Anwendung eines wirklichen galvanometrischen Mefswerkzeuges, statt des Multiplicators für den Nervenstrom, oder Graduirung des letzteren, vor Allem nöthig geworden wären. Für's Zweite ist aber noch zu beachten, daß der Ausdruck (II) die Stärke der secundär-elektromotorischen Wirkung unter den gemachten Voraussetzungen genau nur im ersten Augenblick nach der als gleichzeitig betrachteten Oeffnung des Säulen- und Schließung des Multiplicatorkreises darstellt. Zur Bewährung dieser Formel und der daraus abgeleiteten Schlüsse könnte folglich nur geschritten werden mit Hülfe der von POGGENDORFF für das Studium der secundär-elektromotorischen Erscheinungen empfohlenen und zwar äußerst schnell bewegten Wippe (S. oben Bd. I. S. 238).

Obschon ich nun dies Alles nicht für unausführbar hielt, so würde es doch auf alle Fälle ein so weit aussehendes Unternehmen geworden sein, das ich vor der Hand davon absehen zu müssen glaubte. Ich habe mich damit begnügt, von jenen Schlüssen solche durch den Versuch zu bestätigen, welche dazu keine eigentlichen Mafsbestimmungen erfordern, wobei ich also aufser Acht lassen durfte erstens, das die bei Schließung des Multiplicator- nach Oeffnung des Säulenkreises erfolgende Summe secundär-elektromotorischer Wirkungen auf die Nadel der Größe der im ersten Augenblick stattfindenden secundär-elektromotorischen Kraft möglicherweise nicht einfach proportional ist; und zweitens, das wenn auch diese Proportionalität stattfände, der Ausschlag der Nadel doch nicht entfernter Weise ein getreues Maf jener Summe liefert. Sogar von solchen Prüfungen habe ich übrigens nur den allerkleinsten, wenn auch wichtigsten, Theil bisher anzustellen vermocht.

$$I. r = \frac{L}{q} = \text{const.}$$

Ein Punkt, der zunächst zur experimentellen Bestätigung einlud, war das oben der Formel (II) entnommene Ergebnis, das die Größe der secundär-elektromotorischen Wirkung von der Länge und dem Querschnitt beider ganz unabhängig sei, wenn nur das Verhältniß beider beständig bleibe.

Ich liefs von einem geschickten Tischler aus demselben Stück Weifs-büchenholz fünf Paar Stäbe von verschiedener Größe schneiden, an denen diese Bedingung möglichst genau erfüllt war. Dieselben besaßen nämlich in rheinischen Zollen und Millimetern, den Zoll zu 26^{mm} gerechnet, folgende Mafse:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Länge	1'' = 26 ^{mm}	2'' = 52 ^{mm}	3'' = 78 ^{mm}	4'' = 104 ^{mm}	6'' = 156 ^{mm}
Querschnitt	$\frac{1}{8}'' \times \frac{1}{8}''$ = $\frac{1}{64}$ □'' = 10,6 □ ^{mm}	$\frac{2}{8}'' \times \frac{1}{8}''$ = $\frac{2}{64}$ □'' = 21,1 □ ^{mm}	$\frac{3}{8}'' \times \frac{1}{8}''$ = $\frac{3}{64}$ □'' = 31,7 □ ^{mm}	$\frac{2}{8}'' \times \frac{2}{8}''$ = $\frac{4}{64}$ □'' = 42,2 □ ^{mm}	$\frac{3}{8}'' \times \frac{2}{8}''$ = $\frac{6}{64}$ □'' = 63,4 □ ^{mm}

Diese Stäbe wurden in destillirtem Wasser gesotten, bis sie unter-sanken, und anzunehmen war, das sie alle auf allen Punkten gleich-mäfsig damit durchtränkt seien. Die Stäbe wurden, bei den folgenden Versuchen, um ihnen den ursprünglichen Strom zuzuleiten, mit ihren beiden Enden zwischen die Zuleitungsbüusche der Säule eingeklemmt. Die Enden waren mit Thonschildern bekleidet, um das Eindringen des Kupfersalzes zu verhindern (S. oben S. 431. 432).

Wie dort gesagt wurde, ist der Thon zwar selber innerlich polarisierbar, indessen verschwinden die secundär-elektromotorischen Wirkungen, deren er fähig ist, gegen die des Holzes sogar bei gleichen Dimensionen; vollends mußte dies hier der Fall sein, wo die Dicke der Thonschilde gegen die Länge der Stäbe, mit Ausnahme vielleicht des kürzesten, kaum in Betracht kam.

Größstmögliche Dünne der Schilde war übrigens noch durch eine andere Betrachtung geboten. Durch deren Einführung in den Säulenkreis geht der erste Factor des Nenners in (II) über in

$$S + \frac{2\tau\lambda}{q} + \frac{\sigma L}{q},$$

wo τ den eigenthümlichen Widerstand des Thones, λ die Dicke des Thonschildes bezeichnen. Da in dem hinzugetretenen Gliede der Querschnitt des innerlich polarisierbaren Körpers nicht mehr mit der Länge zusammen in der Art vorkommt, daß dadurch der Widerstand jenes Körpers ausgedrückt wird, sofern er von den Dimensionen abhängt, so würde, wenn dies Glied einen großen Einfluß übe, die Schlußfolge, auf deren Bestätigung im Versuch es hier abgesehen ist, in ihren Vordersätzen untergraben. Es muß also darauf geachtet werden, daß $2\tau\lambda : q$ möglichst klein sei, was, da τ durch die Natur der Dinge und q durch den angewandten Stab gegeben sind, nur dadurch geschehen kann, daß man λ möglichst klein, d. h. die Thonschilde möglichst dünn nimmt.

Um die secundär-elektromotorische Wirkung von den Stäben abzuleiten, wurden denselben die mit doppelten Eiweißhäutchen bekleideten Schneiden der Keilbäusche angelegt; wenn die Stäbe nicht quadratisch waren, der einen breiten Seite, allen aber an zwei im voraus bezeichneten, von ihren beiden Enden gleich weit entfernten und zwar so gewählten Stellen, daß $m = \frac{1}{12}$.

Einige Vorversuche lehrten, daß, um am Multiplicator für den Nervenstrom einen Ausschlag von passender Größe durch die secundär-elektromotorische Wirkung dieser Stäbe zu erhalten, zehn GROVE'sche Glieder mit der $\frac{1}{n}$ "-Scheibe des Uhrwerkes angewendet werden mußten (S. oben S. 392). Diese Anordnung wurde beibehalten, da anzunehmen war, daß der Widerstand der mit destillirtem Wasser getränkten Stäbe noch immer groß genug war im Vergleich zu dem der zehngliederigen GROVE'schen Säule, damit nicht eine Annäherung an den durch (IV) ausgedrückten Zustand stattfinde, während es aus Gründen, die ich hier noch nicht erörtern mag, zweckmäßig schien, die Schließung des Säulenkreises möglichst kurz dauern zu lassen.

Die Stärke des ursprünglichen Stromes mußte begreiflich mit allen Stäben dieselbe sein. Um sie hinlänglich genau zu bestimmen, reichte

das bisher angewendete Vertical-Galvanoskop nicht mehr aus. Es wurde hier, und von hier ab häufig bei dieser Art von Versuchen, ersetzt durch eine WIEDEMANN'sche Bussole mit verschiebbaren Rollen und einem in dämpfender Kupferhülse schwebenden Stahlspiegel, der zugleich als Magnet dient, und dessen Ablenkungen mit Fernrohr und Scale abgelesen werden.¹ Diese Bussolen eignen sich, der starken darin stattfindenden Dämpfung halber, ganz besonders dazu, den Gang unbeständiger Ströme zu verfolgen, wie derer, mit welchen wir in unserem Gebiete es meist zu thun haben, und der grosse Spielraum ihrer Empfindlichkeit erweist sich gleichfalls als sehr nützlich.

Ich bediente mich zuerst eines im Besitz des Herrn Dr. FRANZ, der mir den Gebrauch desselben freundlichst gestattete, befindlichen vollständigen Apparates der Art; später einer von Herrn SAUERWALD gebauten WIEDEMANN'schen Bussole, und eines dem physiologischen Laboratorium des Königlichen Anatomischen Museums gehörigen Fernrohres von C. A. STEINHEIL in München. Mit letzterem Apparat betrug der Abstand der Scale vom Spiegel 2285^{mm}, der Werth eines Scalentheiles also etwas über 45". In den Grenzen der Scale durften somit die Stromstärken unbedenklich den Ablenkungen proportional gesetzt werden.

Bei den jetzigen Versuchen war die Bussole mit nur wenigen Windungen (53 oder 106) versehen, welche sich in mehreren Centimetern Abstand vom Spiegel befanden. Uebrigens bot sie hier noch einen Vortheil. Der Spiegel schwang so viel schneller als das Nadelpaar des Multiplicators für den Nervenstrom, daß es keine Schwierigkeit hatte, zuerst den Ausschlag durch den ursprünglichen Strom, dann den durch die secundär-elektromotorische Wirkung zu beobachten.

Es wurden nun nach einander, jedoch ohne in Bezug auf die absolute Gröfse der Stäbe irgend eine Ordnung zu beobachten, mit jedem der beiden zu einem Paare gehörigen Stäbe vier Versuche angestellt. Bei zweien ging der Strom in der einen, bei den beiden anderen in der anderen Richtung durch die Stäbe. Die Zahlen in der folgenden Tabelle sind demnach Mittel aus acht Ablesungen. Die Zahlen in der mit *U* bezeichneten wagerechten Reihe sind die Ausschläge durch den ursprünglichen Strom in Scalentheilen, die in der mit *S* bezeichneten Reihe die Ausschläge durch die secundär-elektromotorische Wirkung in Graden der Nervenmultiplicator-Theilung.

	I	II	III	IV	V
<i>U</i>	38.2	49.9	34.9	45.4	46.0
<i>S</i>	55.8	59.5	45.7	53.6	50.6

¹ POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1853. Bd. LXXXIX. S. 504. Anm. *

Die Zahlen der zweiten Reihe stimmen zwar nicht besonders, indem die unter II und III eine etwas große Abweichung vom Mittel zeigen. Da aber die Zahlen der ersten Reihe in demselben Sinne abweichen, so ist klar, daß in diesen Fällen, aus irgend einem Grunde, das Product aus Stärke in Dauer des ursprünglichen Stromes beziehlich größer oder kleiner war als sonst. Erwägt man, daß während die absoluten Dimensionen der Stäbe so außerordentlich wachsen, die Zahlen, welche die ungefähre Größe der secundären Wirkung bemessen, sich beinahe gleich bleiben und höchstens spurweise eine Abnahme nach der Richtung der wachsenden absoluten Dimensionen erkennen lassen; nimmt man hinzu die zahlreichen Fehlerquellen, als da sind verschiedene Leitungsfähigkeit und Polarisirbarkeit des Holzes, rascheres Austrocknen der Stäbe von kleinerem Querschnitt, verschiedene Leitungsfähigkeit und Dicke der Thonschilde, verschiedene Dauer der Schließung des Säulenkreises (da das Uhrwerk bei so kurzen Zeiträumen etwas weniger verläßlich arbeitet), verschiedenes Anlegen der Keilbäusche, Auströcknen der Eiweißhäutchen und Eindringen des Salzes in dieselben, u. d. m.: so gelangt man zu dem Schlusse, daß das theoretisch vorhergesehene Gesetz sich im Versuch hinreichend bewährt habe um annehmen zu können, daß es nicht allzuweit von der Wahrheit abweiche. In diesem Schlusse wird man noch bestärkt durch die Wahrnehmung, zu der uns alsbald Gelegenheit werden wird, wie rasch und gesetzmäßig die secundär-elektromotorischen Wirkungen sich verändern, sobald nicht bloß die absoluten, sondern auch die relativen Dimensionen des innerlich polarisirbaren Körpers sich verändern.

II. Maximum in Bezug auf *L*.

Demnächst versuchte ich nämlich jetzt, das durch die Rechnung verkündigte Maximum der secundär-elektromotorischen Wirkung in Bezug auf den Leitungswiderstand des innerlich polarisirbaren Körpers, sofern er durch die Dimensionen bestimmt wird, nachzuweisen, und zwar zuerst indem ich, bei beständigem Querschnitt, allein die Länge wachsen ließ. Zu diesem Zweck brachte ich auf der einen schmalen Seite eines der beiden in der vorigen Versuchsreihe mit V bezeichneten, $6'' = 156^{\text{mm}}$ langen, mit destillirtem Wasser getränkten weißbuchenen Stäbe eine willkürliche Theilung an, deren Grade beiläufig sehr nahe $= 2^{\text{mm}}$ waren. Der Stab wurde mit dem einen Ende eingeklemmt, so daß er wagrecht frei schwebte. An die eine seiner dabei senkrecht gestellten breiten Seitenflächen wurden die mit doppelten Eiweißhäutchen bekleideten Keilbäusche des Säulenkreises, an die andere, jenen genau gegenüber, die des Multiplikatorkreises gelegt, so daß also m hier $= 1$ war. Der ursprüngliche

Strom wurde von nur fünf GROVE'schen Elementen geliefert. Die Dauer der Durchströmung war auch hier nur $\frac{1}{n}$ ". Ich gebe die Zahlen einer Versuchsreihe in Mitteln aus zwei Beobachtungen mit verschiedener Richtung des ursprünglichen Stromes.

<i>L</i>	No.	<i>U</i>	<i>S</i>	No.	<i>U</i>	<i>S</i>
5	1	75.5	3.7	26	53.7	3.0
10	2	54.5	17.5	25	39.0	7.0
15	3	39.2	26.2	24	35.0	22.0
20	4	34.2	34.0	23	31.7	30.5
25	5	25.5	30.5	22	27.5	31.7
30	6	23.7	30.0	21	24.0	30.2
35	7	23.2	32.5	20	22.7	31.5
40	8	19.7	29.2	19	19.2	26.5
45	9	16.7	26.0	18	20.0	30.0
50	10	16.0	25.5	17	15.5	24.2
60	11	12.0	22.0	16	15.2	26.2
70	12	9.7	19.0	15	11.5	20.0
80	13	9.4	17.0	14	9.2	16.5

In dieser Tabelle zeigt die erste Columne (*L*) die zwischen den beiden Paaren von Querbäuschen begriffenen Längen des feuchten Holzstabes in Graden jener willkürlichen Theilung an; die zweite und fünfte (No.) enthalten die Nummern der Versuche; die mit *S* und *U* bezeichneten haben dieselbe Bedeutung wie in der vorigen Tabelle. Beim Verfolgen der Versuchsnummern bemerkt man, dass ich zuerst *L* von 5 bis auf 80° wachsen und dann wieder bis auf 5° sinken liefs. Dies hatte zum Zweck die Veränderungen der verschiedenen Theile der Vorrichtung, die während der mehrere Stunden langen Dauer des Versuches nicht wohl zu vermeiden waren, unschädlich zu machen. Man sieht, dass unserer Vorhersicht gemäfs, ein Maximum der secundär-elektromotorischen Wirkung in Bezug auf die Länge des innerlich polarisirebaren feuchten Leiters wirklich stattfindet. Dasselbe liegt zwischen den Längen 20° und 35°. Die Ausschläge schwanken hier so wenig, dass ihre Unterschiede innerhalb der Grenzen bleiben, zwischen denen sie sich auch ohne Veränderung der Länge zeigen würden, wenn die Keilbäusche mehrmals entfernt und wieder hinangeschoben worden wären. Jenseits des Maximums nimmt die secundär-elektromotorische Wirkung weit langsamer ab, als sie diesseits desselben anstieg.

Ähnliche Versuche mit gleichem Erfolg, wenn auch nicht so wohl

ausgesprochener Gesetzmäßigkeit der Zahlen, habe ich auch noch mit dem oben S. 450 mit III bezeichneten Stäbepaar angestellt.

III. *Maximum in Bezug auf q .*

Nunmehr handelte es sich darum, das Dasein eines Maximums auch in Bezug auf q , bei beständig gehaltenem L , nachzuweisen. Dies hatte sehr viel größere Schwierigkeiten. Erstens giebt es keine Art den Querschnitt des innerlich polarisirbaren feuchten Leiters mit solcher Leichtigkeit zu verändern, wie die beim Versuch in Betracht kommende Länge desselben, und zweitens wird der Vergrößerung des Querschnittes durch die Mafse der Bäuse sehr bald eine nicht zu überschreitende Grenze gesetzt, wenn nicht ganz andere Einrichtungen nöthig werden sollen.

Zuerst schnitt ich aus großen Kartoffeln Prismen von ungefähr 40^{mm} Länge und möglichst großem Querschnitt, klemmte sie, an ihren Grundflächen mit möglichst dünnen Thonschilden versehen, zwischen die Zuleitungsbäuse der Säule ein, und legte ihnen die mit doppelten Eiwelfshäutchen bekleideten Keilbäuse des Multiplicatorkreises an. Es zeigte sich, daß bei 1" langer Dauer des ursprünglichen Stromes dreißig GROVE'sche Glieder nothwendig waren, um am Multiplicator für den Nervenstrom eine secundär-elektromotorische Wirkung von passender Stärke zu erzeugen. Ich spaltete nun das Prisma der Länge nach, beobachtete abermals die secundär-elektromotorische Wirkung, und so fort, bis ich das Prisma auf einen ganz dünnen Streifen des Kartoffelgewebes zurückgeführt hatte. Allein nur in seltenen Fällen gab sich, und auch nicht ganz überzeugend, anfangs eine Verstärkung, und erst später eine Schwächung der Wirkung in Folge der Verdünnung des Prisma's kund. Nur das zeigte sich allerdings, daß von einer gewissen Grenze an die Wirkungen mit weiter wachsender Dicke nicht mehr merklich zunehmen. Unter der Voraussetzung, daß ein Maximum wirklich vorhanden und die Formel (III) richtig sei, war es deutlich, daß dasselbe in diesen Versuchen nicht erreicht werden konnte, weil die Bäuse sowohl, als die Kartoffeln, vermöge ihrer absoluten Dimensionen, nicht die Anwendung eines Prisma's von solchem Querschnitt erlaubten, daß die in (III) ausgesprochene Bedingung erfüllt würde. Es konnte aber, von den im Zähler stehenden Factoren dieses Ausdrucks, σ naturgemäß nicht verkleinert werden. L konnte es deshalb nicht, weil alsdann die Gesetze der linearen Stromvertheilung auch nicht mehr annähernd anwendbar gewesen wären, und weil dadurch die secundär-elektromotorische Wirkung selber zu sehr geschwächt worden wäre. Aus demselben Grunde kann

die Verkleinerung von m nicht viel helfen, die ich übrigens fruchtlos bis zu $m = \frac{1}{2}$ trieb.

Eben so unglücklich war ich mit aus Thon gekneteten Stäben von verschiedenem Querschnitt, und mit balkenförmigen Fließpapierbäuschen, die mit destillirtem Wasser getränkt waren, und von denen ich Schicht um Schicht ablöste um ihren Querschnitt allmählig zu verkleinern. Indessen führte mich dieser letztere Versuch auf den Gedanken der Methode, mit deren Hilfe es mir zuletzt doch gelang, das Maximum der secundär-elektromotorischen Wirkung auch in Bezug auf den Querschnitt darzuthun.

Es war nämlich klar, daß es sich darum handelte, einen innerlich polarisirbaren Körper von geringerem eigenthümlichen Widerstande zu haben, als Kartoffelgewebe, Thon, Fließpapier mit Wasser getränkt. Ein solcher ist das mit einer Salzlösung getränkte Holz, welches sich damit noch immer, obschon bei weitem nicht so stark wie mit Wasser, kräftiger secundär-elektromotorischer Wirkungen fähig zeigt (S. oben S. 438). Die Anwendung des Holzes bot aber eine doppelte Schwierigkeit. Erstens die, es vollkommen gleichmäfsig mit der so schwer darin eindringenden Salzlösung zu tränken, zweitens die, daß man nicht weiß, wie man den Querschnitt nach Belieben veränderlich machen könne. Denn daran, ein feuchtes Holzprisma etwa zu spalten oder mit der Säge allmählig zu verkleinern, war aus vielerlei Gründen nicht zu denken.

Ich half mir folgendermaßen. Aus Birkenfournier liefs ich eine hinlängliche Anzahl Streifen von 6" (156^{mm}) Länge, $\frac{1}{2}$ " (13^{mm}) Breite und $\frac{1}{16}$ " (1.625^{mm}) Dicke schneiden. Einen Theil davon sott ich in gesättigter Kochsalzlösung bis sie darin untersanken. Auf die in passenden Abstand gerückten Zuleitungsbäusche der Säule legte ich nun zuerst einen Streifen mit seinen beiden Enden flach auf, gegen Verunreinigung mit dem Kupfersalz durch ein Thonschild geschützt. An die eine Kante des Streifens schob ich, in geringer Entfernung von dessen Enden, die Keilbäusche des Multiplicatorkreises, hier natürlich ohne Eiweißhäutchen, da ja der Streifen gleichfalls mit Kochsalzlösung getränkt war. Nachdem die secundär-elektromotorische Wirkung unter diesen Umständen bestimmt war, legte ich auf den ersten Streifen einen zweiten, auf diesen einen dritten, und so fort nach Bedürfnis, indem ich Sorge trug, daß die Kante der Streifen stets in genaue Berührung mit den Schneiden der Keilbäusche kam. Die Säule mußte, bei $\frac{1}{n}$ " dauerndem Durchgang des Stromes, dreisiggliederig genommen werden. Die secundäre Wirkung wurde wie bisher am Multiplicator für den Nervenstrom, die ursprüngliche an der Spiegelbussole beobachtet. In der folgenden Tabelle, deren Zahlen das Mittel aus vier Ablesungen bei verschiedener

Richtung des ursprünglichen Stromes, und bei wachsender und abnehmender Anzahl der Streifen sind, bedeuten die obersten Zahlen die Anzahl der angewandten Fournierstreifen.

	1	2	3	4	5	6	8
<i>U</i>	27.7	33.1	42.0	44.1	44.5	45.0	46.5
<i>S</i>	5.0	6.7	4.0	4.1	2.8	?	?

Bei 6, vollends bei 8 Streifen fand nur noch eine ungewisse Spur secundär-elektromotorischer Wirkung statt.

Da, bei verschwindendem Querschnitt des innerlich polarisibaren Körpers, die secundär-elektromotorische Wirkung nothwendig gleichfalls verschwinden muß, so ist durch diese Versuchsreihe nunmehr ein Maximum jener Wirkung auch in Bezug auf den Querschnitt erwiesen, wenn gleich die derselben entsprechenden Zahlen von 1 bis 2 Streifen nur unbedeutend wachsen.

Besser spricht sich das Gesetz in folgender Versuchsreihe aus, welche mit ähnlichen Streifen angestellt wurde, die ich aber, statt in Kochsalzlösung, in schwefelsaurer Kupferoxydlösung gesotten hatte. Hier fielen die Thonschilde zwischen den Streifen und den Säulenbäuschen fort, hingegen ward es nöthig, die Keilbäusche mit mehreren Lagen Fließpapier zu bekleiden, von denen die innersten mit Kochsalzlösung, die äußersten mit schwefelsaurer Kupferoxydlösung getränkt waren. Die secundär-elektromotorische Wirkung war so sehr viel grösser (S. oben S. 438), dafs es genügte, fünf GROVE'sche Glieder $\frac{1}{2}$ " lang einwirken zu lassen, auferdem aber die Empfindlichkeit des Multiplicators für den Nervenstrom noch bedeutend gemäfsigt werden mußte. Die Zahlen in der mit $\frac{1}{2}$ bezeichneten senkrechten Spalte sind mit einem der Länge nach in zwei gleich breite Hälften zerschlitzten Fournierstreifen gewonnen.

	$\frac{1}{2}$	1	2	3	4	5	6	8	10
<i>U</i>	13.2	19.6	47.3	60.6	67.2	65.7	68.2	67.0	56.3
<i>S</i>	10.7	19.6	22.6	19.0	11.7	11.0	7.7	5.5	3.0

Das Dasein eines Maximums in Bezug auf den Querschnitt ist hiernach nicht zu bezweifeln. Befremdend ist jedoch, dafs mit der Kupferlösung das Maximum wie mit der Salzlösung bereits bei zwei Dicken erreicht wurde. Nach Formel (III) hätte man erwarten sollen, dafs, wegen des grösseren σ und des kleineren SM , das dem Maximum entsprechende q mit der Kupferlösung grösser hätte sein müssen. Dagegen

ist es aber doch eingetroffen, daß mit den mit Salzlösungen getränkten Holzstreifen das Maximum bei einem viel geringeren Querschnitt erreicht wurde, als mit den mit destillirtem Wasser getränkten Fließpapierbäuschen, dem Thon und den aus Kartoffeln geschnittenen Prismen.

Diese Versuche beweisen somit hinlänglich streng Folgendes: Die Stärke der secundär-elektromotorischen Wirkung innerlich polarisirbarer Körper ist eine Function des Widerstandes dieser Körper, sofern derselbe durch die Dimensionen bestimmt wird. Diese Function besitzt ein Maximum, welches bei beständiger Länge und wachsendem eigenthümlichen Widerstande der innerlich polarisibaren Körper in Bezug auf q weiter hinausrückt. Bei weiter wachsendem Querschnitt verschwindet die secundär-elektromotorische Wirkung.

Diese Ergebnisse stimmen mit der obigen Theorie überein, und sind zum Theil eigenthümlich genug, um es wahrscheinlich zu machen, daß diese Übereinstimmung nicht auf einem bloßen Zufall beruhe.

Weiter bin ich in dieser Richtung nicht fortgeschritten. Das Bisherige genügt für unsere Zwecke, und diese Prüfungen erwiesen sich doch auch bei so lockerer Behandlung viel schwieriger, als daß es sich der Mühe verlohnt hätte, damit weiter fortzufahren.

(VII) Von der absoluten und relativen Größe der inneren Polarisation, und von einem eigenthümlichen Widerstandsphaenomen, welches sich bei Beobachtung dieser Polarisation im Kreise der sie erzeugenden Säule zu erkennen giebt.

Was die absolute Größe der inneren Polarisation betrifft, so bin ich leider so wenig wie für die Polarisation an der Grenze von Elektrolyten im Stande, eine genaue Bestimmung darüber mitzutheilen. Ich kann nur sagen, daß sie letztere übertrifft, indem, wie wir oben S. 437 fanden, die innere Polarisation eines frischen holzigen Zweiges von den oft genannten Massen durch den 15" dauernden Strom von fünf GROVE'schen Gliedern die Nadel des Muskelmultiplcators an die Hemmung führt. Die innere Polarisation ist daher den gewöhnlichen Beobachtungsmitteln weit eher zugänglich, als die Polarisation an der Grenze von Elektrolyten, ja es gelingt ohne besondere Schwierigkeit, sie im Kreise der sie erzeugenden Säule selber sichtbar zu machen. Dabei giebt sich jedoch noch eine andere, sehr bemerkenswerthe Erscheinung kund.

Um dieselbe ordentlich zu beobachten, ist es wieder nöthig, die WIEDEMANN'sche Bussole, in der oben S. 450 beschriebenen Verfassung, an Stelle des Vertical-Galvanoskops im Kreise der Säule und des innerlich polarisibaren Körpers zu haben. Ferner müssen die Zuleitungs-

gefäße, und der irgendwie beschaffene Leiter zwischen denselben, mit Säule und Bussole durch einen POHL'schen Stromwender verbunden sein, der darin die Richtung des Stromes umkehrt, während sie in der Bussole dieselbe bleibt.

Zuerst überzeugte ich mich ausdrücklich, dafs bei Abwesenheit eines feuchten porösen Leiters im Kreise, wenn entweder ein Schließungsrohr die Zuleitungsgefäße oder ein Schließungsbausch die Zuleitungsbaüsche verband, der Strom beständig blieb. Nicht nur sank die Ablenkung nicht, auch bei noch so langer Dauer der Schließung, innerhalb der durch die Natur der Dinge gesteckten Grenzen, sondern man sah sie anfangs sogar bis zu einem gewissen Punkte wachsen, unstreitig in Folge der mit der Hand fühlbaren Erwärmung des Schließungsrohres oder -bausches. Wurde die Wippe umgelegt, so sah man den Spiegel um ein paar Scalentheile zurückweichen, und dann äufserst nahe wieder seine vorige Stellung einnehmen. Kupfer in gesättigter Kupfersulphatlösung ist zwar der Polarisation nicht ganz unfähig (S. oben Abth. I. S. 149), allein diese Polarisation ist doch kleiner, als dafs der daraus entspringende Kraftzuwachs in den ersten Augenblicken nach der Umkehr des Stromes in den Zuleitungsgefäßen, selbst bei nur einer GROVE'schen Kette im Kreise, vermocht hätte, den Ausfall an ablenkenden Kräften während des Umlegens der Wippe zu decken, geschweige zu überwiegen.

Anders gestaltet sich die Erscheinung, wenn anstatt des Schließungsrohres oder -bausches gewisse feuchte poröse Körper den Kreis schließten. Oft sieht man dann vom Augenblick des Kettenschlusses ab den Strom mit reißender Geschwindigkeit sinken. Es hat den Anschein, als befänden sich im Kreise mehrere stark polarisierbare metallische Zwischenplatten. Nach etwa 15 Minuten ist das Sinken unmerklich geworden. Von der ursprünglichen Stromstärke, welche zwanzig GROVE'sche Glieder erzeugten, ist dann vielleicht nur noch ein Zehntel übrig. Nun sollte man erwarten, beim Umlegen der Wippe einen mächtigen positiven Ausschlag erfolgen zu sehen, als Wirkung der secundär-elektromotorischen Gegenkraft, die, allen bisherigen Vorstellungen gemäß, doch allein das Sinken bedingt haben kann, und sich jetzt zur Kraft der Säule hinzufügen muß. Man sagt sich indessen schon, wie unwahrscheinlich es sei, dafs hier eine secundär-elektromotorische Gegenkraft, achtzehn GROVE'schen Gliedern entsprechend, sollte entstanden sein. Und in der That, nur in einigen Fällen, wo wirklich starke innere Polarisation die neue hier sich einmischende Wirkung begleitet, nur bei nicht zu großer elektromotorischer Kraft der Säule, und nach nicht zu langer Dauer des Stromes erfolgt beim Umlegen der Wippe ein kleiner rascher positiver Sprung des Spiegels, den man der Polarisation zuschreiben kann. Unter

anderen Bedingungen erscheint an Stelle des Sprunges derselbe kleine, auf dem Ausfall an ablenkenden Kräften während des Umlegens der Wippe beruhende Rückgang des Spiegels, wie wenn kein feuchter poröser Körper dagewesen wäre. In beiden Fällen aber, gleichviel ob der das Umlegen der Wippe begleitende Ruck des Spiegels positiv oder negativ war, hebt sich unmittelbar darauf die Stromstärke allmähig mit solcher Geschwindigkeit, daß man die Theilung stetig durch das Gesichtsfeld ziehen sieht. Mit anderen Worten, es bietet sich das merkwürdige Schauspiel eines viele Minuten lang anhaltenden langsamen Wachsens der Stromstärke, welche fast ihre ursprüngliche Höhe wieder erreicht. Aber auf dieser Höhe verweilt sie nur einen Augenblick. Sofort beginnt sie wieder zu sinken bis zu ungefähr der vorigen Grenze, und so kann sich der Wechsel langsamen Sinkens und Ansteigens, unterbrochen beim Umlegen der Wippe durch einen kleinen, raschen, positiven Sprung, oder durch einen flüchtigen Rückgang des Spiegels um einige Scalentheile, noch mehrmals erneuern, bis zuletzt durch Erwärmung, Trockniß und Eindringen des Kupfersalzes die Erscheinungen unregelmäßig werden.

Das langsame Wachsen der Stromstärke nach dem Umkehren des Stromes im feuchten porösen Körper kann nicht durch Polarisation erklärt werden. Die einzige Art, es zu verstehen, ist sich vorzustellen, daß es durch das Verschwinden eines Widerstandes bedingt sei, den der Strom in der einen Richtung erzeugte, in der anderen allmähig wieder aufhebt, und den man also, nach Analogie der secundär-elektromotorischen Erscheinungen, passend den secundären Widerstand nennen wird.

Wie man sieht, sind wir unerwartet auf eine neue wichtige Eigenschaft gestossen, welche die feuchten porösen Körper in Stromkreisen entfalten. Natürlich ist deren genaue Untersuchung eine neue Vorbedingung für die Ermittlungen, welche eigentlich hier unser Zweck sind, für die Erforschung der secundär-elektromotorischen Wirkungen der Muskeln und Nerven. Ja noch mehr: sofern es sehr wahrscheinlich ist, daß auch Muskeln und Nerven jene Eigenschaft besitzen, bildet deren Untersuchung eine Vorbedingung auch für alle weiteren, die primärelektromotorischen Wirkungen der Muskeln und Nerven, und ihre elektrische Reizung betreffenden Versuche.

Die Folge wird zeigen, daß bei näherer Prüfung die Lehre vom secundären Widerstand eine höchst verwickelte Gestalt annimmt; daß es, gewissermaßen entsprechend der Polarisation an der Grenze von Elektrolyten und der inneren Polarisation der feuchten porösen Körper, zwei Arten jenes Widerstandes giebt, einen äußeren und einen inneren secundären Widerstand. Unter diesen Umständen ist es unmöglich, den secundären Widerstand hier als bloßen Anhang zur inneren Polarisation

abzuhandeln, deren Erforschung uns zu seiner Entdeckung führte. Er verdient einen eigenen Platz in diesen Untersuchungen, der ihm auch werden soll, sobald wir nur erst der inneren Polarisation bis zu einem gewissen Punkte Herr wurden.

(viii) Nachahmung der inneren Polarisation mittels der gewöhnlichen Ladungen metallischer oder metallisch leitender Elektroden.

Aus den oben S. 443. 444 angegebenen Gesetzen der inneren Polarisation folgte schon genügend die Richtigkeit der Vorstellung, die wir uns sehr früh von der Vertheilung der secundär-elektromotorischen Kräfte im innerlich polarisirten Körper machten (S. Bd. I. S. 380 und oben S. 380). Um unsere Vorstellung zu versinnlichen, haben wir uns damals sogleich des Bildes bedient: die Vertheilung jener Kräfte sei dieselbe, welche sie sein würde in einer mit einem Elektrolyten getränkten und durchströmten Masse Platinschwamm oder Kohle, die dem Strom nach allen Richtungen eine dichtgedrängte Reihe unzähliger, metallisch polarisirbarer Zwischenplatten darböte. Ehe wir dazu schreiten, das Wesen der inneren Polarisation etwas näher zu ergründen, wird es angemessen sein, uns nicht mehr blofs mit Aufstellung dieses Gleichnisses zu begnügen, sondern zu versuchen, es thatsächlich zu begründen, d. h. die secundär-elektromotorischen Erscheinungen an einem metallisch polarisirbaren, mit einem Elektrolyten getränkten porösen Körper wirklich zu beobachten.

Mit Platinschwamm habe ich den beabsichtigten Versuch noch nicht angestellt. Hinreichend grofse Massen Schwamm sind nicht leicht zu bekommen, und selbst wenn man darüber verfügte, würde es seine Schwierigkeit haben, denselben die Gestalt eines prismatischen Körpers von gleichartigem Gefüge seiner Querscheiben zu ertheilen und diesem Körper Zuleitungs- und Keilbäusche anzulegen.¹

Mit Kohle dagegen schien der Versuch wohl ausführbar. Die Leitungsfähigkeit der Kohle wurde von PRIESTLEY am 4. Mai 1766 entdeckt.²

¹ Ich habe später einmal, durch die Güte des Herrn Prof. G. QUINCKE, über eine hinreichende Menge Platinschwamm verfügt, jedoch nichts daran nachgewiesen, als die Polarisation, wie auch eine zusammenhängende Platinmasse sie gezeigt hätte. (Über den secundären Widerstand, ein durch den Strom bewirktes Widerstandsphänomen an feuchten porösen Körpern. Monatsberichte der Berliner Akademie, 1860. S. 895.) Ohne darüber bestimmte Angaben machen zu können, mufs ich schliessen, dafs es mir aus dem im Text angedeuteten Grunde unmöglich schien oder war, etwas über die innere Polarisirbarkeit zu ermitteln.

² The History and present State of Electricity, with original Experiments etc.

Im Laufe seiner Reizversuche fand VOLTA bald, daß die Kohle sich dabei den negativeren Metallen ähnlich verhalte, daß aber nur wohl- ausgeglühte Holzkohle (*il carbone di legno ben cotto*) sich dergestalt wirksam zeige.¹ Daß unter den gewöhnlichen Umständen Kohle und Graphit auch Polarisation annehmen wie die negativeren Metalle, wurde dann gleich von J. W. RITTER bei Gelegenheit seiner Entdeckung der Ladungssäule hinzugefügt, und seitdem von vielen Anderen bestätigt.² Die von uns in der Kohle vorausgesetzten Bedingungen sind also erfahrungsmäßig vorhanden.

Von der Königlichen Pulverfabrik in Spandau erhielt ich durch meinen Freund Herrn Dr. G. WERTHER verkohlte Zweige von Erlen (*Alnus sp.*) und Faulbaum (*Rhamnus frangula LINN.*). Die Zweige stellten Cylinder von 8—15^{mm} Durchmesser dar, und die benutzten Stücke hatten etwa 50^{mm} Länge. Diese Kohle war, wie ihre Bestimmung es mit sich brachte, nur schwach geglüht,³ und leitete daher, VOLTA'S Angabe gemäß, im trockenen Zustande nicht. Tränkte ich sie mit Kochsalzlösung, so wurde sie leitend, zeigte aber meist keine innere Polarisirbarkeit. Ebenso verhielten sich Stücke von gewöhnlicher Meilerkohle aus irgend einer einheimischen Coniferen-Art, denen sich durch Schnitzen und Feilen leicht die bei diesen Versuchen hergebrachte prismatische oder cylindrische Form ertheilen liefs. Erst nachdem ich solche Kohle, in Blattkupfer gewickelt, über der BERZELIUS-Lampe gehörig ausgeglüht hatte, entfaltete sie die von mir vermutheten Eigenschaften.

Liefs ich ein geglühtes cylindrisches Kohlenstück, mit gesättigter Kochsalzlösung getränkt, die Querbäusche mit seinen Grundflächen berühren, so stellten sich meist zuerst heftige Nadelbewegungen ein, die von einer der Kohle innewohnenden Ungleichartigkeit herrührten, und früher oder später, vermuthlich durch Polarisation, mehr oder weniger vollkommen verschwanden. Sandte ich nun einen Strom hindurch, so erfolgte, bei Schließung des Multiplicator- nach Öffnung des Säulen-

The 2^d Edition etc. London 1769. 4^o. p. 570;* — übersetzt von KRÜNITZ. Berlin und Stralsund 1772. 4^o. S. 398.*

¹ Memoria terza sull' Elettricità animale compresa in una Lettera diretta al Signor GIOVANNI ALDINI. 24 Novembre 1792. Collezione dell' Opere del Caval. Conte ALESSANDRO VOLTA ec. Firenze 1816. t. II. p. I. p. 192.* — S. auch daselbst p. 198. 224 e seg. Nota. p. 237. Nota. p. 241. Nota, und vgl. oben Bd. I. S. 61. 68.

² Physisch-chemische Abhandlungen in chronologischer Ordnung. Leipzig 1806. Bd. III. S. 107;* — GILBERT'S Annalen der Physik. 1806. Bd. XXIII. S. 203. Anm.* — Vgl. aus älterer Zeit noch P. ERMAN in GILBERT'S Annalen u. s. w. 1807. Bd. XXVI. S. 132;* — PFAFF in SCHWEIGGER'S Journal der Chemie und Physik. 1828. Bd. LIII. S. 396.*

³ V. REGNAULT, Cours élémentaire de Chimie. 4^e Éd. Paris 1854. t. II. p. 298. 299.*

kreises, ein negativer Ausschlag, um so größer, je stärker und je anhaltender der ursprüngliche Strom gewesen war. Unter sonst gleichen Umständen war die Wirkung mit verschiedenen Kohlenstücken nicht stets von gleicher Stärke. Nicht selten aber reichte schon 1" lange Schließung einer einzigen Grove'schen Kette aus, um durch die secundär-elektromotorische Wirkung der Kohle die Nadel des Nervenmultiplicators mit äußerster Heftigkeit an die Hemmung zu werfen, die des Muskelmultiplicators beträchtlich abzulenken.

Legte ich den Grundflächen des Kohlencylinders die Zuleitungsbüschel der Säule unmittelbar, und zweien Punkten seines Mantels die Schneiden der Keilbüschel in der Art an, wie oben S. 426 den balkenförmigen Büscheln, so erhielt ich gleichfalls starke negative Ausschläge in Folge der Durchströmung. Bei dieser Versuchsweise konnte bekanntlich das Kohlenstück mit beliebigen Flüssigkeiten getränkt sein, ohne daß man Gefahr lief, durch die äußere Polarisation an der Grenze feuchter Leiter getäuscht zu werden. Demgemäß wurden als tränkende Flüssigkeiten versucht verdünnte Schwefelsäure und gesättigte Kupfersulphatlösung. Um die Kohle mit den Flüssigkeiten zu tränken, wurde sie glühend darin abgelöscht, und noch eine Zeit lang darin gesotten. Die Schneiden der Keilbüschel erhielten einen doppelten Überzug, zuerst von einigen Lagen mit Kochsalzlösung getränkten Fließpapiers zu ihrem eigenen Schutz gegen die Flüssigkeiten der Kohle, dann noch von einigen Lagen mit der Flüssigkeit der Kohle getränkten Fließpapiers zum Schutze der Kohle gegen die Kochsalzlösung der Büschel. Der Erfolg war bei beiden Flüssigkeiten starke negative Wirkung.

Bei Anwendung der Keilbüschel zum Ableiten des secundären Stromes liefs sich leicht zeigen, daß unserer Voraussicht gemäß jede irgendwo gelegene noch so kurze Strecke des von Grundfläche zu Grundfläche durchströmten Kohlencylinders in derselben Richtung secundär-elektromotorisch wirkt. Man braucht dazu eben nur mit den in beständigem, beliebig kleinem Abstand von einander gehaltenen Keilbüscheln dem Mantel des Kohlencylinders entlang zu rücken, wobei man auch letzteren noch um seine Axe drehen kann. Demgemäß muß die elektromotorische Kraft, mit der die Kohle im Multiplicatorkreise wirkt, um so größer sein, eine je längere Strecke die beiden Keilbüschel umfassen. Auch dies bestätigte sich, als ich bei Gegenwart eines Widerstandes im Multiplicatorkreise, gegen welchen der der Kohle mehr oder minder verschwand, den Abstand der Keilbüschel veränderte. Die Stromstärke hielt dann mit diesem Abstände fast gleichen Schritt.

Es ist also klar, daß geglühte und mit einem feuchten Leiter getränkte Kohle sich wirklich in der von uns vorausgesehenen Art secundär-

elektromotorisch verhält, d. h. dafs auf jedem Punkt ihres Inneren der primäre Strom eine seiner örtlichen Dichte entsprechende, umgekehrte elektromotorische Kraft erzeugt. Diese Kraft rührt her von der Ausscheidung elektropositiver und -negativer Stoffe an den beiden Flächen der zahllosen Kohlenplättchen, die, nach Art der Metalle leitend, und ebensoviel polarisirbare Zwischenplatten vorstellend, in die Strombahn eingeschaltet sind. Wir können diese Art der inneren Polarisation einstweilen die künstliche nennen im Gegensatze zur natürlichen, die den eigentlichen Gegenstand unserer jetzigen Untersuchung ausmacht. Wie man sieht, unterscheidet sich jene von dieser dadurch, dafs, während die natürliche innere Polarisation sich nur kundgiebt bei Tränkung der porösen Körper mit schlecht leitenden Flüssigkeiten, die künstliche innere Polarisation der Kohle hervortritt bei Tränkung mit so gut leitenden Elektrolyten, wie Kochsalzlösung, verdünnte Schwefelsäure, Kupfer-sulphatlösung.

So einfach, wie es nach dem Bisherigen scheinen könnte, ist indess das secundär-elektromotorische Verhalten der Kohle nicht. Sondern es zeigt sich, bei weiterer Prüfung, dafs die Kohle neben der künstlichen, auch noch natürliche innere Polarisirbarkeit besitzt, ohne Zweifel einen Theil derjenigen, die dem unverkohlten Holz eigen war. Tränkt man nicht ausgeglühte, isolirende Kohle mit Wasser statt mit einer gutleitenden Flüssigkeit, so wird sie leitend, obschon natürlich nicht so gut wie mit der Kochsalzlösung, dafür zeigt sie aber einen hohen Grad innerer Polarisirbarkeit. Sie verhält sich also im Grunde noch ganz wie das nicht verkohlte Holz. Tränkt man ein Stück wohl ausgeglühter Kohle mit Wasser, so zeigt sie gleichfalls innere Polarisirbarkeit. Diese könnte man versucht sein, blofs für künstliche zu halten. Tränkt man aber ein und dasselbe Stück solcher Kohle erst mit Wasser, dann mit Kochsalzlösung, und unterwirft es in beiden Zuständen gleich lange dem Strome derselben Säule, so müfste, nach unseren jetzigen Voraussetzungen, die Polarisation im letzteren Falle die stärkere sein, wenn es sich blofs um künstliche innere Polarisation handelte. Das ist sie aber keinesweges immer, sondern sehr häufig ist sie bei Tränkung der Kohle mit Wasser sehr viel stärker als bei Tränkung der Kohle mit Salzlösung, obschon in diesem Fall der Strom der Säule eine viel gröfsere Stärke erreicht. Man kann diese Umstände, wie gesagt, vor der Hand so auffassen, als sei die Kohle aufser mit der künstlichen, auch noch begabt mit einem Theile der natürlichen inneren Polarisirbarkeit, die dem unverkohlten Holze zukam. Beim Tränken der ungeglühten Kohle mit Wasser habe man es mit der natürlichen inneren Polarisirbarkeit allein, beim Tränken der geglühten mit Wasser, mit beiden Arten der inneren

Polarisation zugleich zu thun. Hingegen beim Tränken der geglühten Kohle mit einem gut leitenden Elektrolyten falle die natürliche innere Polarisation fort, und es könne geschehen, daß die Verstärkung der künstlichen inneren Polarisation durch die Salzlösung oder Säure den Verlust der natürlichen inneren Polarisation nicht ersetze.

Auf diese Art, die aber später noch eine wesentliche Abänderung und Vereinfachung erfahren wird, erklären sich allerdings die bisher beschriebenen Erscheinungen. Doch bleiben noch einige Umstände übrig, die sich dieser Auffassung nicht fügen. Der Art ist die oft sehr verschiedene innere Polarisirbarkeit, welche zwei aneinander stoßende Stücke desselben Zweiges auf ganz gleiche Weise behandelt zeigen, und welche soweit gehen kann, daß während das eine mit der oben S. 461 beschriebenen Heftigkeit wirkt, das andere auch bei viel längerer Schließung einer viel stärkeren Kette oft nur Spuren secundär-elektromotorischer Wirkung giebt. Dies ist der Grund, weshalb oben zur Vergleichung der Polarisation der mit Wasser und der mit Salzlösung getränkten Kohle ein und dasselbe Stück Kohle benutzt wurde.¹

Es kam vor, daß Kohle, die trocken verhältnißmäßig besser leitete, mit gut leitenden Elektrolyten getränkt, durchaus keine Polarisation annahm. Ein Stück der oben erwähnten Meilerkohle befand sich in diesem Falle, und ebenso verhielt sich, mit verdünnter Schwefelsäure getränkt, eine Probe BUNSEN'scher Kohle von unbekannter Herkunft. Sodann kam es vor, daß Erlenkohle, die nicht von mir nachträglich ausgeglüht war, sich trocken als Nichtleiter verhielt, mit Kochsalzlösung getränkt dagegen schon von selbst starke elektromotorische Wirkungen gab, und auch lebhafte innere Polarisation annahm. Dies läßt sich allenfalls begreifen mit Hülfe der Annahme, daß in dieser Kohle die nach Art der Metalle leitenden Kohlenplättchen noch durch ein Gerüst nicht leitender nicht gehörig verkohlter Holztheilchen getrennt waren. Bei Tränkung mit einer elektrolytisch leitenden Flüssigkeit setzte diese die metallisch leitenden Kohlenplättchen mit einander in Verbindung.

Solche Dunkelheiten, die nur mit Hülfe unbewiesener Voraussetzungen hinweggeräumt werden können, bieten sich noch mehrere dar und wegen aller dieser Verwickelungen zeigte sich also im Ganzen die Kohle denn doch meinem Zweck nicht entsprechend, die Erscheinungen der inneren

¹ Schon VOLTA sagte in Bezug auf seinen Kreis von Wahrnehmungen an verschiedenen Kohlen: „Pel carbone non so se molto influisca la diversa qualità di „legno: certo moltissimo fa la diversa cottura: ma vi saranno anche altre accidentali „differenze. Il fatto è, che differiscono quasi sempre notabilmente due pezzi di car- „bone, e non di raro lo stesso pezzo in diversi punti“. Collezione dell' Opere ec. t. II. p. I. p. 226. Nota.*

Polarisation mittelst der gewöhnlichen Ladungen metallisch leitender Elektroden nachzuahmen. Ich sann daher auf ein anderes Mittel, um diesen Zweck zu erreichen, und fand dasselbe bald in folgendem Kunstgriff.

Ich rührte starken Leim mit einer gehörigen Menge feiner Messingfeilspäne an, und goß ihn zum Erstarren in ein geöltes Reagensglas aus. Den erstarrten Leim an sich haben wir schon oben S. 436 auf innere Polarisation untersucht und frei davon gefunden. Dagegen der mit Messingfeilspänen erfüllte Leimcylinder ahmte nunmehr vollkommen, und ohne alle Verwickelungen, die Erscheinungen der inneren Polarisation nach. Zwischen je zwei Punkten, die hinter einander auf der Bahn des Stromes gelegen waren, erfolgte eine secundär-elektromotorische Wirkung in umgekehrter Richtung der ursprünglichen, um so stärker je größer der Abstand der beiden Punkte u. s. f. Zu bemerken ist noch, daß die unteren Theile des Leimcylinders, in welchen sich in Folge der Schwere mehr Messingspäne angehäuft hatten als in den oberen, wie zu erwarten war, diese an Wirksamkeit merklich übertrafen.

(IX) *Erörterung einiger hierhergehörigen Angaben MUNK AF ROSENSCHÖLD'S.*

So gelingt es also mittelst der gewöhnlichen Ladungen, die innere Polarisation der feuchten porösen Körper getreu nachzuahmen. Nach unseren jetzigen Vorstellungen wäre aber zwischen einem Stück Kohle oder einem Leimcylinder voll Messingspänen im polarisirten Zustande, und einem Stück Holz, Knochen oder Sandstein in demselben Zustande, nur eine äußerliche Ähnlichkeit. Nur die allgemeine Vertheilung der secundär-elektromotorischen Kräfte und die daraus folgende Wirkungsweise sind in beiden Fällen dieselben.

Was das elektromotorische Element in dem Fall der natürlichen inneren Polarisation sei, darüber sind wir noch völlig im Dunkeln. Indem wir uns aber jetzt dem Augenblick nähern, wo wir uns die Beantwortung dieser Frage zur Aufgabe machen, tritt zunächst die Nothwendigkeit ein, einiger fremden und wenig bekannten Angaben zu gedenken, die offenbar auf unseren Gegenstand Bezug haben.

Ich spreche von den Versuchen MUNK AF ROSENSCHÖLD'S, wonach gewisse Körper, meist sogenannte Halbleiter der Elektrizität, nachdem sie dem Strom einer Elektrisirmaschine ausgesetzt gewesen sind, sich elektrisch zeigen, so daß das Ende, welches den positiven Conductor der Maschine berührte, das Elektroskop positiv, das andere Ende es negativ ladet. Theilt man jene Körper in mehrere Stücke, so verhält

sich jedes Stück auf die nämliche Art.¹ In dieser Art wirken nach ROSENSCHÖLD gegossene Stangen von Schwefelantimon, krystallisirter rother Zinnober, lufttrockene Papierstreifen, Wasser und Alkohol in Thermometerröhren eingeschlossen. Einige andere Körper, Kohle, Mangansuperoxyd, Eisenoxyd, Zinkoxyd, gelbes Quecksilberoxyd zeigten dieselben Erscheinungen, wenn sie gepulvert in Glasröhren gestopft waren. Schwarzes Schwefelquecksilber und rothes Bleisuperoxyd dagegen versagten die Wirkung, ersteres, wie ROSENSCHÖLD meint, wegen zu guter, letzteres wegen zu schlechter Leitung. Es gelang ROSENSCHÖLD auch, krystallisirten Braunstein und braunes Bleisuperoxyd, letzteres als Pulver in einer vier Zoll langen Glasröhre, mittelst des Stromes einer 48 gliederigen Zinkkupfersäule dergestalt zu laden, daß die Nadel eines Multiplicators dadurch merklich in dem umgekehrten Sinne des ursprünglichen Stromes abgelenkt wurde.

„Ein kleiner Cylinder von völlig ausgebrannter Holzkohle, . . . , „der sehr stark leitete, wurde kaum merkbar geladen. Ein anderer Cylinder, von nicht so gut ausgebrannter Kohle, . . . , leitete dagegen sehr „schlecht, und hemmte den Strom der Säule in dem Grade, daß die „Magnetnadel nicht afficirt wurde. Nachdem die Verbindung mit der „Säule einige Zeit gedauert hatte, prüfte ich“, sagt ROSENSCHÖLD, „das „Kohlenstück durch den Condensator. Ich fand deutlich das Ende, „durch welches der Strom hindurchgegangen war, positiv, und das andere negativ, jedoch nur schwach“. (A. a. O. S. 222*.)

Wie man sieht, war ROSENSCHÖLD ganz auf dem Wege, die im Vorigen von uns aufgedeckten Thatsachen zu finden. Einige seiner Versuche haben mit den unsrigen wohl nur eine äußerliche Ähnlichkeit. So die mit gegossenen Schwefelantimonstangen und mit krystallisirtem Zinnober, und ebenso die mit Alkohol- und Wasserfäden in gläsernen Haarröhrchen. Uns ist es durchaus mißglückt, eine Spur von innerer Polarisation sogar an Krystallen wässerigen Ursprunges nachzuweisen, in deren Innerem viel eher an hygroskopische Feuchtigkeit gedacht werden könnte, als bei gegossenem Schwefelantimon und bei Zinnober; und bei chemisch gleichartigen Flüssigkeiten, mit Einschluss von destillirtem Wasser und von Alkohol, haben wir gleichfalls vergeblich danach gesucht (S. oben S. 433. 434).

Dagegen ROSENSCHÖLD's Erfahrungen an pulverförmigen Halbleitern sind eher den unsrigen vergleichbar, und vollends der schon von VOLTA herrührende Versuch am Papierstreifen² erscheint fast nur als eine andere

¹ POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1838. Bd. XLIII. S. 207.*

² ROSENSCHÖLD führt diese Versuche aus NEUMANN's Handbuch der Physik, II. 2.

Gestalt unserer Versuche an den mit Wasser getränkten Fließpapierbäuschen. Dafs VOLTA und ROSENSCHÖLD bei schlecht leitenden Körpern elektroskopische Wirkung beobachteten, während wir bei besser leitenden einen galvanischen Strom erhielten, kann keinen wesentlichen Unterschied zwischen beiden Versuchsreihen begründen, und es ist wohl keine Frage, dafs, wenn man über ein hinreichend empfindliches Elektroskop geböte, man so gut wie an der Schwefelantimonstange auch an allen den zahllosen Körpern, die wir nun als mit innerer Polarisation begabt erkannten, elektroskopische Wirkungen würde nachweisen können.

Über die Ursache der von ihm wahrgenommenen Erscheinungen hat ROSENSCHÖLD eine Theorie aufgestellt, welche unsere Aufmerksamkeit verdient, sofern sie auch unsere Versuche umfasst, und also, wenn sie richtig wäre, von der grössten Wichtigkeit für uns sein würde.

ROSENSCHÖLD denkt sich, dafs, „wenn ein elektrischer Strom durch „einen Leiter geht, in dem Leiter das Bestreben erweckt wird, die „Differenzen der freien elektrischen Kräfte, die durch den Strom hervorgerufen wurden, zu behalten, oder mit anderen Worten dafs, wenn die „Elektricität in einem Leiter aus irgend einer Ursache im Zustande der „Strömung ist, die elektrischen Differenzen, die der Strom hervorbringt, „zum Theil in Spannungen¹ übergehen“. (A. a. O. S. 224*.) Dies soll nach ROSENSCHÖLD mit allen, auch den metallischen Kettentheilen, in gleicher Art geschehen; merkliche ‘Spannungen’ aber bleiben dergestalt nur an schlechten Leitern zurück, weil nur an solchen, nach den bekannten Versuchen ERMAN’s und Anderer², die ‘Spannungen’ des Kreises so zu sagen sich anhäufen.

Auf alle Fälle ist dies im Widerspruch mit den Thatsachen. Ein

Neue Auflage, Bd. II. S. 544 an, und fügt hinzu: „Es ist mir unbekannt, woher der „Verfasser das Angeführte, auf welches er die Erklärung der Ladungssäule von „RITTER gründet, genommen hat“. YELIN in GILBERT’s Annalen der Physik, 1823. Bd. LXXIII. S. 376* schreibt VOLTA den Versuch zu, doch habe ich die Originalstelle nicht aufzufinden vermocht.

¹ Unter Spannungen versteht ROSENSCHÖLD, was wir jetzt Potential-Unterschiede nennen. (Vergl. KIRCHHOFF in POGGENDORFF’s Annalen u. s. w. 1849. Bd. LXXVIII. S. 506*.) Ich werde jedoch ROSENSCHÖLD’s Redeweise beibehalten, indem ich nur dem in seinem Sinne gebrauchten Worte ‘Spannungen’ Anführungszeichen hinzufüge.

