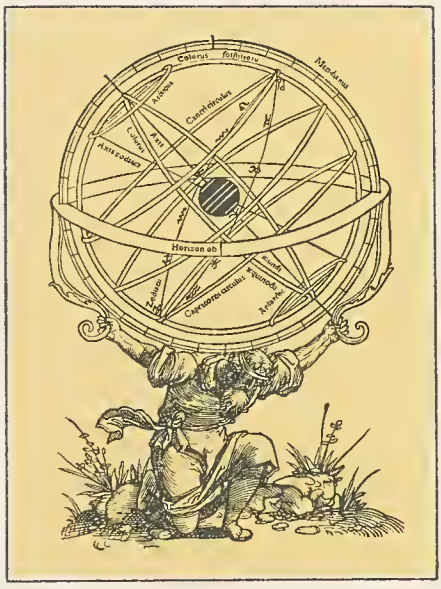


VERSUCHE

ÜBER DIE

GEREIZTE

MUSKEL- UND NERVENFASER

NEBST

VERMUTHUNGEN

ÜBER DEN

CHEMISCHEN PROCESS DES LEBENS

IN DER THIER- UND PFLANZENWELT

VON

FRIEDR. ALEXANDER VON HUMBOLDT.

ERSTER BAND

mit Kupfertafeln.

— alius error eſt praematura atque proterva reductio doctrinarum in artes et methodos, quod cum fit plerumque ſcientia aut parum aut nil proficit.

Baco Verul. de augment. ſcient. lib. I.

POSEN, BEI DECKER UND COMPAGNIE,

UND

BERLIN, BEI HEINRICH AUGUST ROTTMANN.

MDCCLXXXXVII.

DEM GROSSEN ZERGLIEDERER

S. TH. SÖMMERRING

KURF. MAINZ. HOFRATHE ETC.

WIDMET

DIESES PHYSIOLOGISCHE WERK

MIT DANKBARER VEREHRUNG UND FREUNDSCHAFT

F. A. VON HUMBOLDT.

HUMBOLDTS VERSUCHE

ÜBER DIE GEREIZTE

MUSKEL- UND NERVENFASER.

ERSTER BAND.

BEI HEINRICH AUGUST ROTTMANN.

VERSUCHE

ÜBER DIE GEREIZTE

MUSKEL- UND NERVENFASER.

ERSTER BAND.

Seit mehreren Jahren bin ich bemüht gewesen, einige Erscheinungen der thierischen Materie mit den Gesetzen der todten Natur zu vergleichen. Bei dieser Arbeit sind mir Versuche geglückt, welche der Enthüllung des chemischen Lebensprocesses näher zu führen scheinen. Ein getrenntes thierisches Organ, mit irritablen und sensiblen Fibern versehen, kann in wenigen Secunden aus dem Zustand der tiefsten Unerregbarkeit zur höchsten Reizempfänglichkeit erhoben, und von dieser wieder zu jener herabgestimmt werden. Dieser Wechsel erhöhter und geminderter Lebenskraft ist in einem Nerven vier bis fünfmal, eben so willkürlich hervorzubringen, als die Hand des Künstlers die Saite eines Instruments an- oder abspannt. Ich habe thierische Organe mit oxygenirter Kochsalzsäure, Alkalien, Salpetersäure, Arsenikkalchen, Opium und Alkohol, stundenlang behandelt, und sie traten fast unversehrt aus dem Kampfe der streitenden Elemente heraus. Ich habe gefunden, dass die thierischen Körper ein Vermögen

haben, aus der Entfernung zu wirken, und diesen Wirkungskreis, der mit der Lebenskraft abnimmt, sinnlich darzustellen gesucht. Ich glaube erweisen zu können, dass die Irritabilität der Materie nicht, wie neuere Physiologen wähnen, und meine eigenen Versuche mit Pflanzen zu lehren scheinen, von der Menge des Sauerstoffes allein abhänge, sondern dass das Azote und Hydrogen eine weit wichtigere Rolle dabei spiele, alles aber auf der gemeinsamen Wirkung und dem Antagonismus mehrerer Stoffe beruhe.

Es würde vorsichtiger seyn, diese Versuche noch einige Jahre lang in der Stille zu erweitern, ehe sie dem Publicum vorgelegt werden, wenn nicht andere Arbeiten, welche ich mir vorgesetzt habe, und die Erfahrung, dass manche Erfindung fruchtbarer in der zweiten Hand, als in der des Erfinders selbst geworden ist, mich zu ihrer Bekanntmachung veranlassten. Ich suche daher in den folgenden Blättern die Thatsachen zusammen zu stellen, welche ich bisher gesammelt, und werde mich dabei der Einfachheit des Ausdrucks bedienen, welche der grosse Gegenstand, über den ich meine Vermuthungen wage, verdient. Ich fange von der Erscheinung des Galvanismus an, weil ich durch die Art, wie ich diese Versuche anstellte, unwidersprechlich erweisen zu können glaube, dass der Stimulus in diesem wunderbaren Phänomen gröstentheils von den belebten Organen selbst ausgeht, und dass diese sich dabei keinesweges bloss leidend, etwa als elektroskopische Substanzen, verhalten.

Je langſamer mir die Fortſchritte ſchienen, welche die Lehre vom Muskelreize machte, je wiederholter ich die Klage hörte, daſs der Galvaniſche Verſuch nur unter einerlei Bedingungen unabänderlich glükke, deſto ſtärker fühlte ich mich angetrieben, ſelbſt Hand an das Werk zu legen. Seitdem ich bei meinem Aufenthalt in Wien, im Herbſte 1792, mit der Entdeckung des Bologner Anatomen bekannt wurde, habe ich mich in Stunden der Muſse, trotz meines beſtändigen Reiſens, in und auſserhalb Deutſchland, ununterbrochen damit beſchäftigt. Ich darf daher nicht fürchten, den Phyſikern einſeitige oder übereilte Verſuche vorzulegen. Der Galvaniſche Apparat, ein Paar Metallſtäbe, Pincetten, Glastafeln und anatomiſche Meſſer ſind ſo bequem (ſelbſt zu Pferde) bei ſich zu führen, *) daſs ich ſelten ohne

*) Es giebt Verſuche, wie das Wiegen von Gasarten, chemiſche Zerlegungen und andere, die eine beſondere Feinheit und Reinlichkeit der Hülfsmittel, und ein bequemes und ruhiges Zimmer erfordern, um ſie genau anzuſtellen. Dagegen kann über hundert andere Gegenſtände der Phyſik, Meteorologie und Phyſiologie, ohne ſonderlichen Apparat, überall ſo gründlich experimentirt werden, daſs es mir überaus wichtig ſchiene, junge Leute früh zu einer ſolchen Thätigkeit und Selbſtbehülflichkeit (wenn ich mich des undeutſchen Ausdrucks bedienen darf) zu gewöhnen. Wie viele Erſcheinungen der Körperwelt bleiben darum ununterſucht, weil viele Reiſende nur das unterſuchen, was ſie mit nach Hauſe tragen können, weil viele nur an ihrem Schreibtiſch, nur mit äuſſerer Bequemlichkeit arbeiten! Ob dieſer Rath wohlverſtanden wird, wenn er die Zahl der flüchtigen Verſuche vermehrt, mögen die entſcheiden, welche langſam und gründlich nicht für ſynonym halten.

ſie reiſte. Meine Unterſuchung über die Reizempfänglichkeit der Pflanzen, deren Reſultate ich vor zwei Jahren *) herausgab, und die ich ſeitdem eifrigſt fortſetzte, machte mir ein gründliches Studium des thieriſchen Körpers nothwendig. Wenn ich die Vegetabilien auch nicht als Thiere ſelbſt, aber doch als Object einer allgemeinen vergleichenden Phyſiologie und Anatomie **) betrachte, ſo iſt mir, um nicht, wie weiland Baptiſta Porta, falſche Analogien aufzuſtellen, die genaueſte Kenntniſs der thieriſchen Stoffe, ihres Miſchungsverhältniſſes, ihrer Form und davon abhängigen Erregbarkeit (incitabilitas) erforderlich. Je unendlich weiter ich mich aber von dieſer Kenntniſs entfernt ſehe, deſto lebhafter bleibt mir das Gefühl, mich dieſem Zwecke nähern zu müſſen. Vor allen lockte mich der wunderſame Bau der menſchlichen Organiſation an. An keiner andern

*) *Aphorismi ex doctrina phyſiologiae chemicae plantarum* angehängt an Humbold. *Florae Fribergenſis Specimen, plantas cryptogamicas praeſertim ſubterraneas, exhibens. Berol.* 1793. 4. Humboldt's Aphorismen aus der chemiſchen Phyſiologie der Pflanzen, aus dem Lateiniſchen überſetzt von Fiſcher, mit Anmerkungen von D. Hedwig und Ludwig. Leipz. 1794. und im Auszuge in Gehler's phyſikal. Wörterbuch Th. 5. S. 692.

**) Dieſe Wiſſenſchaften ſind beide noch faſt ganz unbearbeitet. Grundzüge davon finde ich eben in Herrn Reils Archiv für die Phyſiologie B. 1. H. 1. trefflich entwickelt. Auch John Hunter bemühte ſich hie und da, Pflanzen und Thiere unter einen phyſiologiſchen Geſichtspunkt zu ſtellen.

ist man so tief in die Bildung einzelner Theile und ihrer Functionen eingedrungen, an keiner andern scheint die thierische Faser so leise erregbar, an keiner andern ist das Verhältniss eines Wesens gegen die ganze physische und intellectuelle Welt *) so sorgfältig erörtert, an keiner andern sind die Wirkungen der Vorstellungskraft auf Bewegungen in der Materie so sichtbar, als gerade in der menschlichen Organisation. Wer sich daher irgend einem Theile der Naturbeschreibung ernsthaft widmet, sollte jenes Studium nicht vernachlässigen, wäre es auch nur um einzusehen, welche unabsehbare Fülle von Kräften in ein Aggregat irdischer Stoffe zusammengedrängt seyn kann.

Ich habe mich bemüht, bei meinen Versuchen über den Galvanismus von aller Theorie zu abstrahiren, oder vielmehr ich habe diese Versuche so abgeändert, als wenn gerade das Gegentheil der bisher aufgestellten Gesetze des Metallreizes erwiesen werden müsste. Diese Methode schien mir, so lange ich experimentirte, die fruchtbarste zum Erfinden zu seyn. Eine allgemein angenommene Theorie lehrte, dass Pflanzen sich nur im Sonnenlichte über der Erde grün färben, nur in diesem athmen können. Ich experimentirte unter der Erde im Finstern und

*) Herr Hufeland hat dasselbe beim Menschen in pathologischer Hinsicht mit dem ihm eigenen philosophischen Geiste bearbeitet. S. Ideen über Pathogenie und Einfluss der Lebenskraft auf Entstehung der Krankheiten. 1795. S. 14.

fand, daſs alle Vegetabilien (Phaenoſtemonen nemlich) in Stickſtoff- und Waſſerſtoffgas, ohne Sonnenlicht, grün werden und athmen. Ich wollte Herrn Girtanners ſcharfſinnige Theorie über das Oxygen, als Lebensprincip der organiſirten Schöpfung, prüfen. Ich ſtellte einen widerſinnig ſcheinenden Verſuch mit der ſchärfſten oxygenirten Kochſalzſäure an, und fand die Keimkraft der Pflanzenſaamen dadurch ſechsfach vermehrt. — Freilich iſt es dem menſchlichen Geiſte unmöglich, ſich während des Experimentirens aller theoretiſchen Vermuthungen zu enthalten; freilich iſt, wie Darwin ſehr richtig ſagt, das Denken ſelbſt ein Theoretiſiren. Man reiht das Halbgeſehene immer an analoge Erſcheinungen an, und glaubt oft, Gründe in unweſentlichen Nebenbedingungen zu finden. Wohl dem Experimentator aber, den abgeänderte Verſuche von einer Theorie zur andern hinführen, deſſen Vermuthungen nicht früh eine Gewiſsheit erlangen, die von der ferneren Beobachtung zurückſcheucht!

So einfach der Galvaniſche Verſuch auch an ſich iſt, ſo werden doch die folgenden Blätter zeigen, wie lehrreich es ſey, ihn in verwickelten Ketten von excitirenden und leitenden Subſtanzen zu verfolgen. Ich zeichnete daher, was ich hierüber und über Muskelreizbarkeit überhaupt, ſeit drei Jahren, beobachtete, bloſs der Zeitfolge nach, einzeln auf. Meine Beobachtungen häuften ſich faſt mit jedem Tage, und durch ſehr heterogene Arbeiten zerſtreut

hätte ich nie die öffentliche Bekanntmachung gewagt, wenn nicht einige Männer, welche Deutschland zu ſeinen erſten Phyſiologen zählt, mich laut und wiederholt dazu aufgefordert hätten. Ich fing nun ſelbſt faſt an, einigen Wehrt auf eine Arbeit zu ſetzen, die ich bloſs zu meinem eigenen Unterrichte unternommen. Auf öden und entlegenen Gebirgen umherziehend, die mich oft von allem litterariſchen Verkehr abſchnitten, hatte ich nur meinem Berufe, als practiſcher Bergmann, und der unmittelbaren Unterſuchung der Natur leben können. Ich hatte Jahre lang fort experimentirt, ohne von dem zu hören, was andere indeſs bekannt machten. So hielt ich zum Beiſpiel den merkwürdigen Verſuch, durch den man Blitze ſieht, ohne das Auge zu berühren, und den Georg Hunter zuerſt anſtellte, lange für meine eigene Erfindung. Fowler's Schrift über die Influenz *) belehrte mich meines Irrthums. Ich fing nun an, alles zu ſammeln, was ſeit Galvanis berühmtem Comment. de viribus electricitatis in motu muſculari erſchienen war, und mit dem zu vergleichen, was ich ſelbſt früher beobachtet hatte. Ich machte es mir zum Geſetz, nur das in meine Schrift überzutragen, was nach ſtrenger (freilich nicht ohne Aufopferung angeſtellter) Prüfung ältere Verſuche auf eine erweiternde Art zu beſtätigen ſchien,