² P. ERMAN in GILBERT’s Annalen der Physik. 1801. Bd. VIII. S. 197;* — 1802. Bd. X. S. 1;* — Bd. IX. S. 93;* — 1807. Bd. XXVI. S. 126. — VOLTA in: CONFIGLIACHI, L’Identità del fluido elettrico col così detto Galvanico vittoriosamente dimostrata ec. Pavia 1814. 4^o. S. 70. §56.* — G. S. OHM in POGGENDORFF’s Annalen u. s. w. 1826. Bd. VII. S. 54;* — Die galvanische Kette mathematisch bearbeitet. Berlin 1827. S. 47. 156.* — KOHLRAUSCH in POGGENDORFF’s Annalen u. s. w. 1849. Bd. LXXVIII. S. 1;* — 1851. Bd. LXXXII. S. 411.*

noch so langer und dünner mit gesättigter Kochsalzlösung oder verdünnter Schwefelsäure getränkter Zwirnsfaden giebt keine Spur von innerer Polarisation, obschon sein Widerstand gewifs keinen kleineren Theil des Gesamtwiderstandes ausmacht, als der eines kurzen und dicken mit Wasser getränkten Fließpapierbausches, welcher sehr stark innerlich polarisierbar ist.

Aber auch abgesehen hiervon ist ROSENSCHÖLD's Vorstellung unhaltbar. Sie beruht auf unrichtiger Auffassung des Verhältnisses der Strömung zu den 'Spannungen'. ROSENSCHÖLD geht davon aus, daß letztere durch erstere hervorgerufen werden, ohne zu bedenken, daß ebenso sehr die Strömung die Folge der 'Spannungen' ist.

Bleibe nach Entfernung der ursprünglichen elektromotorischen Kräfte aus dem Kreise der elektrische Zustand seiner einzelnen Theile wenn auch in vermindertem Mafse bestehen, so würde nothwendig auch der Strom noch in derselben Richtung fort dauern, wie vorher. ROSENSCHÖLD hat sicher Recht, wenn er sagt: „Es wird nur durch eine, durch den „elektrischen Strom erregte 'Spannung' zwischen den kleinsten Theilen „möglich, die Erscheinungen zu erklären, welche ein geladener Leiter „darbietet“. Aber er geht fehl, wenn er fortfährt: „Diese 'Spannungen' „sind . . . den Zeichen nach derselben Art, wie die Differenzen, welche „durch den Strom“ — während seiner Dauer — „erzeugt waren. Der Leiter „äußert nur ein Bestreben, in demselben Zustande zu verweilen, der „während des Stromes stattfand“. (A. a. O. S. 223.*) ROSENSCHÖLD's Theorie führt ihn denn auch folgerichtig zu ungereimten Ergebnissen. Er überlegt, was geschehe, wenn ein innerlich polarisirter Leiter, ohne Einschaltung eines aufserwesentlichen Widerstandes, in sich selber zur Kette geschlossen würde. In diesem Falle würde nach ihm „die elektrische Differenz zweier beliebigen Querschnitte immer Null sein. . . „Hier sind daher gar keine elektrischen Differenzen, und, wenn der „Leiter in einem Punkte mit der Erde in Verbindung steht, gar keine „freie elektrische Kräfte vorhanden, und doch kreist die Elektrizität“. (A. a. O. S. 225. Anm.*)

Das wäre in der That das Perpetuum mobile. Aber, wie kaum gesagt zu werden braucht, so verhalten sich die Dinge nicht. Um sie sich richtig vorzustellen, kann der Weg sehr wohl dienen, den ROSENSCHÖLD einschlug, indem er an die OHM'schen Gefälle der elektroskopischen Kraft anknüpfte, nur hat er selber auf diesem Wege sich verirrt.

In Fig. 159 Taf. VI stellt die Abscissenaxe $M'M$, einen zur Geraden entwickelten galvanischen Kreis vor, der aus folgenden Theilen besteht. Der Abschnitt $P'P$, ist ein innerlich polarisierbarer, die Abschnitte

$M'P'$, P,M , sind die beiden Hälften eines gewöhnlichen metallischen Leiters. In der Mitte M' oder M , des letzteren befindet sich eine elektromotorische Kraft oder ein Sprung des Potentials im Betrage von $M'\mu' + M,\mu = 2M'\mu' = 2M,\mu$. Die elektromotorischen Kräfte, welche etwa bei P' und P , ihren Sitz haben, lassen wir außer Acht. Als gleich und entgegengesetzt heben sie sich auf, und ihre Berücksichtigung würde zur Erläuterung dessen, worauf es hier ankommt, nicht beitragen. Dagegen gehört zur Bestimmung unserer Figur noch, daß die Mitte O der Strecke $P'P$, zur Erde abgeleitet, das Potential der Elektrizität daher hier = Null sei.

Da der Übersichtlichkeit halber die Strecken $M'P'$, P,M , beziehlich den Strecken $P'O$, OP , gleich gemacht wurden, sind für die ersteren und letzteren Strecken die Tangenten der Winkel α und β den Producten aus dem Leitvermögen in den Querschnitt der zugehörigen Strecken umgekehrt proportional zu denken. Dann stellt die gebrochene Linie $\mu'\pi'O\pi,\mu$, die Vertheilung des elektrischen Potentials in unserem Kreise im Augenblick der Schließung vor. Die Aufgabe aber wäre nunmehr die Vertheilung anzugeben, welche in Folge der inneren Polarisation der Strecke entsteht, und die Entfernung des innerlich polarisirten Leiters aus dem primären Kreise überdauernd in einem Multiplicatorkreise einen secundären Strom zu erzeugen vermag. Der Einfachheit halber wollen wir uns denken, daß der Multiplicatorkreis gleichen Widerstand mit dem primären Kreise hat, mit anderen Worten, die Abschnitte $M'P'$, P,M , des metallischen Leiters sollen jetzt den Multiplicatorkreis vorstellen. Wir thun also in der Idee nichts, als daß wir aus diesem Leiter den bisher bei M' oder M , darin vorhandenen Potentialunterschied wegnehmen. Doch ist, um die Aufgabe behandeln zu können, noch eine Annahme nöthig.

Die secundär-elektromotorischen Kräfte sind sicher nicht auf Querebenen des innerlich polarisirten Leiters stetig verbreitet, sondern haben ihren Sitz an zerstreuten Punkten dieser Ebenen, welche wieder nicht in Linien liegen, die der Axe des prismatisch gedachten Leiters parallel sind. Zwischen den secundär-elektromotorisch wirksamen Punkten liegt also leitende Substanz, welche nur als Nebenschließung wirkt. Auch auf diese Verwickelung wollen wir hier noch keine Rücksicht nehmen, sondern die Sache so ansehen, als wechselten in dem innerlich polarisirten Leiter secundär-elektromotorisch wirksame Querebenen mit Querscheiben ab, welche nur leitend sich verhalten.

Läßt man dies gelten, so ist klar, daß die gebrochene in dem innerlich polarisierbaren Abschnitt sägeförmige Linie $M'p'Op,M$, die Vertheilung des Potentials nach Entfernung der ursprünglichen elektromo-

rischen Kraft darstellen wird. Jeder Zahn der Säge — natürlich sind die Zähne viel zu wenig zahlreich und viel zu groß abgebildet — besteht aus einem senkrechten und einem schrägen Theil. Der senkrechte Theil ist der Sprung des Potentials, welcher der secundär-elektromotorischen Kraft in einer Querebene des innerlich polarisirten Leiters entspricht. Der schräge Theil stellt das Gefälle des Potentials in der leitenden Querscheibe vor. Vermöge des Sinnes der Abdachung hat der secundäre Strom die entgegengesetzte Richtung vom primären. Im Punkte M' oder M , ist jetzt das Potential Null, und die das Gefälle darstellende Gerade $p'M'M,p$, schneidet hier die Abscissenaxe, daher auch in den Strecken $M'P'$, P,M , wie es sein muß, jetzt ein dem primären entgegengesetzter Strom herrscht. Die Tangenten der Winkel γ und δ verhalten sich zu einander, wie die Tangenten der Winkel α und β , wobei von secundärem Widerstande (S. oben S. 458) abgesehen wird.

Denkt man sich den innerlich polarisirten Leiter durch Berührung von P' und P , in sich selber zum Kreise geschlossen, so wird die Vertheilung des Potentials die in Fig. 159 A zwischen P' und P , sichtbare, welche überhaupt den elektrischen Zustand einer mehrgliedrigeren Säule darstellt, die ohne Einschaltung eines Zwischenleiters oder auferwesentlichen Widerstandes in sich geschlossen wird, wobei trotz der säulenartigen Anordnung keine Verstärkung des Stromes erfolgt. Wird aber der aus dem Kreise entfernte innerlich polarisirte Leiter nicht zum Kreise geschlossen, so nimmt die Vertheilung die in derselben Figur zwischen p' und p , angegebene Beschaffenheit an, woraus man den Grund erkennt, weshalb in ROSENSCHÖLD'S Versuchen die innerlich polarisirten Leiter Zeichen positiver Elektricität an dem Ende gaben, das mit dem positiven Conductor der Elektrisirmaschine oder dem positiven Pol der Säule verbunden gewesen war, Zeichen negativer Elektricität am entgegengesetzten.

Um die Vertheilung des Potentials im Kreise, der die primärelektromotorische Kraft und den innerlich polarisirten Leiter enthält, zu finden, braucht man nur nach dem Principe der Superposition¹ die Ordinaten der Linie $\mu'\pi'O\pi,\mu$, und die der Linie $M'p'O\mu,M$, algebraisch zu summiren. Dies ist in Fig. 159 in der Linie $\mu'p'O\mu,\mu$, geschehen, und man sieht die Verminderung der Stromstärke durch die innere Polarisation sich in der verminderten Steilheit der Gefälle deutlich ausprägen.

Die hier angegebene Construction läßt sich leicht auch auf den Fall

¹ Vgl. oben Bd. I. S. 647; — HELMHOLTZ in POGGENDORFF'S Annalen u. s. w. 1853. Bd. LXXXIX. S. 212 ff.*

einer inneren positiven Polarisation ausdehnen, als welche der elektronische Zustand der Nerven, und, wie wir sehen werden, jene secundär-elektromotorischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven sich darstellen, in deren Verfolgung wir eigentlich hier begriffen sind (S. oben S. 381). Da wir später dieser Construction bedürfen werden, wird es am besten sein, sie sogleich hier vorzunehmen. Fig. 160 und 160A Fig. VI, welche in allen Stücken, nur nicht im Sinne der Polarisation, eine Wiederholung von Fig. 159 und 159A darstellen, lassen erkennen, worin sich bei positiver innerer Polarisation die OHM'schen Gefälle von denen bei negativer innerer Polarisation unterscheiden. Bei geschlossenem Kreise sind die Sägezähne anders gerichtet, bei offenem steigen die Treppenstufen anders an. Im Gegensatz zu einem negativ innerlich polarisirten Leiter müßte ein aus dem Kreise entfernter positiv innerlich polarisirter Leiter an dem Ende, wo der Strom eintrat, negative, an dem, wo er austrat, positive Zeichen am Elektroskop geben. In einem zwischen seinen Enden angebrachten Leiter ist das Gefälle des Potentials, und demgemäß die Richtung des Stromes die umgekehrte wie am negativ innerlich polarisirten Leiter, nämlich dieselbe wie unter dem Einfluß der ursprünglichen elektromotorischen Kraft. Daher durch algebraische Summation der Ordinaten der secundären und der primären Kräfte diesmal die Steilheit des Gefälles der letzteren in der gebrochenen Linie $\mu' p' Op, \mu$, größer ist, als ohne den innerlich polarisirten Leiter.

Kurz gesagt, am negativ innerlich polarisierbaren Leiter bleiben die elektroskopischen Zeichen scheinbar die nämlichen wie während der Dauer des primären Stromes, aber er wirkt elektromotorisch im entgegengesetzten Sinne. Am positiv innerlich polarisierbaren Leiter kehren jene Zeichen sich um, aber der secundäre Strom hat die Richtung des primären. Die Fig. 161 Taf. VI macht dies anschaulich. Man erkennt leicht den innerlich polarisierbaren Körper $P'P$, zwischen den davon entfernten Enden des eben dadurch geöffneten primären Kreises. Die ausgezogenen Pfeile zeigen die Richtung des primären Stromes, die gestrichelten die des secundären Stromes an. Der obere Abschnitt der Figur, A, entspricht also negativer, der untere, B, positiver innerer Polarisation, und demgemäß sieht man die Zeichen verschieden vertheilt.

Dies Verhalten übersah wohl FECHNER, als er zur Erklärung der Versuche ROSENSCHÖLD's annahm: in den ladungsfähigen Halbleitern ordneten sich die elektropositiven und -negativen Bestandtheile an, wie nach GROTHUSS in den Elektrolyten (S. oben Bd. I. S. 236; — Bd. II. Abth. I. S. 323), und diese Anordnung überdauere den ursprüng-

lichen Strom.¹ Denn dies wäre positive innere Polarisation, und der Erfolg würde elektroskopisch wie galvanisch gerade der umgekehrte von dem von ROSENSCHÖLD beobachteten sein. Überdies wäre nicht zu verstehen, warum (was aber FECHNER noch nicht wufste) nur mit schlechtleitenden Elektrolyten getränkt die porösen Körper innere Polarisation annehmen.

P. RIESS vergleicht die ladungsfähige Schwefelantimonstange einer FRANKLIN'schen Flaschensäule, und nimmt also an, daß darin gut leitende mit isolirenden Schichten abwechseln. Diese Erklärung paßt auch auf die in Glasröhren gestopften pulverförmigen Metalloxyde, und allenfalls auf VOLTA's lufttrockenen Papierstreifen, nicht jedoch auf den Fall des in Haarröhrchen eingeschlossenen Wassers oder Alkohols. Keinenfalls könnten wir sie auf unsere Erfahrungen ausdehnen, die an durch und durch mit leitenden Flüssigkeiten getränkten porösen Körpern gewonnen wurden, und wir haben also noch immer nach einer Theorie der inneren Polarisation zu suchen.

(x) Die innere Polarisation beruht nicht auf Erzeugung thermo-elektrischer Unterschiede durch den Strom.

Wir müssen uns also nach einem anderen Grunde für die Erscheinungen der inneren Polarisation umsehen. Die erste Vermuthung, die einem aufstossen könnte, ist hier, wie bei der äußeren Polarisation der feuchten Leiter (S. oben S. 417), mit Hinblick auf die oben S. 201. 210 gemachten Erfahrungen über Thermoströme feuchter Leiter, daß die innere Polarisation von Temperaturunterschieden herrühre, die der Strom erzeugt, und die sich wegen der schlechten Wärmeleitung der Flüssigkeiten und der in den porösen Körpern gehemmten Beweglichkeit derselben nur mangelhaft ausgleichen können. Diese Hypothese scheint hier sogar noch besser zu passen, als bei der äußeren Polarisation, da die thermoelektrischen Wirkungen feuchter Leiter, die wir wahrgenommen haben, ja eben an porösen, mit Elektrolyten getränkten Körpern beobachtet wurden.

Auch ist es mir geglückt das Feld jener Beobachtungen noch dadurch zu erweitern, daß ich thermoelektrische Ströme an balkenförmigen Fließpapierbäuschen nachwies, die mit Brunnenwasser getränkt waren,

¹ POGGENDORFF'S Annalen u. s. w. 1839. Bd. XLVIII. S. 263. 264.*

² Die Lehre von der Reibungselektricität. Berlin 1853. Bd. I. S. 362. §. 380.*

und deren beiden Hälften ich ganz einfach dadurch verschiedene Temperatur ertheilte, daß ich eine derselben eine Zeit lang in heißes Wasser getaucht hielt. Ich hatte die H-förmige Anordnung hergestellt, und es war deren querer Bausch, der, nachdem vollkommenes Gleichgewicht im Kreise eingetreten war, auf die angegebene Weise behandelt wurde. Beim Wiederauflegen des Bausches mit ungleich warmen Enden erfolgten am Multiplicator für den Nervenstrom Ausschläge, die augenscheinlich dem Unterschied der Temperaturen ihre Entstehung verdankten, und vielleicht denen zu vergleichen sind, die wir, nach NOBILI'S Vorgang, durch die Berührung heißen und kalten Thons erzeugten. Sie hatten auch dieselbe Richtung, nämlich von dem heißen Ende des Bausches nach dem kalten hin. Beim Eintauchen des einen Endes in siedendes Wasser betragen sie 20—50°. Bei mehrmaliger Wiederholung des Versuches und bei Anwendung niedrigerer Temperaturen, wie auch bei Tränkung des Bausches mit Kochsalzlösung, gaben sich Unregelmäßigkeiten zu erkennen, die ich noch nicht weiter verfolgt habe. Wie dem auch sei, wir wollen zunächst einmal nachsehen, ob in unseren Versuchen über innere Polarisation überhaupt Temperaturunterschiede erzeugt werden, an die man als Ursache der secundär - elektromotorischen Wirkungen denken könnte.

Wir haben nun zwar schon gefunden, daß an der Grenze zweier ungleichartigen feuchten Leiter, wie Kochsalzlösung und verdünnte Schwefelsäure, in Bezug auf Wärmeentwicklung durch den Strom nichts Auffallendes vor sich geht, wenigstens nicht bei Anwendung von dreißig Gliedern der GROVE'Schen Säule, und wir haben daraus geschlossen, daß innerhalb der Genauigkeitsgrenzen unserer Versuche für die Elektrolyte nichts der nach PELTIER für die Metalle geltenden Thatsache Ähnliches stattfindet. Allein es ist zu bemerken, daß in diesen Versuchen, die auf die äußere Polarisation Bezug hatten und ihre Unabhängigkeit von den thermischen Wirkungen des Stromes erwiesen, der Widerstand der beiden feuchten Leiter ziemlich derselbe war; und es könnte sein, daß die Grenze eines sehr schlecht und eines verhältnißmäßig gutleitenden Elektrolyten unter dem Einfluß des Stromes der Sitz einer nach seiner Richtung verschiedenen Wärmeentwicklung würde, wie bekanntlich bei Unterbrechung eines metallischen Kreises durch eine Luftschicht der positive Pol vorzugsweise erwärmt wird. Dies würde zugleich erklären, weshalb die innere Polarisation sich nur bei Tränkung der porösen Körper mit schlecht leitenden Elektrolyten zeigt.

Die erste Frage, die sich darbietet, ist die, ob bei Unterbrechung eines metallischen Kreises mit einem Elektrolyten an der positiven Elektrode eine höhere Temperatur entsteht, als an der negativen. Es fehlt

nicht an Angaben, daß dem so sei,¹ doch habe ich mich vergeblich bemüht, sie zu bestätigen. Ich verband die Enden der dreifsiggliedrigen GROVE'schen Säule mit 15^{mm} breiten Platinstreifen, welche in zwei Porzellantröge tauchten, wie sie mir zu meinen kleinen Grove dienen (S. oben Bd. I. S. 446). Über die Tröge brückte ich eine der oben S. 404 beschriebenen weiten heberförmigen Röhren, deren Enden mit Blase verschlossen waren. Gefäße und Röhre füllte ich nacheinander mit verdünnter Schwefelsäure von 1.035 Dichte, mit Brunnenwasser und mit destillirtem Wasser. In die Gefäße tauchten, dicht an den Platinelektroden, die Kugeln der beiden oben S. 417 beschriebenen Thermometer. In der verdünnten Säure fand reichliche Gasentwicklung an den Elektroden statt, im Brunnenwasser und destillirtem Wasser war sie unmerklich. Die Ablenkung am Vertical-Galvanoskop war unmerklich mit dem destillirten Wasser, mit dem Brunnenwasser betrug sie 7.5°, mit der verdünnten Säure 80°. Die Temperaturen wurden, nachdem die beiden Thermometer denselben beständigen Stand angenommen hatten, alle fünf Minuten durch ein Fernrohr abgelesen, und zugleich wurde die Richtung des Stromes zwischen den Gefäßen umgekehrt. Natürlich stieg in allen drei Fällen die Temperatur, am schnellsten mit der Schwefelsäure, am langsamsten mit dem destillirten Wasser. Dabei eilte aus unbekanntem Gründen, bald das eine, bald das andere Thermometer um eine kleine Größe vor. Es gelang mir aber nicht, in der Reihe der Unterschiede zwischen ihren Ständen ein Gesetz zu entdecken.

Ebensowenig gelang dies denn auch, als ich die oben S. 417 beschriebene Anordnung mit dem einzigen Unterschiede wieder herstellte, daß ich statt der verdünnten Schwefelsäure mit Lakmus gefärbtes destillirtes Wasser nahm, so daß sich die Thermometerkugel an der Grenze zweier verhältnißmäßig gut und schlecht leitenden Elektrolyte befand. Die Unterschiede der alle fünf Minuten abgelesenen Stände änderten sich sichtlich ohne den mindesten Bezug auf die gleichfalls alle fünf Minuten geänderte Strömungsrichtung.

Endlich näherte ich mich wieder mehr dem Gegenstand der Untersuchung, indem ich zwischen die beiden mit Kupfersulphatlösung getränkten Zuleitungsbüschel der Säule einen mit Brunnenwasser getränkten Bausch brachte und die Thermometerkugeln zwischen seine Enden und jene Büschel klemmte. Bei derselben Art der Beobachtung gab sich keine Spur eines Gesetzes zu erkennen, wie es nöthig gewesen wäre,

¹ Man findet sie zusammengestellt von BEETZ im Repertorium der Physik u. s. w. 1849. Bd. VIII. S. 324 ff.

um darauf eine Erklärung der Erscheinungen der inneren Polarisation zu gründen.

Zuletzt nahm ich einen Zweig von *Sambucus nigra*, hohlte in demselben zwei Löcher aus, in welche die Thermometerkugeln pafsten, und brachte ihn zwischen die Zuleitungsbäusche der Säule. Die beiden Thermometer stiegen ganz gleichmäfsig, unbekümmert um die Richtung des Stromes, obschon äufserst heftige innere Polarisation stattfand, wodurch die Nadel des Muskelmultiplicators an die Hemmung geschleudert wurde.

Es ist demnach klar, dafs gar kein Temperaturunterschied stattfindet, auf den man sich zur Erklärung der inneren Polarisation berufen könnte. Es läfst sich aber auch leicht zeigen, dafs, selbst wenn ein solcher Temperaturunterschied der beiden Endpunkte des porösen feuchten Leiters beobachtet worden wäre, damit zur Erklärung der inneren Polarisation nichts anzufangen sein würde.

Sitz der ungleichmäfsigen Temperatur könnten doch auf alle Fälle nur die Grenzen des innerlich polarisirten Körpers und der Zuleitungsbäusche der Säule sein. Wie aber sollten wohl bei der äufserst schlechten Wärmeleitung aller der auf innere Polarisirbarkeit geprüften Körper diese Temperaturunterschiede sich schnell genug verbreiten, um die Gegenwart der secundär-elektromotorischen Kraft in jedem Punkte derselben bereits nach kaum einer Secunde begreiflich zu machen. Die Verbreitung könnte doch unmöglich so stattfinden, dafs die Curve der Temperaturen bezogen auf die Längenaxe des Leiters als Abscisse eine Gerade wäre, und doch findet man in Wirklichkeit jeden gleich langen Theil des Leiters mit gleicher Kraft wirksam. Sodann sieht man nicht ein, weshalb bei einem in so allgemeinen Bedingungen wurzelnden Ursprunge die Erscheinung nicht auch sollte bei Asbest, bei dem Magnesia- und dem Schwefelblumenteig, ja auch bei Wasser allein ohne Gegenwart eines porösen Körpers, stattgefunden haben. Wenn aber Ausnahmen sein sollten, hätten mindestens Kreide und Gyps keine innere Polarisirbarkeit zeigen dürfen, bei denen NOBILI vergebens nach einer thermoëlektrischen Wirkung gleich der am Thon gesucht hat (S. oben S. 201), und ebensowenig Brodkrume, die uns dergleichen versagte (S. oben S. 202). Hinsichtlich der Richtung der Wirkung ist zu bemerken, dafs wenigstens bei Thon und Fließpapier der Sinn des Polarisationsstromes der umgekehrte ist von dem, der die Folge einer stärkeren Erwärmung des Endes sein würde, zu welchem der Strom eintritt. Endlich sind auch die thermoëlektrischen Ströme des Thones und des Fließpapiers zu schwach, um zur Erklärung der secundär-elektromotorischen Wirkungen dienen zu können, da beispielsweise am Nervenmultiplicator mit Fließpapierbäuschen erst bei

Anwendung von Siedhitze Ausschläge von 20—50° erhalten wurden, während es etwas ganz Gewöhnliches ist, durch die innere Polarisation eines Wasserbausches die Nadel an die Hemmung fliegen zu sehen.

- (xi) Die innere Polarisation beruht nicht auf der Gegenwart zweier Flüssigkeiten im Inneren der porösen Körper, an deren Grenzen äufsere Polarisation stattfindet.

Wir haben oben S. 459 ff. die Erscheinungen der inneren Polarisation nachgeahmt mit Hülfe der Polarisation metallischer oder metallisch leitender Elektroden. Es giebt aber noch einen anderen Weg, dasselbe zu erreichen, nämlich mit Hülfe der soeben erst von uns entdeckten Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte. In der That, man denke sich die keilförmigen Bäusche an irgend zwei der Länge nach auseinander gelegene Punkte des Umfanges der oben S. 414 beschriebenen secundären Säule aus Kochsalzlösung und verdünnter Schwefelsäure angelegt. Es ist klar, dafs die Säule, geladen, überall einen Strom in entgegengesetzter Richtung des ursprünglichen durch den Multiplicatorkreis schicken wird, dessen Stärke mit der Entfernung der ableitenden Bäusche von einander wachsen wird. Mit einem Wort, die Säule wird sich verhalten, als wäre sie innerlich polarisirt. Man könnte also den Gedanken fassen, dafs in den mit innerer Polarisirbarkeit begabten Körpern eine Abwechselung zweier Flüssigkeiten stattfinde, an deren Grenzen der Strom negative äufsere Polarisation erzeugt.

Indessen entbehrt diese Muthmassung offenbar jeder thatsächlichen Grundlage. Bei den lebenden Pflanzentheilen, den frischen thierischen Geweben, könnte man sich allenfalls unter den beiden ungleichartigen Flüssigkeiten noch etwas denken, nämlich die Flüssigkeiten innerhalb der verschiedenen Zellen, die aufserhalb derselben, und die, mit welcher die Zellenwände selber getränkt sind. Die Ungleichartigkeit dieser verschiedenen Flüssigkeiten kann zwar nicht sehr grofs sein, mithin auch nicht die elektromotorische Kraft an ihrer Grenze. Allein die grofse Anzahl der dichtgedrängt aufeinanderfolgenden Grenzen, auch in einer kurzen Strecke des durchströmten Leiters, könnte die geringe Gröfse der Kräfte aufwiegen. Aber bei der gröfsten Anzahl der porösen Körper, die wir mit innerer Polarisirbarkeit begabt gefunden haben, ist es schlechterdings unmöglich, auch mittelst der kühnsten Hypothese die beiden ungleichartigen Flüssigkeiten herbeizuschaffen, an deren Grenze, durch äufsere Polarisation, die secundär-elektromotorische Kraft erzeugt werden soll; vollends zu erklären wie es komme, dafs die beiden ungleichartigen

Flüssigkeiten, wenn ihr Vorhandensein einen Augenblick zugegeben wird, nicht chemisch und physikalisch so aufeinander einwirken, daß binnen Kurzem von keinen Grenzen mehr zwischen ihnen die Rede sein kann. Jene Hypothesen würden noch abenteuerlicher werden durch die Nothwendigkeit, darauf Rücksicht zu nehmen, daß nur mit schlecht leitenden Elektrolyten getränkt die porösen Körper innere Polarisation zeigen. Endlich würde bei dieser Annahme dunkel bleiben, warum nicht ein einziger der zahlreichen untersuchten porösen Körper positive innere Polarisation dargeboten hat, die offenbar ebenso häufig wie negative vorkommen müßte, bedingt durch eine Abwechslung von Leitern, die, wie Kalihydratlösung oder Wasser und Kochsalzlösung, positive äußere Polarisation besitzen.

(XII) Übersicht des Thatbestandes der inneren Polarisation.

Ehe wir versuchen, uns nach Widerlegung dieser Hypothesen endlich eine stichhaltige Meinung über das Wesen der inneren Polarisation zu bilden, wollen wir erst noch einen Blick auf den Thatbestand selber werfen. Er läßt sich folgendermaßen zusammenfassen:

Eine große Anzahl von porösen Körpern, welche trocken unter die Nichtleiter oder mit Rücksicht auf die Reibungselektricität unter die Halbleiter gerechnet werden, entwickeln, mit schlecht leitenden Elektrolyten getränkt und dem Strom ausgesetzt, in dichtgedrängten Punkten ihres Inneren eine dem Strom entgegengesetzte secundär-elektromotorische Kraft, die mit Dichte und Dauer des Stromes bis zu einer für die verschiedenen Körper verschiedenen Grenze wächst.

Diese Kraft sinkt schnell nach Aufhören des ursprünglichen Stromes; ob schneller, wenn der innerlich polarisirte poröse Körper zum Kreise geschlossen wird, ist noch nicht ausgemacht. Mit wachsender Temperatur nimmt die innere Polarisirbarkeit ab.

Elektrolytische Flüssigkeiten an und für sich sind der inneren Polarisation unfähig. Dieser Satz scheint die Versuche mit dem Thon- und Seifenwasser nicht in Betracht zu ziehen. Allein es ist klar, daß hier die innere Polarisation nicht in dem tropfbar flüssigen Wasser stattfand, sondern an den darin schwebenden festen Thon- und Seifentheilchen, gerade wie in dem oben S. 438 beschriebenen Versuch an den Sägespänen. Die wahre Bedeutung dieser Versuche besteht vielmehr darin, daß sie einen unmittelbaren Beweis für die Kleinheit der festen

Theile liefern, in denen die secundär-elektromotorische Kraft ihren Sitz hat.

Es ist gesagt worden, dafs nur mit schlecht leitenden elektrolytischen Flüssigkeiten getränkt die innerlich polarisirbaren porösen festen Körper diese Eigenschaft entfalten. Dies folgt aus der Gesammtheit der obigen Erfahrungen. Fließpapier mit Brunnen- und destillirtem Wasser, mit Hühnereiweiß getränkt, zeigte starke, mit Ammoniakflüssigkeit schwächere, mit Kupfersulphatlösung nur spurweise innere Polarisation, mit den übrigen oben S. 408 aufgezählten Flüssigkeiten auch bei längster Schließungsdauer keine Spur davon. Thon und Bimsstein mit Wasser getränkt zeigten innere Polarisation, Thon mit Kochsalzlösung und verdünnter Schwefelsäure keine, Bimsstein mit letzterer Flüssigkeit nur eine Spur. Mit Kochsalzlösung wurden noch viele andere poröse Körper, die mit Wasser dergleichen gaben, vergeblich auf innere Polarisation geprüft. Diejenigen porösen Körper endlich, die schon von Natur feucht sich innerlich polarisierbar zeigten, wie die pflanzlichen und thierischen Theile, sind sämmtlich mit solchen Flüssigkeiten getränkt, deren Leitungsvermögen das des Wassers nur wenig übertrifft.

In den älteren Angaben über die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeiten, die man bei FECHNER zusammengestellt findet, wird Ammoniakflüssigkeit freilich unter den besser leitenden Flüssigkeiten aufgeführt.¹ Allein man weiß, ein wie geringer Werth diesen älteren Bestimmungen zukommt, und ich habe mich durch den Versuch unmittelbar überzeugt, dafs ein mit Ammoniakflüssigkeit von 0.9613 Dichte bei 22.5° C. getränkter Bausch sehr viel schlechter leitet als ein mit gesättigter Kochsalzlösung getränkter Bausch von gleichen Mafsen. Was die Kupfersulphatlösung betrifft, der jene Messungen gleichfalls ein sehr hohes Leitungsvermögen zuschreiben, so wissen wir jetzt durch EDMOND BECQUEREL,² dafs sie, im Zustand der Sättigung, wie wir sie angewandt haben, etwa sechsmal schlechter leitet als gleichfalls gesättigte Kochsalzlösung.

Sowohl unter den Flüssigkeiten, welche innere Polarisation zulassen, als unter denen, welche sie ausschließen, befinden sich neutrale Körper, Alkalien und Säuren. In der That zeigte Bimsstein mit verdünnter Schwefelsäure getränkt ein geringes Mafs innerer Polarisirbarkeit, und dasselbe war der Fall mit Fließpapier, welches ich mit concentrirter Essigsäure tränkte. Ein verhältnißmäfsig geringes Leitvermögen ist

¹ Lehrbuch des Galvanismus und der Elektrochemie u. s. w. Leipzig 1829. S. 234 ff. 529.*

² Annales de Chimie et de Physique. 1846. 3. Série t. XVII. p. 280 et suiv.;* — POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1847. Bd. LXX. S. 253. 254.*

demnach wohl die einzige wesentliche Eigenschaft, welche sich den Flüssigkeiten, mit denen innere Polarisation hervortritt, zuschreiben läßt im Gegensatz zu denen, mit welchen sie vermifst wird; und schon oben bei Gelegenheit der Widerlegung von ROSENSCHÖLD'S Theorie wurde gezeigt, dafs es wirklich auf das eigenthümliche Leitvermögen der Flüssigkeiten ankomme, und dafs dasselbe in diesen Versuchen nicht vertreten werden könne durch Verkleinerung des Querschnitts und Verlängerung des porösen mit einem Elektrolyten getränkten Körpers.

Auffallend ist es unter diesen Umständen, dafs, wie hier nachträglich bemerkt werden mag, es nicht gelingt, durch Zusatz von Alkohol zum Wasser, womit ein poröser Körper getränkt ist, die innere Polarisation zu verstärken; also z. B. indem man Fließpapier mit destillirtem Wasser tränkt, dem ein gleiches Volumen Brennspiritus zugesetzt ist.

Eine andere Unregelmäßigkeit ist die innere Polarisation der mit gesättigter Kalihydratlösung getränkten Kreide. Indessen kann wegen dieses einen Falles die Richtigkeit des Grundsatzes, dafs das schlechte Leitvermögen der Elektrolyte Bedingung für die innere Polarisation sei, unmöglich aufgegeben werden.

Was die Natur der porösen Körper betrifft, die mit innerer Polarisirbarkeit begabt sind, so läßt sich darüber, soviel wir bis jetzt sehen, kaum etwas Bestimmtes aussagen. Es läßt sich keine Eigenschaft angeben, die denjenigen porösen Körpern, welche innere Polarisirbarkeit besitzen, gemeinsam zukäme im Gegensatz zu solchen, denen innere Polarisirbarkeit abgeht.

Eine chemische Eigenschaft kann es nicht sein, denn abgesehen davon, dafs Körper von der verschiedensten chemischen Natur, wie Seife, Hydrophan, Gyps, geronnener Faserstoff, Papier innerlich polarisirbar sind, ist auch bei den meisten der untersuchten porösen Körper gar nicht zu denken an eine chemische Beziehung derselben zu den Flüssigkeiten, mit denen getränkt sie die Erscheinung zeigen, z. B. bei Hydrophan und Holzfaser, die mit destillirtem Wasser getränkt sind.

Eher schon könnte man auf den Gedanken kommen, dafs die porösen Körper gewisse mechanische Bedingungen erfüllen müssen, um innerlich polarisirbar zu sein. Zwar sieht man feste und halbweiche, krystallinische, organisirte und wie der Blutfaserstoff und das geronnene Eiweiß gewissermaßen homogene Körper in gleicher Art, wenn auch in verschiedenem Grade, mit innerer Polarisirbarkeit begabt. Allein mehrere Umstände scheinen zu zeigen, dafs das Maß derselben wächst mit der Annäherung der Theilchen der Körper aneinander und mit der Starrheit ihres Gefüges. Also z. B. ist die innere Polarisirbarkeit des Kalksteins und des Holzes stärker als die der Kreide und des Fließ-

papieres; und während der flüssige Gyps, der weiche Magnesiateig, der Blutkuchen keine deutliche Spur innerer Polarisation erkennen lassen, tritt sie deutlich hervor am erstarrten Gyps, am erhärteten Magnesiateig, und an dem durch Schlagen des Blutes gewonnenen Faserstoff.

Obleich nicht zu begreifen ist, wie ein schlechtleitender Elektrolyt, eingeschlossen in sehr engen Höhlungen eines starren Nichtleiters, die Erscheinungen der inneren Polarisation sollte hervorbringen können, hielt ich es nicht für überflüssig, durch einige Versuche festzustellen, ob Nähe und Unbeweglichkeit der Theilchen wirklich solchen Einfluß üben, wie aus den angeführten Beispielen zu erhellen scheint.

Zu diesem Zweck traf ich solche Einrichtung, daß poröse Massen, während sie auf innere Polarisation geprüft wurden, zugleich einem starken Druck ausgesetzt werden konnten. Ich liefs aus hartem Holz eine H-förmige Rinne von denselben Massen wie die oben S. 429. 430 beschriebene Guttapercharinne schnitzen. Das quere Stück der Rinne füllte ein Block aus demselben Holze so genau aus, daß er sich darin ohne Reibung auf- und abbewegte. Zwei metallene Schraubenzwingen waren so an dem Querstück angebracht, daß mittelst derselben der Block mit großer Gewalt in der queren Rinne niedergetrieben werden konnte. Rinne und Block waren gut gefirnist. Die vier Enden der Rinne wurden mit aufgekitteten Fließpapierkappen geschlossen, mit dem zusammenzudrückenden lockeren Haufwerk gefüllt, und mittelst passender Vorrichtungen zwischen den Zuleitungsbäuschen der Säule und denen des Multiplicators unverrückbar aufgestellt. Anfangs lag der Block auf der die Querrinne füllenden Masse nur lose auf. Nachdem aber die Prüfung auf innere Polarisirbarkeit in gewohnter Art stattgefunden, wurden die Druckschrauben angezogen, und die Prüfung erneuert. Nach Lösung der Schrauben wurde zum dritten Mal auf innere Polarisation untersucht u. s. w.

Es gelang auf diese Art, durch Druck die innere Polarisirbarkeit von Fließpapier zu erhöhen, nicht aber innere Polarisirbarkeit an feuchten Massen zu erzeugen, die ohne Druck keine solche zeigten. Ich versuchte dies vergeblich mit dem ungeschlemmten und geschlemmten Quarzsande, den Schwefelblumen und der gebrannten Bittererde, die sämtlich mit destillirtem Wasser angerührt waren (S. oben S. 434). In keinem Falle brachte der Druck innere Polarisirbarkeit hervor, obschon er öfter so stark war, daß der Block dadurch gespalten wurde, und obschon die stärksten Ströme lange Zeit durch die Rinne gingen.

Es glückt also nur zum Theil, den sich in den oben angeführten Fällen scheinbar kundgebenden Einfluß des Aggregatzustandes mit Hilfe

von Druck künstlich nachzuahmen; und da man, wie bemerkt, bei diesem Zusammenhange zwischen Aggregatzustand und innerer Polarisirbarkeit sich nichts zu denken vermag, wird es gerathen sein, einer anderen Betrachtung Gehör zu geben, der nämlich, daß so wenig wie die chemische, die mechanische Beschaffenheit der innerlich polarisirbaren Körper hier von großer Bedeutung sein könne, da Körper von ganz verschiedenem Aggregatzustande, wie knetbarer Thon, Faserstoff, Holz die Erscheinung zeigen, während von Körpern ganz ähnlichen Aggregatzustandes der eine, wie geronnenes Eiweiß, Seife, Hanfschnur sie zeigt, der andere, wie Leim, Käse, Seidenschnur sie versagt.

(XIII) Allgemeine Theorie der inneren Polarisation.

Wir sind nun so weit gelangt, daß ich dem Leser die Vorstellung mittheilen kann, die ich mir über das Wesen der inneren Polarisation gemacht habe. Meiner Meinung nach ist die Sache einfach folgende.

Die Ähnlichkeit in dem secundär-elektromotorischen Verhalten eines Stückes wohlausgeglühter Kohle, die mit irgend einem Elektrolyten getränkt ist, und dem eines Stückes Holz, Seife, Badeschwamm, Bimsstein, die mit Wasser getränkt sind, haben wir bisher als eine ganz äußerliche aufgefaßt; wir haben oben S. 462 jene die künstliche genannt im Gegensatz zu dieser, als der natürlichen. Meine Ansicht geht nun dahin, daß keinesweges jene Ähnlichkeit eine bloß äußerliche ist, sondern daß beide Erscheinungen im Wesentlichen vollkommen einerlei sind.

Die Körper, welche nur mit schlecht leitenden Elektrolyten getränkt innere Polarisirbarkeit zeigen, gelten allerdings im trocknen Zustande gemeinhin für Nichtleiter, wenigstens im Gebiete des Galvanismus. Im Gebiete der Reibungselektricität, wo in dieser Beziehung schärfer unterschieden wird, gelten aber bereits davon viele für Halbleiter.¹ Berührt man damit den Knopf eines geladenen Elektroskopes, so fallen die Goldblätter langsam zusammen. Jene Körper leiten also, wenn auch noch so schwach; und in sehr dünnen Schichten kann sogar ihr Leitvermögen nicht ganz unbedeutend sein.

Dabei ist anzunehmen, daß sie nach Art der Metalle, physisch, nicht elektrolytisch leiten. Wenn sie folglich den Strom in einen Elektrolyten ein- oder aus ihm herausführen, so werden daran, wie an metallischen Elektroden, die Zersetzungstoffe ausgeschieden werden; und es

¹ RIESS, Die Lehre von der Reibungselektricität. Berlin 1853. Bd. I. S. 27. §. 23.*

können, ja es müssen sogar dergestalt secundär-elektromotorische Kräfte in umgekehrter Richtung des ursprünglichen Stromes zu Stande kommen, ganz wie dies bei Zersetzung des Wassers zwischen Platinelektroden der Fall ist.

Wollte man durch Elektroden aus irgend einem der obigen Halbleiter, die man in irgend einen Elektrolyten tauchen liesse, merkliche Ladungen zu Wege bringen, so würde dies aus leicht begreiflichen Gründen fehlschlagen. Keine Säule würde kräftig, kein Multiplicator empfindlich genug sein, damit eine Wirkung wahrgenommen würde. Leichter würde dies schon gelingen, wenn man anstatt den schlechten Leiter in Gestalt von Elektroden in den Kreis zu bringen, ihm die Form einer ausnehmend dünnen Zwischenplatte zu ertheilen vermöchte. Am zweckmässigsten würde die Anordnung, wenn man nicht blofs eine einzige solche dünne Zwischenplatte, sondern deren eine gewisse, nach den Umständen verschiedene Anzahl in den Kreis bringen könnte.

Diese Anordnung leistet indess noch nicht ganz, was sie soll. Man sieht nämlich, dafs dabei auch mit gutleitenden Elektrolyten Ladung eintreten müfste, ja sogar, des geringeren Widerstandes wegen, noch stärker, wenn man, wie wir dies in dieser Verhandlung bis auf Weiteres thun wollen, davon absieht, dafs ein und derselbe Strom an der Grenze verschiedener Elektrolyte und Halbleiter vermuthlich nicht stets einerlei secundär-elektromotorische Kraft erzeugt. Dies nun scheint mit unseren Versuchen im Widerspruch.

Allein jetzt stelle man sich die halbleitenden Zwischenplatten von unzähligen kleinen Öffnungen durchbohrt vor, so dafs der Elektrolyt frei durch sie zusammenhängt. Er wird nun eine Nebenschliessung für den übrigen Theil der Zwischenplatten abgeben, und die Folge wird sein, dafs der Stromtheil, der noch durch die Zwischenplatten selber geht und der allein die secundär-elektromotorische Kraft erzeugt, abhängig wird von dem eigenthümlichen Widerstande des Elektrolyten. Er wird um so kleiner, je besser der Elektrolyt leitet; und um so kleiner wird folglich die secundär-elektromotorische Kraft. Es kommt aber noch hinzu, dafs die Wirkung, die diese Kraft nachher im Multiplicatorkreise hervorbringen vermag, abermals geschwächt wird durch die Nebenschliessung, die der durch die Öffnungen der Zwischenplatten zusammenhängende Elektrolyt darbietet, und dafs sie folglich um so kleiner wird, je geringer der eigenthümliche Widerstand des Elektrolyten.

In der That, und um dem Gesagten einen schärferen Ausdruck zu verleihen, man stelle sich ein poröses Gerüst vor von bestimmter Beschaffenheit in Bezug auf räumliche Anordnung und Leitungsfähigkeit, und denke sich dasselbe getränkt mit einem Elektrolyten zuerst von

verschwindendem, dann von immer wachsendem eigenthümlichen Widerstande. Man denke sich die Stärken des Stromes, den der poröse Körper, getränkt mit dem Elektrolyten von wachsendem Widerstande, nach gleich langem Aufenthalt im Kreise der nämlichen Säule in einem und demselben Kreise im ersten Augenblick erzeugt, als Ordinaten auf die eigenthümlichen Widerstände des Elektrolyten als Abscissen aufgetragen. Die entspringende Curve wird alsdann, soviel sich beurtheilen läßt, folgenden Gang nehmen.

Wo der Widerstand des Elektrolyten im Vergleich zu dem des porösen Gerüsts verschwindet, wird die Ordinate der Curve gleichfalls verschwinden. Sie steigt dann, mit wachsendem Widerstande, bis zu einem Maximum an, um darauf wieder zu sinken, und schliesslich bei unendlich groß werdendem Widerstande abermals zu verschwinden, indem sie sich der Abscissenaxe asymptotisch anschliesst. Die Höhe der Ordinaten hängt unter gleichen Umständen begreiflich ab von der Stärke und Dauer des Stromes, der Länge des durchströmten porösen Halbleiters, der specifischen Kraft der secundär-elektromotorischen Combination, der räumlichen Anordnung der festen Theile und des Elektrolyten im Inneren des Körpers, dem eigenthümlichen Widerstande des letzteren, endlich der Temperatur, insofern sie auf die Widerstände sowohl wie auf die secundär-elektromotorische Kraft Einfluss hat. Die Lage des Maximums aber muß bestimmt werden durch die drei letzteren Umstände, durch die Temperatur deshalb, weil von ihr die Widerstände des Halbleiters und des Elektrolyten abhängen. Das Maximum wird sich um so früher einstellen, je besser leitend der poröse Körper im Vergleich zum Elektrolyten ist, und je mehr die Höhlungen in demselben gegen die festen Balken zurücktreten. Es wird um so weiter hinausrücken, je weniger diese, je mehr die entgegengesetzten Bedingungen erfüllt sind.

Aus dem Gesagten folgt, daß es immer zwei verschiedene Grade des Widerstandes des Elektrolyten geben müsse, für welche die Stärke der secundär-elektromotorischen Wirkung dieselbe ist. In dem einen Falle, diesseit des Maximums, geht bei geringem Widerstande des Elektrolyten von dem starken primären Strome nur ein kleiner Theil durch das halbleitende poröse Gerüst, es kommt eine verhältnißmäÙig geringe secundär-elektromotorische Kraft zu Stande, und die dadurch im Multiplicatorkreis erzeugte Wirkung wird noch durch die gute Nebenschließung geschwächt, die der Elektrolyt für den Multiplicatorkreis bildet. In dem anderen Falle, jenseit des Maximums, geht bei großem Widerstande des Elektrolyten von dem allerdings schwächeren primären Strom ein so viel größerer Antheil durch das poröse Gerüst, und von

der erzeugten verhältnißmäßig stärkeren secundär - elektromotorischen Wirkung, vermöge der weniger schwächenden Nebenschließung durch den Elektrolyten ein so viel größerer Antheil durch den Multiplicatorkreis, daß schließlich eine eben so starke Wirkung auf die Nadel ausgeübt wird, wie im ersten Falle.

Man kann sich dies Verhalten an einer einfacheren Anordnung klar machen. Oben S. 444 haben wir die innerlich polarisierbaren Körper so aufgefaßt, als wechselten in ihnen, in der Richtung des Stromes, secundär - elektromotorisch wirksame Querebenen mit nur leitenden Querscheiben ab, und wir vermochten aus dieser Annahme mit hinreichender Genauigkeit die Abhängigkeit der Stärke der secundär - elektromotorischen Wirkung von den Dimensionen der Körper abzuleiten. Jetzt wollen wir eine ähnlich vereinfachte Betrachtung anstellen, indem wir aber diesmal den Vorgang im Element des innerlich polarisierbaren Körpers in's Auge fassen. Ein solches Element läßt sich folgendermaßen schematisiren. Wir setzen an seine Stelle (S. Fig. 162 Taf. VI) zwei der Axe parallel durchflossene Flüssigkeitssäulen, oder Prismen eines Elektrolyten, deren Grundflächen B_1, B_2 ; B^1, B^2 unpolarisierbare Metallplatten anliegen, so daß B_1, B_2 Theile Einer, B^1, B^2 Theile einer anderen isoëlektrischen Fläche bilden. Das eine Prisma habe die Länge λ , den Querschnitt q , das andere die Länge λ' , den Querschnitt q' . Der eigenthümliche oder spezifische Widerstand des Elektrolyten sei s . In das Prisma vom Widerstande $\lambda s : q$ sei senkrecht auf seine Axe eine seinen Querschnitt einnehmende polarisierbare Zwischenplatte zp eingeschaltet. Die Dicke der Platte sei δ , ihr spezifischer Widerstand σ , ihr Widerstand überhaupt also $\delta \sigma : q$, und der des sie enthaltenden Flüssigkeitsprisma's $(\lambda s + \delta \sigma) : q$. Man könnte auch statt λ setzen $\lambda' - \delta$, doch geht daraus keine nennenswerthe Vereinfachung hervor, und bei der gewählten Notation bleiben die Formeln durchsichtiger.

Den gemeinsamen metallischen Elektroden, an welche die Grundflächen der Prismen grenzen, sind einerseits die Enden eines Säulenkreises vom Gesamtwiderstande Σ angelegt, in welchem eine elektromotorische Kraft $+E$ herrscht, andererseits die Enden eines Multiplicatorkreises vom Gesamtwiderstande M . Wir nehmen an, daß die Widerstände in den metallischen Elektroden gegen alle sonst in Betracht kommenden Widerstände verschwinden. Steht der Multiplicatorkreis bei m, n offen, so wird die Zwischenplatte durchflossen von einem Stromzweige

$$I = \frac{E \cdot \frac{\lambda' s}{q'}}{\Sigma \left(\frac{\lambda' s}{q'} + \frac{\lambda s}{q} + \frac{\delta \sigma}{q} \right) + \frac{\lambda' s}{q'} \left(\frac{\lambda s}{q} + \frac{\delta \sigma}{q} \right)} \quad \dots (1)$$

Dieser Zweig erzeugt in der Platte eine secundär-elektromotorische Kraft — E' , welche wir, wie oben S. 445 in ähnlichem Fall, der Dichte und Dauer des ursprünglichen Stromes einfach proportional setzen. Da E' nur sehr klein im Vergleich zu E , sehen wir, wie dies stillschweigend auch schon oben S. 445 geschah, von der Schwächung der ursprünglichen Stromstärke durch die Polarisation ab. Übrigens lassen wir der Einfachheit halber die Öffnung des Säulenkreises in der Idee wieder zeitlich zusammenfallen mit der Schließung des Multiplicatorkreises. Endlich durch n bezeichnen wir abermals den von der stofflichen Natur des Elektrolyten und der Zwischenplatte abhängigen Polarisationscoëfficienten.

Übertragen wir nun also zur Zeit t durch Öffnen in o, p und Schließen in m, n die Schließung vom Säulen- auf den Multiplicatorkreis, so erfolgt im ersten Augenblick, den wir allein berücksichtigen, ein Polarisationsstrom von der Stärke

$$I' = \frac{-n \cdot t \cdot \frac{I}{q} \cdot \frac{\lambda' s}{q'}}{M \left(\frac{\lambda' s}{q'} + \frac{\lambda s}{q} + \frac{\delta \sigma}{q} \right) + \frac{\lambda' s}{q'} \left(\frac{\lambda s}{q} + \frac{\delta \sigma}{q} \right)} \quad \dots (2)$$

Setzt man für I seinen Werth aus (1), so erhält man durch Multiplication in Zähler und Nenner mit $\frac{q^2}{\lambda^2}$ den Ausdruck für I' in folgender Gestalt:

$$I' = \frac{-n t E q}{\lambda^2} \cdot \left\{ s + \frac{M \delta \sigma q'}{\lambda \lambda'} \cdot \frac{1}{s} + \frac{\delta \sigma}{\lambda} + M \left(\frac{q}{\lambda} + \frac{q'}{\lambda'} \right) \right\} \left\{ s + \frac{\Sigma \delta \sigma q'}{\lambda \lambda'} \cdot \frac{1}{s} + \frac{\delta \sigma}{\lambda} + \Sigma \left(\frac{q}{\lambda} + \frac{q'}{\lambda'} \right) \right\} \quad (3)$$

So wie er dasteht, genügt dieser Ausdruck, den wir $F(s)$ nennen wollen, um die erste Frage zu beantworten, auf die es uns ankommt, ob mit wachsendem specifischen Widerstand s des Elektrolyten die Stärke des Polarisationsstromes erst zu-, dann abnimmt, mit anderen Worten, ob sie ein Maximum besitzt. Denn die Function $F(s)$ wird = Null durch $s = 0$ und durch $s = \infty$, dazwischen hat sie einen endlichen Werth, folglich mindestens Ein Maximum. Umständlicher gestaltet sich die Lösung der Aufgabe den Werth oder die Werthe von s anzugeben,

für welche ein Maximum stattfindet, und zu ermitteln, ob diese Werthe bei um so größerem specifischen Widerstand des Elektrolyten eintreten, je größer der specifische Widerstand σ der Zwischenplatte.

Damit die Function $F(s)$ ein Maximum werde, muß deren Nenner, welcher $P(s)$ heiße, ein Minimum sein. Kürze halber setzen wir

$$\frac{Mq'}{\lambda'} = a, \quad \frac{\Sigma q'}{\lambda'} = b, \quad \frac{\delta \sigma}{\lambda} = c, \quad \frac{\lambda' q}{\lambda q'} = r.$$

Dann haben wir

$$P(s) = \left(s + \frac{ac}{s} + ar + a + c\right) \left(s + \frac{bc}{s} + br + b + c\right), \dots (4)$$

und als erste Bedingungsgleichung des Minimums

$$\begin{aligned} \frac{dP(s)}{ds} &= \left(s + \frac{bc}{s} + br + b + c\right) \left(1 - \frac{ac}{s^2}\right) \\ &+ \left(s + \frac{ac}{s} + ar + a + c\right) \left(1 - \frac{bc}{s^2}\right) = 0 \quad \dots (5) \end{aligned}$$

Diese Gleichung ist vom vierten Grade. Da die beiden ersten Factoren eines jeden Gliedes derselben positiv sind, kann sie nur erfüllt sein entweder, wenn die beiden zweiten Factoren selber = 0, oder wenn sie von verschiedenen Zeichen sind. Im ersten Falle wäre $a = b$, also $M = \Sigma$; da aber, falls nicht ganz besondere Umstände obwalten, $\Sigma > M$ und also $b > a$ anzunehmen ist, so ist vorzugsweise der letztere Fall zu berücksichtigen, und es kann die Gleichung (5) also nur erfüllt sein, wenn

$$\frac{bc}{s^2} > 1 > \frac{ac}{s^2} \quad \dots \dots \dots (6)$$

Die weitere Behandlung des allgemeinen Falles nach den Regeln der Maxima- und Minima-Rechnung führt zu Verwickelungen, die sich aber für unseren Zweck hinreichend sicher folgendermaßen umgehen lassen.

Die beiden nur durch M und Σ unterschiedenen, sonst ganz ähnlichen Factoren von $P(s)$ bezeichnen wir als Function von s , σ und beziehlich M und Σ mit $\varphi(s, \sigma, M)$, $\varphi(s, \sigma, \Sigma)$ und setzen:

$$y_M = \varphi(s, \sigma, M), \quad y_\Sigma = \varphi(s, \sigma, \Sigma).$$

In den Curven, welche diese beiden Gleichungen darstellen, wenn man unter s und y rechtwinklige Coordinaten versteht, erkennt man aus der Form, welche $\varphi(s, \sigma, M)$, $\varphi(s, \sigma, \Sigma)$ in (4) haben, leicht Hyperbeln, die so wie in Fig. 163 Taf. VI gelagert sind.

Die Abscissenaxe OS stellt das wachsende s vor. Die Ordinatenaxe OY fällt zusammen mit der einen Asymptote $\mathcal{C}U, \mathcal{C}'U'$ beider Hyperbeln, da für $s = 0$ jeder der beiden Factoren unendlich, $I' = \text{Null}$ wird. Der andere Zweig der beiden Hyperbeln wächst mit s in die Unendlichkeit, gleichfalls entsprechend der schon oben gewonnenen Einsicht, daß I' auch durch $s = \infty$ Null wird.

Betrachten wir zunächst die Hyperbel abc , welche die Gleichung $y_M = \varphi(s, \sigma, M)$ vorstellen soll. Ihr Mittelpunkt \mathcal{C} fällt nicht zusammen mit dem Ursprung O der rechtwinkligen Coordinaten Y, S , sondern bleibt auf der Ordinatenaxe davon entfernt um das Stück $\mathcal{C}O$, welches h heißen mag. Die andere Asymptote der Hyperbel, $\mathcal{C}W$, macht mit der Abscissenaxe einen Winkel α . Es heißen die Coordinaten eines Punktes der Hyperbel bezogen auf ihre Asymptoten u, w , so daß die Ordinatenaxe OY von \mathcal{C} ab auch Ordinatenaxe für die so bezogene Hyperbel ist: so ist die Gleichung der letzteren $uw = m^2$, wo m die Seite des Rhombus $\mathcal{C}dbe$.