*) *Experiments and Obſervations relative to the Influence lately discovered by Mr. Galvani. Edinb.* 1793. *S.* 85.

oder was ich für neu und unbeobachtet halten durfte. Mein Zweck war nicht, die Erfahrungen anderer Physiker zusammen zu stellen, sondern nur das herauszuheben, was zur Erweiterung einer so erhabenen Wissenschaft, als die Physiologie ist, dienen konnte. Fast am Ziel meiner Arbeit, im Frühjahr 1795 (da schon die Herren Sömmering und Blumenbach einige Blätter meines Manuscripts in Händen hatten) wurde ich durch die Erscheinung der Pfaffischen Schrift über thierische Elektricität und Reizbarkeit auf eine angenehme und unangenehme Art überrascht. Angenehm war die Ueberraschung, weil Herr Pfaff in der Menge eigener Entdeckungen, welche er in dieser trefflichen Arbeit zusammendrängt, in dem ruhigen philosophischen Gange seiner Untersuchung alle seine Vorgänger weit hinter sich zurück läfst, und seine Schrift gleichsam zum Muster in der Behandlung ähnlicher Gegenstände aufgestellt werden kann. Unangenehm war die Ueberraschung hingegen, weil ein solches Muster schwer zu erreichen ist, und weil zufällige Umstände Herrn Pfaff und mich, auf verschiedenen Wegen, zu so übereinstimmenden Resultaten geführt hatten, dafs ich mich nun von neuem zur gänzlichen Umschmelzung meines Buches entschliefsen mufste. Beinahe die Hälfte meiner Versuche wurde weggestrichen, und mein darauf erfolgter Aufenthalt in der Schweiz und in Italien hinderte mich, den Rest zur Herbstmesse herauszugeben.

Diefe neue Zögerung felbft aber war dem Ganzen vortheilhaft. Ungeachtet der Zweck diefer Reife eine mineralogifche Unterfuchung*) der hohen europäifchen Gebirgskette und der wunderfamen Uebereinftimmung in ihren Schichtungs- und Lagerungsverhältniffen war, fo hatte ich doch mannigfaltige Gelegenheit, auf derfelben berühmten Phyfikern meine neuen Nervenverfuche zu zeigen. Die Einwendungen, welche mir bei diefem Experimentiren gemacht wurden, und vor allem häufige Unterredungen mit den Herren Jurine, Pictet, Scarpa, Tralles und Volta berichtigten meine Ideen auf die mannigfachfte Weife. Unvergefslich find mir die Stunden der Belehrung, welche mir Herr Pictet in Geneve, der Cavaliere Aleffandro Volta auf feinem Landfitze zu Como, und Herr Scarpa zu Pavia fchenkten. Es ift mir eine füfse Pflicht, diefen grofsen Männern, in denen Fülle der Erfindungskraft, Tiefe des Genies und duldfame Befcheidenheit fich fo glücklich zufammen gefellt haben, hier öffentlich meinen Dank darzubringen. Ihre Zweifel haben mich, feit meiner Rückkunft

*) Die Refultate diefer Unterfuchung (welche auf ein fonderbares Naturgefetz, auf eine Uebereinftimmung im Fallen der Gebirgsmaffen vom Leuchtthurm bei Genua an, bis an die Baltifchen Küftenländer führt, und welche zeigt, dafs diefes Fallen fich gar nicht auf die Geftalt und Lage der Gebirgsketten, fondern auf unerkannte Attractionskräfte im Innern des Erdkörpers beziehen) werden, nebft andern geognoftifchen Beobachtungen über das mittlere Europa, in einer eigenen Schrift erfcheinen.

nach Deutſchland, zu wichtigen und glücklichen Verſuchen veranlaſst, und ich glaubte auf keine Ihrer würdigere Art, als durch nutzbare Anwendung ihrer Ideen, Ihnen dieſen Dank ausdrücken zu können.

Ich habe geſucht, in der nachſtehenden Abhandlung alles zuſammen zu drängen, was ich bisher über Reiz und Reizempfänglichkeit der ſenſiblen und irritablen Fiber beobachtete. Ich fange mit den Galvaniſchen Verſuchen an, nicht als wenn ich dieſe für den wichtigeren Theil meiner Arbeit hielte, ſondern weil ſie mich zu den folgenden Beobachtungen leiteten. Da es unintereſſant wäre, die Geſchichte meiner Verſuche weitläuftiger zu entwickeln und es hier bloſs auf die Reſultate derſelben ankommt, ſo reihe ich dieſelben nach ihrem innern Zuſammenhange, ohne Zeitfolge, an einander. Allgemeine Bedingungen, unter welchen Muskelbewegungen erfolgen, nach verſchiedenen Zuſtänden der Empfänglichkeit der Organe — Contractionen, durch thieriſche Leitungen allein, oder durch Metalle und kohlenhaltige Stoffe hervorgebracht — poſitive und negative Fälle nach beſtimmten Geſetzen — Ausdruck derſelben durch allgemeine Zeichen, nach Art analytiſcher Gleichungen — ſpecielle Betrachtung der reizenden und leitenden Subſtanzen — Wirkung des Nerven als Anthrakoſkop — Unterbindung und Zerſchneidung deſſelben — Einſtrömen des Galvaniſchen Fluidums

durch nicht cohärirende Theile — ſenſible Atmoſphäre des Nerven und Beſtimmung ihrer Gröſſe nach den verſchiedenen Graden der Lebenskraft — Unterſuchung deſſen, was im Leiter vorgeht — Anwendung des Galvaniſchen Reizes, (deſſen Weſen im Vorigen beſtimmt iſt) auf Menſchen und andere Säugthiere, auf Vögel, Amphibien, Inſecten und Würmer, und zwar nach zwei Claſſen von Erſcheinungen, Zuckung und Empfindung — Verſuche mit Herznerven und andern unwillkürlichen Muskeln — Erklärungsarten des Galvaniſchen Reizes und Anreihung dieſer Erſcheinungen — Galvani's elektriſche Flaſchentheorie, Volta's Hypotheſe und Widerlegung derſelben — Nutzen des Metallreizes in Hinſicht auf die erweiterte Kenntniſs der Nerven und Muskelkraft, und auf die praktiſche Heilkunde — neue Methode durch den Galvaniſchen Verſuch den Zuſtand der Reizempfänglichkeit der Organe zu prüfen — Unterſuchung über den ſpecifiken Reiz der irrritabeln und ſenſiblen Fiber, und über den Unterſchied zwiſchen reizen, ſtärken, und Erregbarkeit vermehren — Rückblick auf das Brownſche Syſtem von ſtheniſcher und aſtheniſcher Kraft — Wirkung der Alkalien auf die Nerven, der Säuren auf die Muskelfaſer, Verſuche mit oxydirtem Arſenik, oxygenirter Kochſalzſäure, aufgelöſtem Ammoniak und mit andern chemiſchen Subſtanzen auf thieriſche Organe — Reizempfänglichkeit derſelben im Sonnenlicht, bei verſchiedenen Graden äuſserer Temperatur, im