Setzt man, um die Hyperbel auf die rechtwinkligen Coordinaten Y, S zu beziehen,

$$u = y - h - s \operatorname{tg} \alpha, \quad w = \frac{s}{\cos \alpha},$$

so folgt

$$y = s \operatorname{tg} \alpha + \frac{m^2 \cos \alpha}{s} + h.$$

Die rechte Seite dieser Gleichung wird identisch mit dem ersten Factor von $P(s)$, wenn man

$$\operatorname{tg} \alpha = 1, \quad m^2 \cos \alpha = ac, \quad h = ar + a + c$$

macht. Der Winkel α ist also $= 45^\circ$, und bei der $F(s)$ ertheilten Form unabhängig von den Constanten der Aufgabe. Dagegen wächst

$$m = \pm \sqrt{\frac{M \delta \sigma q'}{\lambda \lambda'} \cdot \frac{1}{\cos 45^\circ}} \dots \dots \dots (7)$$

parabolisch,
$$h = M \left(\frac{q}{\lambda} + \frac{q'}{\lambda'} \right) + \frac{\delta \sigma}{\lambda} \dots \dots \dots (8)$$

linear mit M . Man denke sich die Constanten $q, q', \lambda, \lambda', \delta, \sigma$ bestimmt, und die Parabel (7) sowie die Gerade (8) construirt. Der zweite Factor von $P(s)$, $y_\Sigma = \varphi(s, \sigma, \Sigma)$, unterscheidet sich von dem ersten nur dadurch, daß, nach (6), $\Sigma > M$. Wir finden also die diesen zweiten Factor darstellende Hyperbel, indem wir von der Parabel (7) und der Geraden (8) das dem $\Sigma > M$ entsprechend grössere Ordinatenpaar m', h' nehmen. Diese Hyperbel wird im Vergleich zur ersten etwa so liegen, wie $a'b'c'$

in Fig. 163, d. h. ihre Potenz $u' w' = m'^2 = \mathcal{C}' d' b' e'$ wird gröfser, und ihr Mittelpunkt \mathcal{C}' auf der Ordinatenaxe um ein gröfseres Stück $O\mathcal{C}' = h'$ vom Ursprunge der rechtwinkligen Coordinaten entfernt sein. Wie schon bemerkt, fällt die eine Asymptote $\mathcal{C}' U'$ der zweiten Hyperbel gleichfalls zusammen mit der Ordinatenaxe; ihre andere Asymptote $\mathcal{C}' W'$ schneidet die Abscissenaxe auch unter 45° , und die in $\mathcal{C}' b' P$, $\mathcal{C}' b' P'$ verlängerten grofsen Axen der beiden Hyperbeln sind einander parallel.

Unsere Aufgabe wäre nun, diejenigen demselben s zugehörigen rechtwinkligen Ordinaten der beiden Hyperbeln zu finden, die miteinander multiplicirt das kleinste Rechteck, möglichenfalls die kleinsten Rechtecke geben. Wir haben nun zwar kein Mittel, diese Ordinaten genau zu bezeichnen, einengen aber können wir ihre Lage zwischen bestimmte Grenzen.

Wir suchen zunächst die kleinsten Ordinaten $s' f f'$, $s'' g g'$ der beiden auf die rechtwinkligen Coordinaten bezogenen Hyperbeln auf. Sie liegen bei

$$s' = \pm \sqrt{\frac{M \delta \sigma q'}{\lambda \lambda'}}, \quad s'' = \pm \sqrt{\frac{\Sigma \delta \sigma q'}{\lambda \lambda'}}.$$

Da s nicht negativ sein kann, gilt das positive Zeichen. s' und s'' sind bei gegebenem m, m' leicht zu construiren, denn man hat

$$s' = m \sqrt{\sin 45^\circ} = 0.8408960 m$$

$$s'' = m' \sqrt{\sin 45^\circ} = 0.8408960 m'.$$

Dies ist das in der Figur angenommene Verhältnifs, welches sich ändert, wenn man in (2) nicht mit λ^2 dividirt (S. oben S. 484), da dann $\operatorname{tg} \alpha = \lambda$ wird.

Das Ordinatenpaar der beiden Hyperbeln, welches das kleinste Product liefern soll, mufs zwischen den beiden kleinsten Ordinaten der Curven liegen. Denn von Null wie von den wachsenden s her nehmen die Ordinaten beider Curven bis zu den beiden Minimalordinaten hin stetig ab. Von s' ab in der Richtung der wachsenden s wächst dann freilich wieder die Ordinate y_M , und von s'' in der Richtung der abnehmenden s ebenso die Ordinate y_Σ . Allein wegen der Nähe des Minimums von y_M nimmt y_Σ schneller ab als y_M wächst, und ebenso wegen der Nähe des Minimums von y_Σ , y_M schneller als y_Σ wächst. Das Abnehmen der Ordinaten y_Σ von s' nach s'' , während zwischen denselben Grenzen die Ordinaten y_M wachsen, entspricht übrigens der aus (6) sich ergebenden analytischen Bedingung, denn die zweiten Factoren der beiden Glieder in (5) sind nichts Anderes als die Differen-

tiale der Gleichungen der beiden Hyperbeln. Übrigens findet nur Ein Minimum statt. Denn es liege dieses bei δ , und es sei δk , $\delta k'$ das gesuchte, das kleinste Product liefernde Ordinatenpaar. Dies heisst soviel, wie dafs (von Null her gerechnet) jetzt das Wachstum von y_{Σ} die Abnahme von y_M übertrifft. Gäbe es ein zweites Minimum, so müfste zuerst ein Maximum eintreten. Nun fahren aber nach dem Minimum bei δ die beiden Ordinaten fort, nach den wachsenden s zu sich stetig in gleichem Sinne zu verändern, bis sie schliesslich mit den Ordinaten der parallelen Asymptoten $\mathcal{C}W$, $\mathcal{C}'W'$ zusammenfallen. Es fehlt also jeder Grund für das Stattfinden eines Maximums zwischen δ und s'' , und folglich auch für das eines dort gelegenen zweiten Minimums.

Für $M = \Sigma$ fallen zugleich mit den beiden Curven ihre beiden Minimalordinaten mit den dazwischen liegenden das kleinste Product liefernden Ordinaten in Eins zusammen, und man hat zur Bedingung des einzigen Minimums

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{M \delta \sigma q'}{\lambda \lambda'}} = \pm \sqrt{\frac{\Sigma \delta \sigma q'}{\lambda \lambda'}}.$$

Was nun die uns besonders interessirende Frage betrifft, so ergibt sich, dafs die beiden Werthe s' und s'' , zwischen denen δ im allgemeinen Fall liegt, mit wachsenden σ unbegrenzt hinausrücken, wobei ihr Abstand

$$s'' - s' = (\sqrt{\Sigma} - \sqrt{M}) \sqrt{\frac{\delta \sigma q'}{\lambda \lambda'}}$$

gleichfalls wächst. Zugleich rücken die Mittelpunkte \mathcal{C} , \mathcal{C}' an der Ordinatenaxe um ein gleiches, dem Wachstum von σ proportionales Stück in die Höhe, m wächst im Verhältnifs von $\sqrt{\sigma}$ u. s. w. Ohne uns in ganz willkürliche Annahmen über die einzelnen Constanten einzulassen, können wir mit derartigen Folgerungen nichts weiter anfangen, sondern müssen uns damit begnügen, dafs unsere der Anschauung entnommenen Schlüsse in Betreff der Abhängigkeit, in der δ von σ steht, die Probe einer schematischen Rechnung soweit gut bestanden haben. Übrigens braucht wohl kaum bemerkt zu werden, dafs, abgesehen von den analytischen Schwierigkeiten, zu einer mehr der Wirklichkeit sich anschliessenden, den inneren Bau der feuchten porösen Leiter berücksichtigenden Behandlung vorläufig jede Grundlage fehlt, und kaum je zu beschaffen sein wird. Die Aufgabe, von der hier versuchten Betrachtung des auf's Äusserste vereinfachten Elementes des innerlich polarisirebaren Körpers zu der des Gesamtkörpers emporzusteigen, und zwischen der hier versuchten Zergliederung und der oben S. 444 vorgenommenen

die Verbindung herzustellen, spottet sowohl unserer Kräfte wie auch unserer Einsichten.¹

¹ Mein Freund Herr LEOPOLD KRONECKER hatte jetzt (1883) die Gefälligkeit, auf rein analytischem Wege den Beweis zu entwickeln, daß der Ausdruck (3) ein Maximum, oder der (4) ein Minimum für s habe, und daß der Werth von s , für welchen das Minimum eintritt, mit σ wachse. Er verfährt folgendermaßen.

Die vier Wurzeln der Gleichung $s^2 P(s) = 0$, negativ genommen, nämlich

$$\begin{aligned} & + \frac{1}{2}(ar + a + c) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(ar + a - c)^2 + 4acr}, \\ & + \frac{1}{2}(br + b + c) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(br + b - c)^2 + 4bcr}, \end{aligned}$$

sollen in der Reihe, wie sie dastehen, t, u, v, w heißen. Diese vier Werthe sind reell, und überdies positiv; denn die Summen $t + u = ar + a + c$, $v + w = br + b + c$, und ebenso die Producte $tu = ac$, $vw = bc$ sind positiv.

Nun wird

$$P(s) = \frac{1}{s^2} (s + t) (s + u) (s + v) (s + w),$$

und hiervon ist das Minimum zu suchen. Man hat

$$\begin{aligned} \frac{d \log P(s)}{ds} &= \frac{d \log s^{-2}}{ds} + \frac{d \log (s + t)}{ds} + \frac{d \log (s + u)}{ds} \\ &+ \frac{d \log (s + v)}{ds} + \frac{d \log (s + w)}{ds}, \end{aligned}$$

und wenn

$$\frac{d P(s)}{ds} = P'(s) \text{ ist, } \frac{d \log P(s)}{ds} = \frac{P'(s)}{P(s)}.$$

Also kommt:

$$\frac{P'(s)}{P(s)} = -\frac{2}{s} + \frac{1}{s+t} + \frac{1}{s+u} + \frac{1}{s+v} + \frac{1}{s+w},$$

oder

$$\frac{s P'(s)}{P(s)} = -2 + \frac{s}{s+t} + \frac{s}{s+u} + \frac{s}{s+v} + \frac{s}{s+w}.$$

Dies sei $Q(s)$. Dann ist

$$\frac{d Q(s)}{ds} = Q'(s) = \frac{t}{(s+t)^2} + \frac{u}{(s+u)^2} + \frac{v}{(s+v)^2} + \frac{w}{(s+w)^2}, \dots (*)$$

also positiv. Für kleine, nahe der Null liegende, positive Werthe von s ist $\frac{s}{P(s)}$ positiv, aber $Q(s)$ nahe $= -2$; also ist $P'(0)$ negativ. Für $s = +\infty$ wird $Q(s) = +2$, also giebt es einen positiven Werth ξ von s , für welchen $P'(s) = 0$ ist.

Wenn $s P'(s) = P(s) Q(s)$ differentiirt wird, ist allgemein

$$P'(s) + s P''(s) = P'(s) Q(s) + P(s) Q'(s),$$

wo $P''(s)$ die zweite Ableitung von $P(s)$ bedeutet.

Da $P'(s) = 0$ für $s = \xi$, so haben wir:

$$\xi P''(\xi) = P(\xi) Q'(\xi),$$

und da $\xi, P(\xi), Q'(\xi)$ positiv sind, ist es auch $P''(\xi)$. Es ist also $P(\xi)$ in der

That ein Minimum, da die erste Ableitung gleich Null und die zweite positiv ist. Hieraus geht auch hervor, dafs es nur einen Werth ξ giebt. Denn $Q(\xi)$ wird für positive s nicht unendlich, und es müfste also, wenn es noch einen Werth ξ gäbe, dabei $P'(\xi)$ aus dem Positiven in's Negative übergehen, also $P''(\xi)$ negativ sein.

Jetzt handelt es sich darum, zu beweisen, dafs ξ mit σ wächst. Da ξ Wurzel der Gleichung $Q(\xi) = 0$ ist, haben wir

$$Q(\xi) = -2 + \frac{\xi}{\xi+t} + \frac{\xi}{\xi+u} + \frac{\xi}{\xi+v} + \frac{\xi}{\xi+w} = 0;$$

dabei ist ξ positiv. Die Gröfsen t, u, v, w hängen von c ab, welches σ proportional ist. Wir schreiben deshalb: $Q(\xi, c)$, und dann ist das vollständige Differential:

$$\frac{\partial Q(\xi, c)}{\partial \xi} d\xi + \frac{\partial Q(\xi, c)}{\partial c} dc = 0,$$

also:

$$\frac{\lambda}{\delta} \cdot \frac{d\xi}{d\sigma} = \frac{d\xi}{dc} = \frac{-\frac{\partial Q(\xi, c)}{\partial c}}{\frac{\partial Q(\xi, c)}{\partial \xi}}.$$

Um nun zu beweisen, dafs $\frac{d\xi}{d\sigma}$ positiv ist, braucht nur gezeigt zu werden, dafs der Zähler:

$$\frac{-\partial Q(\xi, c)}{\partial c}$$

positiv ist; denn dafs der Nenner

$$\frac{\partial Q(\xi, c)}{\partial \xi}$$

oder $Q'(\xi)$ positiv ist, sahen wir schon oben ein (Gleichung *).

Da t, u, v, w implicite σ enthalten, so ist:

$$\frac{-\partial Q(\xi, c)}{\partial c} = \frac{\xi}{(\xi+t)^2} \frac{dt}{dc} + \frac{\xi}{(\xi+u)^2} \frac{du}{dc} + \frac{\xi}{(\xi+v)^2} \frac{dv}{dc} + \frac{\xi}{(\xi+w)^2} \frac{dw}{dc}.$$

Die rechte Seite ist also offenbar positiv, wenn $\frac{dt}{dc}, \frac{du}{dc}, \dots$ positiv sind. Es ist nun, wenn die durch t, u, v, w dargestellten Wurzelausdrücke nach c differenziert werden,

$$\frac{2 dt}{dc} \text{ und } \frac{2 du}{dc} = 1 \pm \frac{1}{\sqrt{1+g}},$$

$$\frac{2 dv}{dc} \text{ und } \frac{2 dw}{dc} = 1 \pm \frac{1}{\sqrt{1+h}},$$

wenn

$$g = \frac{4a^2 r}{(ar - a + c)^2}, \quad h = \frac{4b^2 r}{(br - b + c)^2}$$

ist. Die vier Differentialquotienten $\frac{dt}{dc}, \frac{du}{dc}, \dots$ sind also in der That positiv, da die absoluten Werthe von

$$\frac{1}{\sqrt{1+g}}, \quad \frac{1}{\sqrt{1+h}}$$

kleiner als Eins sind.

(xiv) Deutung einiger besonderen Umstände, welche sich bei der inneren Polarisation der feuchten porösen Körper zu erkennen geben.

Wir kehren zur Erklärung unserer Erfahrungen an den porösen Halbleitern zurück. Da deren Widerstand im Vergleich zu dem der meisten Elektrolyte ein sehr beträchtlicher ist, so wird es, mit Hinblick auf die obigen Erörterungen, nunmehr verständlich, wie sie nur bei Tränkung mit den am schlechtesten leitenden Elektrolyten, wie mit destillirtem Wasser oder Brunnenwasser, starke Zeichen innerer Polarisation gaben, wie aber mit Ammoniakflüssigkeit, Kupfersulphatlösung nur schwache secundär-elektromotorische Wirkungen erhalten wurden, mit Kochsalzlösung, verdünnter Schwefelsäure und Chlorwasserstoffsäure vollends gar keine mehr. Doch wächst die Stärke der secundär-elektromotorischen Wirkungen nicht in's Unbegrenzte mit dem eigenthümlichen Widerstande des Elektrolyten. Wie man durch Zusatz eines Nicht-Elektrolyten, der Schwefelsäure, den Widerstand des Wassers vermindern kann, so kann man ihn auch durch Zusatz eines anderen Nicht-Elektrolyten, des Alkohols, erhöhen. Dabei kann es kommen, was uns oben S. 478 als im Widerspruch mit den übrigen Thatsachen erschien, jetzt aber sich leicht erklärt, daß die secundär-elektromotorische Wirkung nicht merklich wächst; offenbar weil der Widerstand des Wassers dem Werth von s , der diese Wirkung zu einem Maximum macht, zufällig nahe entspricht.

Für die meisten von uns untersuchten porösen Halbleiter scheint gerade das Wasser ungefähr den Grad des eigenthümlichen Widerstandes darzubieten, der das Maximum der secundär-elektromotorischen Wirkung herbeiführt. Etwas Anderes ist es begreiflich mit der wohlausgeglühten Kohle. Diese leitet unter Umständen gut genug, damit bei Tränkung derselben auch mit den bestleitenden Elektrolyten sich starke innere Polarisation kundgebe. Wir haben oben S. 462 diese Polarisation die künstliche genannt, im Gegensatze zur vermeintlich natürlichen der mit Wasser getränkten porösen Halbleiter, und haben die gleichzeitige Gegenwart dieser beiden Arten innerer Polarisation in der Kohle angenommen. Wir thaten dies um zu erklären, wie Kohle nicht selten bei Tränkung mit Wasser stärkere innere Polarisation oder überhaupt dergleichen zeigte, wenn sie mit Salzlösung oder verdünnter Schwefelsäure getränkt beziehlich schwächere oder keine innere Polarisation gab. Eine Unterscheidung und verwickelte Annahme, wozu jetzt kein Grund mehr vorliegt. Alle die mannigfaltigen Erscheinungsweisen der inneren Polarisation der Kohle lassen sich mit Hülfe der obigen Grundsätze im

Wesentlichen zurückführen auf die mannigfaltigen Grade ihres eigenthümlichen Widerstandes. Ist sie vollkommen ausgeglüht, und leitet sie demgemäfs gut im Vergleich mit den besser leitenden Elektrolyten, so kann man sie, wie soeben schon gesagt wurde, mit solchen Elektrolyten, wie Kochsalzlösung, verdünnte Schwefelsäure tränken, und sehr starke secundär-elektromotorische Wirkungen von ihr erhalten. Der Werth von s , für welchen I' das Maximum erreicht, ist in Folge des geringen Werthes von σ gleichfalls sehr klein. Ist aber wegen mangelhaften Ausglühens die Kohle auf einer Stufe des Widerstandes stehen geblieben zwischen dem des Holzes und dem der wohlausgeglühten Kohle, so rückt der Werth von s , der das Maximum von I' herbeiführt, wieder weiter hinaus, und es kann sich ereignen, dafs mit Wasser eine kräftigere secundär-elektromotorische Wirkung erlangt wird, als mit Kochsalzlösung, ja dafs mit letzterer die Wirkung unmerklich ausfällt.

Ist ein poröser Körper so beschaffen, dafs er stufenweise mit verschiedenen Mengen desselben Elektrolyten getränkt werden kann, von Null bis zu einer unbegrenzten Menge, in der zuletzt die festen Theile aufgeschwemmt sind, wie dies in unseren Versuchen mit Thon und Seife der Fall war (S. oben S. 431. 436. 476): so kann die stetige Änderung der Menge des Elektrolyten auf die Stärke der secundär-elektromotorischen Wirkung den nämlichen Einflufs üben, wie unter den bisher betrachteten Verhältnissen die stetige Änderung des eigentlichen Widerstandes des Elektrolyten. Zwar läfst sich in diesem Fall eine schematische Rechnung, wie wir sie für den Fall des sich ändernden specifischen Widerstandes durchführten, nicht gut anstellen; doch lehrt die Anschauung wohl sicher genug, dafs die Curve, deren Ordinaten die Stärke der secundär-elektromotorischen Wirkung bezogen auf die abnehmende Menge der tränkenden Flüssigkeit darstellen, gleich der bisher betrachteten von Null anheben werde; sie erreicht dann ein Maximum, dessen Lage vom eigenthümlichen Widerstande des porösen Körpers abhängt, und schliesst sich zuletzt der Abscissenaxe asymptotisch an. So stellten sich uns die Erscheinungen an Thon und Seife bei verschiedenen Graden der Tränkung mit Wasser, bis zum Aufschwemmen der festen Theile darin, wirklich dar.

Aus demselben Gesichtspunkte erklärt sich die Unwirksamkeit des Blutkuchens im Gegensatz zum Faserstoff in dem dichteren Zustande, wie er durch Schlagen des Blutes erhalten wird. Auch die Erhöhung der inneren Polarisirbarkeit des Papieres durch Druck gehört wohl hierher, sofern der Druck einen Theil der nebenschiefsenden Flüssigkeit aus den Räumen zwischen den Papierfasern ausprefst.

Von dem eigenthümlichen Widerstande des porösen Halbleiters war bisher die Rede erst in dem Sinne, dafs dadurch die Lage des Maxi-

mums der secundär-elektromotorischen Wirkung beeinflusst wird, die man unter sonst gleichen Umständen bei Tränkung des porösen Halbleiters mit immer schlechter leitenden Elektrolyten erhält. Es ist aber ferner klar, daß bei Anwendung desselben Elektrolyten, und unter sonst gleichen Umständen, die secundär-elektromotorische Wirkung um so stärker ausfallen wird, je besser der poröse Körper stofflich leitet, und je dünner die Zwischenplatten, aus welchen bestehend man ihn betrachten kann; ein Verhältniß, welches sich auch in der Formel (2) oben S. 484 deutlich ausspricht, in welche δ in der nämlichen Weise eingeht, wie σ .

Hierauf läßt es sich deuten, daß mit Wasser getränkte Seide keine innere Polarisation giebt, während Baumwolle, Hanf, sogar Horn und Fischbein dergleichen zeigen; daß Hydrophan, der aus amorpher Kieselsäure besteht, wirksam ist im Gegensatz zum fein zerriebenen und geschlemmten Quarzsand, welcher krystallisirte Kieselsäure ist: wie denn von der Kohle und dem schwarzen Schwefelquecksilber im Gegensatz zu Diamant und Zinnober bekannt ist, daß erstere leiten, letztere nicht.¹ Möglicherweise beruht die größere Wirksamkeit des Töpferlechmes im Vergleich zum Bildhauerthon, des Rüdersdorfer Kalksteines zur Kreide, auf der Gegenwart des Eisenoxydhydrates, dem sie ihre Färbung verdanken, während die beim Erhärten des Gypsbreies sich einstellende innere Polarisirbarkeit auf Zunahme des schwefelsauren Kalkes an Leitungsfähigkeit in Folge der Aufnahme von Wasser gedeutet werden kann, welches überdies aufhört, in den Hohlräumen zwischen den Gypsmolekeln als schwächende Nebenschließung zu wirken.

Im Laufe der obigen Versuche wurde mehrmals bemerkt, daß von zwei mit demselben Elektrolyten getränkten innerlich polarisirbaren Körpern derjenige die stärkere secundär-elektromotorische Wirkung gab, die zugleich den größeren Widerstand zeigte. So war bei Sandstein, Trachyt und Bimsstein die Ablenkung am Vertical-Galvanoskop fast unmerklich, der Ausschlag wegen innerer Polarisation aber führte die Nadel mit Heftigkeit an die Hemmung; bei der Kreide dagegen betrug jene Ablenkung über 20° , und der Ausschlag wegen innerer Polarisation unter denselben Umständen nur etwa 30° .

Es ist klar, daß dies nicht so aufgefaßt werden kann, als leite die Substanz desjenigen Körpers besser, der den geringeren Widerstand

¹ RIESS, Die Lehre von der Reibungselektricität. Berlin 1853. Bd. I. S. 37. §. 30.* — Doch kommt auch das Entgegengesetzte vor, nämlich nach RIESS bei Schwefelantimon (S. ebendas. S. 364. §. 384*), und nach HITTORFF bei Selen (POGGENDORFF'S Annalen u. s. w. 1851. Bd. LXXXIV. S. 218.*)

darbot, denn wie wir eben sahen, müßte derselbe dann auch stärker innerlich polarisierbar sein. Dagegen liegt es nahe, sich zu denken, daß in dem besser leitenden Körper der Elektrolyt im Verhältniß zur Substanz des Körpers selber einen größeren Raum einnimmt, und deshalb erstens die innere Polarisation durch Nebenschließung stärker geschwächt wird als in dem schlechter leitenden Körper, zweitens auch weniger halbleitende Zwischenplatten auf der Bahn des Stromes liegen, wodurch zwar die Leitung verbessert, die Summe der elektromotorischen Kräfte aber verkleinert wird. Doch bewährt sich diese Anschauung wenigstens für Kreide und Bimsstein nicht. Von diesen müßte die Kreide, welche bei besserer Leitung minder stark secundär-elektromotorisch wirkt, also die größeren Hohlräume enthalten. Dies widerspricht nicht nur dem Augenschein, sondern auch der Thatsache, daß das Verhältniß der Dichten von Kalkspath und Kreide der Einheit näher steht als das der Dichten von Bimssteinpulver und Bimsstein. Auch habe ich mich unmittelbar überzeugt, daß von zwei gleichen Parallelepipedis Kreide und Bimsstein letzteres die größere Wassermenge aufnahm.¹

¹ Die Dichte des kohlensauren Kalkes beträgt höchstens (als Marmor) 2.8, die der Kreide 1.8—2.6, die Dichte des Bimssteinpulvers beträgt 2.15—2.20, die des (schwimmenden) Bimssteines ist natürlich < 1.

Ich schnitt aus Kreide und Bimsstein zwei gleiche Parallelepida, von 27^{mm} Länge und 22^{mm} Seite des quadratischen Querschnittes, also 13 Cubikcentimeter Inhalt. Lufttrocken wogen sie:

Kreide	18.013
Bimsstein	8.406 gr.

Nach dreiviertelstündigem Kochen in destillirtem Wasser, wobei der Bimsstein schliesslich untersank, wogen sie ungefähr (die Verdampfung verhinderte genaues Wägen):

Kreide	23.520
Bimsstein	14.399 gr.

Nach längerer Zeit wieder lufttrocken geworden, wogen die Stücke nur noch:

Kreide	17.868
Bimsstein	8.289 gr.

weil sich beim Kochen Theilchen abgelöst hatten. Es hatte also bei gleichem Volum aufgenommen:

Kreide	5.652
Bimsstein	6.110 gr.

Wasser, der Bimsstein also mehr als die Kreide

Wasser	0.458 gr.
--------	-----------

Der Unterschied ist klein, da er aber zu Gunsten der Hohlräume im Bimsstein ausfällt, genügt er, um zu zeigen, daß nicht geringere Porosität des Bimssteins den Grund seiner stärkeren Polarisierbarkeit enthält.

Das aus obigen Zahlen mit Vernachlässigung des im lufttrocknen Zustande zu-

Eine andere Art, das angegebene Verhalten zu erklären, würde sein, dasselbe von der inneren Polarisation selber herzuleiten. Die stärker innerlich polarisirebaren Körper würden deshalb schlechter zu leiten scheinen, weil sie durch Polarisation den ursprünglichen Strom schwächen. Allein die innere Polarisation ist schwächer, als das man ihr solche Wirkung zuschreiben dürfte, und somit bleibt hier eine Dunkelheit zurück.

Ganz dunkel bleibt auch der Fall der mit Kalihydratlösung getränkten Kreide, welche starke innere Polarisation zeigt (S. oben S. 432). Noch eine Anzahl anderer Fälle aus dem Kreise der obigen Erfahrungen bietet ähnliche Schwierigkeiten dar, und es ist wohl keine Frage, dass man bei fortgesetzten Versuchen hier noch auf manches Räthsel stoßen würde. Jedoch ist nicht zu vergessen, dass außer den bereits angedeuteten Hilfsmitteln der Theorie zur Erklärung derartiger Abweichungen — verschiedener Widerstand des Elektrolyten und des porösen Halbleiters, und verschiedene räumliche Anordnung beider — noch ein Umstand in Betracht kommt, den wir bisher absichtlich außer Spiel gelassen haben, der aber möglicherweise einen sehr bedeutenden Einfluss ausübt. Dies ist die mit verschiedenen Stoffen vielleicht, ja unzweifelhaft, verschiedene elektromotorische Kraft der secundären Kette: Halbleiter, Anion, Elektrolyt, Kation, Halbleiter, auf deren Erzeugung durch den ursprünglichen Strom die innere Polarisation beruht. Es mögen zwischen den Halbleitern selber in Bezug auf ihre Polarisationsfähigkeit Unterschiede stattfinden wie zwischen den Metallen (Vgl. oben Bd. I. S. 237), und auch die verschiedenen Elektrolyten mögen mit dem nämlichen Halbleiter mehr oder weniger günstig wirken.

Dass das Verhalten der inneren Polarisation bei erhöhter Temperatur dem entspricht, was man nach der hier entwickelten Vorstellung erwarten dürfte, brauche ich kaum zu erwähnen. Die Polarisation erschien bei der Siedhitze schwächer, bestand jedoch beim Thonschiefer und der Hanfschnur noch fort, ganz in Uebereinstimmung mit den Erfahrungen von BEEZ an metallischen Elektroden.¹

Alles in Allem schließt sich die entwickelte Theorie den That- sachen hinreichend an, um für die wahre gelten zu können. Zu bemerken ist aber noch, dass die Art, wie in dieser Theorie die Leitung des Stromes in den feuchten porösen Halbleitern zum ersten Mal von mir

⁴
rückgebliebenen Wassers berechnete spezifische Gewicht der Substanz des Bimssteins beträgt nur 1.19, was schlecht zu den obigen aus den gangbaren Lehrbüchern geschöpften Angaben paßt.

¹ POGGENDORFF'S Annalen u. s. w. 1850. Bd. LXXIX. S. 109.*

aufgefasst ist, überhaupt die richtigere sein dürfte, und geeignet scheint, einen Anhalt zu bieten zur besseren Beurtheilung der auffallenden elektromotorischen Erscheinungen, die uns die Haut des Menschen gezeigt hat, der Ströme wegen ungleichzeitiger Benetzung (S. oben S. 218), der Temperaturströme (S. oben S. 206), der Ströme beim Andrücken von Bäuschen (S. oben S. 222. 268. 322—331), die alle ihr Entsprechendes bei den Metallen haben. Auch die NOBILI'schen Thonthermoströme, und die oben S. 471. 472 beschriebenen Thermoströme an Fließpapierbäuschen dürften aus demselben Gesichtspunkte zu betrachten sein, d. h. nicht als Thermoströme der Elektrolyte, sondern als solche der metallisch, nicht elektrolytisch leitenden Halbleiter, die mit den Elektrolyten getränkt sind. Dies ist deshalb wahrscheinlich, weil nach NOBILI nur mit Thon, nicht mit Kalk, Baryt und Gyps diese scheinbaren Hydrothermoströme erhalten werden, während der Elektrolyt beliebig Wasser, Säure oder Salzlösung sein kann, ohne dass der Strom aufhört, in derselben Richtung zu erscheinen (S. oben S. 201).

(xv) Anwendungen der Lehre von der inneren Polarisation.

Es ist ein bemerkenswerthes Zusammentreffen, dass die Bedingungen der inneren Polarisation einigermaßen dieselben sind, wie die der von PORRET entdeckten, von WIEDEMANN genauer untersuchten Fortführung der Flüssigkeiten durch den Strom.¹ Gleich der inneren Polarisation findet diese Fortführung um so stärker statt, je schlechter der Elektrolyt leitet. Unstreitig wird in vielen Fällen, in denen Fortführung sich kundgiebt, auch innere Polarisation der porösen Scheidewand stattfinden. Doch ist noch nicht beobachtet, dass der eigenthümliche Widerstand der porösen Scheidewand die Fortführung beeinflusst, und die gleiche Abhängigkeit vom Widerstand der Flüssigkeit mag somit bedeutungslos sein.

Die innere Polarisirbarkeit der feuchten Gesteine, der Thon-, Lehm- und Mergelschichten wird vielleicht nicht außer Acht gelassen werden dürfen bei Betrachtung der Verbreitung von Strömen im Erdreich.

Wenn ein Baum vom Blitze getroffen wurde, und man könnte ihn, was leider nie gelingen wird, gleich darauf am Multiplicator untersuchen, so würde man ihn innerlich polarisirt finden in der umgekehrten Richtung des Blitzschlages, dessen Sinn man so erführe. Wäre die von CHARLES MARTINS aufgestellte Theorie des Zerschlitzens der Baum-

¹ POGGENDORFF'S Annalen u. s. w. 1852. Bd. LXXXVII. S. 348.*

stämme durch Tromben richtig,¹ so müßten auch die Latten, in welche das Holz der davon betroffenen Stämme gespalten wird, secundär-elektromotorisch wirken; die Polarisation würde einen Schluß auf die Richtung der elektrischen Entladung gestatten.

Natürlich ist auch dieser Versuch nicht anstellbar. Uns geht, wie kaum gesagt zu werden braucht, die innere Polarisation zunächst insofern an, als sie fortan bei elektrophysiologischen Versuchen in Betracht kommt. Die innere Polarisation der Bäusche, sofern sie nicht mit Kochsalzlösung getränkt sind (S. oben S. 409), die der Eiweißhäutchen tritt zur Polarisation der metallischen Elektroden hinzu. Obschon dieser Umstand nicht von großer Bedeutung sein kann, verdient er doch Berücksichtigung. Jetzt wäre es an der Zeit, zu den secundär-elektromotorischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven zurückzukehren, die sich als deren innere Polarisation darstellen, und für deren Erforschung die Kenntniß der Polarisation an der Grenze zweier Elektrolyte und die innere Polarisation feuchter poröser Körper die unentbehrliche Grundlage bildet. Leider sind wir mit den Vorbereitungen zu jener Erforschung noch immer nicht zu Ende. Ehe wir dazu schreiten, müssen wir erst noch die neue Verwicklung ergründen, welche aus der oben S. 456—459 aufgedeckten Erscheinung des secundären Widerstandes hervorgeht.

¹ *Annuaire météorologique de la France* par MM. HAEGHENS, BÉVIGNY et CH. MARTINS. Année 1848. p. 233;* — *POGGENDORFF'S Annalen u. s. w.* 1850. Bd. LXXXI. S. 453;* — P. RIESS, *Die Lehre von der Reibungselektricität.* 1853. Bd. II. S. 545. §. 1071. S. 568 §. 1084.* — Vgl. GAD, *Beobachtungen über die Wirkungen einer Windhose.* *Archiv für Physiologie.* 1881. S. 412.*

Schluss der 'Untersuchungen über thierische Elektricität'.

Nachwort.

Soweit war ich vor mehr als fünfundzwanzig Jahren in der Ausarbeitung dieser Untersuchungen gekommen, als für die Mittheilung meiner Ergebnisse in der bisherigen Gestalt, d. h. im geschlossenen Rahme eines einheitlichen Werkes, Schwierigkeiten entstanden, welche sich mit der Zeit als unüberwindlich erwiesen, und der Vollendung des Buches nach dem ursprünglichen, in der Vorrede vom März 1848 (Bd. I. S. L—LIV) angezeigten Plan eine Schranke setzten. Nicht blofs hielt die Erforschung des secundären Widerstandes, auf den ich bei den Versuchen über die innere Polarisation der feuchten porösen Leiter erst ganz zuletzt gestossen war, mich lange auf, sondern damals vollzog sich auch eine folgenreiche Wandlung in meinen Versuchsweisen.

Die schon im Vorigen gelegentlich zu Hülfe genommene Bussole mit Spiegelablesung verdrängte bald gänzlich den bis dahin angewendeten Multiplicator mit Doppelnadel. Die Platinelektroden in Kochsalzlösung wichen den unpolarisirbaren Elektroden aus verquicktem Zink in Zinksulphatlösung, die Eiweißhäutchen Schilden aus dem mit physiologischer Kochsalzlösung angekneten Bildhauerthon. Die unpolarisirbaren Zuleitungsröhren mit Thonspitzen ermöglichten die Ableitung der thierisch-elektrischen Ströme von viel beschränkteren Stellen und eine viel genauere Bestimmung der Vertheilung der Spannungen an der Oberfläche der thierischen Elektromotore als zuvor, während sie andererseits erlaubten den thierischen Theilen elektrische Ströme zum Zweck der Reizung oder Elektrotonisirung in viel tadelfreier Art zuzuführen. Die früher so gefürchteten Ungleichartigeiten der metallischen Multiplikatoren, im Kampfe mit denen ich so manchen Tag verloren hatte, büßten ihre Schrecken ein. Was davon beim verquickten Zink in Zinklösung noch übrig blieb, wurde mittelst eines vom Nebenschließdraht einer beständigen Kette abgeleiteten Stromzweiges unschädlich gemacht. POGGENDORFF'S Compensationsmethode zur Messung elektromotorischer Kräfte erhielt eine Gestalt, wobei diese Kräfte wie das Zeug

an der Elle gemessen werden. So trat sichere relative und absolute Messung elektromotorischer Kräfte an Stelle der früheren rohen Schätzung von Stromstärken. Durch die Erfindung der aperiodischen Bussole wurde nicht nur die Anstellung aller galvanometrischen Versuche in einer Weise erleichtert, welche außerhalb des elektrophysiologischen Laboratoriums noch durchaus nicht gehörige Würdigung fand, es wurde auch die Beantwortung mancher Fragen dadurch überhaupt erst möglich. Ich spreche nicht von den Vortheilen, welche gewisse Hilfsvorrichtungen, wie Stromschlüssel, Rheochord u. d. m. fortan gewährten.

Solcher Verbesserung der Versuchsweisen entsprang die Verpflichtung, die früheren Ergebnisse erneuter Prüfung zu unterwerfen. Bei der Unvollkommenheit der älteren Verfahrensarten, der Schwierigkeit ihrer Handhabung, wäre es wohl zu entschuldigen gewesen, wenn diese Musterung Fehler aufgedeckt hätte, doch war dies kaum der Fall. Dagegen liegt es in der Natur der Dinge, daß eine Fülle neuer Beziehungen zum Vorschein kam.

Vor Allem wurden die bisher unverstandenen Wirkungen am Gastrocnemius und Extensor cruris des Frosches auf die von mir sogenannten Neigungsströme zurückgeführt, und die Lehre vom Gesetze des Muskelstromes dadurch wesentlich vervollständigt. Damit hing zusammen eine bessere Einsicht in den Bau jener so häufig angewendeten Muskeln. Die Erscheinungsweise des Muskel- und Nervenstromes, ihr zeitlicher Verlauf, stellten sich ganz anders dar. Die scheinbare und wirkliche postmortale Erhöhung der Muskelstromkraft; die Wirkung körperlicher Nebenschließung auf den Gastrocnemiusstrom, die Vergleichung der Muskel- und Nervenstromkraft mit der von allerlei Flüssigkeitsketten, von denen erst ein kleiner Theil die Elektriker beschäftigt hatte; das Verhalten des Muskel- und Nervenstromes bei Ableitung mittelst unmittelbar angelegter metallischer Elektroden; die Erweiterung des Begriffes der parelektronischen Schicht zu dem einer solchen Strecke; der zeitliche Verlauf der Elektrotonusströme; die genauere Untersuchung des Einflusses gewaltsamer Formveränderungen auf den Muskelstrom, und seiner negativen Schwankung im Tetanus sowohl wie bei Einzelzuckungen, bei Ableitung sowohl vom natürlichen wie vom künstlichen Querschnitt; die Unterscheidung der inneren und der terminalen Nachwirkung des Tetanus, und die Beziehung letzterer zur Parelektronomie; die Lehre von der Säuerung des Muskels im Tod und bei der Zusammenziehung: alle diese und noch eine Menge anderer Thatsachen und Einsichten drängten sich zwischen die älteren Ergebnisse und jeden weiteren Fortschritt ein, und um ihn darzulegen, mußte man die veränderten Versuchsweisen, die neuen Ergebnisse als bekannt voraussetzen können.

Die Schwierigkeit, welche sich hieraus für Durchführung meines ursprünglichen Planes ergab, wuchs noch durch den an sich glücklichen Umstand, daß die allgemeine Muskel- und Nervenphysik, auf deren Gebiet ich am Anfang der vierziger Jahre fast allein stand, mittlerweile theils in meinem Gefolge, theils unabhängig von mir, eine große Anzahl von Bearbeitern fand. Ich brauche nur die Namen EDUARD WEBER und HELMHOLTZ zu nennen, um das Bild der Fortschritte zu erwecken, welche dieser Theil der Physiologie kurz vor und nach dem Erscheinen der 'Untersuchungen' machte. CH. AEBY, J. BERNSTEIN, A. v. BEZOLD, C. ECKHARD, W. ENGELMANN, AD. FICK, EM. HARLESS, R. HEIDENHAIN, W. KÜHNE, G. MEISSNER, H. MUNK, ED. PFLÜGER, H. ROEBER, I. ROSENTHAL und noch viele Andere betraten in dichtgedrängter Folge dies lange unbebaute Feld, und eine förmliche kleine Disciplin, zu deren Darstellung kaum ein tüchtiger Band reichte, entstand da, wo es zur Zeit meiner Vorrede noch so wenig und so vereinzelte Thatsachen gab, daß ich damit mein neuntes Kapitel zu füllen gedachte. Hiervon konnte die Rede nicht mehr sein. Indem aber jene Arbeiten auf das Mannigfachste mit den meinigen sich ergänzten und in sie eingriffen, auch wohl meine Kritik herausforderten, trugen sie nicht wenig dazu bei, die weitere Mittheilung meiner eigenen Ergebnisse in der organischen planmäßigen Form eines Buches zu erschweren.

Ich schweige von den außerordentlichen Fortschritten, welche seit dem Erscheinen der ersten Abschnitte dieses Werkes die Lehre vom feineren Bau der Muskeln und Nerven, und der Nervenendigung in den Muskeln machte. Besondere Erwähnung verdient aber noch die theoretische Untersuchung, durch welche HELMHOLTZ die von mir mit unzulänglichen Mitteln versuchte Zurückführung der elektromotorischen Erscheinungen an der Oberfläche der Muskeln und Nerven auf innere Kräfte richtiger vorzunehmen lehrte, da sich dann ergab, daß die mühsamen Erörterungen des dritten Kapitels der Umarbeitung bedurften, und daß die dort gezogenen Schlüsse in Ansehung der schwachen Ströme des Längs- und Querschnittes, der größeren Kraft längerer und dickerer Muskeln und Nerven, der Nichtanwendbarkeit der Compensationsmethode auf die thierischen Elektromotore trüglich waren.

Vollends unausführbar wurde mein Versprechen, im zehnten Kapitel die Lehre von den elektrischen Fischen abzuhandeln, nachdem ich selber von 1857 ab, durch GOODSIR'S und BENCE JONES' Güte, wiederholt in den Besitz lebender Zitterwelse gelangt war.

Auch die erst später, großentheils von Anderen aufgefundenen, und dem ursprünglichen Plane fremden Drüsen- und Pflanzenströme hätten jetzt noch herangezogen werden müssen, um für die dem vierten Ab-

schnitt vorbehaltenen theoretischen Betrachtungen die Grundlage zu vervollständigen.

Zu dem Allem kam, dafs seit 1851 meine Stellung als Mitglied der Akademie der Wissenschaften mir die Verpflichtung regelmäfsig wiederkehrender Mittheilungen auferlegte, und damit, bei Fortsetzung des Buches, den mir persönlich sehr lästigen Zwang, dieselben Dinge zweimal in verschiedener Form vorzubringen. Endlich durch den Tod dessen, der mich einst auf die Schwelle dieser Studien stellte, meines Lehrers JOHANNES MÜLLER, 1858 zur Nachfolge auf den Lehrstuhl der Physiologie berufen, konnte ich auch nicht mehr, wie in der Jugend, mit ungetheiltem Streben diesen Arbeiten obliegen, und wenn ich mir dadurch Mittel zur Verfügung gestellt sah, an denen es mir sonst nicht selten gefehlt hatte, erfuhr ich jetzt leider, dafs im deutschen Gelehrtenleben das Product aus der Mufse in die Mittel ziemlich constant bleibt.

Mehrerer dieser Umstände habe ich schon einmal, in der Vorrede zu meinen 'Gesammelten Abhandlungen', kurz gedacht. Sie lassen es wohl hinlänglich gerechtfertigt erscheinen, dafs die Herausgabe der 'Untersuchungen' in's Stocken gerieth. Schwerer dürfte es mir werden, es zu verantworten, dafs ich gegenüber der augenfälligen Unmöglichkeit das Werk in der beabsichtigten Gestalt zu vollenden, so lange zögerte, es so zu sagen buchhändlerisch abzuschliessen. Die Wahrheit ist, dafs ich noch immer und bis vor Kurzem hoffte, wenigstens die Lehre von den secundär-elektromotorischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven in einigermafsen fertigem Zustande mittheilen zu können. Ich wurde aber, bei stets beschränkterer Mufse, von Jahr zu Jahr durch immer neue Zwischenfälle aufgehalten, wie unter anderen auch durch die mir zugefallene Bearbeitung des SACHS'schen Nachlasses, und mußte schliesslich auch jene Hoffnung aufgeben. Von mehreren Seiten her näherte sich die Forschung diesem von mir unter so grofsen Mühen urbar gemachten Felde, und ich sah mich genöthigt, mit meinen Thatsachen zum Theil in noch sehr unreifer Gestalt hervorzutreten, wollte ich nicht Gefahr laufen, die persönliche Frucht jahrzehnelanger Arbeit einzubüfsen. Andererseits konnte ich, je länger ich mich mit dem Gegenstande beschäftigte, mir um so weniger verhehlen, dafs zu einem wahren Abschluss hier in absehbarer Frist doch nicht zu gelangen sei, dafs dazu fast ein neues Forscherleben gehöre. So entschlofs ich mich denn zuletzt mit schwerem Herzen, ein Ende da zu machen, wo ich, wie gesagt, dies schon vor einem Vierteljahrhundert fast ebenso gut gekonnt hätte. So lange etwa liegen in der That die vier ersten der jetzt ausgegebenen Bogen (25—28) schon gedruckt. Diese 'Untersuchungen' bleiben ein Torso, oder vielmehr ein *Monstrum per defectum*, und da bei den heutigen

wissenschaftlichen Zuständen, die sich in dieser Beziehung schwerlich wieder ändern werden, kein junger Forscher mehr den Plan eines solchen Werkes fassen dürfte, kann dies formale Scheitern meines Unternehmens nicht einmal den Nutzen bringen, Andere vor ähnlichem Wagnis zu warnen.

Bei der langen Zeit, welche seit dem Druck eines Theiles des hier Veröffentlichten verfloss, entspricht dessen Inhalt nicht durchweg den heutigen Einsichten, und auch in den neuerlich gedruckten Bogen mußte ich denselben Standpunkt festhalten, wollte ich mich nicht gerade in alle die Schwierigkeiten begeben, welche die Fortsetzung des Buches gehemmt hatten. Beispielsweise geschieht die Ableitung der Polarisationsströme noch mit Platin in Kochsalzlösung, es ist noch die Rede von den längst abgeschafften Eiweißhäutchen u. d. m. Glücklicherweise ergibt sich daraus kein besonderer Nachtheil.

Ich muß nun noch, um den literarischen Zusammenhang zu wahren, und denen die Übersicht zu erleichtern, die sich dafür interessiren sollten, das Verhältniß der letzten Theile der 'Untersuchungen' zu meinen Veröffentlichungen über denselben Gegenstand in Gesellschafts- und Zeitschriften näher bezeichnen. Als bekannt darf ich voraussetzen, daß ich 1875—77 'Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik' (Zwei Bände, Leipzig, Verlag von Veit & Comp.) herausgab, welche dem Inhalte nach als Fortsetzung der 'Untersuchungen' anzusehen sind. Dies Sammelwerk erhält demgemäß von meinen vereinzelt veröffentlichten nur die, deren Inhalt zur Zeit seines Erscheinens nicht schon den 'Untersuchungen' einverleibt war. Was von diesen Veröffentlichungen vor 1851 fällt, ist, sofern es der Mühe lohnte, in den 'Untersuchungen' gehörigen Orten angeführt.

Nach jenem Zeitpunkt aber las ich in der Akademie mehrere Abhandlungen, welche in Kürze den Inhalt der Bogen 1—24 der vorliegenden zweiten Abtheilung wiedergeben. Da diese Bogen 1860, also fünfzehn Jahre vor dem Erscheinen der 'Gesammelten Abhandlungen' ausgegeben worden waren, blieben diese Abhandlungen, vier an der Zahl, aus der Sammlung fort. Aber auch in den 'Untersuchungen' sind sie nicht erwähnt, weil zur Zeit, wo ich sie in der Akademie las, die Bogen 1—24 größtentheils schon gedruckt, wenn auch nicht ausgegeben waren. Man findet die vier Abhandlungen an den unten angegebenen Stellen.¹

Auf dieselben liefs ich in den Monatsberichten der Akademie, in

¹ Monatsberichte u. s. w. 1851. S. 380 ff.; — 1852. S. 111 ff.; — 1853. S. 76 ff.; — 1854. S. 288. — Auch in MOLESCHOTT'S Untersuchungen zur Naturlehre des

den Jahren 1856—59, drei die Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte und die innere Polarisation feuchter poröser Leiter betreffende Aufsätze folgen. Wie die vier ersterwähnten Abhandlungen zu den Bogen 1—24, so verhalten sich diese drei Aufsätze zu den jetzt erscheinenden Bogen 25—31: sie stellen die daselbst ausführlich mitgetheilte Untersuchung in gedrängter Kürze dar. Da zur Zeit der Herausgabe der 'Gesammelten Abhandlungen' von dieser ausführlichen Untersuchung erst die Bogen 25—28 gedruckt waren, und deren Fortsetzung nicht in sicherer Nähe bevorstand, wurden die drei Aufsätze in die Sammlung aufgenommen, deren erste Nummern sie bilden. Sie sind die einzigen Stücke darin, über welche anderswo, nämlich jetzt in diesem Buche, genauere Auskunft zu finden ist. Ihnen schließt sich dem Inhalte nach die Untersuchung über den secundären Widerstand vom Jahre 1859 (No. V der 'Gesammelten Abhandlungen') an, und dieser wieder die erst unlängst (1883) erschienene gröfsere Arbeit 'Über die secundärelektromotorischen Erscheinungen an Muskeln, Nerven und elektrischen Organen' in den neuen Sitzungsberichten der Akademie.¹

Die 'Gesammelten Abhandlungen' enthalten ferner die ausführliche Darstellung aller in diesem Nachwort angedeuteten neuen Vorrichtungen und Versuchsweisen, sowie der damit gewonnenen Ergebnisse: sowohl derer, welche die wiederholte Durchforschung des alten Gebietes lieferte, wie auch solcher, die über den Rahmen der 'Untersuchungen' hinausgehen. Das Inhaltsverzeichnifs der 'Abhandlungen' ist eine vollständige Liste meiner von 1856 bis 1877 über thierische Electricität und verwandte Gegenstände veröffentlichten Arbeiten. An diejenigen dieser Arbeiten, die sich auf die elektrischen Fische beziehen, knüpfen die in meinem Buche: Dr. CARL SACHS' Untersuchungen am Zitteraal, *Gymnotus electricus*, nach seinem Tode bearbeitet u. s. w. Leipzig, Verlag von Veit & Comp. 1881, niedergelegten Forschungen an, welche in Prof. FRITSCH's anatomisch-zoologischen Studien über die Zitterfische und in meinen neuesten Versuchen an lebenden Zitterrochen in Berlin,² weitere Ausläufer getrieben haben.

Hier folgen noch einige Nachträge, sofern sie literarisch sind, ist

Menschen und der Thiere, 1857. Bd. II. S. 137 ff.; — S. 247 ff.; — Bd. III. S. 125 ff.; 1858. Bd. IV. S. 1 ff.

¹ A. a. O. S. 343 ff.; — auch im Archiv für Physiologie. 1884. S. 1 ff.

² Vorläufiger Bericht über die von Professor GUSTAV FRITSCH in Aegypten angestellten neuen Untersuchungen an elektrischen Fischen. Monatsberichte u. s. w. 1881. S. 1149 ff.; — Vorläufiger Bericht über die von Prof. GUSTAV FRITSCH in Aegypten und am Mittelmeer angestellten neuen Untersuchungen u. s. w. Zweite Hälfte. Sitzungsberichte u. s. w. 1882. S. 477; — Archiv für Physiologie. 1882

dabei in der Regel der Grundsatz festgehalten, nur die ältere Literatur zu vervollständigen, da es die Absicht nicht sein konnte, die seitdem so mächtig angewachsene Literatur der allgemeinen Muskel- und Nervenphysik an dieser Stelle zu erschöpfen.

Das sehr in's Einzelne gehende Sach- und Namenregister endlich wird, wie ich hoffe, dazu dienen, das ansehnliche in diesem Buche verarbeitete Material zur Geschichte der Wissenschaft aufzuschließen und nutzbarer zu machen als bisher.

S. 61. 387; — On a new Principle affecting the systematic Distribution of the Torpedinidae, and on the probable occurrence of the *T. occidentalis* (STORER) on the British Coast. Report of the fifty-second Meeting of the British Association etc. held at Southampton in August 1882. p. 592; — Lebende Zitterrochen in Berlin. Sitzungsberichte u. s. w. 1884. S. 181.

Berlin, vom physiologischen Institut der Universität, im März 1884.

Nachträge.

I. Zum ersten Bande.

1. (Vorrede, S. xxvi.) Eine der hier angestellten sehr ähnliche Betrachtung über Darstellung beliebiger Abhängigkeiten durch Curven findet sich bei PÉCLET, *Traité élémentaire de Physique*. Paris et Alger 1847. Introduction. p. ij.* — Ich hätte darauf hinweisen sollen, daß schon QUETELET in seinem Werke: *Sur l'Homme et le développement de ses facultés ou Essai de Physique sociale* etc. (Bruxelles 1836)* lehrreiche Beispiele davon gegeben habe, wie die verwickeltesten Abhängigkeiten durch Curven darstellbar seien, beispielsweise die Abhängigkeit der Neigung zum Verbrechen und die des literarischen Talentes vom Lebensalter. Auch verdiente hervorgehoben zu werden, daß schon ein Jahr früher, als ich dergestalt die Methode der Curven in der Physiologie theoretisch empfahl, und in der That etwa zur selben Zeit, wo ich zuerst eine Abscissenaxe in einen Nerven legte, LUDWIG die autographische Aufzeichnung zeitlicher Vorgänge in den physiologischen Versuch einführte (MÜLLER's Archiv für Anatomie, Physiologie u. s. w. 1847. S. 242).* Seinem Kymographion folgte dann etwas später das Myographion von HELMHOLTZ (ebenda, 1852. S. 199)* und so erhielten die, physikalischer Betrachtung zugänglichen Theile der Physiologie damals von mehreren Seiten her ihre neue Gestalt.

2. (Vorrede, S. xxxiv.) Unter denen, welche sich gegen die Lehre von der Lebenskraft erhoben, hätte BERZELIUS aufgeführt werden sollen. Man sehe seine lichtvolle Auseinandersetzung in POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1839. Bd. XLVII. S. 290.*

3. (Vorrede, S. lv.) Das Verfahren, selbstdachgesehene Citate mit einem Sternchen zu bezeichnen, ist von verschiedenen Autoren, zuletzt meines Wissens von PETER RIESS geübt worden, dem ich darin folgte. Da ich aber, wie übrigens auch RIESS selber, kaum je in den Fall kam, das Sternchen fortzulassen, so wäre es zweckmäßiger gewesen, die Bezeichnung für die nicht selbstdachgesehenen Citate aufzubewahren. Nachdem einmal in der anderen Art angefangen war, mußte der Consequenz halber bis in diese Nachträge darin fortgefahren werden.

4. (S. 8.) Über das angebliche Leuchten der Blumen s. noch: Briefwechsel zwischen SCHILLER und GOETHE in den Jahren 1794 bis 1805. Stuttgart und Tübingen 1829. 5. Theil. S. 79. 80 (Brief von GOETHE vom 19. Juny 1799).*

5. (S. 9.) P. RIESS hat vergeblich versucht, Elektrizitätsentwicklung durch den Vegetationsprocess zu beobachten. POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1846. Bd. LXIX. S. 288;* — *Archives des Sciences physiques et naturelles*. t. III. p. 392.*

6. (S. 11.) Über elektrische Erscheinungen am menschlichen Körper vergl. ferner das 7. Kapitel: *De Electricitate naturali Corporis humani*, von JOS. LUD. ROGER's Abhandlung über das Muskelgeräusch: *Specimen physiologicum de perpetua fibrarum muscularium palpitacione* etc. Gottingae 1760. 12^{oo}.* — Über angebliche freiwillige Elektrisirung aufgeregter Thiere (Raubvögel, Katzen) s. ACHARD in LORENZ CRELL's Chemischen Annalen 1787. Bd. I. S. 243.* — Eine ähnliche absurde Nachricht vom Menschen theilte HOFFMANN noch mit in der Medicinischen Zeitung, herausgegeben von dem Verein für Heilkunde in Preussen. Berlin 1849. 18. Jahrgang. No. 73. S. 54.*

7. (S. 11.) Über die Elektrizität der Haare s. HALLER, *Elementa Physiologiae Corporis humani* 4^o. vol. V. Lausannae 1763. p. 44. 54;* — J. G. KNEIPHOF, Von den Haaren, deren Beschreibung, Nutzen, Zufällen und Mitteln dagegen. Rotenburg an der Fulda 1777. S. 24; — BURKARD EBLE, Die Lehre von den Haaren in der ganzen organischen Natur. Wien 1831. Bd. II. S. 4. 161. 163. 165.*

8. (S. 21.) Über die elektrische Dame zu Orford vergl. P. RIESS in DOVE's Repertorium der Physik. Eine Zusammenstellung der neueren Fortschritte dieser Wissenschaft. Bd. V. Berlin 1842. S. 296;* — wie auch LOOMIS, Über einige elektrische Erscheinungen in den Vereinigten Staaten, in POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1857. Bd. C. S. 599.* — Eine abgeschmackte Geschichte von einem elektrischen (neugeborenen) Kinde brachte nach dem *Libéral du Nord* die *London Medical Gazette* vol. XX (vol. II for the Session 1836—37). 1837. p. 176.*

9. (S. 22.) Zur Geschichte der ANGÉLIQUE COTTIN vergl. die Fortschritte der Physik im Jahre 1846, dargestellt von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin. II. Jahrgang. Berlin 1848. S. 474.

10. (S. 23.) Die Abstofsung von Spinnen, welche am frischgesponnenen Faden hängen, durch eine geriebene Siegellackstange habe ich selber beobachtet.

11. (S. 26.) Über angebliche elektrische Wirkungen von Insecten

u. s. w. s. noch TREVIRANUS, die Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens. Bremen 1831. Bd. I. S. 448.*

12. (S. 31 Anm. 1.) ALIBERT'S *Éloge* GALVANI'S ist in's Italiänische übersetzt unter dem Titel: *Elogio storico di LUIGI GALVANI composto da G. L. ALIBERT ec. Traduzione del Francese.* In Bologna. A S. Tommaso d'Aquino. 1802.* Ich weiß nicht woher ich habe, daß die Übersetzung von MONSIGNOR ALFONSO BONFIOLI MALVEZZI herrührt. — Darstellungen der Geschichte des Galvanismus finden sich noch in: AUGUST SEEBECK, Gedächtnisrede auf A. VOLTA. Dresden und Leipzig. 1846;* — O. E. J. SEYFFER, Geschichtliche Darstellung des Galvanismus. Stuttgart und Tübingen 1848;* — GAVARRET, *Étude sur les Recherches électro-physiologiques de GALVANI*, in den *Annales de Chimie et de Physique*. Janvier 1849. 3^{me} Série. t. XXV. p. 58.* — Vergl. indeß meine Kritik von GAVARRET'S Studie in den Fortschritten der Physik in den Jahren 1850 und 1851 u. s. w. Berlin 1855. S. 732—734.

13. (S. 32.) Es verdient bemerkt zu werden, daß GALVANI schon 1767, also lange vor seinen Arbeiten über thierische Elektrizität, in einer Festrede: *De Renibus atque Ureteribus Volatilium* (p. 15* der *Opere edite ed inedite* ec.) einen wichtigen Versuch über die Absonderung der Harnsäure in der Vogelniere beschrieben hatte, welcher JOH. MÜLLER nicht entgangen war (*De Glandularum secernentium Structura penitiori* etc. Lipsiae 1830. Fol. p. 2. 23*), und in neuerer Zeit von HOPPE-SEYLER und ZALESKY selbständig wiedergefunden und in seiner Bedeutung erkannt wurde (Vergl. meine „Geschichtliche Bemerkung“ im Archiv für Anatomie, Physiologie u. s. w. 1865. S. 408).

14. (S. 32.) Ein Exemplar des *Trattato dell' uso* ec. besitzt, wie ich später erfuhr, die Königliche Bibliothek.

15. (S. 34.) Auf die Quelle, aus welcher KIRCHER seine (von LORENZINI angezweifelte) Nachricht schöpfte, hat FRANZ BOLL im Archiv für Anatomie, Physiologie u. s. w. 1874. S. 158* aufmerksam gemacht: *De Abassinorum rebus deque Aethiopiae patriarchis libri tres* P. NICOLAO GODIGNO *Societatis Jesu auctore nunc primum in lucem emissi.* Lugduni 1615. *Superiorum permissu.*

16. (S. 39.) In der oben (Nachtrag 12.) erwähnten italiänischen Übersetzung von ALIBERT'S *Éloge de GALVANI* ist auch das Sonnet auf den Antheil der Signora LUCIA GALVANI an der Entdeckung des Galvanismus abgedruckt, aber mit einer bemerkenswerthen Variante. Es heißt nämlich dort in der fünften Zeile statt: *Quella, non tu, che ec.*

Quella non fu, che novo ardor vitale
 In rana ignuda a disvelar pur giunse,
 Quand'una ed altra man con vanto eguale
 Il conduttor metallo e i nervi punse?

Also statt: Sie war's, nicht Du, u. s. w., ungleich besser:

War Sie es nicht, die neue Lebenstrieb
 In hautentblößter Frösche Gliedern fand?

Offenbar ist die Lesart bei ALIBERT ein Druckfehler, oder durch Mißverständniß corrumpt. Ich würde mir vorwerfen, diesen Fehler nicht durchschaut, und durch eine nah liegende Emendation den Text wiederhergestellt zu haben, hätte ich nicht bei Übersetzung des Sonnets einen vorzüglichen Kenner italiänischer Poësie, AUGUST KOPISCH, zu Rathe gezogen, ohne dafs ihm der Verdacht einer Verfälschung des Textes aufgestiegen wäre.

17. (S. 47 Anm. 2.) Zur Frage, ob GALVANI die Zuckungen beim Anlegen beider Metalle an den Nerven kannte, vergl. noch PFAFF, Über thierische Elektrizität und Reizbarkeit. Leipzig 1795. S. 334 ff.*

18. (S. 57 Anm. 2.) VOLTA's erste Arbeiten über GALVANI's Versuche wurden verdeutscht von dem Übersetzer des GALVANI'schen Commentars unter dem Titel: Schriften über die thierische Elektrizität von D. AL. VOLTA u. s. w. Herausgegeben von D. JOH. MAYER. Prag 1793.*

19. (S. 69.) Von VALLI giebt es ein Buch in englischer Sprache, welches ich in der Bibliothek der Royal Institution zu London sah: *Experiments on Animal Electricity with their application to Physiology* etc. By EUSEBIUS VALLI. London 1793.*

20. (S. 76 ff.) HUMBOLDT's Werk ist auch in französischer Übersetzung erschienen: *Expériences sur le Galvanisme, et en général sur l'Irritation des fibres musculaires et nerveuses, de FRÉDÉRIC ALEXANDRE HUMBOLDT (sic, ohne de); Traduction de l'Allemand, publiée, avec des additions, par J. FR. N. JADELLOT, Médecin, Paris, An VII. — 1799.** Es ist wenig bekannt, dafs noch viel später, in zwei Briefen an MILNE EDWARDS, HUMBOLDT auf das Gebiet der galvanischen Reizversuche zurückgekehrt ist. Diese Briefe, vom Jahre 1826, finden sich in HUMBOLDT, *Correspondance scientifique et littéraire, recueillie, publiée et précédée d'une Notice et d'une Introduction par M. DE LA ROQUETTE* etc. Paris 1865. p. 252 et suiv.* — Vergl. hierzu die Notiz in meinem Buch über den Zitteraal (S. oben S. 503), S. 269. Anm. 3.

21. (S. 79.) FOWLER's Schrift heifst im Original: *Experiments and Observations relative to the Influence lately discovered by*

M. GALVANI, and commonly called *Animal Electricity*. Edinburgh 1793.*

22. (S. 85.) Das von mir als Querschnitt des Nerven gedeutete Wort *boccuccia* kommt schon 1794 vor im *Supplemento al Trattato dell' uso etc. Opere edite ed inedite* ec. p. 282.*

23. (S. 93.) Von ALDINI sind noch anzuführen: *Précis des Expériences galvaniques*. Paris 1803,* und: *Sul potere del solo arco animale nelle contrazioni muscolari. Esperienze galvaniche* ec. in: *Memorie di Matematica et di Fisica della Società Italiana*. Verona 1809. t. XIV. p. I. p. 329.*

24. (S. 128.) Es war einst meine Absicht, das Verzeichniss von MATTEUCCI's elektrophysiologischen Arbeiten hier fortzusetzen. Bei der Gewohnheit dieses Schriftstellers dieselbe Beobachtung an vielen verschiedenen Stellen zu veröffentlichen, ohne zu sagen, daß er Bekanntes wiederhole, oder ohne an der einen Stelle auf die andere sich zu beziehen, bei der hieraus entspringenden auf viele Hunderte sich belaufenden Zahl seiner Aufsätze und deren schlecht abgegrenztem Inhalt, fand ich aber trotz umfangreichen Vorarbeiten das Unternehmen ungleich zeitraubender und schwieriger, als daß dessen Durchführung sich jetzt noch verlohnt hätte. MATTEUCCI's Arbeiten sind nach allen Richtungen so überholt, daß kaum noch Jemand das Bedürfniss empfinden wird, sie im Original nachzusehen. Sollte dies dennoch der Fall sein, so genügen die literarischen Nachweise in den „Fortschritten der Physik“, um zu allen wichtigeren Quellen zu gelangen. Dort findet man auch weitere Auskunft über einen vollends veralteten Gegenstand, der schon in diesem Buche viel zuviel Platz einnimmt, über die mir durch MATTEUCCI aufgedrungene Polemik zur Wahrung meiner Erstenrechte. CARLO MATTEUCCI, der eine so große Rolle in der Geschichte der thierischen Elektrizität gespielt hat, war geboren zu Forli am 20. Juni 1811 und starb zu Florenz am 25. Juni 1868. Ein schönes Grabmal im Campo santo zu Pisa erhält sein Andenken auch bei Solchen, die nie von einer secundären Zuckung hörten.

25. (S. 136.) Über den Begriff der Stromdichte vergl. POGGENDORFF in seinen *Annalen* u. s. w. 1848. Bd. LXXIII. S. 352;* — das *Repertorium der Physik* u. s. w. Bd. VIII. Berlin 1849. S. 127.*

26. (S. 168.) Ich erfuhr 1850 von RUHMKORFF in Paris, daß mit der Schwingung des von MATTEUCCI und LONGET angewendeten Nadelpaares, welche 70" dauerte, eine Doppelschwingung gemeint war, so daß nach unserer Redeweise die Nadel nur 35" schlug.

27. (S. 253 Anm.) CRÉVE's Schriften selber wurden mir erst

später zugänglich. Das grössere Werk „Vom Metallreize“ (1796) findet sich mehrfach benutzt in der 1. Abtheilung des zweiten Bandes (S. 106. 179. 181. 182); ein sachlich unbedeutender, geschichtlich nicht uninteressanter Vorläufer sind CRÈVE's „Beiträge zu GALVANI's Versuche (*sic*) über die Kräfte der thierischen Elektrizität auf die Bewegung der Muskeln“ (Frankfurt und Leipzig 1793*).

28. (S. 259.) Es hätte bemerkt werden sollen, dafs in dem Falle, wo positive und negative Schwankungen der Stromdichte gleich stark erregen, die Differential - Erregung $d\eta$ nicht blofs, wie im Texte steht, einer mit dem Argumente bis zu einer gewissen Grenze wachsenden Function des Differentialquotienten der Stromdichte nach der Zeit, also einer Gröfse

$$F\left(\frac{dA}{dt}\right) dt,$$

sondern sogleich, und zwar im Gegensatze zur Differential - Induction (vergl. S. 301), einer solchen Function des Quadrates jenes Quotienten, also einer Gröfse

$$\Phi\left(\left(\frac{dA}{dt}\right)^2\right) dt$$

proportional zu setzen sei.

29. (S. 310.) Auch PFAFF's Dissertation fiel mir im Original erst später in die Hände. Ihr Titel lautet: CHRISTOPHORI HENRICI PFAFF, Doct. Med. *Commentatio de Electricitate sic dicta animali*. Stuttgartiae, Typis acad. 1793*. — PFAFF war bekanntlich ein Carlsschüler (GEORGE CUVIER's Briefe an C. H. PFAFF u. s. w. Herausgegeben von BEHN. Kiel 1845*).

30. (S. 427.) Die von MARIANINI und mir bei Schliessung der inducirten Spirale nach Öffnung des inducirenden Kreises beobachteten Ströme hat HELMHOLTZ darauf zurückgeführt, dafs unsere Spiralen nicht hinlänglich gut isolirten (POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1851. Bd. LXXXIII. S. 534. 535*).

31. (S. 643 Anm.) Es verdient erhalten zu werden, dafs der hier beschriebene, im Laboratorium unentbehrliche Kitt von JECQUER in Paris herrührt. In FARADAY's *Chemical Manipulation: being instructions to Students in Chemistry* etc. London 1829,* dieser Fundgrube nützlicher Kunstgriffe, ist er nicht erwähnt (S. daselbst p. 479).

II (I). Zu zweiten Bandes erster Abtheilung.

32. (S. 36.) Die älteste Erfahrung über elektrisches Tetanisiren fehlt hier, obgleich sie in anderem Sinne schon früher (Bd. I. S. 34 Anm.), und auch später (Bd. II. Abth. I. S. 411) Platz fand. Sie wurde 1756 von MARCO ANTONIO CALDANI und FONTANA gemacht. Die Ischiadnerven von Fröschen waren 8 Pariser Linien lang frei präparirt, und durch einen Faden mit einem Messingdraht verbunden, der zum Conductor einer Elektrisirmaschine führte. „*Lorsque l'on commença à faire jouer la machine, et que la matiere électrique se mit en mouvement, les extremités inférieures se contracterent avec force, et elles resterent étendues pendant quelque tems. Quand on tiroit une étincelle du fil de laiton, les muscles se relachoient, mais ils se remettoient bientôt*“. *Mémoires sur les parties sensibles et irritables du corps animal.* t. III. A. Lausanne 1760. p. 146.* — FLORIANO CALDANI wiederholt, ohne an seines Oheims Beobachtung zu erinnern, den Versuch 1794 in seinen *Osservazioni sulla membrana del Timpano e nuove Ricerche sull' Elettricità animale* (In Padova 1794. p. 77. 78*), und er gebraucht sogar den Ausdruck *un tetano de' più violenti*, worin ihm aber VOLTA zuvorgekommen war.

33. (S. 109 Anm. und III.) Über galvanische Reizversuche unter Öl s. auch FLORIANO CALDANI in den soeben angeführten „*Osservazioni ec.*“ p. 153,* und CRÉVE in den oben, Nachtrag 27, angeführten „*Beiträgen u. s. w.*“ S. 31. 65. 66. 80.* — Über die Leitung durch Terpenthinöl s. noch FARADAY, *Experimental Researches etc. Reprinted etc.* Ser. XI. Nov. 1837. Al. 1172. vol. I. p. 365*. — Über die Leitung durch Brennöl CRÉVE a. a. O. S. 28*; — durch wesentliche Öle und Fett CRUIKSHANK in GILBERT'S Annalen u. s. w. 1801. Bd. VII. S. 98;* — durch Baumöl P. ERMAN ebenda Bd. VIII. S. 206. 207;* — durch Talg und Öl, POGGENDORFF in seinen Annalen u. s. w. 1847. Bd. LXX. S. 64 Anm.* — Reibt man ein in Wasser lösliches Salz, beispielsweise Salmiak, mit Öl an (wie es zum Löthen geschieht), und wirft man einen Klumpen des Gemenges in ein Glas voll Wasser, so sieht man nach einiger Zeit den Klumpen in Gestalt eines nur noch mit wenigen Krystallen beschwerten Tropfens Öl an die Oberfläche des Wassers steigen, und vom Tropfen die Salzlösung in Schlieren herabsinken. (BRÜCKE, *de diffusione humorum per septa mortua et viva.* Diss. inaug. Berolini 1842. p. 33.*) Danach erscheint es minder auffallend, daß die secundäre Zuckung nicht ausbleibt, wenn das primär zuckende Präparat mit Öl bestrichen ist.

34. (S. 136.) Bei Wiederholung von FONTANA's Versuch über das Verhalten von Kaltblüter-Hezen in verdichteter Luft beobachtete TIEDEMANN gerade den entgegengesetzten Erfolg, bei drei Atmosphären Druck Beschleunigung der Schlagfolge von 50 bis zu 62 Pulsationen in der Minute (MÜLLER's Archiv für Anatomie, Physiologie u. s. w. 1847. S. 497*).

35. (S. 181.) Zur älteren Literatur über Vernichtung der Reizbarkeit durch elektrische Schläge wäre noch hinzuzufügen: Des Herrn BENJAMIN FRANKLINS Esq. Briefe von der Elektrizität. Aus dem Engländischen übersetzt . . . von WILCKE. Leipzig 1758. S. 199;* — MONRO in MONRO's und FOWLER's Abhandlung u. s. w. S. 31. 32;* — die Commissarien der *Société philomatique* in GREN's Journal der Physik. 1794. Bd. VIII. S. 23 (6);* — PFAFF a. a. O. S. 132. 313;* — CAVALLO, Vollständige Abhandlung u. s. w. 1797. Bd. II. S. 291;* — REINHOLD, *De Galvanismo Specimen* I. Lipsiae 1797. p. 122;* — KRIMER, Physiologische Untersuchungen. 1820. S. 70.* — Die Leichen vom Blitz Erschlagener sollen bekanntlich schnell in Fäulniss übergehen. Vergl. über Prof. RICHMANN's Leiche REIMARUS, vom Blitze. Hamburg 1778. S. 116 ff., s. aber auch daselbst S. 111.

36. (S. 217 ff.) Weitere Stellen über die Identitätslehre: MIRABEAU (HOLBACH), *Système de la Nature*. Londres 1770. p. 125 Note;* — *Édition de 1771*. vol. I. p. 136;* — HERDER's Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit. Riga und Leipzig 1785. I. Th. S. 121;* — ARNEMANN, Versuche über die Regeneration an lebenden Thieren u. s. w. Göttingen 1787. Bd. I. S. 294* (dagegen); — GREN in seinem Journal der Physik. 1792. Bd. VI. S. 408* (dagegen); — PEART, *Physiology . . . with . . . an explanation of the experiments of GALVANI and others on animal Electricity*. London 1798 (dagegen); — SOMMERING, Denkschriften der Akademie der Wissenschaften zu München für die Jahre 1809 und 1810. 4^o. S. 411,* und in POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1859. Bd. CVII. S. 647* (das galvanische Leitungseil ein Analogon der Nervenverbindung); — STEINBUCH, Beytrag zur Physiologie der Sinne. Heidelberg 1811. S. 5;* — Denkwürdigkeiten aus dem Leben Sir HUMPHRY DAVY's. Deutsch von NEUBERT. Leipzig 1840. Bd. I. S. 108;* — HUMPHRY DAVY, *Consolations in Travel*. p. 140; — DUTROCHET, *de l'Agent immédiat du Mouvement vital* etc. Paris 1826. p. 219—221*; — JOH. MÜLLER in BURDACH's Physiologie als Erfahrungswissenschaft. Bd. IV. Leipzig 1832. S. 135;* — in: KARL BELL's physiologische und pathologische Untersuchungen des Nervensystems. Aus dem Englischen . . . von ROMBERG. Berlin 1832.

S. 384;* — und in POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1832. Bd. XXV. S. 572;* — E. H. WEBER in HILDEBRANDT's Handbuch der Anatomie des Menschen. 4. Ausgabe, Stuttgart 1833. Bd. I. S. 108;* — HEIDENREICH, die physiologische Induction, ein Beitrag zur medicinischen und Nervenphysik. Ansbach 1846, S. 10. 14;* — R. B. TODD, in der *Cyclopaedia of Anatomy and Physiology*. Vol. III. London 1839 bis 1847. Article: *Physiology of the Nervous System. Is the nervous force electricity?* p. 720^P sqq.; — STRAUSS-DÜRKHEIM, (Erneuerung von WHARTON JONES' elektromagnetischer Theorie der Muskelzusammenziehung, oben Bd. I. Abth. II. S. 9. 10), *Comptes rendus* etc. 19 Février 1849. t. XXVIII. p. 269;* — l'Institut t. XXII. No. 799. p. 58;* — STRAHL, Versuch, elektrische Wirkungen von den PACINI'schen Körperchen zu erhalten, MÜLLER's Archiv u. s. w. 1848. S. 165;* — PACINI, *Sulla struttura intima dell' Organo elettrico del Gimnoto e di altri pesci elettrici* ec. Firenze 1852. p. 11. 12. Nota. Es ist für den damaligen Stand der Wissenschaft bezeichnend, daß während PACINI trotz HENLE's und KÖLLIKER's verneinenden Ergebnissen (STRAHL's kannte er nicht) der Vorstellung einer elektrischen Function der nach ihm genannten Körperchen treu bleibt, er von meinen Versuchen sagt: „*che . . non siano altro che una pura illusione*“ (p. 32. Nota).

37. (S. 227.) Zu PARTINGTON's elektromagnetischer Dame. Ob schon die Zeit dieser Art von Täuschungen wohl vorüber ist, hat es vielleicht noch einiges Interesse, zu erfahren, wie dergleichen entstehen konnte. Als ich 1852 in der Royal Institution meine Versuche zeigte, behauptete eine Dame, das Vermögen zu besitzen, die Magnetnadel nach Willkür abzulenken, und wirklich versetzte sie die Nadel des Nervenmultiplifiers in die heftigsten Schwingungen, indem sie bald auf der einen, bald auf der anderen Seite den Kopf der Glocke des Instrumentes näherte. Die Dame hatte einen Hut auf. Glücklicherweise erinnerte ich mich, daß FARADAY irgendwo in den *Experimental Researches* als sehr feinen Eisendraht *bonnet-wire* anwendete. Ich bat die Dame den Hut abzulegen, und sie war ihres wunderbaren Vermögens beraubt, welches aber dem Hut noch anhaftete.

38. (S. 232 Anm. 1.) Der zehnte Band von MAGENDIE's Journal fehlte zur Zeit dieser Studien der Königlichen Bibliothek. Ich fand später bei meinem verstorbenen Freund und Gönner, Professor ALFRED VOLKMANN in Halle, Gelegenheit diesen Band und darin PERSON's Arbeit im Original nachzusehen, und mich von der Richtigkeit meiner aus zweiter Hand geschöpften Darstellung nachträglich zu überzeugen.

39. (S. 273.) Ich habe später, in den Fortschritten der Physik im Jahre 1848 u. s. w. Berlin 1852. S. 314 eine noch einfachere Art angegeben, die Zuckung durch den Nervenstrom zu erhalten. Sie besteht darin, die Zuleitungsgefäße fortzulassen, und den Nerven nur über zwei auf isolirender Fläche ruhende balkenförmige Bäusche zu brücken, zwischen denen man mit einem Schließungsbausch die Leitung herstellt oder abbricht. Da die Zuckung ausbleibt, wenn der Nerv beiderseits mit Längsschnitt aufliegt, bedarf man in der That des Multipliers nicht, um sich von der Gleichartigkeit des Kreises zu überzeugen. Doch wirkt nach einem von PFLÜGER entwickeltem Princip der metallische Schluß günstiger als der durch feuchte Leiter, so daß in dieser Hinsicht die im Text beschriebene Anordnung Etwas vor der neuen voraus hat (Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik. Bd. I. Leipzig. S. 172. 173. Anm.).

40. (S. 294.) Wie ich später fand, hat schon NOBILI einmal von einem elektrotonischen Zustand der Froschpräparate, vergleichbar FARADAY'S elektrotonischem Zustand der Materie, gesprochen (*Memorie ed Osservazioni edite ed inedite* ec. Firenze 1834. p. 252. 254*). Allein er versteht darunter nicht, wie ich es that, den Zustand, in dem der Nerv bei der Schließungszuckung verfällt, und dessen Schwinden beim Öffnen der Kette die Öffnungszuckung erzeugt, sondern den Zustand veränderter Erregbarkeit, in welchen das Präparat durch längere Schließung einer Säule versetzt wird, und worin weder Öffnen noch Schließen der Säule mehr Zuckung bewirkt, welche aber wieder erscheint, wenn der Strom umgekehrt wird. NOBILI'S elektrotonischer Zustand ist also nur ein anderer Ausdruck für Voltaische Abwechslungen oder Modificationen der Erregbarkeit durch geschlossene Ketten (S. oben Bd. I. S. 365 ff.).

41. (S. 364.) Die Frage, welchen Einfluß die Einführung neuer Elemente von beliebiger Kraft und beliebigem Widerstande in einen Kreis auf den darin fließenden Strom übe, findet sich erschöpfend erörtert von POGGENDORFF in seinen Annalen u. s. w. 1839. Bd. XLVII. S. 125.* — S. auch ebenda 1842. Bd. LVI. S. 150.*

42. (S. 417.) Folgendes ist der mittels der Variationsrechnung zu führende Beweis für den, wenn ich nicht irre, theoretisch interessanten und praktisch nicht unwichtigen Satz, zu welchem wir hier gelangten. Da wir uns des Algorithmus der Variationsrichtung bedienen wollen, vertauschen wir zweckmäÙig λ mit dem ihm proportionalen i , worunter wir die Stromstärke als Function der Zeit verstehen.

Eine Function $i(t)$ sei im Intervall $T \dots T_I$ von t endlich und bis auf vereinzelte Punkte stetig, und erfülle die Bedingung:

$$\int_T^{T_I} i(t) dt = C, \quad \dots \dots \dots (1)$$

wo C eine gegebene Constante; übrigens sei $i(t)$ ganz willkürlich. Es wird gefragt, wie eine Function $F(i)$ beschaffen sein müsse, damit stets:

$$\int_T^{T_I} F(i) dt = C_I, \quad \dots \dots \dots (2)$$

wo C_I eine andere gegebene Constante. Um $F(i)$ zu finden, variiren wir (1) und (2). Wir erhalten:

$$\int_T^{T_I} \delta i dt = 0, \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\int_T^{T_I} \frac{dF}{di} \delta i dt = 0 \quad \dots \dots \dots (4)$$

Die Variation δi ist durch die Bedingung (3) und nur durch sie beschränkt. Verfährt man nach der isoperimetrischen Regel, indem man das Integral in (3) mit einer unbestimmten Constanten $-\lambda$ multiplicirt, und dann (3) zu (4) addirt, so kommt:

$$\int_T^{T_I} \left(\frac{dF}{di} - \lambda \right) \delta i dt = 0.$$

Nun kann man, nach derselben Regel, δi als ganz willkürliche Variation behandeln, und hat demgemäfs zur Bestimmung von F die Gleichung:

$$\frac{dF}{di} - \lambda = 0,$$

aus welcher

$$F = \lambda i + \mu$$

folgt, wo μ eine zweite willkürliche Constante. Um λ und μ zu bestimmen, führen wir diesen Ausdruck für F in (2) ein, und erhalten wegen (1):

$$\lambda C + \mu (T_I - T) = C_I.$$

Da für die Constanten λ, μ sonst keine Bestimmung vorliegt, bleibt eine von beiden willkürlich. In unserem speciellen Falle, wo C und $C_I = 0$ sind, muß aber $\mu = 0$ sein, und man hat

$$F = \lambda i,$$

w. z. b. w. Hier bestimmt sich dann auch λ noch näher. Für die an einer gegebenen Bussole gemessene Stromstärke i_0 sei der an einer anderen Bussole von geeigneter relativer Empfindlichkeit gemessene Elektrotonuszuwachs $= F'_0$. Dann ist

$$F'_0 = \lambda i_0,$$

$$\lambda = \frac{F'_0}{i_0},$$

folglich:

$$F = \frac{F'_0}{i_0} \cdot i.$$

43. (S. 519.) Man kann trockene Sätze durch Zusatz von 20 % Kreide tempiren, auch nur aus Schwefel und Salpeter (2 : 1, ohne Kohle) einen langsam abbrennenden Satz mischen (s. M. MEYER, Vorträge über die Artillerie-Technik. Berlin 1833. I. Th. S. 357).

44. (S. 575.) Zur Frage, ob es einsinnig leitende materielle Systeme gebe. Allerdings ist, worauf mich mein Freund G. KIRCHHOFF aufmerksam machte, eine optische Combination denkbar, für welche das Gesetz der Reciprocität nicht mehr gilt, so daß sie das Licht nur in Einer Richtung durchläßt. Eine solche Combination bestände aus zwei NICOL'schen Prismen, deren Hauptschnitte mit einander einen Winkel von 45° machen, und zwischen denen sich ein durch magnetische Kräfte circumpolarisirendes Medium befindet, welches die Polarisationsebene (bei beiden Richtungen des Strahles im gleichen absoluten Sinne) um 45° dreht. Übrigens werden, seit ich jenes theoretische Bedenken gegen die Annahme einsinniger Leitung in den Nerven erhob, gerade im Gebiet der Electricitätsbewegung so viele Fälle irreciproker Leitung bekannt, daß dies hier vielmehr die Regel zu sein scheint (Vergl. ARTHUR CHRISTIANI, Beiträge zur Electricitätslehre. Über irreciproke Leitung elektrischer Ströme u. s. w. Berlin 1876).

II (II). Zu zweiten Bandes zweiter Abtheilung.

45. (S. 2 Anm. 1.) Die hier in Aussicht gestellten Bemerkungen über CIMA's *Saggio* würden jetzt ganz veraltet erscheinen. Ohnehin findet man sie ausführlich in den Fortschritten der Physik im Jahre 1848 u. s. w. IV. Jahrgang. Berlin 1852. S. 309—326.

46. (S. 17 Anm. 1.) JOHN DAVY's Arbeit ist abgedruckt in seinen *Researches, physiological and anatomical*. London 1839. vol. I. p. 106.*

— JOH. MÜLLER im Handbuche der Physiologie u. s. w. Bd. I. 3. Aufl. S. 423;* — 4. Aufl. S. 339;* giebt merkwürdigerweise den Krötenhautsaft als alkalisch an. — Sauer fand dagegen das Hautsecret der Kröte, des Salamanders und des Grasfrosches C. A. S. SCHULTZE, Systematisches Lehrbuch der vergleichenden Anatomie u. s. w. Berlin 1828. I. Abth. Allgemeine Anatomie. Tab. I. zu S. 135.* — GRATIOLET und CLOËZ, welche die Giftigkeit des Kröten- und Salamander-Hautsecretes feststellten, beschrieben es gleichfalls als intensiv sauer (*Comptes rendus* etc. 21 Avril 1851.) XXXII. p. 592;* — *l'Institut* etc. XIX. No. 903. p. 131.*

47. (S. 33 Anm. 1.) Hier war mir eine Hauptstelle entgangen: SPALLANZANI in *Rapports de l'air avec les êtres organisés* etc. *Tirés des Journaux d'observation . . . de LAZARE SPALLANZANI . . .* Par JEAN SENEBIER. Genève 1807. t. I. p. 359 et suiv.*

48. (S. 83 Anm.) Über Schneidewerkzeuge aus Obsidian (Iztli) vergl. PRESCOTT, *History of the Conquest of Mexico* etc. Paris 1844. vol. I. p. 48. 89.*

49. (S. 165.) In der Sprache der älteren Physiologie nennt man integrirende Reize auch die allgemeinen Daseinsbedingungen der Lebewesen, als: Wärme, Feuchtigkeit u. a. m. Vgl. MÜLLER's Handbuch der Physiologie u. s. w. Bd. I. 4. Aufl. 1844. S. 28.*

50. (S. 302.) Zur Theorie der zusammengesetzten Ketten, welche hier in Betracht kommt, vergl. POGGENDORFF in seinen Annalen u. s. w. 1841. Bd. LIV. S. 161 und 1842 Bd. LV. S. 158.

51. (S. 320.) Über den Bericht, den POUILLET im Namen der *Commission d'Électrophysiologie* über meine Untersuchungen der *Académie des Sciences* erstattete, vergl. die Fortschritte der Physik in den Jahren 1850 und 1851 u. s. w. Berlin 1855. S. 754—759. — Weitere Versuche zur Wiederholung meines Versuches, beziehlich Urtheile darüber finden sich von MAGRINI, im *Giornale dell' I. R. Istituto Lombardo di Scienze, Lettere ed Arti e Biblioteca Italiana nuova*. Serie t. II. p. 41* (28 Ott. 1850); — ZANTEDESCHI, *Comptes rendus* etc. 4 Octobre 1852. t. XXXV. p. 480;* — Sir DAVID BREWSTER, Article Electricity: *The Encyclopaedia Britannica* etc. 8th Edition. 1855. vol. VIII. p. 111. p. 572.*

52. (S. 326—328.) In der Tabelle auf letzterer Seite ist das Pluszeichen bei *F* für Zinn in Chlorwasserstoffsäure durch ein Minuszeichen zu ersetzen, und für Zinn in verdünnter Schwefelsäure gleichfalls ein *F* mit einem Minuszeichen einzutragen (S. FARADAY an dem S. 326 Anm. 2 a. O.). — EDMOND BECQUEREL hat diese Ströme durch

Schütteln der einen von zwei gleichartigen Elektroden weiter untersucht: *Comptes rendus* etc. 26 Juin 1855. t. XL. p. 1344;* — *l'Institut*. t. XXIII. No. 1121. p. 217;* — *Annales de Chimie et de Physique*. 3^{me} Série. t. XLIV. p. 401.*

53. (S. 374.) ANDREW URE's Versuche stehen in den *Annals of Philosophy* etc. by THOMAS THOMSON, vol. VI. 1819 (*An account of some experiments made on the body of a criminal immediately after execution* etc.). Sie haben nicht einmal das Interesse der Neuheit, und es fällt auf, dafs JOH. MÜLLER nicht die ungleich drastischeren Versuche der Art erwähnte, welche am 21. November 1803 in Mainz an den zwanzig gleichzeitig hingerichteten Mitgliedern der Räuberbande des Schinderhannes angestellt und in einer eigenen Schrift beschrieben wurden (Galvanische und elektrische Versuche an Menschen- und Thierkörpern angestellt von der medicinischen Privatgesellschaft zu Mainz. Frankfurt am Main 1804. 4^o*).

Nachweis zu den Kupfertafeln

des zweiten Bandes.

(Die ganzen Zahlen oder die Decimalbrüche, welche sich, durch einen Gedankenstrich getrennt, den Figurenzahlen der Abbildungen angehängt finden, die nicht entweder schematisch gehalten oder in Perspective gesetzt sind, bedeuten den Maßstab, worin der Gegenstand dargestellt ist, die natürliche Größe = 1.0 gesetzt.)

Zur ersten Abtheilung.

- Fig. 79—84. Taf. I. Zur Lehre von den Stromschleifen in einem Leiter, der einen stromführenden Kreis mit einem zweiten, sonst davon isolirten Kreise verbindet. S. 41—44. 296.
- Fig. 85. Schema des Grundversuches über die negative Schwankung des Gastroknemiusstromes beim Tetanisiren des Muskels vom Ischiadnerven aus mittelst der Wechselströme einer Inductionsvorrichtung, deren primärer Kreis durch ein gedrehtes Unterbrechungsrad geschlossen und geöffnet wird. S. 49. 50. — Die beiden stromprüfenden Schenkel G_I und G_{II} zeigen secundäre Zuckung oder secundären Tetanus. S. 88.
- Fig. 86 und 87 A, B. Die kleine Streckvorrichtung (Muskelspanner). Der Versuch dient zum Beweise, daß die negative Schwankung nicht von Verschiebung des Muskels auf den Bäuschen herrührt. S. 67. 68.
- Fig. 88. Versuch über den Leitungswiderstand des tetanisirten Muskels mit Hilfe der großen und der kleinen Streckvorrichtung. S. 76—84. Vergl. S. 130. 132.
- Fig. 89 stellt die verschiedenen Möglichkeiten hinsichtlich des zeitlichen Verlaufes der Muskelstromstärke im Tetanus dar. S. 91. 121.
- Fig. 90. Taf. II. Zum Gesetz der Abnahme des Muskelstromes nach dem Tode. S. 154.
- Fig. 91. Zur elektromotorischen Unwirksamkeit der Berührung ungleichartiger Gewebe. S. 208.

Fig. 92—98.* Zum Gesetz des Nervenstromes. S. 251—268.

Fig. 92. 93. Der Ischiadnerv vom Frosch liegt mit natürlichem Längsschnitt und künstlichem Querschnitt auf. Je nachdem der letztere dem Centrum oder der Peripherie näher gelegen ist, erscheint der Nerv ab- oder aufsteigend durchflossen. S. 251. 252. — Fig. 94. Strom im zusammengefalteten Nerven von beiden gleichzeitig auf den einen Bausch gelagerten Querschnitten zur Schlinge. S. 252. — Fig. 95. Beiderseits mit Querschnitt aufgelegt ist der Nerv wirkungslos. S. 252. — Fig. 96. 97. Mit zwei Punkten des natürlichen Längsschnittes aufgelegt, von denen der eine dem Querschnitt näher ist, wirkt der Nerv elektromotorisch in derselben Richtung, nur schwächer, als ob statt des dem Querschnitt näheren Punktes der Querschnitt selber aufläge. S. 253. — Fig. 98. Liegen die Punkte gleichweit vom mittleren Querschnitt, so bleibt die Nadel annähernd in Ruhe. S. 253. — Fig. 98.* Das dickere Stück des Nerven wirkt stärker als das dünnere. S. 268, wo durch einen Druckfehler diese Figur als Fig. 99 bezeichnet ist.

Fig. 99. 100. Positive und negative Phase des elektrotonischen Zustandes. S. 293.

Fig. 101. Beide Phasen zugleich an den beiden Enden eines in der Mitte durchflossenen Nerven. S. 302—303.

Fig. 102. Untersuchung des elektrotonischen Zustandes zwischen verschiedenen Punkten des natürlichen Längsschnittes des Nerven. S. 305—307.

Fig 103. Taf. III. Zur Widerlegung der Annahme, die elektromotorische Kraft der in der positiven Phase des elektrotonischen Zustandes begriffenen Nervenhälfte sei erhöht, die der anderen vermindert bis umgekehrt. S. 308—313.

Fig. 104. Taf. II. Die Erscheinungen des elektrotonischen Zustandes erklären sich bei der Annahme, daß sich auf allen Punkten des Nerven ein dem erregenden Strome gleichgerichteter Zuwachs algebraisch zum gewöhnlichen Nervenstrom hinzufüge. S. 315.

Fig. 105. Taf. III. Die Curve des Zuwachses und die aus der Summation ihrer Ordinaten und derer des gewöhnlichen Nervenstromes resultirende Curve. S. 317. 318.

Fig. 106. Taf. II. Mißglückter Versuch zum Beweise, daß der Zuwachs im elektrotonischen Zustande unabhängig ist von der Stärke, mit welcher der Nervenstrom gemäß der Art seiner Ableitung im Multiplicatorkreise gegenwärtig ist. S. 319. 320.

- Fig. 107 A, B. Taf. III. Zur Molecularhypothese über den Zuwachs im elektrotonischen Zustande. S. 323. 324.
- Fig. 108. Zur Erforschung des Einflusses der Länge der erregten Strecke auf die Stärke der säulenartigen Polarisation der Nerven. S. 337. 338.
- Fig. 109. 110 A, B. Vorrichtung zum Unterbinden eines Nerven zwischen Blechen und Bäuschen. S. 340—345.
- Fig. 111. Zur Untersuchung des elektrotonischen Zuwachses bei gleichzeitiger Einwirkung zweier Ströme auf den Nerven. S. 351.
- Fig. 112. Der elektrotonische Zuwachs verschwindet bei senkrechter Durchströmung des Nerven. S. 357. 358.
- Fig. 113. Zur Untersuchung des Einflusses der Entfernung der abgeleiteten Strecke von der erregten Strecke auf die Gröfse des elektrotonischen Zuwachses. S. 361.
- Fig. 114. Zur Untersuchung über die relative Gröfse des positiven und negativen Zuwachses im elektrotonischen Zustande. S. 374. 375.
- Fig. 115. Die Curve des elektrotonischen Zuwachses vor und hinter der erregten Strecke. S. 377.
- Fig. 116. Vorrichtung, um dem Nerven voltaelektrische Inductionsströme durch unpolarisierbare Elektroden zuzuführen. S. 408. 409.
- Fig. 117. Taf. II. Negative Schwankung des Nervenstromes beim Tetanisiren mit Wechselströmen. S. 425.
- Fig. 118. Die negative Schwankung gleichzeitig an den beiden Querschnitten des Nerven erzeugt. S. 426.
- Fig. 119. Die negative Schwankung erscheint an jeder Stelle des Nerven proportional der Stärke des dort herrschenden Stromes. S. 428.
- Fig. 120. Taf. III. Die Curve der negativen Schwankung des Nervenstromes. S. 429.
- Fig. 121. Zum Beweise, dafs die negative Schwankung nicht von dem Freiwerden von Ladungen durch den abwechselnd positiven und negativen elektrotonischen Zuwachs herrührt. S. 437.
- Fig. 122. Taf. IV. Versuch zum Beweise, dafs der Leitungswiderstand des Nerven sich beim Tetanisiren nicht merklich ändert. S. 445. 446.
- Fig. 123. Zur Erläuterung des Einflusses, den die Stärke des erregenden Stromes auf die Gröfse der negativen Stromesschwankung beim Tetanisiren der Nerven übt. S. 452—457.
- Fig. 124. Zur Erläuterung des Einflusses, den die Entfernung der abgeleiteten von der erregten Strecke auf die scheinbare Gröfse der negativen Stromesschwankung beim Tetanisiren der Nerven übt. S. 464. 465.

- Fig. 125. 126. Zur Theorie der Compensation der Ablenkungen durch die Drahtmassen am Multiplicator. S. 488—494. Auf letzterer Seite sind Z. 14 und 15 von oben die Worte zu streichen: „Sie bleibt gestaltet etwa wie die kurzpunktirte Curve in Fig. 126“, da diese Curve, um die Figur nicht noch mehr zu verwickeln, fortgelassen wurde.
- Fig. 127. Zur Theorie der unipolaren Aklenkungen nicht isolirter empfindlicher Multiplicatoren. S. 500—506.
- Fig. 128. Das WHEATSTONE'sche Stromnetz. S. 500.
- Fig. 129. 130. Negative Schwankung des Nervenstromes an dem mit Strychnin tetanisirten Frosch. S. 511. 512.
- Fig. 131. Rädchen zum mechanischen Tetanisiren des Nerven. S. 518.
- Fig. 132. Taf. V. Vorrichtung zur Darstellung der negativen Schwankung des Nervenstromes an den Empfindungsnerven durch schmerzhafte Einwirkung auf deren Hautverzweigungen.
- Fig. 133. 134. Taf. IV. Der Nervenstrom sendet Stromschleifen in einen seinem Querschnitt angelegten Leiter. S. 525.
- Fig. 135. 136. Taf. V. Secundäre Zuckung vom Nerven aus. S. 533.
- Fig. 137. Taf. IV. Zur Theorie der secundären Zuckung vom Nerven aus. S. 536. 537.
- Fig. 138. 139. Taf. II. Der secundäre elektrotonische Zustand. S. 542.
- Fig. 140. Taf. V. Elektrotonischer Zustand des Nerven durch den eigenen Strom erzeugt. S. 544.
- Fig. 141. Die paradoxe Zuckung. S. 546.
- Fig. 142. Erklärung des scheinbar verkehrten Zuwachses bei elektrotonischem Zustande des Rückenmarkes. S. 606.

Zur zweiten Abtheilung.

- Fig. 143. Kupferzinkschema zur Bewährung der Hypothese, nach welcher die peripolaren Molekeln Gruppen aus je zwei dipolaren Molekeln sind, und der darauf fußenden Theorie der parelektronomischen Schicht. S. 93. 94.
- Fig. 144. Facettenförmige Endigung der Primitivmuskelbündel des M. triceps Cuv. vom Frosch.
- Fig. 145. Wiederholung der Fig. 89 (S. oben) mit Berücksichtigung der Nachwirkung. S. 157. 158.
- Fig. 146. Zum elektromotorischen Verhalten ungleich erwärmter, sonst gleichartiger Hautstellen gegen einander. S. 208.

- Fig. 147. Negative Schwankung des Muskelstromes am lebenden menschlichen Körper durch willkürlichen Tetanus der Arme. Nach einem Daguerreotyp von OEHME. S. 287.
- Fig. 148. Taf. VI. Versuch zum Beweise, daß die elektromotorische Wirkung beim willkürlichen Tetanus der Arme von keiner Störung des Kreislaufes in der Haut des eingetauchten Fingers herrührt. S. 360. 361.
- Fig. 149 A. Eins der Handgelenkgefäße *in situ*. Auf dem Boden ist die Blasenpflasterwunde zu denken. S. 365. — Fig. 149 B. Eine der Binden zur wasserdichten Befestigung der Handgelenkgefäße. S. 365.
- Fig. 150. Die Versuchsanordnung zur Beobachtung secundär-elektromotorischer Wirkungen mit Hülfe der Querbäusche. S. 383—385.
- Fig. 151. Die Wippe zur doppelten Schließung des Multiplicator- nach doppelter Öffnung des Säulenkreises. S. 389—392. Die Figur ist lange nach der im Texte gegebenen Beschreibung gezeichnet, wobei sich herausstellte, daß die gewählte perspectivische Darstellung sich schlecht dazu eignet, das Spiel der Wippe zu veranschaulichen. Statt der Fünfsecundenscheibe, wie es im Texte heißt, sieht man in der Figur die $\frac{1}{n}$ "-Scheibe an die Axe des CARCEL-Lampen-Uhrwerkes gesteckt.
- Fig. 152 A. Die 5"-Scheibe. Fig. 152 B. Dieselbe mit der 5"-Verzögerung des Schlusses des Multiplicatorkreises. S. 392—393.
- Fig. 153. Die Anordnung zur Beobachtung der Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte. S. 403. 404.
- Fig. 154. Die H-förmige Anordnung der drei balkenförmigen Bäusche. S. 408.
- Fig. 155. Zur Erläuterung der aus der algebraischen Summation der Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte und der inneren Polarisation resultirenden secundär-elektromotorischen Wirkungen. S. 409—412.
- Fig. 156. Zur Erläuterung der etwas abweichenden Wirkungen bei Tränkung des durchströmten Bausches mit Hühnereiweiß. S. 412.
- Fig. 157. PELTIER'sches Kreuz mit zwei balkenförmigen Bäuschen zum Nachweis der Polarisation an nur Einer Grenze ungleichartiger Elektrolyte. S. 413.
- Fig. 158 A. Ein Keilbausch einem gewöhnlichen Bausch aufsitzend und darauf mittelst eines Fadens befestigt. Fig. 158 B. Gläserner Nagel zur anderen Art der Befestigung des Keilbausches. S. 425. 426.

- Fig. 159 A, B. Die OHM'schen Gefälle des elektrischen Potentials in einem innerlich polarisirbaren Körper bei negativer Polarisation. S. 467—469.
- Fig. 160 A, B. Dieselben bei positiver Polarisation. S. 470.
- Fig. 161 A, B. Die freien Spannungen der Elektrizität an den beiden Enden eines negativ und eines positiv innerlich polarisirten Leiters. S. 470.
- Fig. 162. 163 dienen zur Erläuterung der schematischen Rechnung über die Abhängigkeit des Maximums der inneren Polarisation vom specifischen Widerstande des porösen Körpers. S. 483—488.
-

Inhaltsverzeichnifs des zweiten Bandes.

Erste Abtheilung.

Dritter Abschnitt.

Untersuchung (Fortsetzung).

Viertes Kapitel.

Von dem Einflusse der Zusammenziehung auf den Muskelstrom.

§. I.

Seite

Geschichtlicher Überblick über die Bestrebungen, elektromotorische Wirkungen von den Muskeln im Augenblicke der Zusammenziehung zu erhalten.

1. Elektrische Theorieen der Muskelzusammenziehung bis zu MATTEUCCI.
Vorbericht, S. 3. — Spannungselektrische Theorieen: DE SAUVAGES, DES HAIS, PRIESTLEY, ERASMUS DARWIN, MEISSNER, S. 5. 6. — Elektrodynamische Theorieen: P. ERMAN, PRÉVOST und DUMAS, ED. WEBER, S. 7. — PRÉVOST's spätere Angaben widerlegt von PELTIER, S. 8. 9. — SCHWANN's Kritik jeder auf elektrischer Anziehung fufsenden Theorie der Muskelzusammenziehung, S. 10. 11.
2. MATTEUCCI's Bestrebungen, elektrische Erscheinungen bei der Muskelzusammenziehung wahrzunehmen.
Der Froschstrom nimmt durch die Zusammenziehung an Stärke ab, S. 11. 13; — an Stärke zu, S. 13. 14. 16—20. — Entdeckung und weitere Verfolgung der *Contraction induite* (secundären Zuckung), S. 14—16. 20—25.
3. Erste Darlegung der negativen Schwankung des Muskelstromes bei der Zusammenziehung in meinem »Vorläufigen Abrisse u. s. w.« 25

§. II.

Von der Art und Weise, den Strom des zusammengezogenen Muskels am Multiplicator zu untersuchen.

Vorbericht 30

	Seite
1. Von den verschiedenen Arten zu tetanisiren, insbesondere dem Tetanisiren auf elektrischem Wege.	
(I) Tetanisiren durch mechanische Gewaltthätigkeiten	32
(II) Tetanisiren durch Vergiftung	34
(III) Tetanisiren auf elektrischem Wege — VOLTA, S. 36. — NOBILI, S. 37. — STERNEBERG, S. 38. — MATTEUCCI, S. 38. 39. — E. DU BOIS-REYMOND, S. 39. — ED. WEBER, S. 39. — RITTER'scher Tetanus, S. 39.	
2. Rechtfertigung der Methode des Tetanisirens auf elektrischem Wege bei thierisch-elektrischen Versuchen	40
3. Von der besten Art des Tetanisirens auf elektrischem Wege bei thierisch-elektrischen Versuchen	45

§. III.

Von dem Verhalten der Multiplicatornadel während der Zusammenziehung	50
1. Der Rückschwung der Nadel beim Tetanisiren auf elektrischem Wege rührt nicht von dem Hereinbrechen des erregenden Stromes in den Multiplicatorkreis her	51
(I) Reizung des Nerven auf mechanischem Wege	52
(II) Reizung des Nerven durch Wärme	54
(III) Reizung des Nerven durch chemische Einwirkung	54
(IV) Vergiftung mit Strychnin	55
(V) Tetanisiren auf elektrischem Wege nach RITTER's Angabe	57
(VI) Willkürliche Zusammenziehung	59
2. Von der nächsten Bedeutung des Rückschwunges der Nadel während der Zusammenziehung	59
3. Die Abnahme des Muskelstromes während der Zusammenziehung rührt nicht von einer zufälligen Vergrößerung des Widerstandes des Multiplicatorkreises her	62
4. Die Abnahme des Muskelstromes während der Zusammenziehung rührt nicht von der Lageveränderung des Muskels auf den Bäuschen her	65
5. Die Abnahme des Muskelstromes während der Zusammenziehung rührt nicht von seiner Gestaltveränderung her	73
6. Die Abnahme des Muskelstromes während der Zusammenziehung rührt nicht von einer Veränderung des eigenthümlichen Widerstandes der Muskelsubstanz her	74
7. Die Abnahme des aufsteigenden Stromes des Gastrocnemius vom Frosche während der Zusammenziehung rührt nicht von einem während derselben auftretenden absteigenden Strome her	85

§. IV.

Von dem Verhalten des stromprüfenden Froschschenkels während der Zusammenziehung, nebst der Erklärung der secundären Zuckung
MATTEUCCI'S.

1. Vom Verhalten des stromprüfenden Froschschenkels in dem Kreise eines tetanisirten Muskels	87
--	----

	Seite
2. Erklärung der secundären Zuckung MATTEUCCI's	93
3. Widerlegung von MATTEUCCI's Theorie der secundären Zuckung	99
4. Fernere Bemerkungen über die secundäre Zuckung	118

§. V.

Von dem wahren Verhalten des Muskelstromes im Augenblicke der Zusammenziehung	120
---	-----

§. VI.

Anhang.

Untersuchung des Einflusses einiger anderen Cohäsionsveränderungen auf den Muskelstrom.

1. Von dem Einflusse der Ausdehnung des Muskels auf die Stärke seines Stromes	129
2. Von dem Einflusse der Zusammendrückung des Muskels auf die Stärke seines Stromes	134
3. Erörterung der vorigen Ergebnisse	140

Fünftes Kapitel.

Von dem Einflusse verschiedener Umstände auf den Muskelstrom.

§. I.

Von dem Gesetze der Abnahme und der natürlichen Grenze des Muskelstromes nach dem Tode.

1. MATTEUCCI's Erfahrungen über Dauer und Abnahme des Frosch- und Muskelstromes	143
2. Von der Todtenstarre als der natürlichen Grenze des Muskelstromes nach dem Tode	156

§. II.

Von dem Einflusse solcher Umstände auf den Muskelstrom, die das Thier während des Lebens getroffen, auch wohl dasselbe getödtet haben.

Vorbericht	165
1. Einflus krankhafter Zustände des Thieres auf den Muskelstrom.	
(i) Natürlich entstandene krankhafte Zustände	168
(ii) Künstlich hervorgerufene krankhafte Zustände	170
2. Einflus verschiedener Todesarten des Thieres auf den Strom	171

§. III.

Von dem Einflusse solcher Umstände auf den Muskelstrom, welche den vom Gesamtorganismus getrennten Muskel unmittelbar treffen.

Vorbericht	177
1. Einfluss der Temperatur.	
(i) Temperaturerhöhung	178
(ii) Temperaturerniedrigung	180
2. Einfluss elektrischer Schläge	181
3. Einfluss narkotischer Gifte	182
4. Einfluss der Ätzmittel	183
5. Einfluss des Aufenthaltes in verschiedenen Gasarten und dem luftverdünnnten Raume	184

Sechstes Kapitel.

Von dem Strome einiger anderen Gewebe, insbesondere dem Nervenstrome.

§. I.

Von dem Strome bei den verschiedenen Formen des Muskelgewebes, den Gefäßwänden, Sehnen u. s. w., dem Nervenstrom im Allgemeinen und der elektromotorischen Unwirksamkeit der Berührung ungleichartiger Gewebe.

1. Von dem Strome der verschiedenen Gewebe	197
2. Von der elektromotorischen Unwirksamkeit der Berührung ungleichartiger Gewebe. (Fortsetzung von §. VII. Kap. I. dieses Abschnittes. S. oben Bd. I. S. 481. 521)	207

§. II.

Geschichtlicher Ueberblick über die Bestrebungen, elektrische Wirkungen an den Nerven nachzuweisen.

1. Der vorgalvanische Zeitraum.

CHRISTIAN AUGUST HAUSEN, S. 210—212. — FRANÇOIS BOISSIER DE SAUVAGES, S. 212. 213. — LECAT, S. 214. — HALLER, S. 214. 215. — Andere Anhänger der Identitätslehre, S. 216—218.

2. Zweiter Zeitraum. Von GALVANI bis zur Entdeckung des Elektromagnetismus.

Verschiedene Anhänger der Identitätslehre, S. 218—220. — WEINHOLD, S. 220. 221. — WILSON PHILIPP, S. 221—223. — DE LA RIVE, S. 223. 224.

3. Dritter Zeitraum. Von der Anwendung des Elektromagnetismus durch PRÉVOST und DUMAS bis zur Berücksichtigung des NOBILI'schen Froschstromes in diesem Gebiete durch MATTEUCCI.

PRÉVOST und DUMAS, S. 224—226. — LARREY, S. 226. — W. FRÉD. EDWARDS, S. 227. — POUILLET, S. 227. — NOBILI, S. 228. — FECHNER, S. 229. —

PERSON, S. 232—234. — CUNNINGHAM, STERNEBERG, FOLCHI, S. 234. — ED. WEBER, S. 235. — TH. LUDWIG BISCHOFF, S. 236. 237. — LEMBERT, JOBERT, S. 237. — LAYMANN, FARADAY, S. 238. — PACINOTTI und PUCCHINOTTI, ZANTEDESCHI und FARIO, S. 238. 239. — PELLETAN und HEIDENREICH, S. 239. — Verschiedene Autoren, S. 239—240. — HENLE und KÖLLIKER, S. 240. 241.

4. MATTEUCCI's vergebliche Bemühungen, elektrische Wirkungen von den Nerven zu erhalten 241

§. III.

Von dem ruhenden Nervenstrome.

1. Vom Nervenstrome an den gemischten Nervenstämmen 251
2. Vom Nervenstrome an verschiedenen Theilen des Nervensystemes . . . 254
3. Verfolgung des Nervenstromes in dem Thierreiche 260
4. Gesetz des Nervenstromes und seine Erörterung. Aufstellung des Gesetzes 261
 - (I) Von der Curve der Stromstärken an dem Nerven 264
 - (II) Von der Curve der Spannweiten an dem Nerven 265
 - (III) Von dem Einflusse der Länge und des Querschnittes der Nerven auf die Stärke ihres Stromes 266
 - (IV) Erörterung des Gesetzes des Nervenstromes 268
 - (V) Von der Größe der elektromotorischen Kraft der Nerven im Vergleich zu der der Muskeln 271
 - (VI) Zuckung durch den Strom des ruhenden Nerven hervorgebracht 272
 - (VII) Widerlegung der Annahme, der Muskelstrom rühre her von dem Strome der in den Muskeln verzweigten Nerven 274
 - (VIII) Von der Annahme einer nicht leitenden Beschaffenheit der Hülle der einfachen Nervenröhren 275
5. Von dem Gesetze der Abnahme des Nervenstromes und seiner natürlichen Grenze nach dem Tode 282
6. Von dem Einflusse solcher Umstände auf den Nervenstrom, die entweder das Thier während des Lebens getroffen, auch wohl dasselbe getödtet haben, oder denen der vom Gesamtorganismus getrennte Nerv unmittelbar ausgesetzt wird 286

Siebentes Kapitel.

Von den Bewegungserscheinungen des Nervenstromes.

§. I.

Von der Veränderung des Nervenstromes durch einen stetig einwirkenden elektrischen Strom, oder dem elektrotonischen Zustande der Nerven.

1. Einleitung. Erste Darlegung der Erscheinungen des elektrotonischen Zustandes der Nerven 289
2. Beweis, daß die dem elektrotonischen Zustande des Nerven zugeschriebenen Erscheinungen nicht von dem Hereinbrechen des erregenden Stromes in den Multiplicatorkreis herrühren 294

	Seite
3. Von der Erscheinungsweise des elektrotonischen Zustandes im Allgemeinen	298
4. Untersuchung des elektrotonischen Zustandes zwischen Längsschnitt und Querschnitt an beiden Enden des Nerven	300
5. Untersuchung des elektrotonischen Zustandes zwischen verschiedenen Punkten des natürlichen Längsschnittes des Nerven	304
6. Prüfung der Annahme, die elektromotorische Kraft der in der positiven Phase des elektrotonischen Zustandes begriffenen Nervenhälfte sei erhöht, die der anderen vermindert bis umgekehrt	308
7. Von der neuen Anordnung der elektromotorischen Kräfte der Nerven im elektrotonischen Zustande	314
8. Theorie des elektrotonischen Zustandes des Nerven	320
9. Untersuchung anderer feuchter Leiter, insbesondere der Muskeln, auf einen elektrotonischen Zustand gleich dem der Nerven	329

§. II.

Von dem Einflusse verschiedener Umstände auf die Gröfse des Zuwachses im elektrotonischen Zustande der Nerven.

Vorbericht	331
1. Von dem Einflusse der Stärke des erregenden Stromes auf die Stärke der säulenartigen Polarisation der Nerven	333
2. Von dem Einflusse der Länge der erregten Strecke auf die Stärke der säulenartigen Polarisation der Nerven.	
(i) Einleitung	337
(ii) Unmittelbares Verfahren, den Einfluß der Länge der erregten Strecke zu erforschen	338
(iii) Mittelbares Verfahren den Einfluß der Länge der erregten Strecke zu erforschen	340
(iv) Vermischte Bemerkungen, betreffend den Einfluß der Länge der erregten Strecke auf die Gröfse des Zuwachses	346
3. Von der Erscheinungsweise der säulenartigen Polarisation bei gleichzeitiger Einwirkung zweier Ströme auf den Nerven	350
4. Von dem Einflusse des Winkels zwischen der Richtung des erregenden Stromes und der Axe der Primitivröhren auf die Stärke der säulenartigen Polarisation	354
5. Von dem Einflusse der Entfernung der abgeleiteten von der erregten Strecke auf die scheinbare Gröfse des Zuwachses im elektrotonischen Zustande	359
6. Von dem Einflusse der Länge der abgeleiteten Strecke auf die scheinbare Gröfse des Zuwachses im elektrotonischen Zustande	363
7. Von dem Einflusse des Querschnittes des Nerven auf die scheinbare Gröfse des Zuwachses im elektrotonischen Zustande	368
8. Von der relativen Gröfse des positiven und negativen Zuwachses im elektrotonischen Zustande	371
9. Von dem Einflusse der Leistungsfähigkeit der Nerven auf die Stärke ihrer säulenartigen Polarisation im elektrotonischen Zustande	379

§. III.