Sauerſtoffgas, Stickgas und Waſſerſtoffgas, und im Zuſtand der Ruhe — Unterſuchung der Frage: ob vermehrte oder verminderte Erregbarkeit in der veränderten Structur der Nerven- und Muskelfaſern, oder in Mittheilung eines feinen gasförmigen Stoffs gegründet iſt — Vermuthungen über den chemiſchen Proceſs der Vitalität — Stärke der Muskeln und Schwächung derſelben — Tod und zwiefacher Zuſtand der thieriſchen Faſer im Tode — Fäulniſs — Wirkung der Nervenkraft auf dieſelbe — Miſchungszuſtand thieriſcher Stoffe und Einfluſs der Lebenskraft auf denſelben — Definition belebter und unbelebter Materie und Vermuthungen über den Character thieriſcher Individualität — das ſind die Hauptobjecte, welche in den folgenden Blättern aphoriſtiſch abgehandelt werden. Es wäre leicht geweſen, dieſelben durch Zwiſchenideen und Uebergänge in eine ſchicklichere Verbindung zu ſetzen. Auch werden Viele den Mangel derſelben, als einen Fehler in der Form dieſer Schrift, rügen. Da aber zu den Uebergängen bekannte Beobachtungen wiederholt werden müſſen, und zu den wiſſenſchaftlichen Planen, die ich mir vorgeſetzt habe, mir meine Muſse über alles wichtig iſt, ſo will ich mich lieber jener Rüge unterwerfen, als das Ganze noch mehr ausdehnen.

Viele meiner Verſuche ſind den bisher bekannten Geſetzen des Muskelreizes ſo widerſprechend, daſs ſie leicht den Verdacht des Irrthums oder einſei-

tiger Beobachtung erregen können. Ich merke daher im Allgemeinen an, dafs in den nachftehenden Fragmenten kein wichtiger Verfuch enthalten ift, welcher nicht ftundenlang, auf wohlgetrockneten Glasplatten, an acht bis zehen verfchiedenen Individuen, (meift kalt- und warmblütigen Thieren) vor mehreren erfahrenen, alle Nebenumftände forgfam prüfenden Zeugen wiederholt worden ift. Diefe wahrhafte Verficherung, welche durch die erzählte langfame Entftehung diefer Schrift bewähret wird, fchützt mich daher gegen den Einwurf, wodurch man fchon manchen Angriff auf phyfikalifche Irrthümer zurückfchlug, als fey diefe oder jene Erfcheinung nur einmal, zufällig, unter unbeachteten Nebenumftänden, auf Augenblicke vorgekommen. Ich habe aus meinen Notaten forgfältig weggelaffen, was mir in der Folge zweifelhaft fchien. Dennoch befürchte ich, (und ich halte es für Pflicht, es felbft anzuzeigen) vorzüglich in einer Claffe von Verfuchen Irrthümer begangen zu haben, nemlich in Aufzählung der negativen Fälle, wo keine Empfindung oder Muskelbewegung erfolgen foll. Beide find Wirkungen eines vorhandenen Reizes; der Reiz kann aber nur bemerkbar wirken, wenn die, feiner Stärke angemeffene Reizempfänglichkeit des Organs coexiftirt. Ob ich nun gleich mehrere hundert Thiere fecirte, fo ift es doch fehr wahrfcheinlich, dafs ich das Maximum der Erregbarkeit

weder ſelbſt in der Natur gefunden, noch durch meine Behandlung mit alkaliſchen Auflöſungen und oxygenirter Kochſalzſäure je künſtlich hervorgebracht habe.

Zum Schluſs dieſer, nur zu langen Einleitung, wage ich die Bitte, meine geringen Verſuche nicht mit den theoretiſchen Muthmaſsungen zu vermengen, welche ich mir hier und da einzuſtreuen erlaubt habe. Jene ſtehen feſt, wenn auch dieſe, welche ich für ganz unbedeutend halte, längſt widerlegt ſind. Ich trenne daher gern beide von einander, nicht aus Unglauben an eine rationale Naturlehre überhaupt, nicht als gehörte ich zu einer Claſſe von Menſchen, die (nach Seneca's Ausſpruch) *tam ſunt umbratiles, ut putent, in turbido eſſe, quicquid in luce eſt*, ſondern weil in den hier bearbeiteten Gegenſtänden der Phyſiologie bis jetzt noch genugſame Erfahrungen fehlen, um auch nur mit einiger Zuverſicht die Urſachen der Erſcheinungen beſtimmen zu können.

Erſter Abſchnitt.

Metallreiz — thieriſche Elektricität. — Galvanismus wirkt nur durch Reaction der ſenſiblen Fiber — ſcheint keine merkbare Nebenwirkung auf unbelebte Stoffe zu haben. — Die Galvaniſchen Erſcheinungen werden durch Stärke des Reizes und Erregbarkeit der Organe modificirt. — Vernachläſsigte Betrachtung der Reizempfänglichkeit. — Zwiefacher Zuſtand der thieriſchen Faſer — natürlich hohe (oder künſtlich erhöhte) und mindere Erregbarkeit.

Die Worte: Metallreiz, (irritamentum metallorum) *) Wirkung der thieriſchen Elektricität, drücken die Erſcheinungen aus, welche Aloyſius Galvani an der, im Muskel inſerirten Nervenfaſer entdeckte. Die letzte Benennung iſt gewagt,**) die erſte unrichtig, nicht bloſs weil Kohlen ſo gut als metalliſche Stoffe zu Excitatoren dienen können, ſondern auch

*) Klein *Diſſ. de met. irritamento veram ad explorandam mortem. Mog.* 94. Sprachrichtiger wäre irritamentum metallicum, wie Herr Sömmering bemerkt.

**) Pfaff. a. a. O. S. 9. Note 206. und 301. Gren im Journ. der Phyſik 92. B. 6. H. 3. S. 408. Volta gebraucht auch den Ausdruck, metalliſche Elektricität. *Giornale Fiſico-medico del D. Brugnatelli* 94. *Agoſto* p. 100.

weil ohne beide, mit blofs thierifchen Leitern, heftige Zuckungen erregt werden. Untadelhafter fchienen mir die Ausdrücke: Galvanifcher Reiz, für die äufsere unbekannte Urfache der Muskelbewegung, Galvanifiren für die Handlung des Reizes felbft, Galvanismus für den Inbegriff aller dabei bemerkbaren Erfcheinungen. Ich bediene mich meift diefer Ausdrücke, welche ihre Kürze empfiehlt, bisweilen aber auch der Benennung Metallreiz. Wenn man die Begriffe feft hält, find folche Kunftwörter gleichgültig. Der grofse Franklin fchämte fich nicht, von Glaselektricität zu reden, und die Zoologen wiffen recht genau, dafs der Monodon monoceros Linn. zwei Zähne hat. Es ift immer beffer, dafs ein Zeichen Facta, *) wenn gleich unvollftändig, ausdrückt, als wenn es apodiktifch auf Hypothefen hinweift.

Erregbarkeit ift nur eine Eigenfchaft der Thier- und Pflanzenftoffe, ein ausfchliefslicher Vorzug der organifchen Natur. Die Galvanifche Reizung wirkt daher auch nur auf diefe bemerkbar, nur auf die, mit der fenfiblen Fiber verfehene Materie. Sie fetzt Reaction der lebendigen Thierkraft voraus, und gehört zu dem, was Herr Hufeland, in feiner vortrefflichen Pathogenie **) vitale Action nennt. Die einfachfte Art, Muskelbewegun-

*) Gehler's Phyf. Wörterbuch V. S. 293. Das Azote unferer jetzigen Chemie ift auch nicht der einzige lebenraubende Stoff in der unorganifchen Natur.

**) Hufeland, a. a. O. S. 19.

gungen durch blofs thierifche, homogene Stoffe zu erregen, fcheint überdiefs zu lehren, dafs die Nervenfafer fich bei der Reizung nicht leidend, wie hygrofkopifche, elektrofkopifche Subftanzen, verhält, fondern dafs alle Thätigkeit von ihr allein ausgeht. Wenn aber auch ein, in der todten Natur verbreiteter Stoff (das magnetifche Fluidum zum Beifpiel oder der Lichtftoff) in dem Galvanismus wirkfam wäre, fo bliebe der obige Satz von der vitalen Action doch richtig. Denn dort war von dem ganzen Phänomen der Reizung, nicht von der materiellen, vielleicht nicht einmal einfachen Urfach derfelben, vom Stimulus felbft, die Rede. Die Erfcheinung, dafs der Muskel der linken Herzkammer von hochrothem Blute zum Zufammenziehen gereizt wird, bleibt eine blos vitale Erfcheinung, wenn gleich nur das im ganzen unbelebten Luftmeer verbreitete Oxygen *) das arterielle Blut reizend macht. Das Dafeyn diefes Stoffes ift nicht die einzige Bedingung, unter der die Contraction erfolgen kann. Sie ift der gemeinfame Effect einer fo gemifchten, fo geformten thierifchen Materie. **)

*) Schon Haller fagt, wahrfcheinlich von Mayow veranlafst: "Dringt ein feineres Element aus der Luft ins "Blut, das die Röthe hervorbringt, fo wie das Licht zu "den Farben der Pflanzen nothwendig ift? Oder befteht "der Nutzen der Lunge in einem Einfaugen des Salpeters "(fpirit. nitro-aëreus!) aus der Luft? Kommt da-"von die fchöne Röthe? ..." Grundr. d. Phyfiologie überf. von Sömmering S. 320. Ich citire in der Folge immer diefe Ueberfetzung des grofsen Mainzer Anatomen.

**) Vergl. Reil's Archiv a. a. O. S. 158.

Wenn aber der Galvanifche Verfuch auch nur an erregbaren Subftanzen gelingt, fo könnte er doch Nebenwirkungen auf die mit ihnen verbundene unbelebte Natur haben. Die bisherigen Verfuche haben diefe Nebenwirkungen noch nicht bemerkbar gemacht, und fo gewifs fich auch a priori erweifen läfst, dafs in den unbelebten Stoffen, welche fich in der Kette zwifchen der Muskel- und Nerven-Armatur befinden, während des Reizes, Veränderungen vorgehen müffen, fo find diefelben doch wahrfcheinlich zu fchwach, um unfern Sinnen fühlbar zu werden. Ich habe das fogenannte Galvanifche Fluidum forgfältig durch gefärbte Flüfsigkeiten, gefättigte Auflöfungen von Salz, geleitet, das fcheinbare Durchftrömen lange Zeit befördert, aber nie an der Farbe, Temperatur, Verdünftung, Kryftallifation oder im chemifchen Mifchungsverhältnifs eine auffallende Modification bemerken können. Herr Chladni, deffen Entdeckungen über den Klang gewifs zu den wichtigften diefes Jahrhunderts gehören, äufserte mir den Zweifel, ob, falls in den metallifchen Excitatoren Schwingungen vorgingen, diefelben fich nicht in beftimmten Figuren darftellen laffen follten? Ich beftreute fehr ebene Zink- und Silberplatten mit feinem Marmorfande, mit Semen Lycopodii, aber die Figuren erfchienen nie. Dafs diefe Verfuche indefs nicht gegen die Schwingungen beweifen, bedarf hier kaum einer Bemerkung, da felbft das Anfchlagen an tönende Glasfcheiben in diefen eine zu fchwache Erfchütterung verurfacht, um den Zauber der Chladnifchen Figuren darzuftellen.

Aus einigen Zeilen in Herrn Volta's Schriften über die thierische Elektricität *) wurde häufig geschlossen, dass heterogene Metalle in Berührung mit feuchten Stoffen, als: Papier, Leder, Tuch und andern, oder gar mit Wasser, unter gewissen Umständen sichtbare Veränderungen in diesen hervorbringen könnten. Diese Stelle ist aber, wie mich zu Como der grosse Physiker selbst belehrte, bloss missverstanden worden. Herr Volta glaubt zwar aus seiner Hypothese über den Galvanismus schliessen zu müssen, dass auch bei drei verschiedenartigen, unbelebten Körpern, die sich berühren, das elektrische Fluidum determinirt wird, mehr so ——> als so <—— hin zu strömen. Er versichert aber, dieses Ueberströmen nie beobachtet zu haben, und hält es sogar, aus eben den, schon von Herrn Pfaff **) entwickelten Gründen, für unmöglich, dass bei Versuchen mit den lebhaftesten Thieren das Elektrometer je + oder — E zeigen könne. Diese Unmöglichkeit beruht indess nur auf der Analogie des Galvanismus mit dem Losschlagen der Kleistischen Flaschen, auf dem Glauben an eine Theorie, welche durch meine nachfolgenden Versuche gänzlich widerlegt wird!