Von der physiologischen Bedeutung des elektrotonischen Zustandes der Nerven	383
---	-----

§. IV.

Von dem Verhalten des Nervenstromes beim Tetanisiren auf elektrischem Wege.

1. Von der Erscheinungsweise des elektrotonischen Zustandes bei unterbrochenem erregenden Strome.	
(i) Einleitung	390
(ii) Unterbrechungsrad	391
(iii) Magnetelektromotor	393
(iv) Von der relativen Größe der beiden Zuwächse im elektrotonischen Zustande bei unterbrochenem erregenden Strome	395
(v) SAXTON'sche Maschine	398
(vi) Voltaelektrische Inductionsvorrichtung	404
(vii) Elektrirmaschine	411
2. Von der Art und Weise, die negative Schwankung des Nervenstromes beim Bewegung und Empfindung vermittelnden Vorgänge, der auf elektrischem Wege angeregt wird, zu trennen von den Wirkungen der säulenartigen Polarisation.	
(i) Prüfung der Inductionsvorrichtung auf ihre Brauchbarkeit für vorstehenden Zweck	412
(ii) Folgerungen aus dem Vorhergehenden für das Gesetz der Abhängigkeit der Größe des Zuwachses von der Dichtigkeit des erregenden Stromes	416
(iii) Vorzüge der Inductionsvorrichtung vor dem Inversor für das Tetanisiren des Nerven mit abwechselnden Strömen.	423
3. Von der negativen Schwankung des Nervenstromes beim Tetanisiren mit abwechselnden Strömen	425
4. Beseitigung einiger Bedenken wider die negative Stromesschwankung beim Tetanisiren der Nerven mit abwechselnden Strömen.	
(i) Der Rückschwung der Nadel beim Tetanisiren der Nerven mit abwechselnden Strömen rührt nicht vom Hereinbrechen des erregenden Stromes in den Multiplicatorkreis her	430
(ii) Die negative Stromesschwankung beim Tetanisiren der Nerven mit abwechselnden Strömen rührt nicht vom elektrotonischen Zustande unmittelbar her.	432
(iii) Die negative Stromesschwankung rührt nicht her von dem Freiwerden von Ladungen durch den abwechselnd positiven und negativen Zuwachs im elektrotonischen Zustande	436
5. Von der physikalischen Bedeutung des Rückschwunges der Nadel beim Tetanisiren der Nerven mit abwechselnden Strömen. Er rührt nicht her von einer Zunahme des eigenthümlichen Widerstandes der Nervensubstanz, sondern von einer Abnahme der Summe der elektromotorischen Kräfte des Nerven	443

§. V.

Von dem Einflusse verschiedener Umstände auf die Gröfse der negativen Stromesschwankung beim Tetanisiren der Nerven mit abwechselnden Strömen.

Vorbericht	447
1. Von dem Einflusse der Stärke des erregenden Stromes auf die Gröfse der negativen Stromesschwankung beim Tetanisiren der Nerven	450
2. Von dem Einflusse der Dauer der zum Tetanisiren der Nerven angewandten abwechselnden Ströme auf die Gröfse der negativen Stromesschwankung	457
3. Von dem Einflusse der Länge der erregten Strecke auf die Gröfse der negativen Stromesschwankung beim Tetanisiren der Nerven	459
4. Von der Erscheinungsweise der negativen Stromesschwankung bei gleichzeitiger Einwirkung zweier Ströme auf den Nerven	461
5. Von dem Einflusse des Winkels zwischen der Richtung des erregenden Stromes und der Axe der Primitivröhren auf die Gröfse der negativen Stromesschwankung beim Tetanisiren	462
6. Von dem Einflusse der Entfernung der abgeleiteten von der erregten Strecke auf die scheinbare Gröfse der negativen Stromesschwankung beim Tetanisiren der Nerven	462
7. Von dem Einflusse der Länge der abgeleiteten Strecke auf die scheinbare Gröfse der negativen Stromesschwankung beim Tetanisiren der Nerven	467
8. Von dem Einflusse des Querschnittes der Nerven auf die scheinbare Gröfse der negativen Stromesschwankung beim Tetanisiren mit abwechselnden Strömen	468
9. Von dem Einflusse der Leistungsfähigkeit der Nerven auf die Gröfse der negativen Stromesschwankung beim Tetanisiren mit abwechselnden Strömen	469

§. VI.

Von der negativen Schwankung des Nervenstromes beim Tetanisiren auf anderem als elektrischem Wege.

1. Einleitung	473
2. Beschreibung eines Multiplicators von 24160 Windungen für den Nervenstrom.	
(i) Gestell	477
(ii) Rahmen und Draht	479
(iii) Nadeln	483
(iv) Theilung, Art der Ablesung, Vorkehrung gegen die Luftströmungen, und Hemmungen	484
(v) Ablenkungen der Drahtmassen und ihre Berichtigung	585
3. Vorversuche mit dem Multiplicator von 24160 Windungen.	
(i) Vom Gebrauch des Multiplicators von 24160 Windungen	494
(ii) Untersuchung des elektrotonischen Zustandes am Multiplicator für den Nervenstrom. Beschreibung eines eigenthümlichen, an	

	Seite
empfindlichen Multiplicatoren bemerkbaren Phaenomens der Nembenschließung, nebst einer daraus entspringenden Vorschrift für die Aufstellung solcher Multiplicatoren	496
(III) Untersuchung der negativen Schwankung des Nervenstromes beim Tetanisiren auf elektrischem Wege an dem neuen Multiplicator	507
4. Von der negativen Schwankung des Nervenstromes beim Tetanisiren auf anderem als elektrischem Wege.	
(I) Vorbemerkungen	507
(II) Tetanisiren vom Rückenmark aus durch Strychninvergiftung und mechanische oder kaustische Mißhandlung	510
(III) Tetanisiren einzelner Nervenstücke	517
(IV) Tetanisiren des Ischiadicus von seinen Hautverzweigungen aus	520
(V) Beseitigung eines Einwurfes gegen mehrere der vorigen Versuche	522
(VI) Über die Untersuchung der negativen Stromesschwankung beim Tetanisiren auf nicht elektrischem Wege zwischen verschiedenen Punkten des Längsschnittes u. s. w.	527

§. VII.

Von der secundären Zuckung vom Nerven aus.

1. Allgemeine Darlegung der Erscheinung	528
2. Beseitigung des Verdachtes auf Schleifen des erregenden Stromes, unipolare Wirkungen oder mangelhafte Isolation	530
3. Die secundäre Zuckung vom Nerven aus rührt her von dem elektrotonischen Zustande, nicht aber von der negativen Schwankung beim Tetanisiren	532
4. Einzelheiten betreffend die secundäre Zuckung vom Nerven aus	539
5. Vom secundären elektrotonischen Zustande und der secundären negativen Stromesschwankung vom Nerven aus	541
6. Von der paradoxen Zuckung	545

§. VIII.

Von einer Bewegungserscheinung des Nervenstromes, welche heftige Mißhandlungen der Nerven zu begleiten pflegt.

1. Versuche	551
2. Theorie der Stromesumkehr der thierischen Erreger	555

§. IX.

Von der physiologischen Bedeutung der negativen Stromesschwankung beim Tetanisiren der Nerven

558

§. X.

Untersuchung der Bewegungserscheinungen des Nervenstromes an verschiedenen Theilen des Nervensystemes.

1. Vorbemerkungen	569
2. Übersicht über die früheren Bestrebungen, die Frage zu entscheiden	

	Seite
nach der einsinnigen oder doppelsinnigen Leitungsfähigkeit der Nervenfasern für das sogenannte Nervenprincip	570
3. Thatsächliche Entscheidung der Frage nach der einsinnigen oder doppelsinnigen Leitungsfähigkeit der beiden Fasergattungen	587
4. Vereinbarung der vorigen Ergebnisse mit dem Gesetze der Zuckungen .	591
5. Ausnahmefälle vom BELL'schen Gesetze	595
6. Von dem Verhalten der Ganglienkugeln beim elektrotonischen Zustande und der negativen Stromesschwankung beim Tetanisiren	601
7. Bewegungserscheinungen des Nervenstromes an den Centralgebilden . .	603
8. Untersuchung der Bewegungserscheinungen des Nervenstromes, wenn erregte und abgeleitete Strecke an verschiedenen Theilen des Nervensystemes gelegen sind	604

Zweite Abtheilung.

Dritter Abschnitt.

Untersuchung

(F o r t s e t z u n g).

Achstes Kapitel.

Von dem Muskelstrome und seinen Bewegungserscheinungen am lebenden unversehrten Thiere.

§. I.

Von dem Strome der ruhenden Muskeln bei Gegenwart der Haut,
den Hautungleichartigkeiten des Frosches und der Entwicklung
des Muskelstromes scheinbar in Folge des Enthäutens.

	Seite
Vorbericht	1
1. Von dem Strom an den entblößten Muskeln und Nerven lebender Thiere	2
2. Vom elektromotorischen Verhalten des lebenden oder todten, äußerlich unversehrten Frosches, wie auch seiner nicht enthäuteten Gliedmaßen .	7
3. Von den Ungleichartigkeiten der Hautoberfläche des Frosches	9
4. Erklärung, mit Hülfe des jetzt erkannten Gesetzes der Hautungleichartigkeiten, des elektromotorischen Verhaltens des lebenden oder todten, äußerlich unversehrten Frosches, wie auch seiner nicht enthäuteten Gliedmaßen	21
5. Von der Entwicklung des Muskelstromes nach dem Enthäuten	23

§. II.

Von dem Einfluss dauernder Erkältung der Frösche auf den Muskelstrom, dem parelektronomischen Zustande der Muskeln, der besonderen Anordnung der elektromotorischen Kräfte am natürlichen Querschnitt des Muskels und der Ursache der scheinbar durch das Enthäuten bewirkten Verstärkung des Muskelstromes.

Vorbericht	26
1. MATTEUCCI's und CIMA's Angaben über die Wirkung der Kälte auf den Muskelstrom	27
2. Von der Art, die Frösche zu erkälten, und von dem Einflusse der Erkältung auf das Allgemeinbefinden der Frösche	31
3. Erste Darlegung des Einflusses der dauernden Erkältung der Frösche auf ihren Muskelstrom	35
4. Die Entwicklung des Muskelstromes nach dem Enthäuten der Gliedmaßen rührt nicht her von der Berührung der Muskeln mit der Luft	39
5. Die Stromentwicklung an den parelektronomischen Präparaten ist die Folge des zufälligen Benetzens derselben mit der Kochsalzlösung der Zuleitungsgefäße	43
6. Die Stromentwicklung an den parelektronomischen Muskeln in unseren Versuchen ist die Folge des Benetzens allein des natürlichen Querschnittes mit der Kochsalzlösung der Zuleitungsgefäße oder dem Hühnereweifs der Eiweifs häutchen	49
7. Die Stromentwicklung an den parelektronomischen Muskeln kann herbeigeführt werden durch Benetzen des natürlichen Querschnittes mit beliebigen chemisch wirksamen Flüssigkeiten, gleichviel ob leitender oder nicht leitender Art.	
(i) Verfahren, verschiedene Flüssigkeiten auf ihr Vermögen zur Entwicklung des Stromes parelektronomischer Muskeln zu prüfen	54
(ii) Entwicklung des Stromes parelektronomischer Muskeln durch Benetzen des natürlichen Querschnittes mit leitenden Flüssigkeiten	56
(iii) Entwicklung des Stromes parelektronomischer Muskeln durch Benetzen des natürlichen Querschnittes mit nicht leitenden Flüssigkeiten	60
(iv) Die leitenden und nicht leitenden stromentwickelnden Flüssigkeiten kommen überein darin, daß sie die organische Substanz angreifen	62
8. Von der Stromentwicklung an den parelektronomischen Muskeln durch Anlegen von Metallen an ihren natürlichen Querschnitt	64
9. Von dem verschiedenen Verhalten des natürlichen und des künstlichen Querschnittes der Muskeln im parelektronomischen Zustande.	
(i) Darlegung der hier zu entscheidenden Fragen	73
(ii) Die Prüfung des künstlichen Querschnittes auf seinen Strom trägt nichts Merkliches bei zur Entwicklung desselben	75
(iii) Die Herstellung des künstlichen Querschnittes trägt nichts bei zur Entwicklung seiner Negativität	82
10. Physikalische Theorie des parelektronomischen Zustandes der Muskeln und der Stromentwicklung in demselben.	

	Seite
(i) Theorie der Stromesumkehr der aus peripolaren Gruppen dipolar elektromotorischer Molekeln zusammengesetzten Erreger	87
(ii) Versuche zur Bestätigung der vorigen Theorie	91
(iii) Anwendung der obigen Grundsätze auf die Theorie des parelektronomischen Zustandes der Muskeln	99
(iv) Schlufsbemerkungen zur Theorie des parelektronomischen Zustandes der Muskeln	112
11. Von den Umständen, welche von Einfluß sind auf die Bildung und Rückbildung der parelektronomischen Schicht.	
Vorbericht	117
(i) Alle Muskeln aller Thiere befinden sich stets auf einer mehr oder weniger hohen Stufe des parelektronomischen Zustandes	119
(ii) Erörterung der Verfahrensarten, um kleine Veränderungen im Zustande der parelektronomischen Schicht nachzuweisen	125
(iii) Nähere Untersuchung des Einflusses der Temperatur auf den Zustand der parelektronomischen Schicht	130
(iv) Prüfung des Einflusses einiger anderen Umstände auf den Zustand der parelektronomischen Schicht	138
12. Von dem elektromotorischen Verhalten der Muskeln im parelektronomischen Zustande bei der Zusammenziehung und von der elektromotorischen Nachwirkung des Tetanus.	
(i) Von der Erscheinungsweise der negativen Schwankung bei der Zusammenziehung an den Muskeln im parelektronomischen Zustande	142
(ii) Erklärung der absolut negativen Schwankung des Muskelstromes bei der Zusammenziehung im parelektronomischen Zustande	145
(iii) Folgerungen aus dem Vorhergehenden für die Frage, ob der Muskelstrom bei der Zusammenziehung nur abnehme oder sich umkehre	148
(iv) Von der negativen Nachwirkung des Tetanisirens der Muskeln auf ihren Strom	151
(v) Von der elektromotorischen Wirkung beim Ausdehnen und Zusammendrücken der Muskeln im parelektronomischen Zustande	158
13. Erklärung, mit Hilfe des parelektronomischen Zustandes der Muskeln, einiger älteren, fremden und eigenen Wahrnehmungen.	
(i) Fremde Erfahrungen, die durch den parelektronomischen Zustand der Muskeln ihre Erklärung finden	159
(ii) Widerlegung von CIMA's Erklärung des Umstandes, daß der Strom des natürlichen Querschnittes mehr als der des künstlichen unter schwächenden Einflüssen leide	166
(iii) Erläuterung, mit Hilfe des parelektronomischen Zustandes, einiger früheren Punkte dieser Untersuchungen	169
14. Von der Ursache der scheinbar durch das Enthäuten bewirkten Verstärkung des Muskelstromes	173

§. III.

Von der negativen Schwankung des Muskelstromes bei der Zusammenziehung an nicht enthäuteten Gliedmaßen und am lebenden unversehrten Thier	180
---	-----

§. IV.

Von dem elektromotorischen Verhalten des lebenden unversehrten Menschen.

1. Einleitung	186
2. Von dem Leitungswiderstande des menschlichen Körpers	188
3. Von Thermoströmen am menschlichen Körper.	
(i) Von der Möglichkeit Thermoströme durch den menschlichen Körper hindurch wahrzunehmen und von Thermoströmen feuchter Leiter überhaupt	199
(ii) Von dem elektromotorischen Verhalten zweier symmetrischen, unversehrten, gleichzeitig benetzten, und gleich warmen Hautstellen gegen einander	203
(iii) Von dem elektromotorischen Verhalten ungleich erwärmter, sonst gleichartiger Hautstellen gegen einander	206
(iv) Von der Verminderung des Leitungswiderstandes der Oberhaut durch Temperaturerhöhung	212
4. Von der durch ungleichzeitiges Benetzen bedingten elektromotorischen Ungleichartigkeit der Haut des Menschen.	
(i) Von den Ungleichzeitigkeitsströmen an verschiedenen Theilen des menschlichen Körpers und in verschiedenen Flüssigkeiten	218
(ii) Die Ungleichzeitigkeitsströme sind nicht blofs Ströme wegen verschiedener Temperatur der eingetauchten Körpertheile	226
(iii) Fernere Betrachtungen über die Ungleichzeitigkeitsströme	229
5. Von Strömen bedingt durch vorgebildete elektromotorische Ungleichartigkeiten der menschlichen Hautoberfläche.	
(i) Versuche mit gesättigter Kochsalzlösung als Zuleitungsflüssigkeit	231
(ii) Erörterung der vorigen Versuche	237
(iii) Versuche mit verdünnter Schwefelsäure als Zuleitungsflüssigkeit	239
(iv) Versuche mit Brunnenwasser als Zuleitungsflüssigkeit	241
(v) Versuche mit Kalihydratlösung	242
(vi) Fortgesetzte Erörterung der in Rede stehenden Versuche	243
6. Von der durch das Ausdehnen der Haut bewirkten elektromotorischen Ungleichartigkeit derselben	261
7. Von dem elektromotorischen Verhalten der Wunden gegen die Oberhaut	269
8. Von den im lebenden menschlichen Körper durch Muskelzusammenziehung hervorgebrachten Strömen.	
(i) Einleitung	276
(ii) Von der elektromotorischen Wirkung des willkürlichen Tetanus an den verschiedenen Gliedmaßen des menschlichen Körpers	282
(iii) Von der elektromotorischen Nachwirkung des willkürlichen Tetanus an den Gliedmaßen des menschlichen Körpers	291
(iv) Weitere Bemerkungen über das Verfahren, die Ströme beim willkürlichen Tetanus der menschlichen Gliedmaßen zu beobachten	294
(v) Versuche, um die Ströme beim willkürlichen Tetanus der menschlichen Gliedmaßen am stromprüfenden Schenkel nachzuweisen	304
(vi) Geschichtliches zu den vorigen Versuchen	308
(vii) Über die von DESPRETZ, HUNT, MOUSSON und ZANTEDESCHI beobachteten falschen Ströme beim willkürlichen Tetanus	321

	Seite
(VIII) Betrachtungen über die Ströme beim willkürlichen Tetanus und Entwicklung einiger Bedenken gegen die Deutung derselben als Ausdruck der negativen Schwankung des Muskelstromes der menschlichen Gliedmaßen	332
(IX) Untersuchung der negativen Schwankung des Muskelstromes an dem Unterschenkel des Kaninchens	336
(X) Der Strom beim willkürlichen Tetanus ist nicht thermoëlektrischen Ursprungs	352
(XI) Beweis, daß der Strom beim willkürlichen Tetanus nicht auf Veränderung der elektromotorischen Kräfte der Haut beruhe . .	355
(XII) Schlufsbemerkungen über die Ströme beim willkürlichen Tetanus	373

§. V.

Von den secundär-elektromotorischen Wirkungen der Muskeln und Nerven.

1. Einleitung	377
2. Beschreibung der Versuchsweisen und Vorrichtungen.	
(I) Von der Art, bei diesen Versuchen den erregenden Strom den thierischen Theilen zu- und den erregten davon abzuleiten . .	382
(II) Beschreibung der Vorrichtung zur Beherrschung der Zeit, während der die thierischen Theile dem erregenden Strom ausgesetzt werden	389
(III) Von der anzuwendenden elektromotorischen Vorrichtung . . .	395
3. Von der Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte.	
(I) Erste Wahrnehmung einer scheinbaren Polarisation an durchströmten Bäschen	398
(II) Die Grenze ungleichartiger Elektrolyte wird in Folge der Durchströmung zeitweise der Sitz einer secundär - elektromotorischen Kraft	402
(III) Die Substanz der Bäsche ist mit innerer Polarisirbarkeit begabt, woraus sich die mit einigen Flüssigkeiten erhaltenen doppelsinnigen Wirkungen erklären	406
(IV) Nachweis der Polarisation an nur Einer Grenze ungleichartiger Elektrolyte	412
(V) RITTER'sche Ladungssäule nur aus Elektrolyten zusammengesetzt.	414
(VI) Von der absoluten und relativen Stärke der an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte erzeugten secundär - elektromotorischen Kräfte	415
(VII) Versuche zur Theorie der Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte	417
4. Erwägung der Sachlage mit Rücksicht auf die neuerkannte Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte, und dadurch bedingte Abänderung der zur Untersuchung der secundär-elektromotorischen Wirkungen der thierischen Theile bestimmten Vorrichtung	423
5. Von der inneren Polarisirbarkeit poröser Körper im durchtränkten Zustande.	
(I) Von der inneren Polarisirbarkeit poröser unorganischer Körper .	430

	Seite
(II) Von der inneren Polarisirbarkeit imbibitionsfähiger organischer, aber nicht organisirter Körper	435
(III) Von der inneren Polarisirbarkeit organisirter Körper aus dem Pflanzenreich	437
(IV) Von der inneren Polarisirbarkeit organisirter Körper aus dem Thierreich	439
(V) Einfluss erhöhter Temperatur auf die innere Polarisirbarkeit feuchter poröser Körper	442
(VI) Von der Vertheilung der elektromotorischen Kräfte in den innerlich polarisirten Körpern, und von der Abhängigkeit der Größe der secundär-elektromotorischen Wirkung von den Dimensionen jener Körper	443
I. $r = \frac{L}{q} = \text{const.}$	448
II. Maximum in Bezug auf L	451
III. Maximum in Bezug auf q	453
(VII) Von der absoluten und relativen Größe der inneren Polarisation, und von einem eigenthümlichen Widerstandsphaenomen, welches sich bei Beobachtung dieser Polarisation im Kreise der sie erzeugenden Säule zu erkennen giebt	456
(VIII) Nachahmung der inneren Polarisation mittelst der gewöhnlichen Ladungen metallischer oder metallisch leitender Elektroden	459
(IX) Erörterungen einiger hierher gehörigen Angaben MUNK AF ROSEN-SCHÖLD'S	464
(X) Die innere Polarisation beruht nicht auf Erzeugung thermoëlektrischer Unterschiede durch den Strom	471
(XI) Die innere Polarisation beruht nicht auf der Gegenwart zweier Flüssigkeiten im Inneren der porösen Körper, an deren Grenzen äußere Polarisation stattfände	475
(XII) Übersicht des Thatbestandes der inneren Polarisation	476
(XIII) Allgemeine Theorie der inneren Polarisation	480
(XIV) Deutung einiger besonderen Umstände, welche sich bei der inneren Polarisation der feuchten porösen Körper zu erkennen geben	491
(XV) Anwendungen der Lehre von der inneren Polarisation	496
—————	
Nachwort	498
Nachträge	505
Nachweis zu den Kupfertafeln des zweiten Bandes	519

Register.

(I, II (I), II (II) bedeuten beziehlich den ersten Band, und des ersten Bandes erste und zweite Abtheilung. Die arabischen Ziffern sind die Seitenzahlen in dem Bande, oder der Bandabtheilung, welche zunächst davor stehen, die römischen hinter I die der Vorrede, die hinter N. die Ordnungszahlen der Nachträge.)

A.

- Aal*, Muskelstrom daran, I. 540. II (I) 145;
— keine Hautströme, II (II) 16.
- ABERNETHY, JOHN, Anhänger der Identitätslehre, II (I) 219.
- Abgeleitete Strecke* des Nerven bei Elektrotonusversuchen, II (I) 294.
- Ablenkungen* der astatischen Nadelpaare, *freiwillige*, I. 169—172; — II (I) 483;
— durch die *Drahtmassen* des Multiplifiers und deren Berichtigung, I. 175—192; — II (I) 485—494. — *Ablenkungen* durch reibungselektrische Entladungen unabhängig vom Widerstande, 412. — S. auch *doppelsinnige Ablenkung*.
- Abriss*, s. vorläufiger Abriss.
- Absonderung*, elektrochemische Theorie derselben, I. 26. 27; — Matteucci's Versuche darüber, 109. 111; — Donné's, 111. 112; — 488 — 490; — II (II) 19 Anm. 1.
- Absonderungen*, Elektrizität derselben, II. 22; — N.
- Ab- und aufsteigender Strom*, definiert, I. 305.
- Abwechslungen*, *Voltaische*, I. 365. 367;
— durch Marianini bearbeitet, 373 bis 376.
- Aceton*, dessen Leitvermögen, II (II) 61;
— entwickelt den Strom des Gastroknemius, 62.
- ACHARD, N. 6.
- Achillessehne*, deren Rolle bei der Zuckung ohne Metalle, I. 72; — 97. 384. 525;
— II (II) 160—165; — bei der Parelektronomie, 53 ff.; — Endigung der Muskelbündel daran, 110.
- Actenseide*, *Preussische*, deren besonderer Vorzug beim Unterbinden, II (I) 342.
- ADANSON, erkennt die elektrische Natur des Zitterwels-Schlages, II (I) 216.
- Adductor magnus*, *M.*, vom Frosch, Strom zwischen sehnigen Enden, I. 497. 512;
— Gewicht bei 1^{cm} Länge, Verhältniszahl der Bündel, Stromstärke zwischen Längs- und künstlichem Querschnitt, 705. 712.
- AEBY, II (II) 500.
- AEPINUS, Theorie des Magnetes, I. 679 Anm.; — II (I) 387.
- Aequator*, *elektromotorischer*, eines regelmäßigen Muskels oder eines Nerven, II (I) 253.
- Aequatorialzonen* peripolarer Molekeln, I. 671. 680.
- Aetzmittel*, deren Einfluss auf den *Muskelstrom*, II (I) 183. 184; — auf den *Nervenstrom*, 287. 288; — den Strom des natürlichen Querschnittes im paraklektromischen Zustand entwickelnd, II (II) 56—64.
- Agentien*, den *Muskel* oder *Nerven unmittelbar treffende*, deren Einfluss auf den Muskelstrom, II (I) 177—196; — auf den Nervenstrom, 286. 288.
- AHRENS, s. Pfaß.
- ALDINI, GIOVANNI, Rolle der Elektrizität bei Absonderungen, I. 27 Anm. 1; — vermachte Galvani's Handschriften dem Institut von Bologna, 32; — giebt zu verstehen, daß Volta Sulzer's Geschmackversuch gekannt habe, 54. Anm.; — wirft sich zum Vorkämpfer der Lehre Galvani's auf, 59; — Versuche mit gleichartigen Bögen, besonders Quecksilber, 60. 61; — sein falsches Spiel bezüglich des Erstenrechtes Galvani's an der Zuckung ohne Metalle, 64. Anm. 1; — sein *Essai* . . . sur

- le Galvanisme, 93—99; — hält nach Galvani's Tod und der Erfindung der Säule dessen Lehre noch immer aufrecht, 93. 94; — Werthlosigkeit seiner Versuche und Theorien, 95. 98; — verwechselt ein Capillaritätsphaenomen mit elektrischer Anziehung, 69. Anm. 1. 94. 95; — des versuchten Plagiates an Galvani überführt, 96—98; — seine thierisch - elektrischen Phantasien, 98; — Wirkung des Unterbandes in Reizversuchen, 253. Anm.; — Leitung des Stromes durch grosse Wassermassen, 567; — wahrscheinliche Rolle der Parelektronomie in seinen Versuchen über die Zuckung ohne Metalle, II (II) 159; — Ergänzung der ihn betreffenden Literatur, N. 23.
- ALIBERT, Verfasser eines Éloge de Galvani, I. 38; — N. 12. 16.
- Alkohol, dessen Leitvermögen, II (I) 113. (II) 61. 62; — entwickelt den Strom des Gastrokneuius, ebenda; — Verhalten in Versuchen über innere Polarisation, 434. 465. 478. 491.
- Allgemeiner Träger, I. 448—450.
- Alterazione diretta ed inversa, altération directe et inverse Nobili's, I. 385. 394; — II (I) 386.
- Alternatives voltianes ou voltaïques, s. Voltatische Abwechselungen.
- AMPÈRE, astatisches Nadelpaar, I. 103; — Stromvertheilung in einem Stanniolrhombus, 564; — nimmt zwei einander durchdringende Ströme an, 592; — Moleculartheorie des Magnetes, 678; — Kunstgriff um Fernwirkungen von Kettentheilen zu verhüten, II (I) 292.
- Anfrischen des Querschnittes bewirkt Hebung der Muskelstromkraft, I. 714. II (I) 19. 145. 150. 179. II (II) 108. 122; — der Nervenstromkraft, II (I) 283; — Erörterung dieses Verhaltens, II (I) 556. 557. (II) 113—115.
- Anguilla vulgaris, s. Aal.
- Anguis fragilis, s. Blindschleiche.
- Animalische Bewegung, II (I) 198.
- Aorta des Kaninchens, Strom daran, II (I) 202.
- Apfelsinensaft, entwickelt den Strom des Gastrokneuius, II (II) 164.
- ARAGO, FRANÇOIS, Gedächtnisrede auf Volta, I. 31; — Rotationsmagnetismus, 567; — Ausbreitung des Magnetismus von der elektromagnetisirten Strecke eines Stabes aus, umgekehrt proportional der Coërcitivkraft, II (I) 374. 375. Anm.
- Aranea aëronautica, Erzeugerin des fliegenden Sommers, deren negative Elektrisirung, I. 22. 23; — N. 10.
- ARISTOTELES, alle Veränderungen der Körperwelt auf Bewegungen zurückführbar, I. XXXV.
- ARNOLD, FR. und J. W., wahres Verhältniß des N. trigeminus zu den scheinbar davon versorgten Muskeln, II (I) 581.
- ARNOLD, J. W., für doppelsinnige Leitung in den Nerven, II (I) 575.
- Arsenwasserstoff, Einfluß auf den Muskelstrom nach Matteucci, II (I) 173.
- Asbest, zeigt keine innere Polarisation, II (II) 433. 474.
- ASCHERSON, Bau der Froschhaut, II (II) 18. Anm.; — Haptogenmembran, 63. Anm.
- Astacus fluviatilis, s. Flußkrebse.
- Astasic, astatisches Nadelpaar, s. Doppelnadel.
- ATHENAEUS, I. 682.
- Atmosphärische Elektrizität, Zuckungen durch dieselbe, I. 41.
- Augenblendung des Kaninchens und der Taube, Versuch, ihre elektromotorischen Wirkungen zu vergleichen, II (I) 201.

B.

- Badeschwamm, innerlich polarisierbar, II (II) 433. 443.
- Bäusche überhaupt, I. 221—223; — balckenförmige, Hilfs-, Keilbäusche u. s. f. s. diese; — mit schlechter leitenden Flüssigkeiten getränkt sind die Bäusche innerlich polarisierbar, II (II) 403. 406 bis 409.
- BAILEY, Heuschreckenbeine statt der Froschenkel, I. 458. Anm.
- Balkenförmige Bäusche, II (II) 398.
- Ballistisches Pendel, Ähnlichkeit mit Pouillet's Chronoskop, I. 411. 412.
- BANCALARI, Wiederholung des Versuches über Nadelablenkung durch willkürlichen Tetanus, II (II) 299. 316. 317.
- BARKOW, Winterschlaf, II (II) 135.
- BARONIO, Säule aus Pflanzentheilen, I. 483.
- Barsch, keine Hautströme, II (II) 17.
- BARTHOLIN, THOMAS. Quell für angebliche Lichterscheinungen an thierischen Körpern, I. 11.
- Baryterde versagt Nobili's Thonthermostrome, II (II) 201.
- BASSE, Leitung des Stromes durch große Wassermassen, I. 567.
- Baumwolle, innerlich polarisierbar, II (II) 439.
- BÉCLARD, vermeintliches magnetisirendes Vermögen der Nerven, II (I) 8. 230.

- BEQUEREL, ANTOINE-CÉSAR**, über Pouillet's angebliche Elektrisirung der Pflanzen beim Wachsthum, I. 9; — läßt die Elektrizität der Zitterfische in ihrem Gehirn entspringen, 114; — elektromagnetische Wage, 197; — weshalb der elektrische Nervenreiz der stärkste von allen, 296; — Gesetz der elektrischen Empfindungen, 391; — Theorie der elektrischen Zuckungen, 393. 394; — angebliche Bewegung suspendirten Thons von der Anode zur Kathode, 395; — Bericht (mit Savary) über Masson's Versuche mit dem Neef'schen Blitzrade, 420; — Erklärung von Matteucci's Contraction induite, II (I) 15. 105; — fehlerhafte Wiederholung des Versuches über Stromerzeugung durch willkürlichen Tetanus, II (II) 311; — Mitglied der Commission d'Electro-physiologie, 320; — versucht den Strom beim willkürlichen Tetanus durch Schwitzen zu erklären, 356—360; — Walker'sche Röhren bei Flüssigkeitsketten, 404.
- BEQUEREL, EDMOND**, Nobili'sche Farbenringe, I. 568. 575—577; — Leitung der Kupfersulphatlösung, II (II) 477.
- BEETZ, WILHELM**, positive Polarisation des Eisens, I. 236. Anm.; — Nobili'sche Farbenringe, 377; — der Widerstand verdünnter Essigsäure hat ein Minimum, II (II) 271. Anm. 1; — Bewegtes Platin in verdünnter Schwefelsäure positiv gegen ruhendes, 326. 328; — Zusammenstellung der Beobachtungen über angeblich höhere Temperatur an der Anode, 473; — Polarisation bei erhöhter Temperatur, 495.
- BELL, CHARLES**, II (I) 570; — sein Gesetz bei elektrischer Erregung ungültig, 595—600.
- BELLINGERI**, Elektrizität des Blutes in Krankheiten, I. 24; — Zuckung ohne Metalle, 100; — schreibt fälschlich Lehot die Entdeckung des Gesetzes der Zuckungen zu, 309; — über dies Gesetz, 336. 337; — Anhänger der Identitätslehre, II (I) 224.
- BENCE JONES, HENRY**, versieht den Verfasser mit Zitterwelsen, II (II) 500.
- BERAUDI**, Versuch Nadeln durch Nerven zu magnetisiren, II (I) 8. 229. 230.
- Bergamottensaft* entwickelt den Strom des Gastrokneuius, II (II) 164.
- Berichtigungsstab* (*barreau compensateur*) nach Melloni, I. 190; — s. auch Melloni.
- BERLINGHIERI**, Zuckung mit gleichartigen Bögen, I. 79.
- BERNSTEIN, JULIUS**, II (II) 500.
- Bertholletia*, s. Pará-Nufs.
- BERTHOLON**, das Leuchten der Blumen elektrisch erklärt, I. 7; — Elektrizität des menschlichen Körpers, 11. Anm.; — hommes-torpilles, 19; — Anhänger der Identitätslehre, II (I) 217; — pflanzliche und thierische Theile nur durch ihren Wassergehalt leitend, II (II) 189.
- Beruhigungsstäbchen* zum Gebrauch am Multiplicator, I. 192. 235.
- BERZELIUS**, Stromvertheilung in einem Stanniolrhombus, 564; — über Lebenskraft, N. 2.
- Beuger und Strecker*, besitzen nach Ritter verschiedene Erregbarkeit, I. 317—321. 371.
- BEVAN**, gegen die Identitätslehre, II (I) 240.
- Bewegungserscheinungen des Muskelstromes*, I. 681; — II (I) 127. 142. 155. 180; — *des Nervenstromes*, 284. 287. 550—557. — S. auch Elektrotonischer Zustand und negative Schwankung des Nervenstromes.
- BIBRON**, s. Duméril.
- Biceps*, M., vom Frosch, Strom zwischen schnigen Enden, I. 497; — Rolle bei der Präparation zur paradoxen Zuckung, II (I) 546.
- BIDDER**, Versuch die Nn. hypoglossus und lingualis zur Verwachsung zu bringen, II (I) 572.
- Bierwürze*, angeblicher elektrischer Strom bei deren Gährung, I. 8.
- Bimsstein*, innerlich polarisirbar, II (II) 433. 477; — Wasseraufnahme von Bimsstein und Kreide verglichen, 494. 495.
- BIOT, JEAN-BAPTISTE**, Wiederholung von Galvani's erstem Versuch in rationeller Form, I. 34; — Zuckung ohne Metalle, 98. 99; — Streichen von Magneten, 167. Anm. 2; — Vertheilung des Stromes in nicht prismatischen Leitern, 565.
- BISCHOFF, THEOD. LUDW.**, Bericht über des Verfassers „Vorläufigen Abrifs“, I. 538; — Versuch an einem Enthaupteten elektrische Wirkungen von den Nerven zu enthalten, II (I) 231. Anm. 236. 237.
- Bittererde-Teig*, innerlich unpolarisirbar, II (II) 434. 474; — nimmt auch durch Druck keine innere Polarisirbarkeit an, 479.
- BLAKE, JAMES**, angeblicher elektrischer Strom durch den Vegetationsprocess in einem Blatt, I. 10; — beim Gähren von Bierwürze, ebenda.
- Blasenpflasterwunden*, Humboldt's Versuche daran, I. 284; — Versuche von Mi-

- chaelis, 354; — die Wunden positiv gegen unversehrte Haut, II (II) 269 (s. auch Wundenstrom); — gegen die Mundschleimhaut, 275; — zur Beseitigung des Widerstandes der Oberhaut bei den Versuchen über die Nadelablenkung durch willkürlichen Tetanus, 304. 308. 364—370; — angebliche Umwandlung ihres Secretes durch Galvanisiren nach Humboldt, 370. Anm.
- Blatt*, angeblicher elektrischer Strom beim Vegetationsprocess darin, I. 10.
- Blattstiele* von Rheum und Angelica innerlich polarisierbar, II (II) 437; — deren elektromotorische Wirkung, 438. Anm. 1.
- Blausäurevergiftung*, ohne deutlichen Einfluss auf den *Muskelstrom*, II (I) 173.
- Blindschleiche*, *Muskelstrom* daran, I. 523.
- Blitz*, dessen Discontinuität, I. 41; — das Blut eines vom Blitz Erschlagenen nicht gerinnend, II (I) 160. Anm.; — mögliche Art die Richtung des Stromes darin zu bestimmen, II (II) 496; — Leichen vom Blitz Erschlagener schneller faulend, N. 35. — S. auch elektrischer Rückschlag.
- Blitzrad*, s. Unterbrechungsrad.
- Blumen*, deren scheinbares Leuchten in der Dämmerung, I. 7. 8. N. 4.
- Blut*, dessen angebliche Elektrizität, I. 22; — Flüssigkeitskette aus Blut und Wasser, 486. 487. II (II) 274; — Blut entwickelt nicht den Strom des Gastromemius, II (II) 64. 70. 164.
- Blutkuchen*, innerlich unpolarisierbar, II (II) 436; — s. auch Faserstoff.
- Boccuccia*, muthmaßliche Bezeichnung des Nervenquerschnittes bei Galvani, I. 85; — II (I) 273. — S. auch N. 22.
- BOETTICHER, Berliner Mechaniker, II (I) 341.
- BOETTICHER und HALSKE, I. LII; — 200. 450. 452. 453. 457; — II (I) 121. 125. 130. 134. 135. 395. 477; — II (II) 83.
- DU BOIS-REYMOND (FÉLIX-HENRI), I. LV.
- BOISSIER, s. Sauvages.
- BOLL, FRANZ, N. 15.
- Bombinator igneus*, s. Feuerkröte.
- BONIJOL, Verfertiger von Multiplicatoren in Genf, II (I) 249. 479. Anm.
- BONNEFOY, Anhänger der Identitätslehre, II (I) 217.
- BONNET, sein Verhältniß zur Identitätslehre, II (I) 210. 217.
- BORELLI, mechanische Theorie des Zitterfisch-Schlages, I. 54. Anm.; — in seinen Muskelschematis springt die Gleichbedeutung der seitlichen Enden der Muskeln mit natürlichem Querschnitt in die Augen, 538. 539.
- BOWMAN, Bau des Muskelprimitivbündels, I. 544. 545. Anm. 664. 670.
- BRACHET, Abänderung von Wilson Philipp's Versuch, II (I) 212.
- BRANDE, elektrische Theorie der Absonderungen, I. 27.
- BRANDIS, J. D., Anhänger der Identitätslehre, II (I) 219.
- BREGUET, d. j., Froscharbeitsmesser, I. 281; — Induction im offenen Kreise, s. Masson.
- BRESCHET und H. MILNE EDWARDS, Abänderung von Wilson Philipp's Versuch, II (I) 222. 226.
- Brodkrume*, versagt die Nobili'schen Thonthermostrome, II (II) 202; — schwach innerlich polarisierbar, 439.
- BRUCH, C., Antikritik seiner Kritik der Brücke'schen Theorie der Todtenstarre, II (I) 159. Anm.
- BRÜCKE, ERNST, strychninisirte Thiere schneller erstarrend, II (I) 30. 163. 164. 172; — Theorie der Todtenstarre, 156 bis 159; — präparirt die Iris, 201; — hilft bei dem Elektrotonusversuch an beiden Enden des Nerven, 302; — mit Joh. Müller über freie Nervenendigungen in den Muskeln, 582; — Diffusion durch eine dünne Ölschicht, N. 33.
- Brustgefäfs* in Versuchen am menschlichen Körper, II (II) 234.
- BRYDONE, elektrisches Frauenzimmer, I. 17. 18.
- BUFF, Verstärkung der Nadelablenkung durch willkürlichen Tetanus bei säulenartiger Verbindung mehrerer Personen, II (II) 299. 315; — über Pflanzenströme, 438. Anm.
- Bufo aqua*, II (I) 590.
- Bufo spec.*, s. Kröte.
- Bullfrog*, II (I) 590.
- BUNIVA, angebliche Elektrizität des Blutes, I. 24.
- BUNZEN, Erfinder der Froschsäule, I. 100. 105. Anm.; — behauptet die isolirende Beschaffenheit der Nervenhiillen, II (I) 276.
- Bussolle*, Wiedemann'sche *Spiegel-*, II (II) 450.

C.

- CABANIS, Anhänger der Identitätslehre, II (I) 219.
- CALDANI, MARCO ANTONIO, älteste Beobachtung von Froschzuckungen durch Elektrizität, I. 34. Anm. 2; — auch tetanischer, II (I) 411. Anm. 1 N. 32; — bekämpft die Identitätslehre, II (I) 214.

- CALDANI, FLORIANO, Neffe des Vorigen, Galvanist, II (I) 179. Anm. 3. N. 32. 33.
- CALLAN, Lackiren der Aussenseite von Zinken, II (II) 397.
- CAPITAINE, erweitert Nobili's thermoëlektrische Theorie des Froschstromes, I. 107.
- CARNOT, SADI, I. XLV.
- CARRADORI, der elektrische Geschmack bei centrifugalem Strom, I. 339.
- CARTESIUS, s. Descartes.
- CASSINI, JEAN-DOMINIQUE, (IV), Homme-Torpille, I. 18.
- Castraten, Widerlegung ihrer angeblichen Immunität gegen den elektrischen Schlag, II (II) 190. 191 Anm. 10.
- CAVENDISH, Lord HENRY, eine Flasche schlägt schwächer als vier halb so stark geladene, I. 290; — Nachahmung der Wirkungen des Zitterrochen durch Elektrizität, 563; — Gesetz der Stromverzweigung, und Ausbreitung des Stromes in nicht prismatischen Leitern, 563—564; — elektrische Natur des Zitterfisch-Schlages, II (I) 216; — der menschliche Körper viel schlechter leitend als Metalle, II (II) 189.
- Cavia cobaya*, s. Meerschweinchen.
- CAVALLO, TIBERIO, Erklärung der freien Elektrizität des menschlichen Körpers durch Reibung der Kleider, I. 13; — Kälte den galvanischen Reizversuchen nicht hinderlich, II (II) 30. 31. Anm. 6.
- Centralnervensystem, Nervenstrom daran, II (I) 257—260; — dessen Bewegungserscheinungen, 603. 604.
- CHAPPE, Zuckung mit gleichartigen Bögen, I. 79. — S. auch Commission.
- Chemische Hypothese über den Ursprung des Volta'schen Stromes, I. 131. 132. Anm.
- Chronoskop von Pouillet, I. 411. 412.
- CIMA, ANTONIO, galvanische Zuckungen minder leicht erfolgend bei Gegenwart der Centralgebilde, II (I) 563; — Muskelstrom am enthäuteten lebenden Thiere, II (II) 2; — Theorie des Muskelstromes, 6; — Muskelstrom erkalteter Frösche, 30; — vergleichsweise Stärke des Frosch- und Muskelstromes, 120—123; — angeblicher Einfluss der Temperatur auf den Froschstrom, 136; — des Ausschneidens von Herz und Lungen, 139; — Rolle der Salzlösung bei der Zuckung ohne Metalle, 160; — Fehlerhafte Erklärung des Umstandes, dass der Strom des natürlichen Querschnittes mehr als der des künstlichen unter gewissen Einflüssen leidet, 166—169; — läugnet die Nadelablenkung durch willkürlichen Tetanus, 319. 320; — N. 45.
- Citronensaft, entwickelt den Strom des Gastroknemius, II (II) 164.
- CLAPEYRON, I. XLV.
- CLOËZ, s. Gratiolet.
- COLLADON und STURM, Einfluss des Drucks auf das Leitvermögen von Flüssigkeiten, II (I) 82. 83.
- Collodium, als isolirender Überzug für Hautflächen, II (II) 221. 232. 239. 269. 273. 282. 373.
- Coluber natrix*, s. Ringelnatter.
- Columba, s. Taube.
- Commissionen, ältere electrophysiologische der Pariser Akademie (beziehungsweise des National-Instituts): 1. zur Prüfung von Valli's Versuchen, vom Sommer 1792 (Vicq-d'Azyr, Coulomb u. A.), I. 309; — 2. für Festsetzung der Phänomene des Galvanismus, vom Frühjahr 1797 (Coulomb, Fourcroy, Vauquelin, Hallé u. A.), I. 253. Anm. 269. 315. 365. II (I) 166. Anm. 174. 175. Anm. 5; — 3. zur Berichterstattung über Volta's Entdeckungen, vom Winter 1801/2 (Laplace, Coulomb, Hallé u. A.), I. 367. Anm. 2; — 4. zur Prüfung von Aldini's Versuchen, vom Herbst 1803 (Hallé, Biot), I. 98. 99.
- Commission der Société philomatique, zur Prüfung der Versuche Galvani's und Valli's, vom Frühjahr 1793 (Chappe u. A.), I. 79, II (I) 109 Anm.
- Commission d'Electro-physiologie der Académie des Sciences, zur Berichterstattung über des Verfassers Versuche, vom Frühjahr 1850 (Magendie, Becquerel, Despretz, Rayer, Pouillet), II (II) 320. — N. 51.
- Compensationsmethode überhaupt, I. 243 bis 245; — bei thierisch-elektrischen Versuchen, 245—250; — Bedenken gegen ihre Anwendbarkeit zur Eliminirung des Widerstandes in solchen Versuchen, 723—728; — deren Beseitigung durch Helmholtz, II (II) 500.
- Complémentäre Zuckungen (unipolare), I. 431; — Phasen in Elektrotonusversuchen, II (I) 301. 306. 314.
- Compressorium, s. Muskelcompressorium.
- COMUS, Elektrirmaschine aus getrockneten Nerven, I. 11. 12; — II (I) 216; — II (II) 189.
- Concentration, Ströme wegen ungleicher, I. 216.
- CONFIGLIACHI, PIETRO, Schüler Volta's, Herausgeber seiner Abhandlung: l'Identità ec., I. 36. 93. 314. 315. Anm. 4.

- Contact-Theorie* des Volta'schen Stromes, I. 36. 131 Anm. 3.
- Contractiles Gaumenorgan* der Cyprinoïden, dessen Muskelstrom, II (I) 198. 199.
- Contraction*, s. Zuckung.
- Contraction induite* Matteucci's, s. secundäre Zuckung.
- Cornelkirsche*, Volta's Versuche mit deren Saft, II (II) 164.
- Corrente diretta e corrente inversa*, *Courant direct et courant inverse*, s. ab- und aufsteigender Strom.
- Corrente propria della rana Nobili's*, *Courant propre de la grenouille* Matteucci's, I. 104; — s. Froschstrom.
- COTTIN, ANGÉLIQUE, angeblich elektrischer Wirkungen fähig, I. 22. N. 9.
- COTUGNO, DOMENICO, angeblicher elektrischer Schlag von einer Maus, I. 18. 40.
- COULOMB, Moleculartheorie des Magnetes, I. 679 Anm.; — s. auch Commissionen.
- CRÈVE, Galvanist in Mainz, Unterband in Reizversuchen, I. 253 Anm.; — Einfluss erhöhter Temperatur auf die Muskelreizbarkeit, II (I) 179; — elektrischer Schläge auf dieselbe, 181. 182; — seine Schriften, N. 27.
- CHRISTIANI, ARTHUR, s. irreciproke Leitung.
- CUNNINGHAM, Anhänger der Identitätslehre, II (I) 234.
- Curven*, Darstellung von Vorgängen und Gesetzen in Curven, I. xxvi. N. 1.
- Curven am Multiplicator*: Sinuscurve der einlenkenden Kräfte des Erdmagnetismus, I. 178. II (I) 488; — (störende) Curve der ablenkenden Kräfte der Drahtmassen, I. 179. II (I) 488; — aus beiden resultirende Curve, I. 191; — Curve der berichtigenden Kräfte und neue Curve der einlenkenden Kräfte, II (I) 488 ff. — Intensitätencurve der Multiplicatoren, I. 197.
- Curven* bei Verbreitung des Stromes in nicht prismatischen Leitern: isoelektrische, Strömungscurven und Curven gleicher Dichte, I. 572.
- Curve der Spannweiten* am Muskel, I. 695. II (I) 265.
- Curve der Stromstärken* am Muskel, I. 634; — am Nerven, II (I) 264.
- Curve des elektrotonischen Zuwachses*, II (I) 317. 318; — muthmaßlicher Verlauf zwischen den Elektroden, 327. 354.
- Cutaneus femoris*, M., vom Frosch, s. Rectus internus.
- CUVIER, Synonymik der Froschmuskeln, I. 496—498.
- Cylinder*, zwischen seinen Grundflächen bei gleichem Inhalt der Körper geringsten Widerstandes, II (I) 79.
- Cylindrisches Muskelschema*, I. 619—640.
- Cyprinus tinca*, s. Schley.
- CZERMAK, Bau der Froschhaut, II (II) 18 Anm.

D.

- Dachziegel*, innerlich polarisirbar, II (II) 433.
- DANIELL, Grenze der Polarisation des Platins, I. 239; — Einfluss des Drucks auf den Widerstand von Elektrolyten, II (I) 82.
- Darm*, Strom seiner Wandungen, II (I) 200; — des Schleyes, 200. 201; — des Karpfens, 201.
- DARWIN, ERASMUS, elektrische Theorie der Muskelzusammenziehung, II (I) 6.
- Daucus carota*, s. Mohrrübe.
- DAVID, vermeintliche elektrische Wirkung thätiger Nerven, II (I) 230. 231.
- DAVY, HUMPHRY, schlechte Leitung zuckerhaltiger Flüssigkeiten, II (II) 61; — Leitung durch lebende thierische Substanz, 189; — wandernde Ionen nicht auf Reagenspapier wirkend, 419 Anm.
- DAVY, JOHN, läugnet die saure Reaction des Krötengiftes, II (II) 17 Anm. 2. N. 46.
- Deckung der Ströme*, s. Superposition.
- VAN DEEN, J., Anatomie des Wasserfrosches, II (I) 445 Anm.; — Versuch über doppelsinnige Leitung in den Nerven, 576; — bestätigt Magendie's rückläufige Empfindlichkeit, 584.
- Dehnung des Gastrocnemius* bis zur Unbeweglichkeit bei der Zusammenziehung, Erscheinungen dabei, II (I) 68 bis 72; — Einfluss der Dehnung auf die Muskelstromkraft, 132—134; — derselbe im paralektronomischen Zustande, II (II) 158.
- Dell' Uso e dell' Attività ec.*, Galvani's anonyme Streitschrift gegen Volta, I. 32. 61. 62. N. 14.
- DESCARTES, bei Haller über das Nervenprincip, II (I) 211.
- DESPINA und ZABÉTULA, angeblich elektrische Mädchen in Smyrna, I. 21.
- DESPRETZ, falsche Ströme beim willkürlichen Tetanus, II (II) 310. 311; — Luftströmungen unter der Multiplicatortorglocke, 312; — Mitglied der Commission d'Electrophysiologie, II (II) 320.
- Destillirtes Wasser*, in Versuchen über innere Polarisation, II (II) 434. 465.
- Diagometer* von Rousseau, II (I) 111 Anm.

Dichte der freien Elektrizität ($q:s$), deren Einfluss auf die Stärke des Schlages, I. 270. 271. 289—292. — S. auch Stromdichte.

DIECKHOFF, s. Joh. Müller.

Differentialinductor, I. 413. 434.

Dipolar elektromotorische Molekeln, I. 683. II (I) 322.

Discs, Bowman's, I. 544 Anm. 545.

DONNÉ, ALEXANDRE, elektrische Ströme bei Äpfeln, Birnen u. d. m., I. 9. 10; — II (II) 438 Anm.; — elektrochemische Strömungen zwischen sauer und alkalisch reagirenden Secretionsorganen, I. 4. 5. 26. 111. 112. 487—490. II (II) 275; — Theorie der Zuckung ohne Metalle, I. 115. 116; — bestätigt Matteucci's Contraction induite II (I) 15.

Doppelnadel, astatische, Ampère's, I. 103; — vollständig abgehandelt, 165—173; — des Nervenmultiplators, II (I) 483. 484.

Doppelsinnige Ablenkung Poggendorff's, II (I) 44. 45. 421. 430. 439.

Doppelsinnige Leitung der Nervenfasern für das Nervenprincip, Geschichte, II (I) 570—587; — dieselbe thatsächlich erwiesen, 587—591; — Beziehung zum Gesetze der Zuckungen, 591—594.

Doppelzackenrad, ein rohes Differentialrheotom, II (I) 125.

DOVE, H. W., Discontinuität der Blitze, I. 41; — Anwendung der Compensationsmethode im Gebiet der Inductionselektrizität, 245; — allgemeines Gesetz der elektrischen Nervenregung, 264; — „man fühlt die Abscisse“, 270; — Versuche am Differentialinductor über magnetoöktrische Ströme, die einander am Galvanometer, aber nicht physiologisch compensiren, 413—416; — physiologische Interferenzerscheinung, 421; — Saxton'sche Maschine, II (I) 398; — Disjunctur, 405; — Multipliator mit langem Draht, 479.

Dreieckige Glasplatte, I. 495. 496.

Druck auf die Elektroden, dadurch erzeugte Ströme, und deren Rolle bei den fehlerhaften Versuchen über die Multipliatorablenkung durch willkürlichen Tetanus, II (II) 321—331.

Drüsenströme, II (I) 202. 203; — 204 bis 206; — an der Froschhaut, II (II) 17. 18.

DUCROS, angebliche Multipliatorablenkungen durch geistige Vorgänge, II (II) 312.

DUGÈS, Synonymik der Froschmuskeln, I. 496—498; — Lymphräume des Frosches, II (II) 177.

DUMAS, bestätigt Matteucci's contraction

induite, II (I) 15; — s. Prévost und Dumas.

DUMÉRIL, schreibt Swammerdam einen galvanischen Versuch zu, I. 43—46; — et BIBRON, Verfasser der *Erpétologie générale* etc. II (I) 302 Anm.

Dynamisches Gleichgewicht der Elektrizität nach Smaasen, I. 571.

E.

ECKHARD, C., II (II) 16. 500.

EDWARDS, H. MILNE, s. Breschet.

EDWARDS, WILLIAM-FRÉDÉRIC, Versuch zur Unterstützung der Prévost-Dumas'schen Theorie der Zusammenziehung, II (I) 227.

Eidechse, Zuckung ohne Metalle von Humboldt daran beobachtet, I. 77; — deren Eigenstrom, 471; — Muskelstrom, 523; — Nervenstrom, II (I) 260.

Eigenstrom des Frosches nach Matteucci, I. 542; — s. Froschstrom.

Eigenstrom zwischen symmetrischen, unversehrten, gleichzeitig benetzten, gleich warmen und gespannten Hautstellen des menschlichen Körpers, II (II) 203 bis 206. 260. 376.

Eileiter vom Frosch, Strom daran, II (I) 201; — Bewegungen der Tuben, ebenda Anm.

Einschleichen in den Säulenkreis nach Ritter, I. 266. 267.

Eis zeigt keine innere Polarisation, II (II) 434.

Eiweiß (Hühnereiweiß), entwickelt schwach den Strom des Gastroknemius, II (II) 49. 54. 58. 59. 60; — geronnenes, innerlich polarisierbar, 435.

Eiweißhäutchen, I. 223.

Elastisches Gewebe, s. Aorta und Nackenband.

Elektrizität von Aalen, Ratten und Katzen, I. 18; — des Blutes in Krankheiten, 24.

Elektrizitätsmenge, Einfluss auf die Stärke des Schlages der Leidener Batterie, 289—292.

Elektrische Atmosphärenwirkungen, s. elektrischer Rückschlag.

Elektrische Dame zu Orford, I. 19; — N. 8.

Elektrische Mädchen aus Smyrna, I. 21. *Elektrischer Rückschlag* Lord Mahon's, erklärt Galvani's ursprüngliche Wahrnehmung, I. 33. 34; — Zuckungen von Froschmuskeln durch den Rückschlag bei Gewitter, 41.