Herr Valli***) zu Pisa verband die Schenkelnerven von vierzehn Fröschen in einer Belegung und glaubte, bei der Entladung dieser Froschbatterie, an naheliegenden Strohhalmen und nachmals am Elektrometer selbst, Zeichen der übergehenden Elektricität

*) Uebersetzt von Mayer. S. 9.

**) a. a. O. S. 377.

***) *Rozier Journal de Physique* T. 41. p. 79.

zu beobachten. Der gelehrte Physiker Herr Kühn*) wiederholte diesen merkwürdigen Versuch und sah die Goldblättchen des Bennetschen Elektroskops sich bis an die Wände des Glascylinders entfernen. Die Art aber, wie beide experimentirten, schliefst den Verdacht nicht aus, dafs ein sanftes Reiben die sensiblen Instrumente afficirt haben könne. Dieser Verdacht wird dadurch erhöht, dafs alle Versuche mit dem Elektrometer mifslingen, sobald man dasselbe, zwischen Muskel und Nerv, in eine Kette stellt, deren entferntere Glieder sich allein wechselsweise verbinden und trennen. So beobachteten es die Herren Volta, Fowler, Creve, Lichtenberg,**) Schrader und Pfaff, ***) so fand ich es bei den stärksten Batterien, welche ich aus Ischiad- und Schenkelnerven zusammensetzte. Herr Valli †) führt zwei Versuche an, in denen er das Haar einer Maus sich elektroskopisch erheben und sinken sah. Da er selbst manchen Zweifel gegen die Richtigkeit seiner Beobachtung erhebt, so fand ich mich veranlafst, dieselben zu wiederholen. Ich präparirte zwei Mäuse und eine junge Ratze dergestalt, dafs ein Theil des Schenkels noch mit dem natürlichen Felle bedeckt blieb. Ich armirte Nerv und Muskel mit

*) Etwas über die Kuren des Grafen von Thun (durch die Wunderhand) Leipz. 94. S. 20.

**) Grens Journal Bd. 7. S. 336.

***) a. a. O. S. 373.

†) Göttlings und Hufelands Aufklärungen der Arzney-Wissenschaft aus den neusten Entdeckungen. St. 2. S. 187. und *Valli experiments on animal electr.* S. 15.

Zink und Gold; heftige Contractionen der Extremität erfolgten, aber ich bemerkte auch nicht die leiſeſte Bewegung des Haars, obgleich die irritable Faſer zunächſt unter demſelben berührt ward. Ich verband 5 Froſchnerven in eine Armatur, bereitete zwiſchen dieſer und der Muskelarmatur eine lange Kette von mehreren Metallen, Kohle, Ratzenſchwänzen, dem Cruralnerven der Lacerta agilis, Morchelſtücken, gekochtem Schinken, und mit Muskelfleiſch verſehenem Mauſefell. Die Kette war in allen Puncten leitend, aber an dem Ratzen- und Mauſehaar war beim Ueberſtrömen keine Bewegung, kein Sträuben zu beobachten. Aus dieſen vielfachen Verſuchen *) läſst ſich demnach der Schluſs ziehen, daſs, wenn das Galvaniſche Fluidum auch nicht mit den Kräften der belebten Materie allein in Verkehr ſteht, die Nebenwirkungen, die daſſelbe auf die unbelebte Natur hat, doch bis jetzt noch nicht gründlich erwieſen worden ſind. Faſt eben ſo entziehen ſich unſerm Auge die Veränderungen, welche in den molécules einer Zinnplatte vorgehen, wenn ein Magnet, durch ſie durch, auf Eiſen oder Nickel oder Kobalt wirkt.

*) Herrn Kühns Verſuch bleibt indeſs immer ſehr bedenklich, und es wäre zu wünſchen, daſs Herr Hindenburg ihn mit ſeinem vortrefflichen Condenſator wiederholte. Sollte er denn nie wieder gelingen? Vielleicht aber war die bemerkte Elektricität doch nicht das Agens im Verſuche, vielleicht entwickelte ſich nur, bei Gelegenheit der heftigen Muskelbewegung, Elektricität aus den Fröſchen, welche das Inſtrument aufnahm. Solche elektriſche Erſcheinungen ſind bei Muskelbewegungen öfter beobachtet. Wir wiſſen, daſs der Viſigothe Theodorich Funken ſprühte, wenn er einherging.

Wir können daher in dieser Untersuchung die Betrachtung der todten Stoffe, als Glieder der Galvanischen Ketten, fürs erste verlassen und zu den Eigenheiten der irritablen und sensiblen Fiber zurückkehren.

Wenn das Hauptagens des Galvanismus auf der Anwendung eines Reizes beruht, so folgt aus den ersten Grundsätzen der Physiologie, dass das Gelingen und Nicht-Gelingen der Versuche von der Stärke des Reizes eben so sehr, als von der Erregbarkeit oder Reizempfänglichkeit der thierischen Organe abhängt. *) Bisher schien man nur auf das erstere Verhältniss hauptsächlich aufmerksam zu seyn; man untersuchte die relative Stärke der Armaturen, ihre Wirksamkeit bei isolirten oder leitenden Unterlagen, und vernachlässigte, den Zustand der Reizempfänglichkeit zu verändern, in welchem sich das Thier, mit dem man experimentirte, befand. Ich habe mich bemüht, diesem Mangel abzuhelfen und bin dadurch zu Versuchen veranlasst worden, welche den bisher angenommenen Gesetzen des Metallreizes sehr widersprechen.

Im Herbst 1794 während meines Aufenthaltes zu Steuben am Fichtelgebirge, bemerkte ich, dass, wenn ich abwechselnde Ketten von thierischen Stoffen (Stückchen Muskelfleisch) und Metallen bildete, die Contractionen erfolgten und ausblieben, je nachdem die Glieder dieser Kette anders gestellt wurden. Ich

*) Verglichen Herrn Sömmerings wichtige Bemerkungen in der Muskellehre §. 20—23. S. Vom Bau des menschlichen Körpers. H. 3. S. 15.

hielt die Vervielfältigung dieſer Art von Verſuchen, ein ſolches Ausmitteln der poſitiven und negativen Fälle, für ſehr wichtig, weil es mir ſchien, als werde man auf dieſem Wege allein die einfachen Bedingungen *) erforſchen, in denen die Urſach der Reizung gegründet iſt. Ich erinnerte mich indeſs bald, daſs der Stimulus da ſeyn könne, auch wenn keine Zukkungen erfolgten, weil der Grund des Nichterfolgens bloſs in dem Mangel der Reizempfänglichkeit der Organe liegen könne. Ich bemerkte, zum Beiſpiel, daſs wenn in der Galvaniſchen Kette ſich zwei Metalle nicht unmittelbar berührten, ſondern wenn (Fig. 1. **) zwiſchen der Muskel- und Nervenarmatur, zwiſchen dem Silber und Zink ſechs Kubiklinien friſches Muskelfleiſch lagen, die Reizung bei den meiſten Thieren gar nicht, bei ſehr lebhaften aber