Elektrische Schläge, deren Einfluss auf die Reizbarkeit und den Strom der Mus-

- keln, II (I) 181—182. N. 35; — der Nerven, 287.
- Elektrische Sinneswahrnehmungen*, s. unter den einzelnen Sinnen.
- Elektrische Theorie der Secretion*, s. Absonderung.
- Elektrische Theorien der Muskelzusammenziehung*, II (I) 3—11.
- Elektrisirung der Spinnen*, I. 22. 23. N. 10.
- Elektrisirung, angeblich freiwillige, des menschlichen Körpers*, I. 10—22. N. 6.
- Elektrochemische Methode* zum Nachweis der thierisch - elektrischen Ströme, I. 439—444.
- Elektrochemische Strömungen zwischen Secretionsorganen*, s. Absonderung.
- Elektrodifusion*, II (II) 440.
- Elektrolyse*, ohne dieselbe keine feuchte Leitung, I. 419. II (I) 390; — galvanische Reizung erste Stufe der Nerven-Elektrolyse, 387.
- Elektromagnetische Dame*, II (I) 227. N. 37.
- Elektromotorische Fische*, I. LIV; — 25. 34; — Borelli's mechanische Theorie ihrer Wirkung, 54 Anm.; — angebliche Ähnlichkeit ihrer Schläge mit der thierischen Elektrizität nach Galvani, 82; — Identificirung ihrer Organe mit der Säule durch Volta, 92; — ihre Elektrizität nach Becquerel im Gehirn entwickelt, 114; — Matteucci bemächtigt sich dieser Theorie, 118. II (I) 241; — Schlag der Zitterfische nach Valentin senkrecht auf die elektrischen Nerven, I. 154 Anm.; — Methode des Anlegens metallischer Elektroden bei den elektromotorischen Fischen gestattet, 212; — warum sie nicht mit beständig wirkenden elektrischen Vorrichtungen versehen sind, 271. 272; — ihre Betrachtung führt Cavendish, Volta und Faraday zur Untersuchung der Stromvertheilung in nicht prismatischen Leitern, 563. 564. 566. 578; — Theilbarkeit des elektromotorischen Organs, 680; — elektroskopische Wirkungen der elektromotorischen Fische, 691; — Humboldt's und Gay-Lussac's Schüsselversuch, II (I) 15; — pseudo-elektrische Fische, 207; — Galvani führt den Gebrauch des stromführenden Froschschenkels bei Versuchen am Zitterrochen ein, 207; — angebliche Endschlingen in den elektromotorischen Organen, 533.
- Elektromotorische Insecten und Anneliden*, I. 25. 26. N. 11.
- Elektromotorische Muskelmolekeln*, I. 682; — ihre Kraft viel gröfser als die Muskelstromkraft, 687.
- Elektroskopische Wirkungen an thierischen Elektromotoren*, I. 691; — ältere Angaben meist auf Mißverständniß beruhend, 691. 692; — es gelingt nicht dergleichen zu beobachten, 693—694.
- Elektrotonischer Zustand*, der Materie überhaupt nach Faraday, I. 302; — der Nerven, erste Darlegung, II. 289—294; — nicht auf Stromschleifen beruhend, 294—298; — Nervenstrom dadurch umgekehrt, 299; — complementäre Phasen an beiden Enden des Nerven, 300—303; — bei Ableitung von Längsschnittspunkten, 304—308; — genauere Zergliederung, 308—320; — Theorie, 320—329; — weder die Muskeln noch andere feuchte Leiter zeigen Ähnliches, 329—331; — der elektrotonische Zuwachs der Stromdichte proportional, 327. 333—337. 416—423. N. 42; — wächst mit der Länge der erregten Strecke; 337—350; — Zuwachs durch zwei Ströme, 350—354; — erregte Strecke vermuthlich in der Mitte am stärksten polarisirt, 354; — bei querer Durchströmung, 354—359; — Abhängigkeit des Zuwachses von der Länge der ableitenden Strecke, 359—363; — der abgeleiteten Strecke, 363—367; — vom Querschnitt, 368—371; — relative Gröfse der Zuwachse, 371—378; — Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit, 379—382; — Verharren in der einen Phase stumpft gleichmäfsig die Empfänglichkeit für beide Phasen ab, 382—383; — physiologische Bedeutung des elektrotonischen Zustandes 383—389; — dieser Zustand verschieden vom Bewegung und Empfindung vermittelnden Vorgange, 385; — Erscheinungsweise bei unterbrochenem Strome, 390—412; — Elektrotonisirung des Nerven durch den eigenen Strom, 544; — elektrotonischer Zustand von einem Theile des Nervensystemes aus im anderen erzeugt, 604 bis 608; — schon bei Nobili ist von elektrotonischem Zustand der Froschpräparate die Rede, aber in anderem Sinne, N. 40; — s. ferner secundären elektrotonischen Zustand.
- Elektrotonus*, s. elektrotonischer Zustand.
- Elfenbein*, innerlich polarisierbar, II (II) 439.
- ELIAS, Streichen von Magneten mittels des galvanischen Stromes, II (I) 484. Anm. 2.
- ENGELHARDT's Versuch am Rückenmarke, I. 326.
- ENGELMANN, II (II) 500.

- Enthäutung des Frosches*: lebende Frösche enthäutet zeigen nach Matteucci nach 6—8 Stunden einen schwächeren Strom als unversehrte, II (i) 176; — der Strom des enthäuteten Frosches nach Wiederüberziehen der Haut stärker als vor dem Enthäuten, II (ii) 24; — Erklärung dieses Verhaltens, 173—179.
- Entwickelnde Flüssigkeiten*, d. h. solche, welche die Negativität des natürlichen Querschnittes erhöhen: II (ii) 56—60, leitende; — 60—62, nicht leitende Flüssigkeiten der Art; — sie kommen darin überein, daß sie die Muskelsubstanz angreifen, 62—64.
- Epidermis*, s. Oberhaut.
- ERDL**, elektrisches Organ des Gymnarchus niloticus II (i) 207.
- Erdmolch*, dessen Eigenstrom, I. 471; Muskelstrom, 523; — am Herzen, II (i) 199; — Nervenstrom, 261; — Hautströme, II (ii) 16; — Reaction des Hautsecrets, 17. N. 46.
- Erfrieren des Muskels*, seinen Strom vernichtend, II (i) 181; — merkwürdiger Mittelzustand erfrorener Muskeln, aus welchem sie aufgethaut lebend hervorgehen, II (ii) 33. N. 47.
- ERMAN, PAUL**, Volumänderung der Muskeln bei der Zusammenziehung, I. 44; — über die Art, wie Volta die Säule entdeckte, 91; — Versuch die Zuckung ohne Metalle nach dem Grundsatz der Zamboni'schen zweigliederigen Säule zu erklären, 100. 101; — allgemeines Gesetz der elektrischen Nervenregung, 263; — Zuckung durch Herstellung einer Schlinge am durchflossenen Nerven, 268; — über die subjective elektrische Gehörwahrnehmung, 285; — über das Gesetz der Zuckungen und Theorie der Öffnungszuckung, 334—336. II (i) 387; — Leitung des Stromes durch die Havel, I. 567; — Vergleich der Muskelzusammenziehung mit den elektrochemischen Bewegungen der Flüssigkeiten, Unterbrochenheit der Zusammenziehung und Muskelgeräusch, II (i) 7. (ii) 387.
- Erregte Nervenstrecke* (bei Elektrotonusversuchen), II (i) 294.
- Erscheinungsweise, allgemeine, der thierisch-elektrischen Ströme am Multiplikator*, I. 234 ff.
- Erschütterung polarisirter Elektroden*, dadurch verursachte Ströme, s. Schüttelversuch.
- Erstickung von Fröschen in ausgekochtem Wasser* schwächt nach Matteucci den Muskelstrom, II (i) 175. 176.
- Esox lucius*, s. Hecht.
- Essigaether*, dessen Leitvermögen, II (ii) 61; — entwickelt den Strom des Gastroknemius, 62.
- Essiggeist*, s. Aceton.
- Essigsäure*, entwickelt den Strom des Gastroknemius, II (ii) 57; — als Glied von Flüssigkeitsketten, 270. 271; — ihr Leitungswiderstand, 271 Anm. 1.
- EULER, LEONHARD**, Anhänger der Identitätslehre, II (i) 217.
- Exaltation und Depression der Erregbarkeit* nach Ritter, I. 370. 371.
- Extensor cruris*, s. Unterschenkelstrecker.
- Extracurrent*, s. Gegenstrom.

F.

- FABRÉ-PALAPRAT**, Jod elektrolytisch durch den lebenden menschlichen Körper geführt, I. 441.
- Facettenförmige Endigung* der Primitivmuskelfaser an den Sehnen, II (ii) 58. 110.
- Fäulniß*, angeblich durch Electricität beeinflusst, I. 108.
- FARADAY, MICHAEL**, feste elektrolytische Action, I. 199; — Erschütterung polarisirter Elektroden, 212. 268. II (i) 190; — elektrotonischer Zustand der Materie, I. 302. II (i) 388. 389; — Jodkaliumlösung zur Bestimmung der Stromrichtung, I. 442; — Strömungskurven des Gymnotus, 566; — neigt zur Identitätslehre, II (i) 238; — Ketten aus Einem Metall und Einer ungleich erwärmten Flüssigkeit, II (ii) 207 Anm.; — geschmolzener Eisessig leitet nicht, 271 Anm. 1; — elektromotorisches Verhalten bewegter Metalle gegen ruhende in verschiedenen Elektrolyten, 326. 328. N. 52; — Ausscheidung von Ionen an Luft und Wasser, 419 Anm.; — Kapsel aus Platinblech bei der Fabrication von schwerem Glas, 435.
- Farbenringe Nobili's*, I. 566; — deren Theorie, 568. 575—577.
- Faserstoff*, durch Schlagen des Blutes erhaltener, innerlich polarisierbar, II (ii) 435. 436. 478; — s. auch Blutkuchen.
- FECHNER, GUSTAV THEODOR**, sein „Lehrbuch des Galvanismus und der Elektrochemie“, I. xxiv. II (i) 229; — Elektrisirung der Spinnfäden, I. 23; — durchschaut zuerst die Wichtigkeit des Froschstromes, 107; — über Ketten aus flüssigen Leitern, 135; — Galvanometer mit auf die Windungen senkrechter Nadel, 197; — über Flüssig-

- keitsketten, 204 Anm.; — Herstellung gleichartiger Platinplatten, 206; — Einfluss des Widerstandes des Kreises auf die Kraftabnahme unbeständiger Ketten, 207; — Erschütterung polarisirter Elektroden, 212. II (I) 190; — Experimentum crucis gegen die chemische Hypothese vom Ursprung des galvanischen Stromes, I. 244. 245. 703; — Urtheil über Ritter's subjective Versuche, 342; — als Anhänger der Identitätslehre vergleicht er die Nerven besponnenen Drähten, II (I) 229. 234. 276; — Proportionalität zwischen Elektromagnetismus und Stromstärke, II (I) 420; — Multiplicator mit langem Draht, 479 Anm. 1; — Säure-Alkali-Kette, II (II) 19; — elektrisches Verhalten des Platins in saurer und alkalischer Flüssigkeit am Condensator geprüft, 331; — elektromotorisches Verhalten ungleichzeitig in Kochsalzlösung getauchten destillirten Zinks, ebenda; — Walker'sche Röhren zum Gebrauch bei Flüssigkeitsketten, (II) 404; — über Rosenschöld's Ladung von Halbleitern, 470.
- Feilspäne*, ein in ein Gemenge von Kupfer- und Zinkfeilspänen gebetteter Muskel stirbt bald, II (II) 68.
- Feuchte Kammer*, I. 217—219.
- Feuerkröte*, Hautströme daran, II (II) 16.
- FICK, ADOLPH, unterstützt den Verfasser bei Anstellung des Tourniquet-Versuches, II (II) 361. 362; — 500.
- Fingergefäße* in Versuchen am menschlichen Körper, II (II) 219.
- Fische* haben keine Hautströme, II (II) 16. 17.
- Flache Erregerpaare*, 596—616; — paradoxe Erscheinung daran, 600; — Poggendorff's Erklärung derselben, 611.
- Flamme*, Leitung durch dieselbe, II (I) 492. 561 Anm.
- Fleoren* und *Extensoren*, s. Beuger und Strecker.
- Fließpapier*, s. Papier und Bäusche.
- FLOURENS, bestätigt Matteucci's Contraction induite, II (I) 15; — vermeintliche Anziehung der Stümpfe durchschnittener Nerven, 226 Anm. 3; — Zusammenheilen von Nerven, 572.
- Flüssigkeitskette aus Blut und Wasser*, I. 486. 487; — aus Essigsäure und verschiedenen anderen Flüssigkeiten, II (II) 270. 271.
- Fluschkrebs*, Muskelstrom daran, I. 523. 524; — Nervenstrom an dessen Bauchganglien, II (I) 260; — Nervenstrom überhaupt, 261.
- FÖRSTEMANN, Verfahren durch Ableitung von Stromzweigen die Stromvertheilung in nicht prismatischen Leitern zu erforschen, I. 565. II (I) 228.
- FOLCHI, angebliche elektromotorische Wirkung zwischen weißer und grauer Substanz des Rückenmarkes, II (I) 234. 235.
- FONTANA, FELICE, schädlicher Einfluss langer Dehnung der Muskeln auf ihre Reizbarkeit, II (I) 70. 71; — des Aufenthaltes im Recipienten der Compressionspumpe, 136; — gegen die Identitätslehre, 214; — bekehrt sich später zu derselben, 217; — fällt wieder ab, 218; — Fontana'sche Bänderung der Nerven, II (I) 359. 380.
- FOURIER, Fundamentalgleichung für die stationäre Wärmebewegung, I. 571.
- FOWLER, RICHARD, Gesteigerte Empfindlichkeit des physiologischen Rheoskopes beim Hindurchleiten des Stromes durch die Nerven, I. 252 Anm.; — hat einer der ersten die Öffnungszuckung bemerkt, 310; — Verengung der Pupille bei elektrischer Sehnervenirregung, 353; — paradoxer Versuch, 359 Anm.; — Öl ein Nichtleiter des Galvanismus, II (I) 111 Anm. 1; — isolirende Beschaffenheit der Nervenhüllen, 275; — gegen Valli's Angabe über die Wirkung der Kälte bei galvanischen Reizversuchen, II (II) 30 Anm.; — FOWLER'S Schrift im Original, N. 21.
- FRANKLIN, BENJAMIN, Anhänger der Identitätslehre, II (I) 217.
- Fringilla domestica*, s. Sperling.
- FRICTSCH, GUSTAV, anatomisch-zoologische Studien über Zitterfische, II (II) 503.
- Front*, Zinkfront, Kupferfront der schematischen Molekelmodelle, I. 644 ff.
- Frosch* (*Wasserfrosch*), der Physiologie durch Swammerdam entdeckt, I. 46; — das „absolute Organ“ der organischen Physik, 458. 473; — Art die Frösche aufzubewahren, trockne und nasse Methode, Froschseuche, 458. 459. II (I) 169. 170; — Leistungsfähigkeit angeblich größer im Süden, II (I) 34; — abhängig von der Jahreszeit, I. 256. 320. II (I) 164; — größte Länge von Duméril und Bibron zu klein angeben, 302 Anm.; — Warnung vor dem Hautsecret des Frosches, II (II) 17 Anm. 2; — Einfluss der Kälte auf den lebenden Frosch, 31—34.
- Froschhaut*, deren Bau, II (II) 18; — auffallende Wirkung in Pfaff's und in Joh. Müller's Versuchen über die Zuckung ohne Metalle, I. 101. 102. 476. II (II) 20; — Secret und chemische Reactionen, 17. 175; — Leitungswider-

- stand verglichen mit dem von Schweinsblase, 20; — elektromotorische Wirkungen, 9—20; — innere Polarisirbarkeit, I. 381. II (i) 441.
- Froschhautklemmen*, I. 456. 457.
- Froschhautströme*, erste Wahrnehmung, II (i) 202; — weitere Untersuchung, II (ii) 9—20; — verglichen mit den Menschenhautströmen, 229. 231.
- Froschschwanz*, Muskelstrom an deren Schwanz, I. 523. 524; — kehrt sich leicht um, II (i) 154.
- Froschröhren*, für Versuche am lebenden Frosche, I. 453—456.
- Froschsäule*, von Bunzen erfunden, I. 100; — von Nobili zur Verstärkung der Wirkung am Multiplicator angewendet, 105. 231; — von Matteucci gewohnheitsmäßig angewandt, 231—233. 479; — an des Verfassers Vorrichtungen minder günstig wirkend, 706.
- Froschschenkel*, *stromprüfender*, Präparation, I. 254. 255; — allgemeine Regeln für dessen Anwendung, 255—258; — Art ihn aufzustellen, 449; — nach Galvani und Volta das empfindlichste Elektroskop, 51. 52. 104. 160. 251. 282. II (i) 116 Anm. 2; — Bestimmung der Stromrichtung mit dessen Hilfe, I. 396; — seine wesentliche Eigenthümlichkeit als Rheoskop, 409 bis 422.
- Froschstrom*, allgemeine Erklärung desselben, I. 28; — Geschichte des *Froschstromes*, 31—156; — von Nobili am Multiplicator nachgewiesen, 104; — und thermoelektrisch erklärt, 106; — elektrochemische Theorie des *Froschstromes*, 115—117; — Strom des Gesamtfrosches, 464—466; — an einzelnen Theilen des Frosches, 468—470; — von einem *Froschstrom* zu reden hat keinen Sinn, 472; — Zuckungen durch den *Froschstrom*, 473—480; — Gesetz der Zuckungen dabei sich kundgebend, 396. 477; — Unabhängigkeit des *Froschstromes* von verschiedenen organischen Systemen, 480. 481; — ist die Resultante der Ströme der das Galvani'sche Präparat zusammensetzenden Muskeln, 518—520. 535.
- Früchte*, elektrische Strömungen darin, I. 9. 10.
- Fruchthalter* vom Kaninchen, Strom daran, II (i) 201.
- Fundamentalversuche* Volta's, I. 88.
- Fußgefäße* in Versuchen am menschlichen Körper, II (ii) 220.
- Fußpunkte* des ableitenden Bogens am Muskel oder seinem Modell, I. 587; — am Nerven, II (i) 265. 309.
- G.**
- GAD, JOH., II (ii) 497 Anm.
- GALVANI, LUCIA nata GALEAZZI, Galvani's Gattin, ihr Antheil an der Entdeckung des Galvanismus, I. 38. 39. N. 16.
- GALVANI, LUIGI, Gesamtausgabe seiner Schriften, I. 32; — sein „Commentar“, 33; — Analyse desselben, 41—50; — Wirkung in der wissenschaftlichen Welt, 50. 51; — Trattato dell' Uso ec. und Supplement dazu, 61—66. N. 14; — Briefe an Spallanzani, 82; — Tod, 87; — Gedächtnisrede von Alibert, 31. N. 12; — von Venturoli, 82; — erste Beobachtungen über Zuckungen durch vertheilte Spannungselektricität, 33—41; — durch atmosphärische Elektricität, 41; — Entdeckung des Galvanismus, 41. 42. 46—48; — Zuckung nur vom Nerven aus, 47. N. 17; — seine thierisch-elektrische (Flaschen-)Theorie, 49. 50; — der nach seiner Angabe zugerichtete Frosch das empfindlichste Elektroskop, 51 Anm. 2. 282; — entdeckt die Zuckung ohne Metalle, 62—66; — vertheidigt sie gegen Volta's Verdächtigungen, 82—87; — beobachtet allem Anschein nach Zuckung durch den Nervenstrom, 84; — Versuche am Zitterrochen, 86; — erkennt die Wichtigkeit des Hindurchleitens des Stromes durch die isolirten Nerven, 252 Anm.; — Zuckung scheinbar ohne Kettenverband, 265; — Reiben der Metalle an einander die Zuckungen hervorlockend, 269; — Unwirksamkeit querer Erregung des Nerven, 297; — Gesetz der Zuckungen, 312; — Theorie der Zusammenziehung, II (i) 6; — Tetanus schnell zugerichteter Frösche, 34; — Öl ein Nichtleiter des Galvanismus, 111 Anm.; — stromprüfender Froschschenkel bei Zitterfischversuchen, 207; — GALVANI der Urheber der Lehre von einer isolirenden Hülle der Nervenröhren, 275; — wahrscheinliche Rolle der Parelektronomie in seinen Versuchen über die Zuckung ohne Metalle, II (ii) 159. 160; — GALVANI's Arbeit über die Vogelniere, N. 13.
- GALVANI'sches *Froschpräparat*, I. 33. 35. 60. 254; — dessen Strom, 466—468; — das ächte und das unächte Galvani'sche Präparat unterschieden, 467. II (ii) 369.
- Galvanismus*, dessen Geschichte, I. 31, und N. 12.
- Galvanometer*, s. Multiplicator.

- Ganglien, Nervenstrom* daran, II (i). 260; — elektrotonischer Zustand und negative Schwankung sich durch sie fortpflanzend, 601—603.
- GARDINI**, angebliche freiwillige Elektrisirung des menschlichen Körpers, I. 13.
- Gasarten*, (O, H, N, CO₂, N₂O) ohne Einfluss auf den Muskelstrom, II (i) 184 bis 187.
- Gastroknemius, M.*, vom Frosch, zuerst eingeführt, I. 498; — Synonymik 497; — Strom zwischen sehnigen Enden, ebenda und 512; — Bau, 501; — am besten geeignet um die negative Schwankung bei der Zusammenziehung zu studiren, II (i) 49; — Bau des Gastroknemius genauer beschrieben, (ii) 349—352.
- GAUB**, angebliche freiwillige Elektrisirung des menschlichen Körpers, I. 17.
- GAUSS**, Dauer verschieden großer Schwingungen der Magnetnadel, I. 190; — Ablenkung durch dieselbe Elektricitätsmenge bei verschwindender Dauer von dieser unabhängig, 410; — mit W. Weber, Magnetometer, 197.
- GAVARRET**, Geschichte des Galvanismus, N. 12.
- GAY-LUSSAC**, mit Humboldt, Schüsselversuch am Zitterrochen, II (i) 15. 105.
- Gefühl, elektrisches*, hält während des Kettenschlusses an, I. 283; — Steigerung zu Anfang und zu Ende des Stromes, 285. 286; — dessen Gesetz im Sinne des Gesetzes der Zuckungen, 354—358.
- Gegenstrom*, Anfangs- und Endgegenstrom in der primären Rolle der Inductorien Ursache der stärkeren physiologischen Wirkung des Endnebenstromes, II (i) 405. 406.
- Gehirn*, s. Centralnervensystem.
- Gehörserscheinung, elektrische*, hält während des Kettenschlusses an, I. 284. 285; — größere Stärke zu Anfang des Stromes, 286; — ihr Gesetz im Sinne des Gesetzes der Zuckungen, 343—345.
- Gelenke*, hauptsächlich Sitz des Schmerzes beim elektrischen Schläge, hypothetische Erklärung dieser Thatsache, I. 286.
- Geruch, elektrischer*, hält während des Kettenschlusses an, I. 285; — größere Stärke zu Anfang und zu Ende des Stromes nicht sicher nachgewiesen, 287; — dessen Gesetz im Sinne des Gesetzes der Zuckungen, 343.
- Geschmack, elektrischer*, von Sulzer und Volta entdeckt, I. 43. 53. 54; — hält während des Kettenschlusses an, 284; — größere Stärke zu Anfang und Ende des Stromes zweifelhaft, 287. 288; — Erörterung ob er von den an den Metallen angesammelten Zersetzungstoffen herrühre, ebenda Anm. und 379; — dessen Gesetz im Sinne des „Gesetzes der Zuckungen“, 339—343.
- Gesetz der Abnahme des Muskelstromes nach dem Tode*, II (i) 148—154; — richtige Reihenfolge der vier Wirbelthierklassen in Bezug darauf, 163; — des Nervenstromes, 282—286.
- Gesetz des Absterbens der Nerven nach Valli und Ritter*, I. 254. 321. 322; — von Matteucci auf die elektrischen Empfindungen übertragen, 322. 323.
- Gesetz der elastischen Dehnungen fester Körper von Hooke und s'Gravesande*, II (i) 66; — der thierischen Gewebe nach Wertheim, ebenda.
- Gesetz der elektrischen Empfindungen*, I. 338—358; — s. die einzelnen Sinne; — vereinigt Gesetz der elektrischen Zuckungen und Empfindungen, 359—362. II (i) 593.
- Gesetz, allgemeines, der elektrischen Nervenregung*, I. 258—262; — daraus sich erklärende Thatsachen aus älterer und neuerer Zeit, 262—272; — Möglichkeit einer genaueren Prüfung desselben, 272—274. 408; — Gestalt des Gesetzes für die Sinnesnerven, 283 bis 293; — Einfluss der absoluten Dichtigkeitsgrenzen, zwischen welchen die Schwankung vor sich geht, 293—295; — der Länge der durchkreisten Nervenstrecke, 295. 296; — des Winkels zwischen der Strömungsrichtung und der Axe des Nerven, 300; — Ähnlichkeit des Gesetzes mit dem der Induction, 300—303; — Vervollständigung des mathematischen Ausdruckes des Gesetzes, N. 28.
- Gesetz, elektromotorisches* Volta's, I. 70. 73.
- Gesetz des Muskelstromes*, I. 498—518; — formulirt, 515—517; — zu dessen Geschichte, 527—552; — vervollkommnete Auffassung und Untersuchung desselben, 624—631; — graphische Darstellung, 634.
- Gesetz des Nervenstromes*, II (i) 251—254; — formulirt, 261—263; — feinere Züge, Erörterung des Gesetzes, 264 bis 268; — Herleitung aus der Molecularhypothese, 268—271.
- Gesetz der Spannweiten* des ableitenden Bogens am Muskel, I. 631; — vergl. Curve der Spannweiten.
- Gesetz der Zuckungen*, allgemeiner Ausdruck desselben, I. 304. 307; — Entdeckung durch Pfaff, xx. 307—313; —

- Ritter's Arbeiten darüber, 313—333; — fernere Bestätigungen, 333—338; — Marianini's vereinigttes Gesetz der elektrischen Zuckungen und Empfindungen, 359—362; — Nobili's Zuckungsgesetz, 363. 364; — Matteucci's, 391 bis 400; — Longet's und Matteucci's verkehrtes Zuckungsgesetz an vorderen Wurzeln und Rückenmarkssträngen, 400—402; — Erörterung des verkehrten Gesetzes, 403—408; — Vereinbarung des Gesetzes der Zuckungen mit der doppelsinnigen Leitung in den Nerven, II (I) 591—594.
- Gesichterscheinung*, elektrische, von Volta entdeckt, I. 55; — hält während des Kettenschlusses an, 284; — größere Stärke zu Anfang und zu Ende des Stromes, 287; — deren Gesetz im Sinne des Gesetzes der Zuckungen nach Ritter, 345—350; — von Purkinje studirt, 350—352.
- Gewebe*, thierische, elektromotorisch gleichartig, s. Gleichartigkeit; — innerlich polarisierbar, II (II) 439—442.
- GERARDI, SILVESTRO, Herausgeber von Galvani's Werken, I. 32; — vertheidigt Galvani wegen seiner Unkenntniß des elektrischen Rückschlages, 35. 36; — unwürdige Parodie der Inschrift unter einem Bildniß Volta's, 36 Anm.
- GIERLICH'S, F. A., Antikritik seiner Kritik der Brücke'schen Theorie der Todtenstarre, II (I) 158 Anm.
- Glatte Muskeln*, s. Magen, Darm, Augenblendung u. A.
- Gleichartigkeit*, elektromotorische, der sich mit natürlichen Flächen berührenden Gewebe, I. 481. 532 Anm. 2. II (I) 207. (II) 161.
- Gleichgewicht*, dynamisches, der Elektricität im stationären Zustand der Strömung, I. 571; — *labiles* der astatischen Nadelpaare auf der Nulllinie der Multiplicatorgewinde, 176 ff.
- Glimmer*, zur Isolirung der Muskeln und Nerven auf den Bäuschen, I. 628. 631. 697; — *gefensterte Glimmerblättchen*, 629. II (I) 200.
- GODIGNO, Pater, Kircher's Gewährsmann für die Nachricht über den Zitterwels, N. 15.
- GOETHE, Erklärung des angeblichen Leuchtens der Blumen, I. 8. N. 4; — in Bologna in den Tagen, wo der Galvanismus entdeckt wurde, I. 42.
- GOODSIR, versieht den Verfasser mit Zitterwelsen, II (II) 500.
- GOTTSCHED, I. LXIX; — Herausgeber von Hausen's *Novi Profectus etc.*, II (I) 211 Anm. 2.
- GOURJON, Verfertiger von Multiplicatoren in Paris, I. 119. 162. 166. 168. 185.
- Gracilis, M.*, vom Frosch, s. *Adductor magnus*.
- Graduirung der Multiplicatoren*, I. 197. 198.
- Granatapfel*, sein Saft entwickelt den Strom des Gastroknemius, II (II) 164.
- GRAPENGLIESSER, Natur der subjectiven elektrischen Gehörwahrnehmung, I. 285.
- Grasfrosch*, Zuckung ohne Metalle daran von Humboldt beobachtet, I. 77; — Froschstrom daran, 470; — Muskelstrom 523; — Nervenstrom, II (I) 261; — Hautsecret, N. 64.
- GRATIOLET, mit Cloëz, Hautsecret von Salamander und Kröte, N. 46.
- s'GRAVESANDE, Elasticitätsgesetz, II (I) 66.
- GREN, angebliche freiwillige Elektrisirung des menschlichen Körpers, I. 13.
- Grenouille rhéoscopique* Matteucci's, s. stromprüfender Froschschenkel.
- GRIMALDI'sches Muskelgeräusch, II (I) 7. N. 6.
- GROTTHUSS, THEODOR V., Theorie der Elektrolyse, I. 236. II (I) 322. 323. (II) 418; — Ausscheidung von Ionen an den Grenzen einer Capillarspalte, I. 440 Anm. 2.
- GROVE, Gasbatterie, I. 237; — II (I) 186.
- GROVE'sche Elemente, I. 446; — fünfziggliedrige GROVE'sche Säule, II (II) 396.
- GRÜTHUISEN, FRANZ VON PAULA, Gefühlsstörungen nach geheilten Nervenwunden, II (I) 572.
- GÜNTHER und SCHÖN, Verheilung von Nerven, II (I) 573.
- GUÉRARD, die elektrische Nervenerrregung mit der Länge der durchflossenen Nervenstrecke wachsend, I. 296. II (I) 560 Anm.; — quere Erregung des Nerven unwirksam, I. 298; — mit Longet, Abtrocknen des Nerven die elektrische Erregbarkeit schwächend, II (I) 276; — Theorie der elektrischen Nervenerrregung bei Annahme isolirender Nervenhiillen, 277, 278; — GUÉRARD und Longet hatten vielleicht schon elektrotonische Zuwachse vor Augen, 293 Anm. 328.
- GUSSEROW, Anhänger der Identitätslehre, II (I) 234.
- Gymnarchus niloticus*, Fisch mit elektrischem Organ, II (I) 207.
- Gyps*, versagt die Nobili'schen Thonthermostrome, II (II) 201. 471. 496; —

vor dem Erstarren nicht polarisierbar, 432. 478. 479; — aber nach dem Erstarren, ebenda und 493.
Gyrotrop, s. Stromwender.

H.

Haare, durch Reibung elektrisch, I. 9. N. 7.

Häkelhaken, knöcherner, zum Handhaben der Nerven, II (I) 343.

H-förmige Anordnung in Polarisationsversuchen, II (II) 408. 424. 428. 429. 430. 431. 435. 436. 439.

H-förmige Guttapercharinne, zu Polarisationsversuchen, II (II) 429. 430. 431. 432.

HAGGREN, das Leuchten der Blumen elektrisch erklärt, I. 7. 8.

DES HAIS, elektrische Theorie der Muskelzusammenziehung, II (I) 5; — einer der Väter der Identitätslehre, 210. 213.

HALES, STEPHEN, erklärt durch Elektrizität die durch Wimpern erzeugten Bewegungen leichter Körper, I. 22 Anm. 2; — s. auch II (I) 212.

HALLÉ, s. Commissionen.

HALLER, über die elektrische Theorie der Muskelzusammenziehung, II (I) 5; — Anfänge der Identitätslehre und Kritik derselben, 210—215; — huldigt der mechanischen Theorie des Zitterfisch-Schlages, 216.

HALSKE, Magnetelektromotor, II (I) 393; — Berichtigung der Ablenkungen durch die Drahtmassen, 491; — Polarisationswippe, II (II) 389; — s. auch Boetticher und Halske, und Siemens und Halske.

Handgefäße in Versuchen am menschlichen Körper, II (II) 219.

Handgelenkgefäße, zur Ableitung des Stromes von den Blasenpflasterwunden auf den Handgelenken, II (II) 365.

Haptogenmembran, II (II) 63.

HARLESS, EMIL, Zuckungen durch Erschütterung polarisirter Elektroden, I. 269. 270; — Bestätigung von Engelhardt's Versuch am Rückenmarke, 326; — scheinbar isolirende Beschaffenheit der Nervenhiillen, II (I) 276. (II) 500.

Harn, negativ elektrisirt nach Vassali-Eandi, I. 22; — befördert die Zuckung ohne Metalle nach Volta, I. 72. II (II) 163; — entwickelt den Strom des Gastroknemius, 164.

Harnblase vom Schwein, nahm scheinbar keine innere Polarisation an, I. 380; — deren Leitungswiderstand verglichen

mit dem der Froschhaut, II (II) 20; — vom Kaninchen, Strom daran, II (I) 201.

Harnleiter des Kaninchens, Strom daran, II (I) 201.

HASTINGS, führt Wilson Philipp's Versuchsplan aus, II (I) 221.

HAUSEN, CHRISTIAN AUGUST, Urheber der Identitätslehre, II (I) 210—212.

Haut, s. Froschhaut und Menschenhaut.

Hautabsonderung der Frösche, ihre Giftigkeit und saure Reaction, II (II) 17. N. 46; — wirkt entwickelnd auf die Negativität des natürlichen Querschnittes, 175.

Hautströme, s. Froschhaut, Menschenhaut, Fische.

Hecht, elektrotonische Phasen und negative Schwankung an dessen Sehnerven, II (I) 604; — zeigt keine Hautströme, II (II) 17.

Hefe, schwach innerlich polarisierbar, II (II) 439; — s. auch Bierwürze.

HEIDEMANN, angebliche Zuckung ohne Metalle, I. 100; — Bestimmung der galvanischen Spannungsreihe mittels des Frosches, 333; — die Nerven nicht besser leitend als andere Gewebe, II (II) 191.

HEIDENHAIN, RUDOLPH, II (II) 500.

Helix pomatia, s. Weinbergsschnecke.

HELMHOLTZ, Erhaltung der Kraft, I. S. XLV; — Kupfer in Kupfersulphat, Silber in Silbernitrat- oder Cyansilberkaliumlösung noch polarisierbar, II (I) 149; — Froschseuche, 169; — Magnetelektromotor, 395. 421; — Graduierung der Multiplicatoren, 486 Anm. 493 Anm.; — Wärmeentwicklung bei der Muskelaction, 354. 355; — Superposition der Ströme, (II) 469; — seine Theorie beseitigt die Bedenken gegen die Anwendbarkeit der Compensation in thierisch-elektrischen Versuchen, 500; — — Einführung der autographischen Methode in den physiologischen Versuch, N. 1.

HEMMER, angebliche freiwillige Elektrisierung des menschlichen Körpers, I. 13; — besondere Leitungsgüte der Nerven, II (II) 190.

Hemmungen am 90°-Punkt der Multiplicatoren, I. 202. II (I) 485.

HENRICI, Polarisation durch den Schlag der Leidener Flasche, I. 238. II (I) 391; — Einfluss erhöhter Temperatur auf den Widerstand von Elektrolyten, 83 Anm.

HENLE, über Todtenstarre, II (I) 160 Anm.; — Bau der Arterienhaut, 202;

- mit Kölliker über die Pacini'schen Körperchen als muthmaßlich elektrische Organe, 240. 241. N. 36; — Wärmegefühl in Schmerz übergehend, 551; — über doppelsinnige Leitung in den Nerven, 575—585; — Fall von örtlichem Schweifsausbruch, mit Giesker, (II) 358.
- HERBERT, besondere Leitungsgüte der Nerven, II (II) 189. 190.
- HERSCHEL, Sir WILLIAM, Anhänger der Identitätslehre, II (I) 219.
- Herz*, dessen Muskelstrom, II (I) 199.
- Heuschreckenbeine* als Surrogat für Froschschenkel, I. 458 Anm.
- Hirn*, s. Centralnervensystem.
- HIRSCHMANN, Mechaniker in Berlin, I. 202.
- HITTORF, Leitung des Selens, II (II) 493 Anm.
- Hoden*, Strom daran, II (I) 203.
- Hof* der elektromotorischen Molekeln, I. 687. 716.
- HOFFMANN, N. 8.
- HOLLAND, Fall von örtlichem Schweifsausbruch, II (II) 358.
- HOLTZMANN, I. XLV.
- Holz*, verschiedener Art, innerlich polarisierbar, I. 380. II (II) 381. 438. 439. 448.
- Holzgeist*, dessen Leitvermögen, II (II) 61. 62; — entwickelt den Strom des Gastroknemius, ebenda.
- Holzkohle*, in den galvanischen Ketten. die Rolle eines negativen Metalls spielend, I. 55. 56. 61. 68. 69. 70. 85. 100. 109; — ihr Leitvermögen, II (II) 459 ff.; — mit einem Elektrolyten getränkt dient sie zur Nachahmung der Erscheinungen der inneren Polarisation, I. 380. II (II) 380. 439. 459—463.
- HOME, EVERARD, elektrische Theorie der Absonderungen, I. 27; — Zuckung ohne Metalle, 100; — Zurückziehung durchschnittener Nerven, II (I) 226 Anm. 3.
- Hombres-Torpillen*, I. 17—22.
- HOOKE, ROBERT, Elasticitätsgesetz, II (I) 66.
- Horn*, innerlich polarisierbar, II (II) 441.
- Hornmesser*, als isolirende Schneidewerkzeuge, II (II) 83.
- Hülfsbüsche*, I. 223. 507. II (I) 551. (II) 10; — erster und zweiter Ordnung, 12. 13. 76.
- Hülfsgefäße*, II (II) 207.
- Huhn*, Muskelstrom daran, I. 540. II (I) 146.
- HUMBOLDT, ALEXANDER VON, „Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfasern u. s. w.“ I. 76; — vertheidigt gegen Volta die Zuckung ohne Metalle, 76. 77; — Zuckung durch gleichartige Bögen (Quecksilber), 78—81; — Unterband in Reizversuchen, 253 Anm.; — Zuckung scheinbar ohne Kettenverband, 265; — zum allgemeinen Gesetz der elektrischen Nerven-erregung, ebenda; — Versuche an Blasenpflasterwunden, 284; — gegen Lichtenberg's Erklärung des Andauerns des elektrischen Geschmacks während des Kettenschlusses, 287. 288 Anm. 2; — elektrische Nerven-erregung mit der Länge der durchflossenen Nervenstrecke wachsend, 209. II (I) 559 Anm; — Unwirksamkeit querrer Erregung des Nerven, I. 297; — der elektrische Geschmack bei centrifugalem Strom, 339; — bestätigt Matteucci's contraction induite, II (I) 15; — mit Gay-Lussac, Schlüsselversuch am Zitterrochen, ebenda und 105; — Öl als Verbindungs-glied in Reizversuchen, 111 Anm.; — HUMBOLDT als Anhänger der Identitätslehre, 219; — die Flamme ein Isolator für den Metallreiz, 561 Anm.; — Kälte die Leistungen des Herzens, der Nerven und Muskeln herabsetzend, II (II) 30. 31 Anm. 6; — in Como Zeuge von Volta's Versuch mit Cornelkirschen, 163; — seine Lehre von den integrirenden Reizen zurückführbar auf Zerstörung der parelektronomischen Schicht, 165; — die schlechte Leitung der Oberhaut veranlaßt ihn zu seinen Blasenpflasterversuchen, 191; — tritt als Zeuge für den Strom durch willkürlichen Tetanus auf und stellt selber den Versuch an, 308. 309. 311. 312; — angebliche Umwandlung des Secrets der Cantharidenblasen durch Galvanisiren, 368. 370 Anm.; — zur Literatur von HUMBOLDT's hierher gehörigen Schriften, N. 20.
- Hund*, Muskelstrom daran, I. 540. 543.
- HUNT, ROBERT, falsche Ströme beim willkürlichen Tetanus, II (II) 312. 313. 321.
- Hydrophan*, innerlich polarisierbar, II (II) 433. 478. 493.
- Hydrothermoströme*, II (II) 496.
- Hyla arborea*, s. Laubfrosch.

I.

- Identitätslehre* des Nervenprinzips und der Elektrizität, deren Geschichte, I. 6. 11. 48. II (I) 209—251. N. 36.
- Immobilisirung* des Gastroknemius, s. Dehnung.

Inducirte Zuckung (contraction induite), s. secundäre Zuckung.

Induction, formelle Ähnlichkeit ihres Gesetzes mit dem der Nervenenerregung, I. 300—303. 307. 417. N. 28; — die Induction überdauert scheinbar Schließung und Öffnung des primären Kreises, 424—428. N. 30; — keine Induction auf Nerven durch elektrische Ströme oder Magnete, II (I) 23. 24 Anm. — S. auch unipolare Inductionszuckungen.

Inductorium, Beschreibung des während der ersten Zeit vom Verfasser gebrauchten, I. 446. 447; — die Öffnungsschläge der Inductorien physiologisch wirksamer als die Schließungsschläge, II (I) 405. 406; — s. auch Magnetelektromotor.

INGENHOUSZ, Leuchten der Blumen, I. 8; — Anhänger der Identitätslehre, II (I) 217.

Insecten, angeblich elektromotorische, I. 25. N. 11.

Insectennadeln, zum Feststecken des Nerven, II (I) 342.

Integrirende Reize Humboldt's, II (II) 165. N. 49.

Intensitätscurve der Multiplicatoren, I. 197.

Inversor, Poggendorff's, I. 447. 448. II (I) 44. 46. 48.

Ionen, an thierischen Theilen ausgeschieden, I. 379. 440. 490; — an den Grenzen einer capillaren Spalte, 440 Anm. 2.

Iris, s. Augenblendung.

Irreciproke Leitung, N. 44.

Ischiadicus, N., vom Frosch, Art ihn zuzurichten, I. 255. II (I) 251. 252; — dessen Verzweigung, 445. 521 Anm.; — Art sie für die paradoxe Zuckung zu präpariren, 546.

Isoelektrische Curven und Flächen, I. 571.

IZARN, angebliche elektroskopische Wirkung von zugerichteten thierischen Gliedern, I. 692.

J.

JACOBI, MORITZ, Schließungsfunken, I. 315; — scheinbare Grenze für die Kleinheit der Zeit, deren der Strom zu seiner Herstellung bedarf, 419; — Widerstand des Erdbodens, 567; — Einfluss des Drucks auf den Widerstand von Elektrolyten, II (I) 82. 83; — s. auch Lenz.

JÄGER'sche Figuren durch Ungleichartigkeit scheinbar gleichartiger Metallflächen, I. 613. II (II) 67.

JALLABERT's Versuch, II (I) 240.

JECQUER'scher Kitt, I. 643 Anm. N. 31.

JOBERT, angebliche Anziehung eines Fadens durch Hirn und Rückenmark, II (I) 237.

Jodkaliumelektrolyse, von Matteucci durch den Froschstrom angeblich ohne Metalle erhalten, I. 120. 124. 152. 440; — durch den Muskelstrom mit einer Säule aus zwanzig halben Oberschenkeln und Platinspitzen, 443. — S. auch secundärer Jodfleck.

Jodkaliumstärkebrei, Anwendung nach Faraday, I. 442; — scheinbare Erhöhung seiner Empfindlichkeit durch salpetrige Säure, ebenda; — merklich zersetzt durch den Strom zweier Gastroknemien, 443. 493.

JORDAN, H., bei einem vom Blitz Erschlagenen waren die Muskeln starr, das Blut nicht geronnen, II (I) 160 Anm.

K.

KÄMPZ, trockene Säulen aus thierischen und pflanzlichen Stoffen, I. 483.

Käse, Schweizer, innerlich unpolarisierbar, II (II) 436.

Kalkstein, Rüdersdorfer, innerlich polarisierbar, II (II) 433. 478. 493.

Kammförmige Curve der auf die Zeit bezogenen Muskelstromkraft im Tetanus, II (II) 145. 306. 307.

Kaninchen, Strom in dessen Beinen, I. 471; — Zuckung ohne Metalle daran, 478; — Muskelstrom, 507—509. 523. 533. 544. 545. II (I) 144. 161; — an Iris, Uterus, Ureter, Harnblase, Aorta, Sehnen, Drüsen, 201—203; — Nervenstrom, 260; — negative Schwankung am präparirten und am unversehrten Unterschenkel, II (II) 336—352.

KANT, I. XXXVIII.

KARSTEN, GUSTAV, versucht mit dem Verfasser vergeblich, elektroskopische Zeichen von einer Froschsäule zu erlangen, I. 693.

Kartoffel, innerlich polarisierbar, II (II) 438.

KAUFFMANN, Verfertiger von Multiplicatoren in Solothurn, I. 188.

Kautschukringe, zur Befestigung des Frosches im Froschrahmen, I. 454.

Keilbäusche, II (II) 425.

Keimen, angeblicher Einfluss der Elektrizität darauf, I. 109.

KIELMEYER, der elektrische Geschmack bei centrifugalem Strom, I. 339; — Anhänger der Identitätslehre, II (I) 217.

- KIRCHER, ATHANASIVS**, erste Wahrnehmung von Muskelzuckungen durch Elektrizität (den Schlag der Zitterfische) I. 34 Anm. 2. N. 15.
- KIRCHHOFF, GUSTAV**, Durchgang des Stromes durch eine Ebene, I. 569; — Wheatstone'sche Brücke, II (I) 500; — Hautströme an seinen Händen, (II) 232; — Fertigkeit im Tetanisiren eines Armes, 295. 301; — hilft beim Tournequet-Versuch, 361—362.
- Klebäther*, s. Colloidium.
- KLEINER, MECHANIKER** in Berlin, I. 162. 165; — sein Verfahren zum Berichtigen der Ablenkungen durch die Drahtmassen, 187. 190. II (I) 489; — Zuleitungsgefäße, I. 213. II (I) 302; — Poggendorff's Inversor, I. 447; — Behrens'sches Elektroskop, 692; — Muskelspanner, II (I) 67; — Multiplikator mit langem Draht, 479; — Multiplikator in Giessen, (II) 296. 315.
- KLÜGEL, ANHÄNGER** der Identitätslehre, II (I) 217.
- KNOBLAUCH, HERMANN**, stellt mit dem Verfasser einen schematischen Versuch zur Erklärung der Widerstandszunahme des frei zuckenden Muskels an, II (I) 80.
- Knochen*, Ströme daran, II (I) 202; — angeblich gute Leitung derselben, II (II) 190, — innerlich polarisierbar, 439.
- KNOCHENHAUER**, Wheatstone'sche Brücke, II (I) 500.
- Knochenstücke* des Gastroknemius und der regelmäßigen Oberschenkelmuskulgruppe, I. 496. II (I) 67. 68. 86.
- Knorpel*, Polarisationserscheinungen daran, II (II) 439. 440.
- Kochsalzlösung*, als Flüssigkeit zur Ableitung der thierisch-elektrischen Ströme, I. 215—217; — durch Anätzen des Rückenmarkes das Galvani'sche Präparat tetanisirend, 230. 467. 474; — entwickelt den Strom des Galvani'schen Präparates und des Gastroknemius, II (II) 43 ff.; — Polarisation an der Grenze von Kochsalzlösung und anderen Elektrolyten, 398 ff.; — Ladungssäule aus abwechselnd mit Kochsalzlösung und Schwefelsäure getränkten Pappscheiben, 414; — mit Kochsalzlösung getränkt zeigen Thon und Papier keine innere Polarisirbarkeit, 409. 431.
- KÖLLIKER**, Endigung der Muskelbündel an den Sehnen, II (II) 110; — s. auch Henle.
- Kohle*, s. Holzkohle.
- Kohlensäurevergiftung* nach Matteucci ohne Einfluss auf den Muskelstrom II (I) 175.
- Kolophoniumkitt*, I. 643 Anm. N. 31.
- Kraft*, deren Erhaltung, I. XLIV.
- Krankhafte Zustände* der Frösche, deren Einfluss auf den Muskelstrom, II (I) 168—171; — auf den Nervenstrom, 287; — den elektrotonischen Zuwachs, 380; — die negative Schwankung, 469.
- Kreide* in destillirtem Wasser gesotten, nur schwach, in Kalihydratlösung gesotten, stark innerlich polarisierbar, II (II) 432. 474. 478. 495; — Wasseraufnahme von Kreide und Bimsstein verglichen, 494. 495.
- Kreosot*, dessen Leitvermögen, II (II) 61; — entwickelt den Strom des Gastroknemius, 62. 162.
- Kröte*, deren Eigenstrom, I. 470; — Muskelstrom, 523; — Hautströme, II (II) 16; — Reaction des Hautsecrets, 17 Anm. 2. N. 46.
- KRONECKER, LEOPOLD**, Behandlung einer Maximum-Aufgabe aus dem Gebiet der inneren Polarisation, II (II) 489. 490 Anm.
- KRONENBERG**, über Magendie's rückläufige Empfindlichkeit, II (I) 584.
- Krystalle* von Kupfer- und Zinksulphat zeigen keine innere Polarisation, II (II) 432. 434.
- Ktenoide*, s. kammförmige Curve.
- KÜHNE, W.**, II (II) 500.
- KÜRSCHNER**, Versuch über doppelsinnige Leitung in den Nerven, II (I) 576. 577.
- Kupfer* der Multiplicatordrähte, über dessen Eisengehalt, I. 164. 175. 185.
- Kupfer in Kupfersulphatlösung* zur Ableitung der thierisch-elektrischen Ströme, I. 217; — noch Ladungen annehmend, II (I) 149.
- Kymographion*, N. 1.

I.

- Lacerta agilis*, s. Eidechse.
- Ladungen metallischer Elektroden*, s. Polarisation; — Peltier'sche Ladungen thierischer Theile, I. 376. 377. — S. auch secundär-elektromotorische Erscheinungen.
- LAMÉ**, Magnetstäbe in der Mitte am stärksten polarisirt, II (I) 354.
- Länge des Muskels*, deren Einfluss auf die Stärke des Muskelstromes, I. 694 bis 698. 715. 716; — *des Nerven*, deren Einfluss auf die Stärke des Nervenstromes, II (I) 266. 267.
- Länge der erregten Nervenstrecke*, deren Einfluss auf die elektrische Nervenerregung, I. 295. 296. II (I) 559 bis 561 Anm.; — auf den elektrotonischen Zuwachs, 350.