*) Herr Pfaff drückt ſich hierüber ſehr ſchön aus: "Die "Bedingungen oder Geſetze, nach denen ſich das Da-"ſeyn der Erſcheinungen richtet, ſind die wichtigſten für "die ganze Unterſuchung; dieſs conſtante Coëxiſtiren und "Succediren der Erſcheinungen läſst uns mit Recht auf "einen urſachlichen Zuſammenhang derſelben ſchlieſsen, "und wir können diejenigen äuſsern Umſtände, die "nothwendig zur Entſtehung der Erſcheinungen ſind, und "ihnen immer vorangehen müſſen, als Grundenthaltend "derſelben anſehen." A. a. O. S. 179.

**) Ob ſich gleich alle Galvaniſche Verſuche mit Worten beſchreiben laſſen, ſo ſind manche doch ſo verwickelt, daſs kleine Zeichnungen das Verſtändniſs derſelben ungemein erleichtern. Ich werde daher die Hauptfälle durch Figuren ausdrücken, doch nur durch einfache Umriſſe, um nicht die Phyſiognomien von Menſchenhänden, Zinkſtangen und Froſchſchenkeln, wie Aldini, oft wiederholen zu müſſen. Die Metalle drücke ich durch die bekannten adeptiſchen Zeichen derſelben, Stückchen leitenden Muskelfleiſches durch die Buchſtaben *m f l.* aus.

vollkommen, doch nur in den erſten fünf bis acht Minuten, glückte. Ich fand, daſs Schenkel von Fröſchen, welche bei dieſem Apparat nicht mehr zuckten, neue Contractionen zeigten, wenn ich ihren Nerv mit friſchem Muskelfleiſch bedeckte, ihn in ſeine vorigen Integumente einhüllte. Durch die Ruhe empfing die erſchöpfte Faſer ihre gröſsere Erregbarkeit wieder. Eben dies erfolgte, wenn ich den Cruralnerv einer Maus, der bei der Fig. 1. dargeſtellten Vorrichtung gar keine Bewegung äuſserte, in eine alkaliſche Auflöſung oder in oxygenirte Kochſalzſäure tauchte. Die Contractionen des Mauſeſchenkels wurden ſogleich ſo heftig, daſs ſein armirter Nerv vom Zink herabflog, als die im Griff iſolirte ſilberne Pincette das Muskelfleiſch *a* berührte. Beweiſe genug, um zu lehren, wie bei vermehrter Erregbarkeit, Contractionen erfolgen, welche bei minderer, unter ſonſt gleichen äuſseren Umſtänden, ausbleiben!

Es iſt daher zur gründlichen Unterſuchung der Geſetze des Metallreizes unendlich wichtig, mit recht lebhaften, reizempfänglichen Individuen zu experimentiren. Je mehr die Incitabilität ihrer Organe erhöht wird, deſto mehr poſitive Fälle, das iſt, ſolche, in denen die Contractionen erfolgen, kann man ausmitteln. Ich bemühte mich daher, unter den Fröſchen, zum Beyſpiel, recht junge ſtarke und (ſo viel als möglich) weibliche *) Individuen auszuwählen;

*) Wer recht viel Fröſche ſecirt, oder den Geſchlechtscharakter derſelben, wenigſtens in der Begattungszeit, aus ihren Händen beſtimmen kann, wird die Behauptung, daſs

ich fand, dafs fie in kühlen Sommertagen, oder aus der langen Winterruhe erweckt und einige Tage im Zimmer gefellfchaftlich gefüttert, am lebhafteften waren. Aber nie, nie konnte ich vorher die feltenere Abänderungen glückender Verfuche fo beftimmt und ficher wiederholen, alle Nebenumftände dabei fo gründlich prüfen, als feitdem ich auf den Gedanken verfiel, die Nerven der Thiere in alkalifchen Solutionen, oder überfauerer Kochfalzfäure zu baden. Durch Anwendung diefer einfachen Mittel, welche überhaupt die wunderfamften Erfcheinungen geben, hatte ich es gleichfam in Händen, die Erregbarkeit der Fiber willkürlich zu ftimmen, Nerven matter Thiere künftlich zu einer Reizempfänglichkeit zu er-

die weiblichen Fröfche reizbarer, als die männlichen find, auf Experimente gegründet finden, die nicht, wie manche chemifche, a priori oder ex anticipatione mentis, angeftellt find. Bei der rana efculenta L. war es mir deutlicher, als bei der rana temporaria L. Ueberhaupt wäre es intereffant, den wunderfamen Gefchlechtsunterfchied durch die ganze organifche Natur phyfiologifch zu verfolgen, und ihn nicht, wie bisher in der Naturbefchreibung gefchieht, blos in der Configuration gewiffer Theile aufzufuchen. Selbft die Pflanzen mit getrennten Gefchlechten, die Arten der Salix, Populus, Juniperus, Rufcus, Brucea, Schinus und andere, könnten in diefer Hinficht Objecte merkwürdiger Unterfuchungen werden. Vergleiche meines ältern Bruders, Wilhelm v. Humboldt Abhandlungen über den Gefchlechts-Unterfchied und deffen Einflufs auf die organifche Natur, und über die männliche und weibliche Form, in den Horen. 95. Bd. 1. St. 2. S. 99. St. 3. S. 80. (befonders S. 100.) St. 4. S. 14.

heben, von der ich im natürlichen Zuſtande kein Analogon fand!

Noch mehr! Da jeder allzu häufig angebrachte Stimulus die Organe ſchwächt, (mit warmen Auflöſungen von oxydirtem Arſenik brachte ich völlige Atonie hervor) da gemeine Säuren auf die Nerven (nicht auf die Muskeln) angewandt, nach meinen Beobachtungen die Erregbarkeit vermindern; ſo konnte ich nun jeden thieriſchen Stoff in wenigen Secunden von dem höchſten Grade der Reizempfänglichkeit zur tiefſten debilitas directa und indirecta *) herabſtimmen. Die Aufzählung dieſer gewiſs nicht unwichtigen Phänomene ſelbſt, verſpare ich bis auf den Abſchnitt von der Reizempfänglichkeit der Organe überhaupt. Hier war nur erforderlich, die Möglichkeit zu zeigen, wie ich mit lebhafteren Individuen häufiger, als andere Phyſiologen, experimentiren, und daher Erſcheinungen beobachten konnte, welche ihnen entgehen muſsten.