- Längsschnitt des Muskels* definirt, I. 501; — natürlicher, ebenda; — künstlicher, 505; — Darstellung des letzteren, II (I) 97.
- LAGHI, TOMMASIO, Gegner von Haller's Irritabilitäts- und Anhänger der Identitätslehre, II (I) 214.
- LAGRAVE, angeblich am Frosch wirksame Säule aus Muskelfleisch, Gehirn und Filz, I. 483.
- LARREY, Anhänger der Identitätslehre und der Lehre von der isolirenden Beschaffenheit der Nervenhiillen, II (I) 226. 276.
- Laubfrosch*, Zuckung ohne Metalle daran von Humboldt beobachtet, I. 77; — dessen Froschstrom, 470; — Nervenstrom, II (I) 261; — Hautströme, II (II) 16.
- LAVOISIER, I. XLIV.
- LAYMANN, Anwendung der Induction auf die Nervenphysik, II (I) 238. 240.
- Lebenskraft*, Kritik der Lehre von derselben, I. xxxiv—L. N. 2; — vitalistische Theorien der Todtenstarre aus den vierziger Jahren, II (I) 158. 160 Anm.
- Leber*, Strom daran, II (I) 202. 203; — innerlich polarisirbar, II (II) 441.
- LECAT, bekämpft die Identitätslehre, II (I) 214.
- Leder*, innerlich polarisirbar, II (II) 441.
- Lehm* (Töpferlehm), innerlich polarisirbar, II (II) 432. 493.
- LEHOT, Zuckung mit gleichartigen Metallbögen, I. 99. 100; — ohne Kettenverband, 265; — verstärkter elektrischer Geschmack bei Öffnung der Kette, 287 Anm. 2; — gilt fälschlich für den Entdecker des Gesetzes der Zuckungen, 309. 315. 336; — Theorie der Öffnungszuckung, ebenda und 376; — falsche Erklärung des verschiedenen elektrischen Geschmacks bei beiden Stromrichtungen, 340.
- Leichenhand*, deren Hautströme, II (II) 211. 212. 226. 232. 246. 269. 273.
- Leim*, innerlich unpolarisirbar, II (II) 436; — mit Messingspänen erfüllt Schema eines innerlich polarisirbaren Körpers, 464.
- Leiter* erster und zweiter Klasse nach Volta, I. 70. 73; — dritter Klasse, 92. 93.
- Leitungs-widerstand* einiger Metalle, I. 144 Anm. 1; — der Metalle im Allgemeinen verschwindend gegen den der Elektrolyte, I. 563. 564; — des menschlichen Körpers durch willkürlichen Tetanus nicht verändert, II (I) 75; — der Muskeln bei der Zusammenziehung, wächst am freien, sinkt am immobilisirten Muskel, II (I) 78—82; — der Elektrolyte vom Druck abhängig, 82.
- 83; — der Öle, 111 Anm. 1, 2; — der Nerven, 233. 235. 237. 245. 247; — des Neurilemmas, 275; — der Nerven bleibt unverändert beim Tetanisiren, 444—446; — der Gewebe von ihrem Wassergehalt abhängig, II (II) 189; — des menschlichen Körpers, II (I) 75 Anm. II (II) 188—199; — durch Temperaturerhöhung der Haut vermindert, 212; — der Essigsäure, 271 Anm. 1; — der Kohle, 459 ff.; — krystallisirter und amorpher Substanzen, 493. — S. auch secundären Widerstand.
- LEMBERT, angebliche Anziehung eines Fadens durch einen Nerven II (I) 237.
- LENZ, silberner Multiplicator, I. 185; — Grenze der Polarisation des Platins, 239; — mit JACOBI, Proportionalität zwischen Elektromagnetismus und Stromstärke, II (I) 420; — mit PITSCHELNIKOFF, Widerstand des menschlichen Körpers, 75 Anm. (II) 192—199.
- Lepus cuniculus*, s. Kaninchen.
- LEROUX, saure Reaction des Krötengiftes, II (II) 17 Anm. 2.
- Leuchten der Blumen in der Dämmerung*, I. 7. 8. 352. N. 4; — *der Augen*, von Pallas für elektrisch gehalten, I. 12 Anm. 3.
- LICHTENBERG, erklärt das Andauern des elektrischen Geschmacks während des scheinbaren Kettenschlusses durch die Unbändigkeit der Zunge, I. 288 Anm.; — LICHTENBERG'sche Figuren zum Nachweis der Induction im offenen Kreise, 423.
- LIEBIG, JUSTUS VON, über Lebenskraft, I. xxxvii.
- Ligamentum nuchae*, s. Nackenband.
- LIND, Zuckung mit gleichartigen Bögen, I. 79.
- LINDNER, Gehülfe bei den Versuchen am menschlichen Körper, II (II) 264. 361. 366. 367.
- LINNÉ, Fräulein von, Leuchten von Blumen, I. 7. 8.
- Lois du courant musculaire* Matteucci's, nicht einerlei mit unserem Gesetz des Muskelstromes, I. 527.
- LONGET, mit Matteucci, verkehrtes Gesetz der Zuckungen an den motorischen Wurzeln und vorderen Rückenmarksträngen, I. 400—402; — über Wilson Philipp's Versuch, II (I) 222. 223; — vergebliche Wiederholung von David's Versuch, 231 Anm.; — über Lember't's und Jobert's Angabe einer elektrischen Anziehung der Nerven, 237; — mit Matteucci, vergeblicher Versuch elektrische Wirkungen vom Ischiadicus eines lebenden Pferdes zu erhalten,

248. 249; — Grundprincip der Nervenphysik, 546; — läugnet Magendie's rückläufige Empfindlichkeit, 584; — fehlerhafte Versuche an den vorderen und hinteren Wurzeln, 598.
- LOTZE, HERMANN, über Lebenskraft, I. xxxiv; — über die Elektrizität in der Medicin, 16.
- LUDWIG, CARL, gegen Valentin, I. xxiii; — führt die autographische Methode in den physiologischen Versuch ein, N. I.
- Luftleere*, ohne Einfluss auf den Muskelstrom, II (I) 187—192; — auf den Nervenstrom, 288.
- Luftströmungen*, unter der Glocke der Multiplicatoren, I. 193—196. II (I) 485.
- Lumbricus terrestris*, s. Regenwurm.
- Lunge, Strom daran, II (I) 202. 203; — innerlich polarisierbar, II (II) 441.
- Lympe, wirkt nicht entwickelnd auf den Muskelstrom, II (II) 64.
- Lymphräume*, des Frosches, II (II) 177.
- M.**
- Magen*, Muskelstrom seiner Wandungen: Muskelmagen der Taube, II (I) 199. 200; — Magen des Frosches, 200.
- MAGENDIE, folgt Nobili's thermoelektrischer Theorie des Froschstromes, I. 107; — Pupillenverengung auf elektrischen Reiz, 353; — Einfluss des N. trigeminus auf die Ernährung des Augapfels, II (I) 575; — Rückläufige Empfindlichkeit (*sensibilité récurrente*), 583; — Mitglied der Commission d'Electrophysiologie, II (II) 320.
- Magnesia*, s. Bittererde.
- Magnetelektromotor*, Neef's, II (I) 48 Anm.; — Schlittenmagnetelektromotor des Verfassers zuerst beschrieben, 393. 394 Anm. 1; — der von Helmholtz bei seinen Versuchen über die Wärmeentwicklung durch die Muskelaction angewendete, 395.
- Magnetismus* der sogenannten nicht magnetischen Metalle, I. 185.
- Magnetometer*, I. 197. 488. II (I) 235. (II) 192.
- MAGNUS'scher Halter, II (II) 220. 241.
- MAHON, Viscount, später Earl of Stanhope, der elektrische Rückschlag, I. 34.
- MANDL, vermeintliche Bewegungen der Nerven der Blutegel, II (I) 226 Anm. 3.
- MARCHIANDI, beansprucht für Puccinotti und Pacinotti die Priorität der Nadelablenkung durch willkürlichen Tetanus, II (II) 318. 319 Anm. 3.
- MARIANINI, allgemeines Gesetz der elektrischen Nervenenerregung, I. 263; — objectives Seitenstück zu Ritter's Einschleichen in den Säulenkreis, 267; — Schwankung der Stromdichte hinreichend um Zuckung zu bewirken, 267. 268; — Vergleich der Nervenenerregung mit der Induction, 300; — schreibt fälschlich Lehot die Entdeckung des Gesetzes der Zuckungen zu, 309; — über dies Gesetz, 337. 338; — vereinigt Gesetz der elektrischen Zuckungen und Empfindungen, 359—362. II (II) 347; — seine idiopathischen und sympathischen Zuckungen nichts anderes als Zuckungen bei unmittelbarer und mittelbarer Reizung, I. 361. 362; — Kritik von Matteucci's Theorie der Zuckungen, 391. 392; — Ré-électromètre für instantane Ströme, 418; — die Induction angeblich das Schliessen und Öffnen des primären Kreises überdauernd, 426. N. 30.
- Marmor* zeigt keine innere Polarisation, II (II) 433. 494.
- MARTENS, positive Polarisation des Eisens, I. 236.
- MARTINS, CHARLES, Zerschlitzen der Baumstämme durch Tromben, II (II) 496. 497.
- MASSON, führt das Neef'sche Blitzrad in Frankreich ein (*roue de Masson*) I. 279. 420; — angebliche Grenze der Zahl der Stromunterbrechungen beim Tetanisiren, 420; — mit Breguet d. J., Induction im offenen Kreise, 423. 424. II (I) 7; — Tetanus der Vorderarme durch das Blitzrad, 38.
- Mathematik*, über deren Anwendung in der Physiologie, I. xxv—xxxiv.
- MATTEUCCI, CARLO, seine Art der wissenschaftlichen Veröffentlichungen, I. xxi. 112—113; — atmosphärische Elektrizität in Wäldern, I. 9; — fehlerhafter Bericht über Galvani's Handschriften, 35 Anm. 1; — ebenso über Cotugno's Vorfall mit der Maus, 40 Anm.; — angeblicher Einfluss der Elektrizität auf Fäulniß, 108; — elektrochemische Theorie der Absonderungen, 109; — angeblicher Einfluss der Säule auf den Keimungsprocess, ebenda; — angebliche künstliche Verdauung durch Elektrizität, 109. 110; — falsche Deutung der Donne'schen Ströme zwischen Absonderungsorganen, 111. 112. 487; — seine Arbeiten über den Froschstrom bis zu denen des Verfassers, 115—122; — geschichtliches Verhältniß dieser beiderseitigen Arbeiten zu einander, 122—124; —

Mattenucci von der Pariser Akademie gekrönt, 123 Anm. 5; — sein eigentliches Verdienst in Betreff des Froschstromes, 124—126; — Literatur seiner Aufsätze bis 1845, 126—128; — über astatische Doppelnadeln, 165; — schlechte Vorschrift zu deren Herstellung, 167. 168; — giebt bei thierisch - elektrischen Multiplicativversuchen irrigerweise der Methode des Anlegens den Vorzug vor der des Eintauchens, 213; — wendet verschiedene zuleitende Flüssigkeiten an, 216. 229; — sein neueres Verfahren, 227; — Froschsäule, 231. 233. 246. 247; — unverstandene Anwendung der Methode der Compensation, 245—247; — Grenouille rhéoscopique, 254; — mißkennt das allgemeine Gesetz der elektrischen Nervenirregung, 281. 282; — sinnloser Versuch, ein elektrochemisches Kraftäquivalent zwischen dem erregenden Strom und der Arbeitsgröße des Muskels aufzustellen, 275 bis 282; — unzureichender Versuch über den Einfluß der absoluten Stromdichte auf die elektrische Nervenirregung, 294. 295; — Einfluß der Länge der durchflossenen Nervenstrecke auf dieselbe, 296; — quere Erregung des Nerven unwirksam, 297. 298. 299; — schreibt fälschlich Valli, Lehot, Bellingeri, Marianini und Nobili die Entdeckung des Gesetzes der Zuckungen zu, 309. 392; — angebliche Erfolge durch Nobili's elektrisches Heilverfahren bei Tetanus, 382—385; — Gesetz und Theorie der Zuckungen, 391 bis 400; — dessen Umkehr an den motorischen Wurzeln und vorderen Rückenmarkssträngen, mit Longet, 400—402; — sinnloser Versuch über Jodkaliumelektrolyse ohne Metalle durch den Froschstrom, 440; — Jodkaliumelektrolyse durch eine Muskelsäule, 443; — fehlerhafte Anwendung des ächten Galvani'schen Präparates als Typus der thierischen Elektromotore, 467; — Zuckung ohne Metalle am Kaninchen, 478; — Kette aus Blut und Wasser, 486. 487; — Muskelstrom am Menschen, 524 Anm. II (11) 4. 5; — erste Wahrnehmung der Negativität des Muskelinneren, I. 527—532; — es gelingt ihm nicht die Bedeutung der Sehne als des natürlichen Querschnittes zu entziffern, und dadurch den Froschstrom auf einen allgemeinen Muskelstrom zurückzuführen, 539—541. II (1) 244; — sinnlose Anwendung der

Bowman'schen Lehre über den Bau der Muskelbündel, I. 545. 548. 683. 684; — versucht trotzdem dem Verfasser die Entdeckung des Gesetzes des Muskelstromes streitig zu machen, 542—547; — Zurechtweisung, 547 bis 552; — elektromotorisches Muskelmodell, 684. II (11) 5. 6; — Funken durch den Zitterrochenschlag, 691; — angebliche Zeichen von Spannung an einer Froschsäule, 692; — Einfluß der Größe der Muskelmasse auf die Stromstärke, 698—703; — Versuche, elektrische Erscheinungen bei der Muskelthätigkeit nachzuweisen, II (1) 11—14; — secundäre Zuckung (contraction induite) vom Muskel aus, 14—25; — keine secundäre Zuckung vom Nerven aus, 21. 529; — läugnet die negative Schwankung des Muskelstromes bei der Zusammenziehung, 28—30; — Tetanus schnell zugerichteter Frösche, 33; — erster Gebrauch des Wortes „Tetanisiren“, 38; — Tetanisiren durch rasch wiederholtes Schließen und Öffnen des Kreises, 39; — verwirft des Verfassers Erklärung der secundären Zuckung, und nimmt eine neue Art von Fernwirkung an, 99—116; — bleibt aber schließlich stehen bei der Annahme einer Entladung ähnlich der der Zitterfische, 116—118; — Stärke, Dauer und Abnahme des Froschstromes und des Muskelstromes bei verschiedenen Thieren, 143—147; — schreibt sich die Entdeckung des Einflusses der Stromdichte auf die Elektrolyse zu, 149; — freiwillige Umkehr des Stromes absterbender Muskeln, 155; — stärkerer Strom entzündeter Muskeln, 170. 171; — Angaben über das Verhalten des Muskelstromes nach Vergiftung mit Opium, Strychnin, Blausäure, Arsen- und Schwefelwasserstoff, Stickoxyd und Kohlensäure, sowie nach Erstickung, Verblutung und Enthäutung, 172 bis 176; — Einfluß erhöhter Temperatur auf den Strom, 178. 179; — Wirkung von Ätzmitteln auf den Muskelstrom, 183. 184; — von Sauerstoff, Wasserstoff und Luftleere, 192—195; — Muskelstrom am Herzen, 199; — Drüsenströme, 202. 203. 204. 205; — elektrisches Organ des gemeinen Rochen, 207; — vergebliche Bemühungen, elektrische Wirkungen von den Nerven zu erhalten, 241—251. 273; — mit Longet, 249. 495; — das Nervensystem angeblich besser leitend in abwärts als in aufsteigender Richtung, 245 Anm. 2. 328; — galvanische Zuckungen

- minder leicht erfolgend bei erhaltener Verbindung mit den Centralgebilden, 248. 563; — Muskelstrom am enthäuteten lebenden Thiere. II (II) 2—7; — Muskelstrom erkalteter Frösche, II (II) 27—30; — vergleichsweise Stärke des Frosch- und Muskelstromes, 120—123; — angeblicher Einfluß der Temperatur auf den Froschstrom, 136; — der Erstickung und Verblutung, 139; — Abtragen der Achillessehnen-Ausbreitung bringt die Zuckung ohne Metalle zum Vorschein, (II) 162. 163; — angebliche Hebung des gesunkenen Stromes älterer Präparate bei Befeuchtung, 169; — Wiederholung des Versuchs über Stromerzeugung durch willkürlichen Tetanus, 314. 315; — Weiteres zu der ihn betreffenden Literatur, Nachricht von seinem Tode, N. 24.
- MAUDUYT**, Leitungsgüte des Nerven, II (II) 190.
- Maus**, erteilt angeblich Cotugno einen elektrischen Schlag, I. 18. 40; — Zuckung ohne Metalle daran von Humboldt beobachtet, 77; — Eigenstrom der Maus, 471; — Muskelstrom, 523. II (I) 161; — am Herzen, 199; — Nervenstrom, 260.
- MAYER, JOHANN**, Übersetzer von Galvani's Commentar, I. 33; — und von Volta's ersten thierisch - elektrischen Arbeiten, N. 18.
- MAYO, HERBERT**, Einfluß des N. trigeminus auf die Ernährung des Augapfels, II (I) 573.
- Meerschweinchen**, Muskelstrom daran, I. 523. II (I) 161; — Strom am Herzen, 199; — Nervenstrom, 260.
- MEISSNER, GEORG**, II (II) 500.
- MEISSNER**, älterer Wiener Arzt, elektrische Theorie der Muskelzusammenziehung, II (I) 5. 6. 10. 234.
- MELLONI**, Berichtigung der Ablenkungen durch die Drahtmassen, I. 185. II (I) 486—490. 492. 494; — über die Schwankungen der Gleichgewichtslage astatischer Doppelnadeln, I. 193.
- Mensch**, angebliche freiwillige Elektrisirung, I. 13—22. N. 6; — Muskelstrom am Tibialis anticus eines Amputirten, I. 523; — Nervenstrom an den Nerven desselben Beines, II (I) 260. 261; — Leitungswiderstand des menschlichen Körpers, (II) 188—199; — Hautstrom des Menschen, s. Menschenhaut; — über die Ströme durch willkürlichen Tetanus, s. negative Schwankung am menschlichen Körper.
- Menschenhaut**, deren elektromotorische Ungleichartigkeiten. A. Zwischen symmetrischen Körperstellen: bei ungleicher Erwärmung, II (II) 206; — ungleichzeitiger Benetzung, 218; — ungleicher Dehnung, 261; — Verletzung der einen Stelle (Wundenstrom), 268; — ungleichem Schwitzen, 358. 368; — Abwesenheit aller dieser fünf Umstände (Eigenstrom, s. d.), 203. — B. zwischen asymmetrischen Körperstellen in Kochsalzlösung: Strom von der Handsohle in die Hand zum Handrücken, 231. 232; — von der Hand zur Brust, 233—235; — von der Fußsohle zum Fußrücken, 235; — zwischen Hand und Fuß, 236; — dieselben Versuche in verdünnter Schwefelsäure, 239. 240; — Brunnenwasser, 240—242; — Kalihydratlösung, 242. 243; — Erörterung dieser Versuche: es ist nicht möglich zwischen zwei den Thatbestand gleich vollständig erklärenden Hypothesen zu entscheiden, 243—261; — Menschenhaut als Polarisationsoject, II (II) 441.
- MEYEN**, Leuchten der Blumen, I. 8.
- MEYER, G. H.**, für doppelsinnige Leitung in den Nerven, II (I) 575.
- MEYER, JOSEPH**, Lymphsystem der Amphibien, II (II) 177.
- MICHAELIS, PHILIPP**, Gesetz der Zuckungen, I. 312. 313; — an Blasenpflasterwunden der elektrische Schmerz stärker bei austretendem Strom, 354. 355. 368 Anm. 1.
- Milz**, Strom daran, II (I) 203; — innerlich polarisierbar, II (II) 441.
- MITSCHERLICH, CARL GUSTAV**, Tetanus durch NH_3 -Salze und NaCl , II (I) 35; — tetanisirte Thiere früher erstarrend, 163. 164.
- MITSCHERLICH, EILHARD**, von Alex. v. Humboldt als Zeuge für den Strom durch willkürlichen Tetanus angerufen, 311. 312.
- Modificationen der Erregbarkeit durch geschlossene Ketten*, 365—372.
- Mohrrübe**, innerlich polarisierbar, II (II) 438; — von Querschnitt zu Querschnitt aufsteigend wirksam, ebenda Anm.
- Molecularhypothese** über die Ursache der elektromotorischen Erscheinungen der Muskeln, erste Darlegung, I. 671. 672; — schematische Versuche zu deren Prüfung, 672—677; — allgemeine Betrachtungen, 677—683; — II (I) 127 bis 129; — Anwendung auf den elektrotonischen Zustand, 322—327; — auf die Stromumkehr der thierischen Erreger, 155. 555—557; — Anwendung auf den parelektromotischen Zustand, II (II) 87—117.

- MONRO**, elektrischer Geschmack ohne metallische Berührung der Zunge, I. 287 Anm. 2. 379.
- Mormyrus**, Nilfisch mit elektrischem Organ, II (I) 207.
- MOST**, die elektrische Gesichtsercheinung während des Kettenschlusses andauernd, 284; — stärker bei im Sehnerven aufsteigendem Strome, 354; — Erection durch den aufsteigenden Strom, 356; — sinnlose Angaben über die Wirkung der Elektrizität auf Katzen, ebenda, Anm.; — Lähmung durch den absteigenden Strom, 367. Anm. 1.
- MOUSSON, ALBERT**, falsche Ströme beim willkürlichen Tetanus, II (II) 299. 313. 314. 321 ff.
- MÜLLER, JOHANNES**, fordert den Verfasser auf, Matteucci's Versuche über den Froschstrom fortzuführen, I. v; — Erklärung von Cotugno's angeblicher Beobachtung an einer Maus, I. 18; — Zuckung ohne Metalle und merkwürdige Rolle der Haut dabei, 101. 102. II (II) 20; — Widerlegt mit Dieckhoff Matteucci's künstliche Verdauung durch Elektrizität, I. 110. II (I) 223; — Frösche am reizbarsten im Frühling und Herbst, I. 256. II (I) 164; — allgemeines Gesetz der elektrischen Nervenerregung, I. 264; — quere Erregung des Nerven wirksam, 297; — Zange zur Öffnung des Wirbelcanals des Frosches, 460; — Bericht über des Verfassers „Vorläufigen Abriss“, 545; — vertritt des Verfassers Erklärung der contraction induite Matteucci's, II (I) 27; — quergestreifte Bündel im contractilen Gaumenorgan der Cyprinoiden, 198; — versucht elektromotorische Wirkungen vom gemeinen Rochen zu erhalten, 207; — mit Dieckhoff, Widerlegung des Wilson-Philippischen Versuches, II (I) 222. 223; — sucht vergeblich Beraudi's und David's Angaben zu bestätigen, 230. 231. Anm.; — Erklärung einer Angabe Matteucci's, 237; — Vermuthung über den Nervenstrom als Resultante zweier Componenten, 254; — läugnet secundäre Zuckung vom Nerven aus, 520. 545. 546; — über doppelsinnige Leitung in den Nerven, 571—575; — mit Brücke, über freie Nervenendigungen in den Muskeln, 582; — Wurzelversuche, 598; — über die Vogelniere, N. 13; — die Identitätslehre, N. 36; — das Hautsecret der Frösche, N. 46; — Ure's Versuche, N. 53.
- MÜLLER, WILLIAM**, angebliche Entwicklung von Spannungselektrizität durch Muskelanstrengungen, II (I) 11.
- Multiplicator**, elektromagnetischer, von Nobili, I. 103; — von Gourjon, 119 und N. 26; — von Schröder (Kauffmann), I. 131. 188; — von Ruhmkorff, II (I) 248; — von Bonijol, 249; — Vergleich seiner Empfindlichkeit mit der des stromprüfenden Froschschenkels, I. 104. 160. 161; — Beschreibung des ersten vom Verfasser angewendeten Multiplicators, später Multiplicator für den Muskelstrom oder Muskelmultiplikator genannt, 162—202; — Museums-multiplikator, 202. 426. II (I) 207. 302. 372. 409; — Multiplicator mit kurzem Draht, 203; — Regeln für Aufstellung eines Multiplicators für thierisch-elektrische Versuche, I. 173. 174; — silberne Multiplicatoren, 185; — Graduierung des Multiplicators, 197. 198; — Versuch zur Bestimmung seiner absoluten Empfindlichkeit durch Elektrolyse, 198—201; — Nervenmultiplikator, II (I) 474—494; — Aufzählung der 1849 bekannten Multiplicatoren mit langem Draht, 479. Anm.; — Kunstgriffe bei Herstellung des Gewindes von 24 160 Umgängen, 478—483; — Nadeln, Theilung u. s. w., 483—485; — Empfindlichkeitsproben daran, 492; — mit Thermostromen bei Einschaltung des menschlichen Körpers, II (II) 200; — unipolare Ablenkungen nöthigen zur sorgfältig isolirten Aufstellung eines solchen Multiplicators, 496 ff.
- MUNK**, s. Rosenschöld.
- MUNK, HERMANN**, II (II) 500.
- MURRAY, JOHN**, entdeckt die negative Elektrisirung frischer Spinnfäden, I. 22. 23.
- Mus musculus**, s. Maus.
- Museumsmultiplicator**, s. Multiplicator.
- Muskelbündel**, deren Bau nach Bowman, I. 544. 545. Anm. 664—670; — Endigung an der Sehne, II (II) 58. 110.
- Muskelcompressorium**, senkrecht auf die Faser, II (I) 135—137. (II) 158; — der Faser parallel, II (I) 137—138. (II) 158.
- Muskelgeräusch** von Roger beschrieben, N. 6.
- Muskelgruppe** der regelmässigen Oberschenkelmuskeln, Adductor magnus, Semimembranosus und Biceps, erste Anwendung, II (I) 86.
- Muskelmultiplicator**, s. Multiplicator.
- Muskelschemata, elektromotorische**, das cylindrische, I. 561—563; — Theorie der Strömung daran, 577—585; — derjenigen in dem angelegten Bogen, 585—596; — Versuch der experimentellen Bewährung: Störungen durch

die Polarisation, (s. flache Erregerpaare) 596—618; — Versuche am einfach cylindrischen Schema, 619 bis 624; — Bedenken wider dies Schema, 635—640; — Schema aus mehreren Stäben, 658—661; — Theorie desselben, 640—658; — Molecularschema, 672—677; — dessen Strom wächst mit der Leitungsgüte des Elektrolyten, II (I) 84; — Schema des parelektromischen Muskels, II. 90. 98.

Muskelspanner, s. Streckvorrichtung.

Muskelstrom, ältere Wahrnehmungen, 72. 73. 86. 87; — an einzelnen frei zugeordneten Muskeln, 491—494; — Gesetz des Muskelstromes, s. dieses; — durch die Thierreihe verfolgt, 523; — Nachweis an einem einzigen Primitivmuskelbündel, 554. 555; — Nerven und Bindegewebe spielen bei seiner Erzeugung keine Rolle, 556—558; — er geht vom Innern des Primitivmuskelbündels aus, 558—560; — Einfluss der Zusammenziehung, II (I) 3—129; — der Ausdehnung und Zusammenrückung, 129—140; — Umkehr beim Absterben, 155; — die Todtenstarre seine zeitliche Grenze, 156—165; — Einfluss verschiedener Umstände auf den Muskelstrom parallel gehend dem Einfluss derselben Umstände auf die Leistungsfähigkeit der Muskeln, 165 bis 196; — Umkehr durch Siedhitze, 180; — er rührt nicht her von den intramuscularen Nerven, 274. 275; — am enthäuteten lebenden Thiere, II (II) 2—7; — am äusserlich unversehrten Frosche, 7—9; — Erklärung, mittels der Hautströme, der dabei auftretenden Unregelmäßigkeiten, 21—23; — scheinbare Entwicklung des Stromes nach dem Enthäuten, 23—26; — parelektromischer Zustand, s. diesen; — Strom der ruhenden Muskeln am lebenden menschlichen Körper nicht darstellbar, 233. 237. 238. 245. 283. 284. 286.

Myographion, N. 1.

N.

Nachwirkung des Tetanus auf den Muskelstrom, II (II) 151—158; — am lebenden menschlichen Körper bei willkürlichem Tetanisiren, 291—294.

Nackenband, elektromotorische Wirkung nach Art des Muskelstroms, II (I) 202; — nimmt scheinbar positive Polarisation an, I. 381. II (II) 441.

Nadelpaar, s. Doppelnadel.

NAPOLÉON, als Erster Consul, ehrt Volta,

I. 92; — Anhänger der Identitätslehre, II (I) 219.

Narkotische Gifte, deren Einfluss auf den Muskelstrom (bei unmittelbarer Einwirkung), II (I) 182. 183; — auf den Nervenstrom, 287.

NASSE, HERMANN, angebliche freiwillige Elektrisirung des menschlichen Körpers, I. 15.

NASSE, d. J., quere Erregung des Nerven minder wirksam, I. 297.

Nebenschließung zur Einführung beliebiger Stromzweige in den Multiplicatorkreis, zuerst angewendet, II (I) 441. 442.

NEEF, Blitzrad, I. 279. 420; — Magnetelktromotor, 393; — Lichterscheinung am Wagner'schen Hammer, 419.

Negative Schwankung, s. Schwankung.

Nerven, deren Leitvermögen, II (I) 233. 235. 237. 245. 247; — nach Matteucci grösser in auf- als in absteigender Richtung, 245 Anm.; — in des Verfassers Versuch in beiden Richtungen gleich, 378. 379; — bleibt scheinbar beständig bei Thätigkeit der Nerven, 444—447; — Nerven besponnenen Drähten verglichen, 226. 229; — Kritik dieser Vorstellungsweise, 275—282. 348—350.

Nervenmultiplicator, s. Multiplicator.

Nervenprincip, s. Identitätslehre und doppelsinnige Leitung.

Nervenschlingen, angebliche Endigungsweise der Nerven in den Muskeln, II (I) 7. 8. 224. 581 ff.

Nervenstrom, Zuckung scheinbar durch denselben erzeugt, I. 84. 85; — erste Anzeige, II (I) 203. 204; — allgemeine Beschreibung, 251—254; — an motorischen und sensibeln Nerven, 254 bis 256; — am Sehnerven, 256. 257; — am Centralnervensystem, 257—260; — an den Bauchganglien des Krebses, 260; — am Grenzstrang der Schildkröte, ebenda; — der Nervenstrom in der Thierreihe, 260. 261; — Gesetz des Nervenstromes, s. dieses; — relative Stromkraft der Nerven und Muskeln, 271. 272; — Zuckung durch den Nervenstrom, 272—274; — Abnahme und natürliche Grenze des Nervenstromes nach dem Tode, 282—286; — Einfluss von allerlei Umständen auf den Nervenstrom, 286—288. — S. sodann elektrotonischen Zustand der Nerven, negative Schwankung und Bewegungerscheinungen des Nervenstromes.

NEUMANN, FRANZ, Erhaltung der Kraft, I. XLV; — Inductionsgesetz, 301.

NEWTON, Sir ISAAC, der wahre Sinn des Wortes Kraft, I. XLII; — Nachbild der Sonne, 350; — bei Haller, über das Nervenprincip, II (I) 211.

Niere, Strom daran, II (I) 202. 203; — innerlich polarisierbar, II (II) 441.

NOBILI, LEOPOLDO, versteht Schweigger's Multiplicator mit Ampère's Doppel-nadel, I. 103; — sucht nach elektrischen Strömen in den Nerven, ebenda; — beobachtet die Zuckung ohne Metalle, 104; — vergleicht die Empfindlichkeit des physiologischen Rheoskopes mit der seines Multiplicators und entdeckt den Froschstrom, ebenda; — Froschsäule, 105. 231; — thermoelektrische Theorie des Froschstromes, 106. 107. 466. 467; — Vorschriften zur Herstellung astatischer Doppelnadeln, 166. 173; — entdeckt und erklärt deren freiwillige Ablenkungen, 169—170; — entdeckt die Ablenkungen durch die Drahtmassen, 177; — Mängel seiner Theorie derselben, 178. 179; — Verfahren zu deren Berichtigung, 188; — vergleichbares Galvanometer, 198; — allgemeines Gesetz der elektrischen Nervenregung, 263; — elektrisches Heilverfahren bei Tetanus, 267. 383; — Gesetz der Zuckungen, 363. 364. 388—390; — Theorie der elektrischen Zuckungen, 385—388; — NOBILI'sche Farbenringe, 566; — Tetanus schnell zugerichteter Frösche, II (I) 33; — Tetanisiren durch rasch wiederholtes Schließen und Öffnen des Kreises, 37; — Versuch, elektrische Wirkungen von Nerven zu erhalten, 228. 229; — Thonthermoströme, (II) 201—203. 472. 474. 496; — gebraucht schon den Namen Elektrotonus, N. 40.

NYSTEN, das Gesetz der Todtenstarre, I. 322. II (I) 163. 164. 285; — Theorie derselben, 159 Anm.

O.

Oberhaut, Hauptsitz des Widerstandes des menschlichen Körpers, II (II) 190. 191. 194—198; — Verminderung ihres Widerstandes durch Temperaturerhöhung, 212—217.

Obsidianmesser, zur Herstellung des Muskelquerschnittes, II (II) 83. N. 48.

Öffnungstetanus nach langer Durchströmung, I. 365—367; — secundäre Zuckung durch denselben, II (I) 25 Anm.; — zur Beobachtung der negativen Schwankung des Muskelstromes, 57. 58.

Öffnungszuckung durch den Froschstrom, I. 66. 83. 100. 106; — Öffnungszuckung überhaupt zuerst von Valli und von Fowler bemerkt, 310; — selbständig aufgefunden von Pfaff, ebenda; — Galvani erst später aufgestossen, ebenda und N. 17; — Volta's Erklärung derselben, 314; — Lehot's, 315; — Erman's, 335; — der Organismus ertheilt nach Ritter sich selbst den Öffnungsschlag, 385. 422.

Öle, fette, deren Leitvermögen, II (I) 111; — Reizversuche unter Oel, I. 109; — hemmen nicht die secundäre Zuckung, II (I) 113; — wirken kaum merklich entwickelnd auf den Strom des Gastroknemius, II (II) 62. N. 33.

OERTLING, Mechaniker in Berlin, selbststeuernde Luftpumpe, II (I) 188; — Saxton'sche Maschine, I. 447 Anm. II (I) 398—403.

OHM, G. S., sein Gesetz, I. 136. 161. 272. 273; — seine Drehwage, 197; — metallische Elektroden sind nach ihm als isoelektrische Flächen zu betrachten, 574; — der Widerstand der Elektrolyte sinkt mit erhöhter Temperatur, II (I) 83.

Opiumvergiftung ohne Einfluss auf den Muskelstrom, II (I) 172; — s. auch narkotische Gifte.

Opticus, N., des Schleyes, Strom daran, II (I) 256; — Versuch, die negative Schwankung am Opticus der Schildkröte zu beobachten, 522.

Organische Bewegung, II (I) 198.

OSERETSKOWSKI, über Michael Puschkin in Tobolsk, einen Homme-Torpille, I. 18.

P.

Pachytrop, an Oertling's Saxton'scher Maschine, II (I) 400.

PACINI'sche (Vater'sche) Körperchen, II (I) 241. 583. N. 36.

PACINOTTI und PUCCINOTTI, angebliche elektrische Wirkungen der Nerven, II (I) 238. 239. 243. 244. 247. 248. 259; — Marchiandi nimmt für sie die Nadelablenkung durch willkürlichen Tetanus in Anspruch, (II) 318 Anm. 3.

PALLAS, elektrische Erklärung des Leuchtens der Thieraugen, I. 12 Anm.

Papier, innerlich polarisierbar, II (II) 439. 465. 466; — s. auch Bäusche.

PAPPENHEIM, s. Purkinje.

Pará-Nufs, deren Albumen isolirend, und nicht innerlich polarisierbar, II (II) 438.

Paradoxe Zuckung, II (I) 545—550. 595; — s. auch Bell.

Parelelektronischer Zustand, erste Darlegung der Wirkung dauernder Erkältung auf den Muskelstrom, II (II) 34 bis 39; — die Entwicklung des Muskelstromes nach dem Enthäuten nicht von der Luft herrührend (39—43), sondern von der Benetzung mit Kochsalzlösung beim Auflegen auf die Zuleitungsgefäße (43—54), welche durch jede die Muskelsubstanz angreifende saure, neutrale oder alkalische, leitende oder nicht leitende Flüssigkeit ersetzt werden kann (54—64), wie auch durch positivere Metalle, sofern sich bei fortgesetzter Berührung derselben mit den Muskeln ätzende Flüssigkeiten bilden (64—73); — zur Negativität des künstlichen Querschnittes tragen weder dessen Herstellung noch seine Prüfung selber etwas bei, 73—87; — Entwicklung der Negativität des natürlichen Querschnittes durch längere Berührung des künstlichen führt zur Entdeckung der Säuerung des Muskels beim Absterben, 85. 86; — Erklärung des parelektronischen Zustandes aus der Molecularhypothese, 87—90; — Versuche an Modellen zu deren Prüfung, 91—98; — die parelektronische Schicht, 108; — mikroskopisch nicht unterscheidbar, 110. 111; — führt zur Annahme einer Zusammensetzung des Muskels aus solchen elektromotorischen Elementen, dafs der Längsschnitt neutral, der Querschnitt nach Umständen positiv, neutral und negativ sein könne, 112—117; — alle Muskeln aller Thiere als stets mehr oder minder parelektronisch dadurch erkannt, dafs sie beim Anätzen des natürlichen Querschnittes eine verstärkte Wirkung im Sinn des Muskelstromes geben, 118—125; — auch Muskeln ganz frischer bei Sommerwärme gefangener Frösche, 119. 120; — Muskeln des Hechtes, 123; — des Kaninchens und der Taube, 123; — es giebt folglich keinen besonderen parelektronischen Zustand, 125; — Matteucci's und Cima's hierher gehörige Angaben, 120—123; — Verfahren um kleine Veränderungen der parelektronischen Schicht nachzuweisen, 125—130; — Einflufs der Temperatur auf die Parelektronomie, 130—138; — nach Matteucci's und Cima's Versuchen, 136. 139; — Winterschlaf und Parelektronomie, 135; — Einflufs der Zuckung auf die Parelektronomie, 138. 144. 145. 147. 148; — Einflufs der Nervendurchschneidung, Gefäfsunterbindung und Schwefelwasserstoff-

vergiftung auf die Parelektronomie gleich Null, 140. 141; — elektromotorisches Verhalten des parelektronischen Muskels bei der Zusammenziehung, 142—151; — bei der Ausdehnung und Zusammendrückung, 158. 159; — früher beobachtete Umstände, die sich aus der Parelektronomie erklären, 169—172.

Parelelektronomie, s. parelektronischer Zustand.

Partielle Ströme, in welche die Strömung in nicht prismatischen Leiter zerfällt, I. 572.

PARTINGTON, elektromagnetische Dame, II (I) 227. N. 37.

PÉCLET, über astatische Doppelnadeln, I. 165; — besonderer Fall von Ablenkung durch die Drahtmassen, 177. 182; — Art, die Ablenkung durch die Drahtmassen zu vermeiden, 186; — Darstellung der Vorgänge in Curven, N. 1.

PELTIER, Polarisationserscheinungen an Muskeln (Peltier'sche Ladungen), I. 376. 377. II (II) 71. 72; — Text seiner Angaben darüber, 378. 379; — Widerlegung von Prevost's Angabe einer elektrischen Wirkung thätiger Muskeln, (I) 8. 9; — verkennt die Natur der von ihm bestätigten secundären Zuckung, 13. 15. 16. 105 Anm.; — gegen die Identitätslehre, 240; — reciprokes Phänomen der Thermostrome, (II) 394; — sein thermoëlektrisches Kreuz, 413. 420. 421.

Penis, elektrische Reizversuche daran, I. 355. 356.

Perca fluviatilis, s. Barsch.

Peripolare Anordnung, I. 682.

Peronaeus, N., vom Frosch, II (I) 445. 546.

PERSON, über elektrische Ströme in den Nerven, II (I) 232—234. N. 38; — Nerven nicht besser leitend als andere Gewebe, (II) 191.

Peterslienuwurzel, innerlich polarisierbar, II (II) 438.

PFÄFF, über die angebliche freiwillige Elektrisierung des menschlichen Körpers, mit Ahrens, I. 14. 15; — Darstellung von Galvani's Theorie der thierischen Elektrizität, 49; — Zuckung mit nur scheinbar gleichartigen Metallen, 79; — Zuckung ohne Metalle, Rolle der Haut dabei, 101. II (II) 20; — gesteigerte Empfindlichkeit des physiologischen Rheoskopes bei Hindurchleiten des Stromes durch die Nerven, I. 252 Anm.; — Unterband in Reizversuchen, 253 Anm.; — Zuckung scheinbar ohne

- Kettenverband, 265; — Reibung der Metalle an einander die Zuckungen hervorlockend, 269; — Empfindungen im Säulenkreise, 283; — die elektrische Gesichtsercheinung während des Kettenschlusses andauernd, 284; — gegen die elektrolytische Erklärung des elektrischen Geschmacks, 287 Anm.; — elektrische Nervenregung wächst mit der Länge der durchflossenen Strecke, 295. II (i) 559. 560. 561; — das Gesetz der Zuckungen, I. xx. 310—312; — entdeckt selbständig die Öffnungszuckung, 310; — erklärt das Absterben der Nerven vom Centrum nach der Peripherie durch deren Trocknifs, 322; wider Ritter's Gegensatz zwischen Beugern und Streckern, 325; — der elektrische Geschmack bei centrifugalem Strom, 339 bis 340; — die elektrische Gesichtsercheinung stärker bei centripetalem Strom, 345; — über Ritter's subjective Versuche, 357 Anm.; — Gesetz des elektrischen Schmerzes im Sinne des Gesetzes der Zuckungen, 359; — paradoxer Versuch, ebenda Anm.; — über Ritter's Modificationen der Erregbarkeit durch geschlossene Ketten, 371. 372; — Erregbarkeit ermüdeten Gliedmaßen schnell erschöpft, 375; — über das umgekehrte Gesetz der Zuckungen, 404. 405; — Stromvertheilung in nicht prismatischen Leitern, 565. 566; — Leitungsvermögen von Terpenthinöl und Alkohol, II (i) 111 Anm.; — über die angebliche isolirende Beschaffenheit der Nervenhiillen, 275. 276; — die Flamme ein Nichtleiter des Galvanismus, 561 Anm.; — galvanische Zuckungen schwerer erfolgend bei noch erhaltener Verbindung mit den Centralgebilden, 563; — über Humboldt's integrirende Reize, II (ii) 165; — über Galvani's Reizversuche vom Nerven aus, N. 17; — Pfaff's Dissertation, N. 29.
- Pflanzensäfte*, saure, nach Volta die Zuckung ohne Metalle befördernd, I. 72. II (ii) 163. 164.
- Pflanzentheile*, grüne und holzige frische, stark innerlich polarisirbar, II (ii) 437. 438.
- PFLÜGER, II (ii) 500.
- Pfundwärme*, schwach innerlich polarisirbar, II (ii) 439.
- Phase*, positive und negative des elektrotischen Zustandes, II (i) 294; — Phasen an beiden Enden des Nerven complementär, 301.
- Physiologische Electricität*, Begriffsbestimmung derselben, I. 4; — Übersicht ihres Thatbestandes im Jahre 1841, 7—28.
- Physiologisches Rheoskop*, s. stromprüfender Froschschenkel.
- Platin*, dessen Gebrauch zur Ableitung der thierisch-elektrischen Ströme, I. 204—209. 214; — im platinirten Zustande für secundäre Batterien empfohlen, II (i) 190.
- Platinschwamm*, mit einem Elektrolyten getränkt einen typischen Fall von innerer Polarisirbarkeit bietend, I. 380. II (ii) 459.
- POGGENDORFF, allgemeines galvanometrisches Gesetz, I. 177. II (i) 493; — Multiplicatorgewinde ohne Spalt zur Vermeidung der Ablenkungen durch Drahtmassen, I. 186; — Mittel zur Erhöhung der Empfindlichkeit eines Galvanometers, 189; — Ablesung mit Spiegel, Fernrohr und Scale, 197; — Verfahren zum Graduiren der Multiplicatoren, 198; — Elektrolyse von Silbernitrat zur Bestimmung ihrer absoluten Empfindlichkeit, 199; — Erscheinungen beim Entgegensetzen einer Daniell'schen Kette und eines durch eine Grove'sche Kette polarisirten Platinplattenpaares, oder einer Grove'schen Kette und einer mittelst seiner Wippe geladenen secundären Säule, 238. 245; — Grenze der Polarisation, 239; — Erfinder der Klemmschrauben zur Verbindung stromführender Drähte, 445; — sein Inversor, 447—448. II (i) 461; — Widerstand eines radial durchflossenen Flüssigkeitsringes, I. 568; — seine Erklärung der paradoxen Erscheinung an den „flachen Erregerpaaren“, 611; — zusammengesetzte Kette, 701. N. 50; — doppelsinnige Ablenkung, II (i) 44. 45. 421—430. 439; — besondere Tauglichkeit des platinirten Platins zu secundären Batterien, 190; — der secundäre Strom entwickelt Wasserstoff an der ursprünglich positiven Elektrode, ebenda; — die Polarisation sinkt mit dem barometrischen Drucke, 191; — Wheatstone'sche Brücke, 500; — bewegtes Zink in verdünnter Schwefelsäure negativ gegen ruhendes, (ii) 326. 328; — über Stromdichte, N. 25.
- POHL, Gyrotrop, s. Stromwender; — Vergleich der Strömungskurven mit magnetischen Curven, I. 565.
- Polarisation* als regelmässige Anordnung kleinster Kräfte Träger, die elektrische Nervenregung und die Magnetisirung erklärend, I. 418; — säulenartige, der

- dipolaren Nervenmolekeln, zur Erklärung des Elektrotonus angenommen, II (i) 322.
- Polarisation der Elektroden*, I. 120; — ihre Rolle in den thierisch-elektrischen Versuchen, 236—243; — positive des Eisens und des verquiekten Zinks, 236 Anm.; — Polarisation auch nach den kürzesten Strömen (Henrici, Schönbein, A.), 238; — Grenze der Polarisation des Platins, 239; — Beseitigung der Polarisation durch galvanoplastische Combinationen, 243. II (i) 149; — Polarisation thierischer Theile, I. 377—381. II (ii) 380; — Polarisation zwischen Elektrolyten (äußere positive und negative) und innere negative Polarisation feuchter poröser Körper, s. secundär-elektromotorische Erscheinungen, II (ii) 377 bis zum Schluß.
- Polarisationswippe*, Poggendorff's, I. 238; — die bei der Erforschung der secundär-elektromotorischen Wirkungen angewandte, II (ii) 389—395.
- Polarzonen* der elektromotorischen Muskelelemente, I. 671. 680.
- PORRET's Versuch, I. 395. II (ii) 440. 496.
- POUILLET, angebliche negative Elektrisierung der Pflanzen durch Kohlensäurebildung, I. 8; — Sinus- und Tangentenbussole, 197; — Bedeutung der Stromdichte in Reizversuchen, 252 Anm.; — verkennt das allgemeine Gesetz der elektrischen Nervenirregung, 263; — Verhältniß der schwächsten wahrnehmbaren und der stärksten erträglichen Ströme, 293; — Verfahren zur Messung kleinerer Zeiträume, 411; — Stromvertheilung in nicht prismatischen Leitern, 565. 566; — beständige Ablenkung durch einen unterbrochenen Strom, 413 und II (i) 31; — Versuch, elektrische Ströme vom Rückenmark abzuleiten, 227; — Widerstand des menschlichen Körpers, 75 Anm. (ii) 198; — über Luftströmungen unter Multiplicatorglocken, 312; — Mitglied und Berichterstatte der Commission d'Electrophysiologie, 320; — seine Kritik des Versuches über den Strom bei willkürlichem Tetanus, 336. 337. 357; — deren Widerlegung, 338—352. 357—373. N. 51.
- Präexistenz* des Muskelstromes II (ii) 178. 179; — des Nervenstromes, 179.
- PRÉVOST und DUMAS, Bau der Primitivnervenröhren, I. 393; — Ketten aus Muskelfleisch und Blut oder Salzwasser u. d. m. 483; — elektrische Theorie der Muskelzusammenziehung, II (i) 7; — des Nervenprinzips und erster Versuch am Multiplicator Wirkungen vom Nerven zu erhalten, 224—226; — isolirende Beschaffenheit der Nervenhiüllen, 276; — ihre angeblichen Endschlingen der Nerven durch R. Wagner vernichtet, 582. 583.
- PRÉVOST (ohne DUMAS), Bestimmung der Stromrichtung mittelst des stromprüfenden Schenkels, I. 396; — neue elektrische Theorie der Muskelzusammenziehung, II (i) 8; — dritte Theorie, ebenda, 9. 235. 240; — Bestätigung von Matteucci's contraction induite, 15.
- PRIESTLEY, elektrische Theorie der Muskelzusammenziehung, II (i) 5; — fette und flüchtige Öle Nichtleiter der Elektrizität, 111 Anm.; — Anhänger der Identitätslehre, 217; — Leitungsgüte der Nerven, II (ii) 190; — entdeckt die Leitungsfähigkeit der Kohle, 459.
- Primitivmuskelbündel*, s. Muskelbündel.
- PRING, JAMES, Erklärung der Angaben William Müller's über Elektricitätsentwicklung durch Muskelanstregungen, II (i) 11.
- PROCHASKA, Anhänger der Identitätslehre, II (i) 219.
- Proportionalität* zwischen elektrotonischem Zuwachs und Stromdichte, zwischen Elektromagnetismus und Stromstärke, mittelst eines neuen Prinzips erwiesen, II (i) 416—423. N. 42.
- Pseudoelektrische Fische*, II (i) 207.
- PTSCHELNIKOFF, s. Lenz.
- PUCINOTTI, lehnt die für ihn von Marchiandi beanspruchte Priorität des Versuches über Nadelablenkung durch willkürlichen Tetanus ab, II (ii) 318. 319 Anm.; — s. auch Pacinotti.
- Pulversatz* zum Tetanisiren, II (i) 519. N. 43.
- Pupille*, verengt sich bei elektrischer Sehnervenirregung, I. 353.
- PURKINJE, pepsinhaltige Flüssigkeiten zur Verdauung befähigt durch elektrische Entwicklung von Säure (mit PAPPENHEIM), I. 110 Anm.; — der subjective elektrische Lichtschein während des Kettenschlusses andauernd, 284; — genauere Beschreibung der galvanischen Lichtfiguren, 350—352. 354.
- Q.
- Quadriceps femoris, M.*, Strom durch willkürlichen Tetanus dieser Muskelgruppe, II (ii) 290.

Quarzsand, innerlich unpolarisierbar, II (II) 434.

QUATREFAGES, ARMAND DE, angebliche Lichtentwicklung bei der Zusammenziehung, II (I) 23; — Endigung der sensiblen Nerven bei Amphioxus, 583 Anm.

Quecksilber, als gleichartiger Metallbogen bei Zuckungsversuchen angewandt, von Aldini, I. 60; — von Humboldt, 80. 81; — entwickelt den Strom des Gastroknemius, II (II) 41. 42. 65. 66.

Querbüusche, bei Polarisationsversuchen, II (II) 383.

Querschnitt, künstlicher, des Muskels, definiert, 501; — geometrischer und elektromotorischer Mittelpunkt (Pol) des Querschnitts, 508. 509; — geometrischer und elektromotorischer Querschnitt des Muskels, 513. 514; — richtige Art den künstlichen Querschnitt herzustellen, 698; — Einfluss der Größe des Querschnitts auf die Muskelstromkraft, 698—715; — Bestimmung des Querschnittes durch Wägung, 704; — weder Prüfung noch Herstellung des künstlichen Querschnittes tragen zur Entwicklung seiner Negativität bei, 75—87; — Wirkung der Benetzung des künstlichen Querschnittes mit verschiedenen Flüssigkeiten, 77. — S. Anfrischen des Querschnittes.

Querschnitt, natürlicher, des Muskels, definiert, I. 501; — gleichbedeutend mit dem sehnigen Ende, 538. 539; — dessen Bau, II (II); — Rolle bei der Zuckung ohne Metalle, I. 525. 526. — S. parelektronomischer Zustand.

Querschnitt des Nerven, vielleicht schon von Galvani als *bocuccia* bezeichnet, I. 84; — Vorsichtsmaßregel bei dessen Herstellung, II (I) 251. 252; — in den schwachen Strömen von Querschnitt zu Querschnitt keine Gesetzmäßigkeit, 252; — es fehlt an einem natürlichen Querschnitt der Nerven, 253; — ob die Retina als ein solcher anzusehen sei, 256. 257; — Einfluss der Größe des Querschnitts auf die Nervenstromkraft, 264, 268.

QUETELET, Darstellung beliebiger Abhängigkeiten durch Curven, N. 1.

QUINCKE, GEORG, II (II) 459 Anm.

R.

Rana esculenta, s. Frosch.

Rana temporaria, s. Grasfrosch.

RAYER, Mitglied der Commission d'Électrophysiologie, II (II) 320.

RÉAUMUR, mechanische Theorie des Zitterfisch-Schlages, II (I) 216.

Rectus internus, M., (droit interne Cuv.), vom Frosch, Strom zwischen sehnigen Enden, I. 497; — Gewicht bei 1^{cm} Länge, Verhältniszahl der Bündel, Stromstärke zwischen Längs- und künstlichem Querschnitt, 705.

Ré-électromètre, von Marianini angegebene Messinstrument für instantane Ströme, I. 418. II (I) 242.

VAN REES, Vertheilung des Magnetismus in Stäben, II (I) 354 Anm.

Regenwurm, Muskelstrom daran, I. 523. 524.

REICHERT, C. BOG., Darstellung der Bowman'schen Lehre vom Bau des Muskelprimitivbündels, I. 544. 545 Anm.; — quergestreifte Musculatur des Schleydarmes, II (I) 200.

REIMARUS, vom Blitze, I. 151 Anm.

REINHOLD, Galvanist und Übersetzer von Sue's *Histoire du Galvanisme*, I. 31. 78. 79; — über die Zuckung mit gleichartigen Bögen, 81; — Berichtigung seiner geschichtlichen Angaben über die Rolle des Unterbandes in Froschschenkelversuchen, 253 Anm.; — der subjective elektrische Lichtschein während des Kettenschlusses andauernd, 284; — Urtheil über Ritter's subjective Versuche, 357 Anm.

REMAK, ROBERT, eigenthümliche Veränderung von Muskelbündeln bei einer Puerpera, II (I) 72.

REMER, angebliche Entladungsschläge von Aalen, Ratten und Katzen, I. 18.

Retina, Pallas glaubt, dass sie elektrisch leuchte, I. 12 Anm.; — elektromotorisches Verhalten der Nervenendigungen in derselben, II (I) 256. 257; — es mislingt vorläufig, negative Schwankung des Opticusstromes durch Belichtung die Retina zu erzeugen, 522.

REUSS, Überführung von Flüssigkeiten durch den elektrischen Strom, II (II) 440.

RIESS, PETER THEOPHIL, Eisen im Kupfer der Multiplicatordrähte, I. 185; — Versuch an seinen Apparaten über die vergleichsweise Stärke des Schlages, den dieselbe Elektrizitätsmenge von zwei ungleichen Belegen aus giebt, 270. 271; — und den verschiedene Elektrizitätsmengen bei gleicher Dichte geben, 289; — Induction im offenen Kreise, 423. II (I) 7; — Vorrichtung zur Jodkaliumelektrolyse, I. 443; — Theorie der Rosenschöld'schen Ladungserscheinungen, II (II) 471; — Leitung von Schwefelantimon, 493 Anm.; — Methode, selbst nachgehene Citate mit einem Sternchen zu

- versehen, N. 3; — über angebliche Elektrizitätsentwicklung durch den Vegetationsprocess, N. 5; — über die elektrische Dame zu Orford, N. 8.
- Rigor mortis seu mortualis seu emortalis*, s. Todtenstarre.
- Rimini*, Galvani's Zitterrochenstation am Adriatischen Meere, I. 86.
- Rind*, fehlerhafter Versuch Aldini's daran, I. 94; — Matteucci's Nachweis des Muskelstromes, 540.
- Ringelmatte*, verkehrtes Gesetz der Zuckungen an deren vorderen Rückenmarksträngen, I. 402; — Muskelstrom, 523.
- Rippe*, *Rippenknorpel*, innerlich polarisierbar, II (II) 439.
- RITCHIE's *elektromagnetische Maschine*, II (I) 48 Anm.
- RITTER, JOHANN WILHELM, Entdecker der „Modificationen der Erregbarkeit durch geschlossene Ketten“, I. xx; — Zuckung ohne Metalle, 78; — Stromdichte in Reizversuchen, 252 Anm.; — Unterband in Reizversuchen, 253 Anm.; — Absterben der Nerven vom centralen Stumpf abwärts, 254; — allgemeines Gesetz der elektrischen Nerven-erregung, 263, 265; — Zuckungen scheinbar ohne Kettenverband, ebenda; — Einschleichen in den Kreis einer 200gliedrigen Säule ohne die Empfindung eines Schlages, 266, 267; — Zuckung durch Herstellung einer Schlinge am durchflossenen Nerven, 268; — angeblich verschiedene Empfindungen an der Zink- und Silberseite der Säule, 283; — Dauer des subjectiven elektrischen Lichtscheins während des Kettenschlusses, 284; — ebenso der subjectiven elektrischen Gehörwahrnehmung, 285; — subjectiver elektrischer Geruch, ebenda; — verstärkter elektrischer Geschmack bei Öffnung der Kette, 287 Anm.; — elektrische Nerven-erregung mit der Länge der durchflossenen Nervenstrecke wachsend, 295, II (I) 559, 560 Anm.; — quere Erregung des Nerven nicht unwirksam, I. 297; — Gesetz der Zuckungen, 313—333; — verschiedene Erregbarkeit der Beuger und Strecker, 317—321; — Frösche am reizbarsten im Frühling und Herbst, 320; — Gesetz des Absterbens der Nerven vom Centrum nach der Peripherie, 322; — der elektrische Geschmack bei centrifugalem Strom, 339; — dessen Gesetz im Sinne des Gesetzes der Zuckungen, 340—342; — dasselbe für den elektrischen Geruch, 343; — für das Ge-
hör, 343—345; — das Gesicht, 345 bis 350; — Modificationen der Erregbarkeit durch geschlossene Ketten, 365—372; — der Organismus ertheilt sich den Öffnungsschlag selbst, 385, II (I) 386, 387; — Öffnungstetanus mit langer Schließung, 365—367, II (I) 39, 40; — Ritter als Anhänger der Identitätslehre, 219, 220; — über Humboldt's integrirende Reize, II (II) 165; — unrichtige Angaben über die Leitungsgüte der thierischen Gewebe, 189, 190; — aber die Oberhaut ein fast vollkommener Nichtleiter, 191; — Polarisation der Kohle, 460.
- DE LA RIVE, AUGUSTE, folgt Nobili's thermoöktrischer Theorie des Froschstromes, I. 107; — Erforschung der Stromvertheilung in prismatischen Leitern durch Ableitung von Stromzweigen, 565, II (I) 228; — Versuch über den Einfluss der Luftverdünnung auf die Polarisation der Elektroden, II (I) 188, 189; — elektrische Theorie der thierischen Wärme, 223, 224; — über den Strom beim willkürlichen Tetanus, II (I) 311 Anm.
- ROBERTS, MARTYN, angebliche Rolle der Nerven-erregbarkeit bei der Schamröthe, II (I) 239, 240.
- ROBIN, CHARLES, elektrisches Organ des gemeinen Rochen, II (I) 207.
- ROBISON, Schmerz in Wunden durch den Strom der einfachen Kette, I. 284; — bei der Öffnung verstärkt, 310; — der elektrische Geschmack bei centrifugalem Strom, 339.
- ROEBER, HERM., II (II) 500.
- ROGER, JOS. LUD., Gegner der Identitätslehre, II (I) 215 Anm. N. 6.
- ROLANDO, Anhänger der Identitätslehre, II (I) 220, 230.
- ROSENSCHÖLD, MUNK AF, Erscheinungen an der durch einen feuchten Faden geschlossenen Säule, I. 432 Anm.; — Ladungserscheinungen an Halbleitern, II (II) 464—471.
- ROSENTHAL, IS., II (II) 500.
- Rotationsapparat*, *magnetogalvanischer*, s. Saxton'sche Maschine.
- ROUSSEAU, reines Olivenöl ein sehr vollkommener Nichtleiter, II (I) 111 Anm.
- LE ROY, elektrischer Lichtschein durch den Schlag der Leydener Flasche, I. 56.
- Rückenmark*, Engelhardt's Versuch, I. 326; — verkehrtes Gesetz der Zuckungen an den vorderen Rückenmarksträngen nach Longet und Matteucci, 402; — van Deen's, Kürschner's und

- Stilling's Versuche, II (I) 576—580; — s. auch Centralnervensystem.
- Rückschlag* bei Gewittern (returning stroke), erklärt Galvani's erste Beobachtung, I. 34. 35.
- RÜPELL, elektrisches Organ der Mormyri, II (I) 207.
- RUHKORFF, Erbauer von Multiplicatoren, I. 162. II (I) 479; — Vorrichtung zur Berichtigung der Ablenkungen durch die Drahtmassen, I. 189. II (I) 485. 486; — empfindlicher Multiplicator, 248; — N. 26.
- RUTHERFORD, Öffnungsblitz mit der einfachen Kette, I. 310.
- S.**
- SACHS, CARL, Untersuchungen am Zitteraal, II (II) 503.
- Säuerung des Muskelquerschnitts* in Folge des Absterbens, II (II) 85. 86.
- Salamandra maculata*, s. Erdmolch.
- Salmiaklösung* zur Ableitung der thierisch-elektrischen Ströme, I. 217.
- Sandstein*, innerlich polarisierbar, II (I) 433.
- SANTI-LINARI, Funken durch den Zitterrochen-Schlag, I. 691.
- Saphenus*, N., vom Frosch, II (I) 521 Anm.
- Sarkolemma*, Bowman's, I. 544 Anm. 545.
- Sartorius*, M., (Couturier Cuv.), vom Frosch, Strom zwischen sehnigen Enden, I. 497. 512; — Gewicht bei 1^{cm} Länge, Verhältniszahl der Bündel, Stromstärke zwischen Längs- und künstlichem Querschnitt, 705.
- Sattelbausch*, zur Untersuchung des lebenden Frosches, II (II) 8.
- SAUERWALD, Mechaniker in Berlin, II (II) 450.
- SAUSSURE, HORACE-BÉNÉDICT, Elektrisirung des menschlichen Körpers durch Reibung der Kleider, I. 12.
- SAUVAGES, FRANÇOIS BOISSIER DE, elektrische Theorie der Muskelzusammenziehung, II (I) 5. 10; — einer der Väter der Identitätslehre, 210—214.
- SAXTON'sche Maschine zum Tetanisiren, II (I) 47; — zum Elektrotonisiren der Nerven, 308—403. 405. 406. 408.
- Schaf*, Muskelstrom daran, I. 540.
- SCHARLAU, gegen Schönlein's elektrische Theorie der rheumatischen Schmerzen, I. 17.
- Schellackfirnis*, Politur der Tischler, kein zuverlässiger Isolator, II (I) 110. 480.
- 481 Anm.; — Lack der Mechaniker, 113.
- SCHELLBACH, galvanoplastisches Kupfer zu Multiplicatordrähten, I. 186.
- Schildkröte*, Muskelstrom daran, I. 523. 524; — Nervenstrom überhaupt und am sympathischen Grenzstrang, II (I) 260; — Versuch durch Belichtung ihres Auges negative Schwankung des Stromes des Sehnerven zu erzeugen, 522.
- SCHINDERHANNES, galvanische Versuche an seinen hingerichteten Spiessgesellen, N. 53.
- SCHLEIDEN, über Lebenskraft, I. xxxiv; — Leuchten der Blumen, 8.
- Schleim*, befördert die Zuckung ohne Metalle nach Volta, I. 72. II (II) 163; — entwickelt den Strom des Gastroknemius, 164.
- Schley*, Muskelstrom daran, I. 523. 524. 540; — contractiles Gaumenorgan, 198. 199; — Nervenstrom an seinem Sehnerven und Augapfel, II (I) 256. 257; — Nervenstrom überhaupt, 261; — keine Hautströme, II (II) 16. 17.
- Schließungsbausch*, I. 221.
- Schließungsdochte*, verwerflich, I. 221.
- Schließungsrohre*, langes und kurzes, I. 220.
- Schließungszuckung*, s. Gesetz der Zuckungen.
- Schlitteninductorium*, s. Magnetelektromotor.
- Schmerz*, elektrischer, s. Gefühl.
- SCHÖN, s. Günther und Schön.
- SCHÖNBEIN, Funken durch den Zitteraalschlag, I. 691; — Polarisirung flüssiger Leiter, II (II) 422.
- SCHRÖDER, H., Verfahren zur Berichtigung der Ablenkungen durch die Drahtmassen, I. 188. II (I) 489; — Multiplicatoren mit langem Draht, 479 Anm.
- Schüsselversuch am Zitterrochen*, II (I) 15. 105.
- Schüttelversuch* an polarisirten Elektroden, I. 212; — dessen Rolle in älteren Reizversuchen, 268—270. II (I) 190. (II) 333.
- SCHULTZE, C. A. S., Reaction des Hautsecretes der nackten Amphibien, N. 46.
- Schwankung, der Gleichgewichtslage astatischer Systeme*, I. 192—196.
- Schwankung, positive und negative der Stromdichte*, Bedingung der elektrischen Nervenregung, nach dem allgemeinen Gesetz dieser Erregung, I. 258. 259; — s. dies Gesetz.
- Schwankung, negative des Muskelstromes bei der Zusammenziehung*, erste Dar-

legung, II (1) 25—30; — bei mechanischer Reizung, 52—54; — Reizung durch Wärme, 54; — bei chemischer Reizung, 54. 55; — bei elektrischem Tetanisiren des Rückenmarkes, 56; — bei Strychninvergiftung, 57; — bei Ritterischem Öffnungstetanus, 57. 58; — Zurückführung der negativen Schwankung auf eine scheinbare Abnahme der Muskelstromkraft, 59—87; — wahres ihr zu Grunde liegendes Verhalten, 120 bis 129; — Verhalten am palelektromischen Muskel, II (11) 142—151; — die palelektromische Schicht am Molecularmechanismus der Zusammenziehung unbetheiligt, 147. 148; — die Curve der Muskelstromstärke bezogen auf die Zeit während des Tetanus, 145. 157. 158; — die negative Schwankung an nicht enthäuteten Gliedmaßen und am lebenden unversehrten Frosch, 180—186; — s. auch secundäre Zuckung.

Schwankung, negative des Muskelstromes am lebenden menschlichen Körper, II (11) 276—376; — Verfahren dabei, 278 bis 282; — der Versuch an den verschiedenen Gliedmaßen, 282—291; — die classische Form des Versuches, 287; — Vorrichtung dazu, 287. 288; — der Versuch am *M. quadriceps femoris*, 290; — elektromotorische Nachwirkung des willkürlichen Tetanus, 291 bis 294; — Versuch nur an den Beugern und Streckern des Armes, 298. 299; — Verbindung mehrerer Menschen zur Anstellung des Versuches als Säule oder als zusammengesetzte Kette, 299—304; — warum mit dem stromprüfenden Froschschenkel der Versuch mislinge, 304—308; — Geschichte des Versuches, 308—321; — Erklärung der falschen, von mehreren Beobachtern erhaltenen Ergebnisse, 321—331; — der Strom beim willkürlichen Tetanus nicht thermoëlektrisch, 352—355; — nicht von Schweifsausbruch, 358 bis 360; — nicht von Congestion herrührend, 360—362; — Entfernen der Haut durch Blasenpflaster verstärkt ihn ausnehmend, 364—368.

Schwankung, negative des Muskelstromes am Unterschenkel des Kaninchens, II (11) 336—344; — *des lebenden Kaninchens*, 344—348.

Schwankung, negative des Nervenstromes, A. bei elektrischer Erregung: Rechtfertigung des Gebrauches des Inductoriums, II (1) 412—425; — erste Darlegung, 425; — veränderte Curve der Nervenstromkraft bezogen auf die

Nervenaxe während des Tetanus, 429; — Beseitigung von Bedenken (Stromschleifen, Widerstandszunahme des Nerven), 430. 447; — scheinbar positive Schwankung statt der negativen, 416. 453. 458. 465. 466. 470; — Abhängigkeit von verschiedenen Umständen, 447—472; — negative Schwankung bei Doppelregung, 461. 462; — am Nervenmultiplicator, 506. 507. — B. bei nicht elektrischer Erregung: durch Strychnin, 510—517; — Zerstören des Rückenmarkes, 517; — mechanischem Zerstören des Nerven, 517. 518; — Verbrennen desselben, 518—520; — durch chemische Reizung, 520; — von der Haut aus, 520. 521; — am Sehnerven der Schildkröte, 522; — die Schwankung nicht vortäuscht durch Verkürzung der wirklichen Nervenstrecke, 522—527; — mit der Zuckung parallelisirt, 558 bis 563; — deren physiologische Bedeutung, 563—566; — an den Spinalnervenzwurzeln in beiden Richtungen erfolgend, 587—591; — durchdringt die Ganglien, 601—603; — an den Centralgebilden, 603—604; — auch am Rückenmark von den Ischiadgeflechten aus, 605.

SCHWANN, THEODOR, über Lebenskraft, I. xxxiv; — führt den *M. gastrocnemius* des Frosches in die allgemeine Muskelphysik ein, 494; — Kritik aller Erklärungen der Muskelzusammenziehung durch Kräfte, welche umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung abnehmen, II (1) 6. 10. 11; — Versuch über doppelsinnige Leitung in den Nerven, 571; — Nervenendigung in den Muskeln, 582.

Schwefelantimon, Ladungserscheinungen daran nach Rosenschöld, II (11) 465; — Leitung nach Riess, 493 Anm.

Schwefelblumen-Teig; innerlich unpolarsirbar, II (11) 434. 474.

Schwefelwasserstoff nach Matteucci den Muskelstrom fast vernichtend, II (1) 173. 174.

Schweifs, entwickelt den Strom des *Gastrocnemius*, II (11) 164; — schwitzende Hautstelle positiv gegen die symmetrische nicht schwitzende, 358—360.

Schweifscanälchen, vermitteln vielleicht die Leitung durch die Oberhaut, II (11) 195.

Schwingungsdauer astatischer Doppelnadeln, 167. 168; — im Multiplicatorgewinde, 190—192. II (1) 248. N. 26.

Secundär-elektromotorische Erscheinungen, zuerst als Peltier'sche Ladungen thie-

- rischer Theile beschrieben, I. 377 bis 381; — positive Polarisation der Muskeln, I. 240. II (I) 331. (II) 71; — innere Polarisirbarkeit, 380; — Versuchsweisen, 382—388; — Polarisationswippe, 389—395; — Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte, 398—422; — Nachweis derselben an nur Einer Grenze (Peltier'sches Kreuz), 412. 414; — Ritter'sche Ladungssäule oder secundäre Säule aus Elektrolyten, 414. 415; — beruht nicht auf Temperaturunterschieden, sondern auf Ausscheidung von Ionen an der Grenze der ungleichartigen Elektrolyte, 417—422; — innere Polarisirbarkeit als weit verbreitete Eigenschaft feuchter poröser Körper erkannt, 430—442; — Einfluß der Temperatur, 442. 443; — der Dimensionen, 443—456; — Nachahmung der inneren Polarisation mit Kohle u. d. m., 459—464; — Munk af Rosenschöld's Ladungserscheinungen, 464—471; — die innere Polarisation beruht nicht auf Temperaturunterschieden und nicht auf Gegenwart ungleichartiger Elektrolyte im Innern der feuchten porösen Körper, 471—476; Thatbestand und Theorie derselben, 476—490; — besondere Umstände und Anwendungen, 491—497.
- Secundärer elektrotonischer Zustand und secundäre negative Schwankung vom Nerven aus*, II (I) 541—545.
- Secundärer Jodfleck in Inductionskreisen*, II (I) 400.
- Secundäre Säule aus Elektrolyten*, s. secundär-elektromotorische Erscheinungen.
- Secundärer Widerstand* feuchter poröser Körper, II (II) 457—459. 497. 498.
- Secundäre Zuckung vom Muskel aus*, von Matteucci entdeckt, II (I) 14; — Bestätigungen, 15; — Erörterungen über deren Natur, 15. 16; — Matteucci's weitere Versuche darüber, 16—25; — wird in England „induced contraction“ getauft, daher von Matteucci's contraction induite genannt, 18; — Zuckungen höherer Ordnung, 21. 118; — secundärer Tetanus, 89—93; — Erklärung der secundären Zuckung, 93—99; — Widerlegung von Matteucci's Theorie derselben, 99—118; — am immobilisirten Muskel, 119. 120; — angewandt, um den Tetanus auf Discontinuität zu untersuchen, 515; — gelingt nicht durch willkürliche Zuckung am menschlichen Körper, II (II) 304—308.
- Secundäre Zuckung vom Nerven aus*, mißlingt Matteucci, II (I) 21. 529; — vielleicht schon von Sömmering gesehen, 529; — Art sie darzustellen, 529. 530; — Wahrung gegen verschiedene Einwände, 530—532; — sie rührt vom elektrotonischen Zustande her, 532 bis 539; — Einzelheiten, 539—541; — s. auch paradoxe Zuckung.
- Sehne*, elektromotorisch unwirksamer leitender Überzug über den natürlichen Querschnitt des Muskels, I. 501; — Strom der Sehnen, II (I) 202; — Sehnenewebe innerlich polarisierbar, (II) 440. 441.
- Seide, rohe*, zum Aufhängen der Doppelnadel, I. 172. 173; — zum Unterbinden, 460. II (I) 51; — innerlich unpolarisierbar, (II) 442.
- Seife*, innerlich polarisierbar, II (II) 436. 437. 478. 492.
- Seifenwasser*, befördert nach Volta die Zuckung ohne Metalle, I. 72; — und wirkt stark entwickelnd auf den Strom des Gastroknemius, II (II) 163; — innerlich polarisierbar, II (II) 436. 437. 478. 492.
- Selbstschließende Vorrichtung* zur Ermittlung des wahren Verhaltens des Muskelstromes bei der Zusammenziehung, Vorbild des späteren Froschhammers, II (I) 121—125.
- Semimembranosus, M.*, (demi-aponévrotique Cuv.), vom Frosch, Strom zwischen sehnigen Enden, I. 497. 512; — Gewicht bei 1^{cm} Querschnitt, mittlere Verhältniszahl der Bündel, Stromstärke zwischen Längs- und künstlichem Querschnitt, 705. 712.
- Semitendinosus, M.*, vom Frosch, Strom zwischen sehnigen Enden, I. 497; — Rolle beim Präpariren der aus Adductor magnus und Semimembranosus bestehenden Gruppe, 711.
- SEUBERT, Zuckung von hinteren Wurzeln aus, II (I) 598.
- Sicherheitsbüsche* bei Polarisationsversuchen, II (II) 383.
- Sicherheitsplatten*, I. 220. II (II) 8.
- Siedhitze*, schwächt den Muskelstrom und kehrt ihn um, II (I) 180; — ebenso den Nervenstrom, 287; — beeinträchtigt bestehende Polarisation am Froschbein, I. 379, und auch sonst an innerlich polarisierbaren porösen feuchten Körpern, II (II) 443; — läßt aber scheinbar die Polarisirbarkeit der Muskeln bestehen, I. 379.
- SIEMENS und HALSKE, hundertgliedrige Daniell'sche Säule, II (II) 395; — Vertical-Galvanoscop, 397.
- SIGAUD DE LA FOND, s. Castraten.
- Silber in Silbernitrat- oder Cyansilberka-*

- lumlösung* zur Ableitung des Muskelstromes angewendet, nimmt noch Ladungen an, II (I) 149.
- Silbernes Multiplicatorgewinde*, I. 185.
- Silberschenkel* bei Ritter, I. 370.
- SILLIMAN, über die elektrische Dame zu Orford, I. 21.
- SIMON, P.L., Einfluss des Drucks auf den Widerstand von Elektrolyten, II (I) 82.
- SINGER, die Stärke des Leydener Schlags bei gleicher Dichte angeblich unabhängig von der Elektrizitätsmenge, I. 289 Anm.
- Sinigaglia*, Zitterrochenstation Galvani's am Adriatischen Meere, I. 86.
- Sinnesnerven*, allgemeines Gesetz ihrer elektrischen Erregung, I. 288; — und s. bei den einzelnen Sinnen.
- SINSTEDEN, Induction in offenen Kreisen, I. 437. 438.
- Sinusbussole*, I. 197. 413.
- SJÖSTÉN, freiwillige Elektrisirung des lebenden menschlichen Körpers, I. 14.
- SMAASEN, Stromvertheilung in nicht prismatischen Leitern, I. 569; — Fundamentalgleichung des dynamischen Gleichgewichtes, 571.
- SÖMMERING, elektrolytischer Telegraph, II (I) 226; — sah vielleicht schon die secundäre Zuckung vom Nerven aus, 529; — über die Identitätslehre, N. 36.
- Soleus*, M., vom Kaninchen, dient zur Erforschung der Ströme am natürlichen Querschnitt, I. 509.
- SOMMER, Theorie der Todtenstarre, II (I) 159. 160 Anm.
- Sonett* auf die Entdeckung des Galvanismus, I. 39; — emendirt N. 16.
- SPALLANZANI, LAZARO, Gefrieren der Muskeln, N. 47.
- Spannungsreihe* der Leiter erster Klasse nach Volta, I. 70; — deren Gesetz, 92; — schwankende Stellung der Metalle in derselben, 141; — Bestimmung der Spannungsreihe mittels des Gesetzes der Zuckungen durch Ritter, 316.
- Spannweite* des ableitenden Bogens am Muskel oder seinem Modell, I. 593; — absolute und relative Spannweite, 695.
- Speichel*, befördert nach Volta die Zuckung ohne Metalle, II (II) 163; — wirkt aber nicht entwickelnd auf den Strom des Gastroknemius, 164.
- Sperling*, Muskelstrom daran, I. 523. 698.
- Spinnen*, negativ elektrisirt, I. 23. N. 10.
- Spiritusvoltameter*, um einen großen Widerstand in einen Kreis einzuführen, II (I) 339. 459. 561; — s. auch Alkohol.
- STARK, JAMES, gegen die Identitätslehre, II (I) 240.
- STEFFENS, HENRIK, Einfluss der Elektrodengröße auf die Elektrolyse, II (I) 149.
- STEIGLEHNER, Leitung thierischer Gewebe, II (II) 190.
- STEINHEIL, Widerstand des Erdbodens, I. 567; — Fernrohr aus seiner Werkstätte, II (II) 450.
- STEINRÜCK, Versuch über doppelsinnige Leitung in den Nerven, II (I) 571. 572 Anm.
- Stengel* von Fritillaria, innerlich polarisierbar, II (II) 437.
- STENSON, bei Haller über das Nervenprincip, II (I) 211.
- STERNEBERG, freiwillige Elektrisirung des menschlichen Körpers, I. 15; — Elektricität des Blutes, 25; — Gesetz der elektrischen Zuckungen und Empfindungen, 390. 391; — findet Kämpz's trockene Säulen aus thierischen und pflanzlichen Stoffen unwirksam, 483 Anm. 4; — Tetanisiren durch rasch wiederholtes Schließen und Öffnen des Kreises, II (I) 38; — wiederholt vergeblich Larrey's, W. Fréd. Edwards' und David's Versuche, 231 Anm. 234.
- Stickoxyd* (gaz nitreux) nach Matteucci noch verderblicher für den Muskelstrom als Schwefelwasserstoff, II (I) 174. 175.
- STILLING, über van Deen's Versuch gegen doppelsinnige Leitung in den Nerven, II (I) 578. 579; — läugnet Magendie's rückläufige Empfindlichkeit, 584.
- Streckvorrichtung* für den Muskel, kleine, II (I) 67. 86. 607. (II) 143; — große, II (I) 77. 130. 131. (II) 158.
- Strömung, elektrische, in nicht prismatischen Leitern*, I. 563—577.
- Strömungskurven der Elektricität*, I. 571.
- Strömungsflächen*, Spaltbarkeit der Leiter in denselben, I. 582. 583. 642.
- Stromdichte*, I. 136 Anm. 572; — ältere Erfahrungen über deren Bedeutung in Reizversuchen, 251—253 Anm.; — Mittel, sich eine geradlinige Curve der Stromdichte, bezogen auf die Zeit, zu verschaffen, 272. 273 Anm.; — Einfluss der absoluten Stromdichte auf die elektrische Nervenerregung, 293—295; — auf die Elektrolyse, II (I) 149; — auf die innere Polarisation, II (II) 444; — s. auch N. 25.
- Stromschleifen*, in Papierstreifen, II (I) 41 bis 44; — 295. 296.

Stromstärke, definirt, I. 136 Anm.

Stromumkehr, freiwillige, an absterbenden zarteren Muskeln, II (i) 154—156; — an Nerven, Hirn und Rückenmark, 283. 284; — durch Siedhitze, und durch elektrische Schläge, s. diese; — durch strahlende Wärme bewirkte Umkehr des Nervenstromes, 553. 554; — Theorie der Stromumkehr, 555 bis 557.

Stromwender, nach Pohl, I. 448; — Notation für seine sechs Quecksilbergefäße, beziehungsweise Schraubenklemmen, 426. II (i) 459. 460; — nach ausgenommenem Kreuz als Wippe gebraucht, I. 426. II (i) 409. II (ii) 241; — mit einem Drahtbügel zum Tetanisiren, II (ii) 343.

Stromzuführende Vorrichtung für thierisch-elektrische Versuche, I. 450—452.

Strychninvergiftung, negative Schwankung des Gastroknemiusstromes durch Strychnintetanus, II (i) 57; — durch Erschöpfung der Muskeln von Einfluss auf ihre Stromkraft, 172—173; — negative Schwankung des Ischiadicusstromes durch Strychnintetanus, 510 — 517; — Strychnintetanus stets in eine Reihe vereinzelter Stöße sich auflösend, 515; — sekundärer Tetanus aber schwer durch primären Strychnintetanus zu erhalten, ebenda und II (ii) 184. 185; — bildet darin den Übergang vom elektrischen zum willkürlichen Tetanus, 307.

STURGEON, thermoöktrische Versuche an Metallmassen, I. 567; — bewegtes Eisen in verdünnter Salzsäure gegen ruhendes negativ, II (ii) 326. 328.

Sublimatlösung zur Ableitung der thierisch-elektrischen Ströme, I. 217.

SUE, Geschichtschreiber des Galvanismus, I. 38.

SULZER, elektrischer Geschmacksversuch, I. 43. 53. 54 Anm.

Superposition der Ströme, Princip ihrer Zusammensetzung, I. 647. 701. II (ii) 469.

SWAMMERDAM, angeblich galvanischer ihm von Duméril zugeschriebener Versuch, I. 43—46; — hat der Physiologie den Frosch entdeckt, 46.

T.

Tangentenbussole, I. 197.

Tanz, elektrischer Froschenkeltanz durch die Zuckung ohne Metalle, I. 63. 83.

Taube, Strom an deren Beinen, I. 471. 533; — Muskelstrom, 523. II (i) 161; —

Nervenstrom, 260. — Matteucci's Versuche an Tauben, I. 528. 530. 532. 540. 543. 544. II (i) 144.

Temperatur der Oberfläche der Finger, II (ii) 226. 227.

Temperaturerhöhung vermindert den Widerstand von Elektrolyten, II (i) 83; — der Oberhaut, (ii) 212—217; — beschleunigt den Eintritt der Starre, (i) 158 Anm. 178. 179; — Einfluss auf den Muskelstrom, 180; — den Nervenstrom, 287.

Temperaturerniedrigung, s. Erfrieren des Muskels und Frosch.

Temporen von Pulversätzen, II (i) 519. N. 43.

Terpenthinöl, Leitvermögen, II (i) 111 Anm. 113; — entwickelt den Strom des Gastroknemius, II (ii) 61. 63.

Testudo europaea, s. Schildkröte.

Tetanisiren, Ausdruck zuerst von Matteucci gebraucht, II (i) 38; — dann vom Verfasser im „Vorläufigen Abriss“, ebenda, 25; — definirt, 32; — Tetanisiren mittelst des Blitzrades, I. 413; — scheinbare Grenze der Geschwindigkeit des Rades, wobei der Tetanus aufhört, 420; — Tetanisiren auf elektrischem Wege, von Volta bis zum Verfasser, II (i) 35—40; — s. auch 411 und N. 32; — Kritik der Methode in thierisch-elektrischen Versuchen, 40 bis 45; — beste Art, elektrisch zu tetanisiren, ebenda und 391—395. II (ii) 343; — Tetanisiren durch mechanische Gewaltthätigkeiten, Gehirnerschütterung, Zerstörung des Rückenmarkes, schnelles Enthäuten, 32—34. 52. 53. 54; — unmittelbar am Nerven, 52. 53. 517. 518; — durch Wärme, 54. 518—520; — durch chemische Einwirkung, I. 230. 467. II (i) 54. 55. 520; — durch Strychninvergiftung, 34. 35. 55—57. 510—517; — durch Öffnen der Kette nach Ritter, 57. 58; — Ausdehnung des Begriffs auf sensible Nerven, 290; — von den Hautverzweigungen aus, 520—522; — ideale Vorrichtungen zum elektrischen Tetanisiren, 404. 405. 414; — willkürliches Tetanisiren, 58. II (ii) 276 ff.; — mittelbares Tetanisiren ausgeschnittener Kaninchenmuskeln mißlingt, 341.

Tetanus, definirt, II (i) 32; — sein Wesen, 37; — jeder Tetanus discontinuirlich, 90; — auch der Strychnintetanus, 515; — weshalb der willkürliche Tetanus nicht so erscheint, II (ii) 306. 307; — sekundärer Tetanus, II (i) 89; — Nobili's elektrisches Heilverfahren bei Tetanus, I. 267. 382

- bis 385; — Art, dasselbe in's Werk zu setzen nach Matteucci, ebenda; — Tetanus als Symptom der Froschseuche, II (I) 169.
- THEDEN'sche Einwickelung** der Froschgliedmaßen II (II) 24.
- Thermoströme**, durch den menschlichen Körper hindurch am Nervenmultiplicator wahrnehmbar, II (II) 200; — Polarisation durch die einfache Thermokette, 201; — Thonthermoströme Nobili's, 201—203. 496; — Hydrothermoströme am menschlichen Körper, 206 bis 210; — an einer Leichenhand, 211. 212; — deren mutmaßliche Natur, 496.
- Thierische Elektromotore**, deren wesentliche Eigenthümlichkeiten, I. 685.
- THIERRY**, Versuch secundäre Zuckung vom Nerven aus zu erhalten, II (I) 529.
- Thierströme**, nach Analogie des Froschstromes, I. 470—473.
- THILORIER** und **LAFONTAINE**, elektro-physiologische Phantasien, II (I) 240.
- Thon**, *Modellirthon*, dessen innere Polarisirbarkeit, und der erste Gebrauch von Thonschilden, II (II) 430—432; — Thonschichten im Erdinneren, 496.
- Thon**, *poröser*, innerlich polarisirbar, II (II) 433. 474.
- Thonschiefer**, innerlich polarisirbar, II (II) 433.
- DE THOURRY**, Anhänger der Identitätslehre, II (I) 217.
- Thonthermoströme**, s. Thermoströme.
- Tibialis, N.**, vom Frosch, II (I) 445. 546.
- Tibialis anticus, M.**, vom Frosch, Strom zwischen sehnigen Enden, I. 497.
- Tibialis posticus, M.**, vom Frosch, II (I) 546.
- TIEDE**, wissenschaftlicher Uhrmacher in Berlin, I. 107. II (I) 126.
- TIEDEMANN**, Herz in der Compressionspumpe, N. 34.
- Tinca Chrysitis**, s. Schley.
- TISSOT**, schließt sich Haller's Ausführungen gegen die Identitätslehre an, II (I) 215 Anm.
- Todesarten**, ihr Einfluss auf den Muskelstrom ihrem Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Muskeln parallel gehend, II (I) 166; — die einzelnen Todesarten, 171—176.
- Todtenstarre**, Nysten's Gesetz derselben, I. 322. II (I) 164. 165; — bei strychnisirten Thieren früher eintretend, II (I) 30. 162. 163; — Grenze des Muskelstromes nach dem Tode, 156 bis 165.
- Totalerregbarkeit** der durchflossenen Strecke nach Ritter die Resultirende der partiellen Erregbarkeiten, I. 324.
- Tourniquet** am Arm oder Finger wirkt nicht elektromotorisch und ändert nichts am Erfolg bei willkürlichem Tetanus, II (II) 360—362.
- Trachyt**, innerlich polarisirbar, II (II) 433.
- TRALLES**, Elektrizität der Wasserfälle, I. 23.
- TRAUBE**, **LUDWIG**, II (II) 417.
- Trennungszuckung**, s. Öffnungszuckung.
- TREVIRANUS**, G. R., Zuckungen durch Erschütterung der Elektroden, I. 270; — Gesetz der Zuckungen, 316; — über Ritter's Modificationen der Erregbarkeit durch geschlossene Ketten, 369.
- Triceps femoris, M.**, vom Frosch, I. 492; — Strom zwischen sehnigen Enden, 496. 497. 512; — zur Darstellung der negativen Schwankung minder geeignet als der Gastrocnemius, II (I) 49; — Rolle bei der Zurichtung der paradoxen Zuckung, II (I) 546; — Endigung der Bündel an demselben, I. 501. II (II) 58; — vom Kaninchen, dient zur Erforschung der Ströme am künstlichen Querschnitt, I. 507—509.
- Trigeminus, N.**, scheinbarer Einfluss seiner sensiblen Portion auf Absonderung und Ernährung, II (I) 573. 574.
- Triton cristatus**, s. Wassermolch.
- Tromben**, Zerschlitzen der Baumstämme durch dieselben, II (II) 497.

U.

- Überleben vom Organismus getrennter Gliedmaßen**, II (I) 162—165.
- Umlegen** eines thierischen Erregers auf den Bäuschen, um schwache Wirkungen deutlicher hervortreten zu lassen, und von deren Ächtheit sich zu überzeugen, I. 242. 509. 514.
- Ungleichzeitige Berührung** der Froschhaut mit Salzbäuschen Ströme hervorrufend, II (II) 10. 11.
- Ungleichzeitiges Eintauchen**, durch dasselbe verursachte Ströme, I. 119. 146. 210.
- Ungleichzeitigkeitsströme** an verschiedenen Theilen des menschlichen Körpers und in verschiedenen Flüssigkeiten, II (II) 218—226; — sind keine Thermoströme, 226—229; — worin sie sich von den Strömen durch ungleichzeitiges Benetzen der Froschhaut unterscheiden, 229—231.
- Unipolare Ablenkungen am Nervenmulti-**

- plicator und deren Beseitigung*, II (I) 498—506.
- Unipolare Inductionszuckungen*, I. 429 bis 438; — deren praktische Bedeutung bei Reizversuchen mit Inductionströmen, 435—437. II (I) 407. 449.
- Unterbindungsvorrichtung für den Nerven*, II (I) 341—343.
- Unterbrechungsrad*, I. 447; — Berechnung seines Schließungscoëfficienten n , II (I) 392 Anm. 589.
- Unterlegescheiben für den Multiplicator*, I. 174; — müssen isoliren, II (I) 505.
- Unterschenkelstrecker*, s. *Triceps femoris*.
- Unvollkommen geschlossene Säule*, I. 432.
- Unwillkürliche Muskeln*, I. 521; — s. auch glatte Muskeln.
- Unwirksamkeit, elektromotorische, der Berührung verschiedener Gewebe*, I. 481 bis 490. 521. 532 Anm. 556. II (I) 207. 209; — des frischen Bänderskelets, I. 491. 492.
- URE, ANDREW*, galvanische Versuche an Leichen Hingerichteter, II (II) 374. N. 53.
- Ureter*, s. *Harnleiter*.
- Urin*, s. *Harn*.
- Uterus*, s. *Fruchthalter*.
- V.**
- VALENTIN*, vermag den Nobili'schen Froschstrom nicht darzustellen, I. XVII; — mißverständene Anwendung der physikalisch-mathematischen Methode in der Physiologie, XXXII; — angebliche freiwillige Elektrisirung des menschlichen Körpers, 15 Anm.; — Kritik seiner Arbeiten im Gebiete der thierischen Electricität, 129—156; — Putzen von Platinplatten, 206; — Erklärung des Umstandes, dafs man elektrische Schläge besonders in den Gelenken fühlt, 286 Anm.; — angebliche Jodkaliumelektrolyse durch den Muskelstrom ohne Einschaltung von Metallen, 440; — vergebliche Versuche elektrische Wirkungen von thätigen Muskeln zu erhalten, II (I) 11; — Urtheil über die Bedeutung des Froschstromes, 568. 569; — Plattenpaar zur Reizung von Wurzeln, 596; — Hautungleichartigkeiten des Frosches, II (II) 20; — Parelektronomie muthmafslich im Spiel bei seinen Versuchen, 169. 170.
- VALLI, EUSEBIO*, vertheidigt die galvanische Lehre gegen Volta, I. 66. 69. 71. 72. 79; — Unterband in Reizversuchen, 253; — Absterben des Nerven vom centralen Stumpf abwärts (Valliritter'sches Gesetz), s. dieses; — hat die Öffnungszuckung zuerst beobachtet, I. 310; — Erregbarkeit ermüdeter Gliedmaßen schnell erschöpft, 375; — galvanische Zuckungen schwerer erfolgend bei noch erhaltener Verbindung mit den Centralgebilden, II (I) 563; — Kälte angeblich die Leitung des galvanischen Fluidums durch Wasser aufhebend, II (II) 30 Anm.; — zu Valli's Bibliographie, N. 19.
- Valli-Ritter'sches Gesetz*, I. 254. 321—323. II (I) 49. 285. 363. 460. 463. 559. 560 Anm. 562.
- VASCO*, Unterband in Reizversuchen, I. 253 Anm.
- VASSALI-EANDI*, Entladungsschläge von Aalen, Ratten und Katzen, I. 18; — negative Elektrisirung des Harns, 22; — angebliche negative Elektrisirung aller Absonderungen, 24; — das Goldblattelektroskop als Vitalitometer, 24; — Anhänger der Identitätslehre, II (I) 217.
- VATER'sche (Pacini'sche) Körperchen*, II (I) 241. 583.
- Verblutung* schwächt nach Matteucci den Muskelstrom, II (I) 176.
- Verdauung*, angebliche künstliche durch Electricität, I. 109. 110. II (I) 223.
- Verlängerung, unwirksam leitende*, eines mit symmetrischen Längsschnittspunkten aufliegenden peripolaren Erregers, II (I) 525. (II) 79.
- Vertical-Galvanoskop*, von Siemens und Halske, II (II) 397. 450. 456.
- VICQ-D'AZYR*, über Lebenskraft, I. II (Motto); — XXXIV.
- Viereckige Glasplatte*, I. 449.
- VIRCHOW, RUDOLPH*, I. 523.
- Vitalitometer*, I. 24.
- VOIGT*, Einfluss des Drucks auf den Widerstand der Elektrolyten, II (I) 82.
- VOLKMANN, ALFRED*, bekämpft Valentin, I. XXIII; — keine Reflexe nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln an mit Opium reizbar gemachten Fröschen, II (I) 573; — stärkere Reflexe von der peripherischen Ausbreitung als von den Stämmen der Nerven, ebenda und 580; — Reflexleitung quer durch das Rückenmark, 577. 578; — über die doppelsinnige Leitung in den Nerven, 580. 585. 586; — gegen deren angebliche Endschlingen, 581. 582; — Seitenstück zu Magendie's rückläufiger Empfindlichkeit, 584; — N. 38.
- VOLTA, ALESSANDRO*, Leuchten der Blumen, I. 7; — Erklärung der freien Electricität des menschlichen Körpers

durch Reibung der Kleider, 13; — negative Elektrisirung des Harns, 22; — wirft Galvani vor, den elektrischen Rückschlag nicht gekannt zu haben, 34; — Erklärung von Galvani's ursprünglicher Wahrnehmung durch den Rückschlag, 53; — Charakteristik Volta's, 37. 38; — erster Eindruck, den die Entdeckung Galvani's auf ihn macht, 51; — erster Keim des Gesetzes der Zuckungen, 52; — Volta entdeckt zum zweiten Mal den elektrischen Geschmack, 53; — die elektrische Lichterscheinung, 55; — Kohle kann das negative Metall in der galvanischen Kette ersetzen, 56. 68; — das Galvani'sche Präparat ein neues, und zwar das empfindlichste Elektrometer, 56. 282; — erste Zweifel an Galvani's Theorie, 57; — Ungleichartigkeit scheinbar gleichartiger Metalle, 58; — Volta der Entdecker der Oberflächenveränderungen, 61; — erklärt die Zuckungen mit Bögen aus nur Einem Metall, 67; — Zink das positivste der gebräuchlichen Metalle, 68; — erklärt die Zuckung ohne Metalle durch mechanische Reizung, 68. 69; — seine Spannungsreihe der Metalle, 70; — giebt die elektrische Natur der Zuckung ohne Metalle zu, 71; — entdeckt die Rolle der Achillessehne bei Erzeugung der Zuckung ohne Metalle, 72. 74. 526; — leitet die Zuckung ohne Metalle von der Berührung dreier ungleichartigen Stoffe ab, 72. 73; — Begriff der Elektromotore, 75; — Fundamentalversuche, 88; — schließliches Urtheil über die Zuckung ohne Metalle in den anonymen Briefen eines Bürgers von Como (er nimmt die Bedingung einer merklichen dreifachen Ungleichartigkeit zurück), 89—91; — erfindet die Säule, 91. 92; — Leiter dritter Klasse, 92; — von Napoléon als Erstem Consul geehrt, ebenda; — Theorie der Ritter'schen Ladungssäule, 237; — gesteigerte Empfindlichkeit des physiologischen Rheoskopes beim Hindurchleiten des Stromes durch die Nerven, 252 Anm.; — verkennt das allgemeine Gesetz der elektrischen Nervenregung, 263; — falsche Voraussetzung seines Versuches, die freiwillige Ladung der thierischen Gliedmaßen zu schätzen, 264; — dauernder Schmerz im Säulenkreise, 283. 284. II (r) 567; — hat nur den Schließungs- und Öffnungsblitz gesehen, I. 284; — subjectives elektrisches Geräusch, 285; — saurer elektrischer

Geschmack beim Eintauchen der Zungenspitze in eine alkalische Flüssigkeit, 287 Anm. 379; — oder bei Berührung der Zunge mit dem Finger, ebenda; — Abhängigkeit der Stärke von Flaschenschlägen von Electricitätsmenge und -Dichte, 290—292; — absteigender Schlag einer Leydener Flasche stärker erregend als ein aufsteigender, 308; — Gesetz der Zuckungen, 314; — Theorie der Öffnungszuckung, ebenda; — der elektrische Geschmack bei centrifugalem Strom, 339; — der elektrische Schmerz stärker an der Seite wo der Strom austritt, 355; — die sogenannten Voltaischen Abwechselungen, 367. 368; — galvanischer Stangenzirkel, 446; — Stromvertheilung in nicht prismatischen Leitern auf die Zitterfische angewandt, 564; — Tetanus schnell zugerichteter Frösche, II (r) 34; — Tetanisiren durch rasch wiederholtes Schließen und Öffnen des Kreises, 36; — Rolle der Parelektromie in seinen Versuchen über die Zuckung ohne Metalle, (II) 159—165; — sieht in der Oberhaut den Hauptsitz des Widerstandes des Körpers, 191; — Kohle in Reizversuchen den negativen Metallen ähnlich wirkend, 460. 463 Anm.; — Ladungserscheinungen an einem Papierstreifen, 465. 466; — zu Volta's Bibliographie, N. 18.

Volumveränderung der Muskeln bei der Zusammenziehung, I. 44. II (r) 120.

Vorläufiger Abriss des Verfassers (erste Darlegung seiner Ergebnisse bis zum November 1842), I. vi; 123; — Auszug daraus, das Gesetz des Muskelstromes enthaltend, 532—534; — das elektromotorische Muskelschema betreffend, 667 Anm.; — Art, die Richtung der thierisch - elektrischen Ströme anzugeben, 691 Anm.; — fehlerhafte Betrachtung über den Einfluss der Muskelmasse auf die Stromstärke, 719 Anm.; — erste Darlegung der negativen Schwankung des Muskelstromes im Tetanus, II (r) 25. 26; — ungegründetes Bedenken hinsichtlich der Bedeutung dieser Schwankung, 73. 74; — die Todtenstarre als zeitliche Grenze des Muskelstromes, 156 Anm.; — Einfluss verschiedener Todesarten auf den Muskelstrom, 171. 172; — verschiedener den Muskel unmittelbar treffender Agentien, 178. 179. 182. 183. 186; — fehlerhafte Versuche über den Einfluss von Gasarten auf den Muskelstrom, 186. 187; — erste Anzeige des Nervenstromes, 203. 204; — bei Ab-

leitung des Muskelstromes fungiren die Nerven als unwirksame feuchte Leiter, 245; — Muskelstrom am lebenden unversehrten Frosch, II (II) 23 Anm.; — scheinbare Entwicklung des Muskelstromes in Folge des Enthäutens, 24.

VORSSELMAN DE HEER, Ströme wegen Erschütterung polarisirter Elektroden, I. 212. 268. II (I) 190. (II) 333; — Stromdichte in Reizversuchen, I. 252 Anm.; — verkennt das allgemeine Gesetz der elektrischen Nervenregung, 263.

W.

Wachstaffet, zur Isolirung der Muskeln auf den Bäuschen, I. 500. 628. 629.

Wärme, s. Temperaturerhöhung.

WAGNER, Mechaniker in Berlin, II (I) 405.

WAGNER, RUDOLPH, Nervenendigung in den Muskeln, II (I) 582. 583.

WALKER'sche Röhren, zu Versuchen über Flüssigkeitsketten, II (II) 404. 435.

WALSH, elektrische Natur des Zitterfisch-Schlages, II (I) 216.

Wanderplatte, um die Gliederzahl einer Säule zu ändern, II (II) 396.

WARTMANN, ÉLIE, vergeblicher Versuch, elektrische Wirkungen von Nerven zu erhalten, II (I) 249.

Wasser, dessen verderbliche Wirkung auf die Reizbarkeit, II (I) 183.

Wasserfälle, deren Elektrisirung, I. 23.

Wasserfrosch, s. Frosch.

Wassermolch, Muskelstrom daran, I. 523.

WEBER, EDUARD, Reaction der Iris auf den elektrischen Strom, I. 353; — Strom zwischen zwei mit ungleich warmem Wasser gefüllten Kupferbecken, deren Boden verschiedene Körpertheile berühren, 488 Anm.; — Bestimmung des Querschnitts eines Muskels durch Wägung, 704 Anm.; — angebliche Ablenkung des Magnetes durch Fernwirkung sich zusammenziehender Muskeln, II (I) 7. 8. 235; — Tetanisiren als Untersuchungsmittel, 39. 47; — animalische und organische Bewegung am contractilen Gaumenorgan der Cyprinoiden, 198; — animalische Bewegung des Schleydarmes, 200. 201; — Widerstand des menschlichen Körpers, 75 Anm. (II) 191 bis 199.

WEBER, ERNST HEINRICH, contractiles

Gaumenorgan der Cyprinoiden, II (I) 198.

WEBER, WILHELM, nachträgliche Reckung von Seidenfäden, I. 172. II (I) 70; — mit Gauss, Magnetometer, I. 197; — unrichtige Auffassung der elektrischen Nervenregung, 263 Anm.; — mit Eduard Weber, über die natürliche Stellung der Gliedmaßen, 329. 330; — Verzögerung der Entladung durch eine feuchte Schnur, 412; — mit Eduard Weber und Berthold, thermoelektrische Deutung der Donnéschen Ströme zwischen Absonderungsorganen, 488; — Wheatstone'sche Brücke, II (I) 500.

Weinbergsschnecke, Muskelstrom daran, I. 523. 524.

WEINHOLD, macht einem Kätzchen ein Gehirn aus Silberzinkamalgam, II (I) 220. 221; — nimmt eine isolirende Beschaffenheit der Nervenhiillen an, 276.

WERTHEIM, Elasticitätsgesetz der Gewebe, II (I) 66.

WERTHER, GUSTAV, Zeuge des Erfolges bei den Blasenplasterversuchen, II (II) 367. 460.

WHARTON JONES, elektrische Theorie der Muskelzusammenziehung, II (I) 9. 10. 11. 240.

WHEATSTONE, Grenze der Polarisation des Platins, I. 239; — kleine Grove'sche Elemente, 446; — Brücke, II (I) 500.

WIDENMANN, für doppelsinnige Leitung in den Nerven, II (I) 575.

Widerstand, s. Leitungs widerstand.

WIEDEMANN, Elektrotransfusion, II (II) 422. 440. 496; — Spiegelbussole, 450.

WILKE, das Leuchten der Blumen elektrisch erklärt, I. 7. 8.

WILLIS, bei Haller über das Nervenprincip, II (I) 211.

WILMS, ROBERT, I. 523.

WILSON PHILIPP, will die Wirkung des N. vagus bei der Verdauung durch den galvanischen Strom ersetzt haben, I. 109. II (II) 221—223.

Wimperbewegung, elektrisch erklärt, I. 22 Anm.

Winkel zwischen Stromrichtung und Nerv, dessen Einfluß auf die elektrische Erregung, I. 296; — auf den elektrotischen Zuwachs, II (I) 354; — auf die negative Schwankung des Nervenstromes beim Tetanisiren, 462.

Wippe, s. Stromwender und Polarisationswippe.

WOLLASTON, elektrochemische Theorie

der Absonderungen, I. 27; — Unterbrochenheit der Muskelzusammenziehung und Muskelgeräusch, II (I) 7. (II) 306.

Wundenstrom am menschlichen Körper, II (II) 269. 364; — s. auch Menschenhaut und Blasenpflasterwunden.

Wurzeln der Rückenmarksnerven, Longet's und Matteucci's verkehrtes Gesetz der Zuckungen an den vorderen Wurzeln beim Pferd, Hund, Kaninchen und Frosch, I. 400—402. 408; — Versuch, in der durch ein Wurzelfaar gebildeten Nervenöse einen Strom zu induciren, II (I) 24 Anm.; — Nervenstrom an den Wurzeln, 255. 256; — Schwann's Versuch über doppelsinnige Leitung mit Reizung der Wurzeln nach zerschnittenem und wiederzusammengeheiltem Ischiadnerven, 571. 572; — Magendie's sensibilité récurrente, 583. 584; — Elektrotonus und negative Schwankung durch die Wurzeln in beiden Richtungen fortschreitend, 587 ff.; — Ausnahmefälle vom Bell'schen Gesetze, die paradoxe Zuckung, 595; — Verhalten der Spinalganglien bei Elektrotonus und negativer Schwankung, 601—603.

Y.

YELIN, II (II) 466 Anm.

YOUNG, elektrochemische Theorie der Absonderungen, I. 27. II (II) 19 Anm.; — Anhänger der Identitätslehre, II (I) 219; — Heliostat, 522.

Z.

ZABÉTULA (und DESPINA), die elektrischen Mädchen zu Smyrna, I. 21.

Zahnradchen zum mechanischen Tetanisiren, II (I) 517.

ZAMBONI, zweigliedrige Säule, I. 100. 564; — Stromvertheilung in nicht prismatischen Leitern, 564.

ZANTEDESCHI, angebliche elektrische Wirkungen der Nerven, mit Fario, II (I) 239. 319 Anm.; — falsche Ströme beim willkürlichen Tetanus, (II) 317. 318; — sucht sich den Versuch über Stromerzeugung bei willkürlichem Tetanus anzueignen, 319 Anm.; — N. 51.

Zeitscheiben, an der Polarisationswippe zur Beherrschung der Schließungs- und Übertragungszeit, II (II) 391—394.

ZENKER, Batrachomyologia, I. 496.

Zinkplatinbogen zum Handgebrauch bei Reizversuchen, I. 445.

Zinkschenkel, bei Ritter, I. 370.

Zinnober, krystallisirter rother, Ladungserscheinungen daran nach Rosenschöld, II (II) 465.

Zitterfische, s. elektromotorische Fische.

Zucker erhöht den Widerstand von Wasser, II (II) 61.

Zuckungen durch Electricität überhaupt, I. 34; — von Fischen durch Zitterfische, ebenda; — von Fröschen durch den Rückschlag bei Gewitter, 41; — durch Bögen aus ungleichartigen Metallen, 46; — bei Anlegen der Bögen an die Nerven allein, 47; — mit gleichartigen Bögen, 60; — mit Quecksilber, ebenda, 80. 81; — der Strom muß an einer Stelle auf den Nerven allein als Bahn angewiesen sein, 252 ff.; — Zuckungen an erschöpften Präparaten erst auf wiederholten Reiz eintretend, I. 477. II (I) 119. 562; — sogleich wieder verschwindend, 381. 563; — minder leicht erscheinend bei noch erhaltener Verbindung mit den Centraltheilen, 563; — Abhängigkeit von der Länge der erregten Nervenstrecke, I. 295. II (I) 559—561 Anm.; — von dem Winkel, den die Richtung des Stromes mit der Nervenaxe macht, I. 296; — s. auch allgemeines Gesetz der elektrischen Nervenregung und Gesetz der Zuckungen.

Zuckung ohne Metalle, I. 62—64. 78. 82. 83; — fernere Schicksale bis zur Erfindung des Multiplicators, 93—102; — durch den Froschstrom erzeugt, 473—480; — durch den Muskelstrom in rationeller Form, 525—527.

Zuckung durch den Nervenstrom, I. 84. 85. II (I) 272—274. N. 39.

Zuckung, secundäre, vom Muskel und vom Nerven aus, s. secundäre und paradoxe Zuckung.

Zuckungen, unipolare, I. 423—438.

Zuleitungsbüusche, I. 221.

Zuleitungsgefäße, I. 213; — Wiederherstellung ihrer Gleichartigkeit, 225.

Zunge, ihre Unbändigkeit nach Lichtenberg Ursache des dauernden elektrischen Geschmacks, I. 288; — ihr elektromotorisches Verhalten gegen mit Oberhaut überzogene Körpertheile und gegen Blasenpflasterwunden, II (II) 274. 275.

Zungenversuch, Sulzer's und Volta's, s. Geschmack.

Zurichtung der Frösche überhaupt, I. 459.

- 460; — des stromprüfenden Froschschenkels, 255. 260; — zur Beobachtung der negativen Schwankung des Gastroknemiusstromes nach Strychninvergiftung, I (i) 56. 57; — zur Beobachtung der paradoxen Zuckung, 546.
- Zusammendrückung des Gastroknemius* (Einfluss auf dessen Strom) senkrecht auf die Faser, II (i) 135—137; — der Faser parallel, 137. 138; — im parelektronomischen Zustande, (ii) 158.
- Zusammenfügung* zweier elektromotorischen Vorrichtungen mit identischen Strömungsflächen läßt in beiden die Vertheilung der Elektrizität ungeändert, I. 582. 583. 642.
- Zusammengesetzte Kette*, I. 469. 701. II (i) 364 und N. 50.
- Zuwachs*, elektrototonischer, II (i) 314; — s. elektrototonischer Zustand.
- Zweige, holzige*, von Prunus, Rhus, Acer, Sambucus, Salix, Cornus innerlich polarisierbar, II (ii) 437. 438.
- Zwischenbäusche*, I. 223. 449.

Sinnstörende Druckfehler.

Erster Band (nachträglich).

- S. 61 Z. 3 v. u. st. *conta* l. *canta*.
- S. 222 Z. 5 v. o. st. *diese* l. *dieser*.
- S. 310 Z. 7 v. o. st. Öffnungswirkung l. Öffnungszuckung.
- S. 367 Z. 9 v. o. st. den veränderten Nerven l. die veränderte Strecke.
- S. 411 Z. 5 v. u. st. zu dem bei der l. zu dem der bei der.
- S. 446 Z. 20 v. o. st. aufwärts l. aufwärts, dann abwärts.

Zweiten Bandes erste Abtheilung.

- S. 203 Z. 14 v. u. st. schon l. sehr.
- S. 275 Z. 14 v. o. st. Leistungsfähigkeit l. Leitungsfähigkeit.
- S. 308 Z. 16 v. u. st. fast l. sonst.
- S. 309 Z. 5 v. u. st. 99 l. 98*.
- S. 376 Z. 4 v. u. st. und der negativen l. über die negative.
- S. 494 Z. 14. 15 v. o. ist der Satz zu streichen: Sie bleibt gestaltet etwa 126.

Zweiten Bandes zweite Abtheilung.

- S. 122 Z. 14 v. o. st. künstlichen l. natürlichen.
- S. 138 Z. 12. 13 v. u. st. Einfluss l. Zustand.
- S. 153 Z. 16 v. u. st. inducirende l. inducirte.

Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

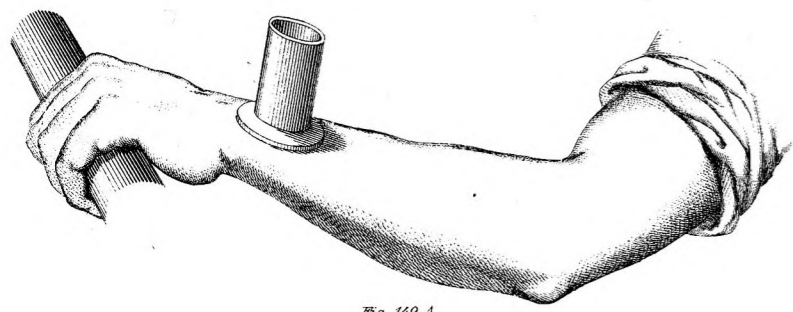


Fig. 149 A.

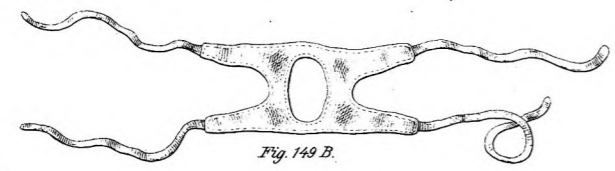


Fig. 149 B.

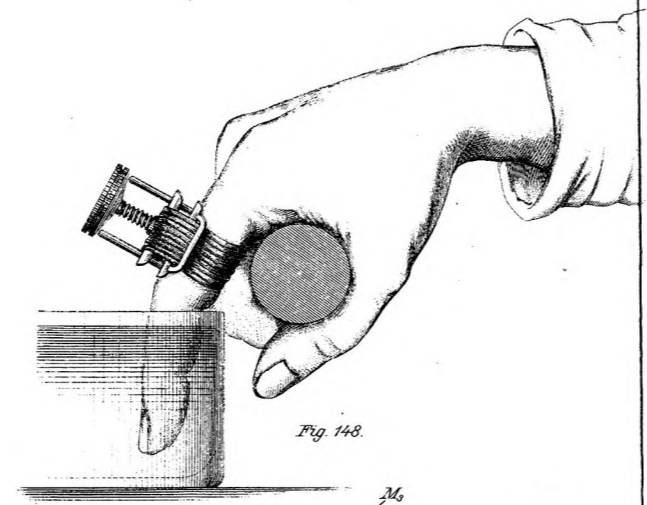


Fig. 148.

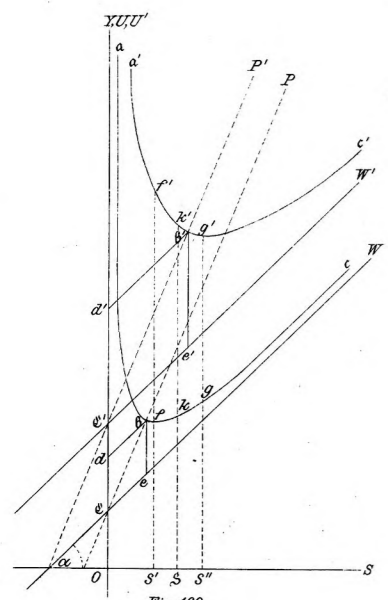


Fig. 163.

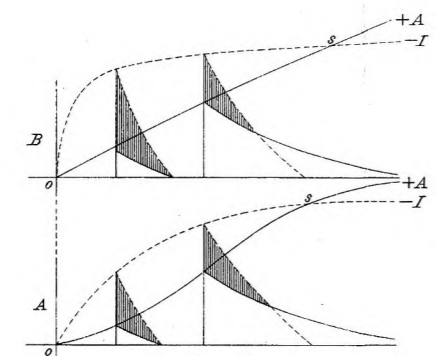


Fig. 156.

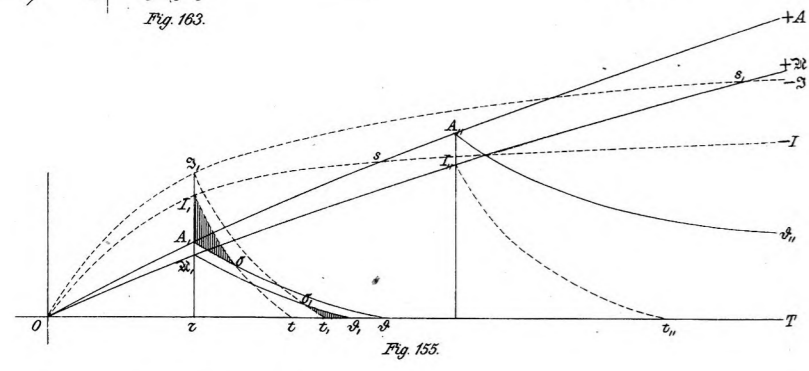


Fig. 155.

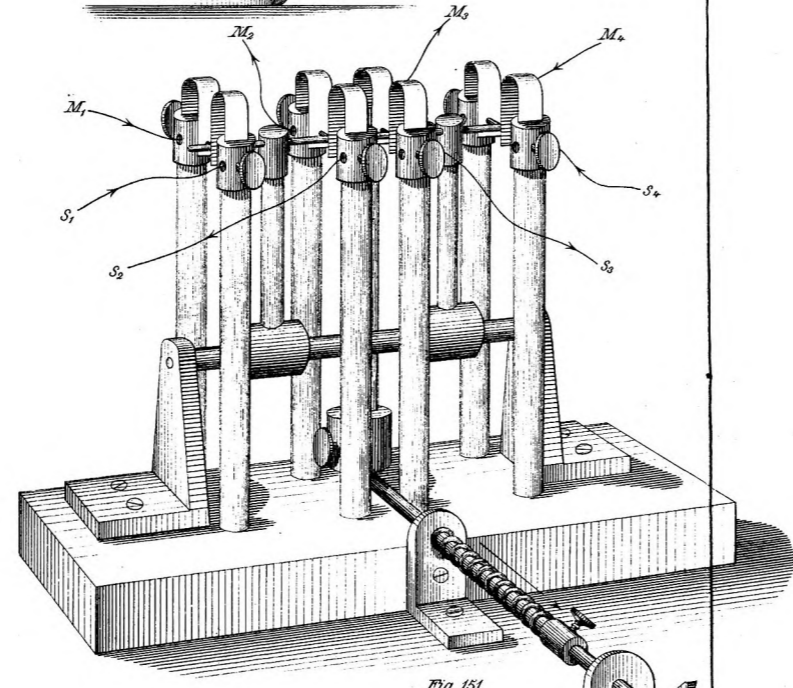


Fig. 151.

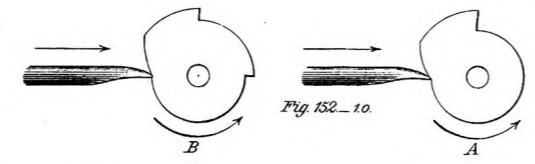


Fig. 152 1.0.

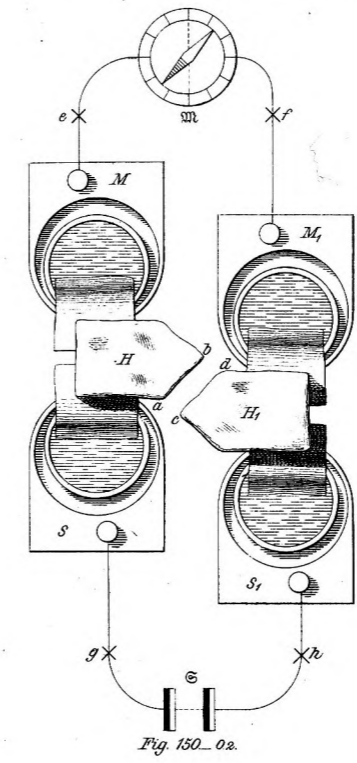


Fig. 150 0.2.

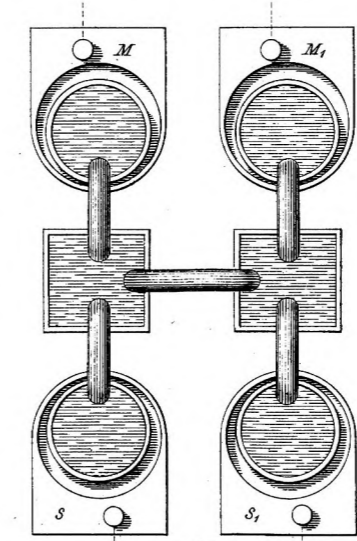


Fig. 153.

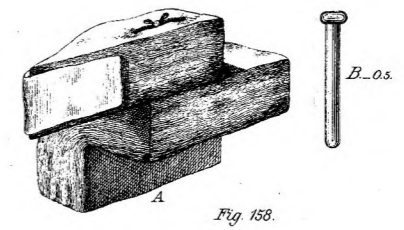


Fig. 158.

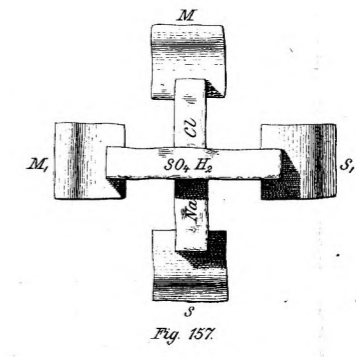


Fig. 157.

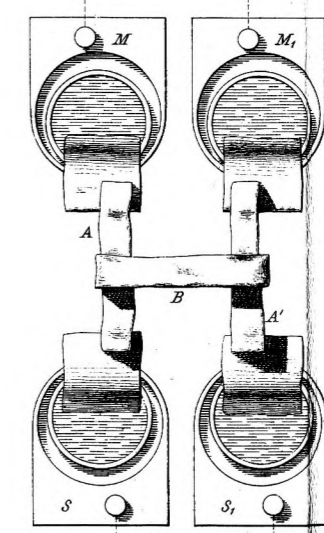


Fig. 154.

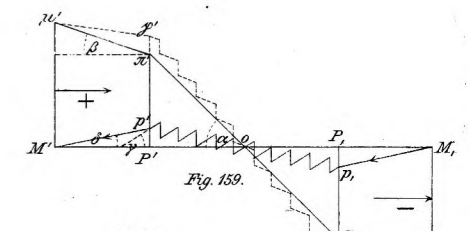


Fig. 159.

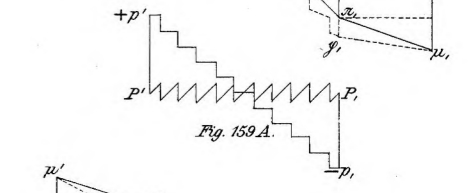


Fig. 159 A.

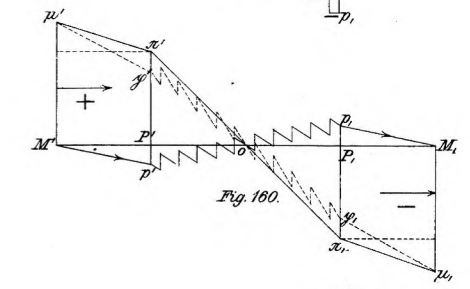


Fig. 160.

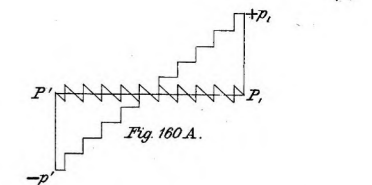


Fig. 160 A.

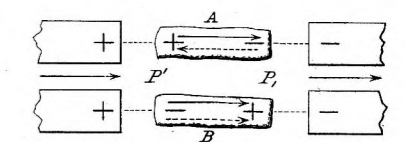


Fig. 161.

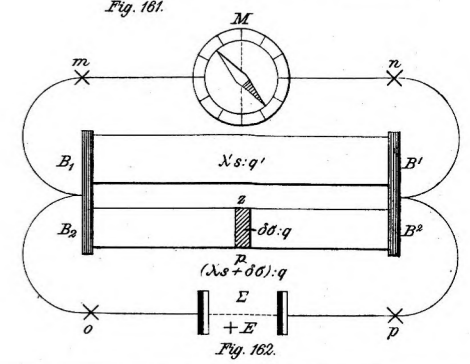


Fig. 162.