Ich komme nun zu den Verhältniſſen oder Bedingungen, unter denen allein die Muskularbewegungen im Galvaniſchen Verſuche erfolgen. Um ſie einzeln zu betrachten, unterſcheide ich (nach den im Vorigen entwickelten Gründen) zwei Zu-

*) Debilitas indirecta, welche H. Weikhard uneigentliche Schwäche nennt (Entwurf einer einfacheren Arzneykunſt 95. S. 32) entſtehet aus Uebereizung des Organs. Beide Arten ſind in ihren Urſachen ſehr verſchieden, und daſs ich darum das Brownſche Syſtem nicht ganz annehme, weil ich hier und da Brown's Kunſtſprache befolge, bedarf wohl keiner Erläuterung.

ſtände der thieriſchen Organe, den der natürlich hohen, oder künſtlich erhöhten und den der minderen Reizempfänglichkeit. Daſs beide Zuſtände (wie die moraliſchen, von gut und böſe, klug und dumm) nur dem Grade nach verſchieden ſind, nicht durch ſchneidende Grenzlinien von einander getrennt werden können, wird mir nicht zum Vorwurf gereichen. Ich betrachte die Eigenſchaften der belebten Materie, wie die Eigenſchaften der todten. Die Chemie kennt eine Menge von Verbindungen, die ſich bei einer höhern Temperatur anders, als bei einer niedern darſtellen, ohne daſs man den Grad angeben kann, wo dieſe Veränderung anfängt. So betrachtet der Pathologe *) in entzündlichen Krankheiten die Anhäufung von Elektricität im menſchlichen Körper bei feuchter und trockner Luft, ohne zu vergeſſen, daſs es keinen abſoluten Unterſchied zwiſchen Trockenheit und Näſſe giebt.

*) Hufeland's Pathogenie S. 126.

Zweiter Abſchnitt.

Zuſtand der erhöhten Reizempfänglichkeit — Leitung durch bloſse thieriſche Theile — Cotugno's ältere Beobachtung — Galvani's Verſuch beim Zurückbeugen der untern Extremität gegen die obere — Zweifel dagegen — Neue einfache Verſuche — Directe Verbindung des Nerven und Muskels, in den jener inſerirt iſt. — Indirecte Verbindung durch ein Nervenſtück. — Leitung vom Nerv in den Nerv.

I. Wenn die lebendige Fiber, ſey es die irritable oder ſenſible (denn beide machen Theile eines Ganzen aus, ſind der gemeinſame Grund thieriſcher Erſcheinungen) ſich im Zuſtande natürlich hoher, oder künſtlich erhöhter Reizempfänglichkeit befindet; ſo beobachte ich Muskularbewegung unter zwiefachen Bedingungen, je nachdem ein friſcher thieriſcher Stoff, oder Metall und Kohle die Leiter des Galvaniſchen Fluidums zwiſchen Nerv und Muskel bilden.

1) Die erſtere Bedingung, welche uns in dieſem Abſchnitt beſchäftigt, könnte man auch, nach den bisher gangbaren Hypotheſen, Metallreiz ohne Armatur, ohne metalliſche oder kohlenſtoff-

haltige Excitatoren nennen. Sie giebt Verhältniſſe an, unter denen man faſt allgemein das Eintreten der Galvaniſchen Erſcheinungen läugnet. Herr Pfaff, deſſen Schrift alles enthält, was bis zum Winter 1795, über thieriſche Elektricität öffentlich bekannt gemacht wurde, Herr Pfaff *) ſagt ausdrücklich: „Feuchte thieriſche Theile, Muskeln, Nerv, „friſche vegetabiliſche Theile, Waſſer und mancher„lei mit demſelben befeuchtete Körper, ſind völlig „unfähig, Zuckungen, nach Art der Metalle, zu er„regen. — Metalle, Erze, Kohle und Reiſsblei ſind „die Körper, welche als einzige Excitatoren dieſer „Erſcheinungen aufgeführt werden können. — Bei „ſehr groſsen und, allen Erſcheinungen zufolge, ſehr „reizbaren Individuen, gleich nach der Zubereitung, „bei verſchiedener Beſchaffenheit der Atmoſphäre „mit der gröſsten Sorgfalt angeſtellte Verſuche haben „mich überzeugt, daſs eine Verbindung der Mus„keln mit einer beliebigen Armatur durch Waſſer, „friſche, feuchte, thieriſche und vegetabiliſche „Theile und beliebige naſsgemachte Körper aller „Art nie im Stande iſt, Zuckungen zu erregen.„ Herr Delametherie **) verſichert in ſeinem ſchö-

*) a. a. O. S. 49—199 und 200—338. Verglichen Gehler's Phyſ. Wörterbuch Th. 5. S. 286.

**) *Roz. Journ. de Phyſique* 1793. p. 293. Das vorzügliche Talent, welches Herr Delametherie hat, analoge Facta zuſammen zu reihen, und gewiſſe, wahrſcheinliche, und zweifelhafte Reſultate von einander zu unterſcheiden, zeichnet dieſe Arbeit, wie ſein Meiſterwerk die *Nouvelle Theorie de la Terre,* aus. Möge dieſer Mann, den ſeine imponirende Kühnheit bisher auf eine

nen Aufsatze: *Réflexions sur l'électricité animale:* „*que* „*les substances animales ne sont point assez bons con-* „*ducteurs pour produire les effets des métaux, de la* „*plombagine et du charbon.*„ Eben so fast alle Physiker, welche über den Metallreiz schrieben.

Nur einige Erscheinungen, welche Herr Cotugno zu Neapel, und die Bologner Schule, bemerkten, schienen auf Metallreiz ohne Metall und Kohle hinzudeuten. Der erstere wollte eine kleine Hausmaus lebendig seciren; er fasste sie mit zwei Fingern in der Rückenhaut und hielte sie in die Höhe. Kaum aber schlug der Schwanz der Maus gegen seine Hand, so empfand er einen heftigen Stoss und Krampf durch den Arm, die Schultern und den Kopf. Diese schmerzhafte Empfindung dauerte eine Viertelstunde lang fort *). Diese merkwürdige Erscheinung, welche nebst andern im *Journal encyclopédique de Bologne* bekannt gemacht wurde, veranlasste Herrn Vassali 1789, und endlich Herrn Galvani 1792 zu ihren elektrischen Versuchen. Sie leitete also zu wichtigen Entdeckungen, ob man gleich gegen sie selbst mannigfaltige Zweifel **) erhob. Herr Galvani ***) fand, dass, wenn ein Frosch ab-

fast unbegreifliche Art rettete, den Wissenschaften nicht auch noch durch Revolutionswuth entrissen werden.

*) Gothaisches Mag. für das Neueste aus der Physik, B. 8. St. 3. S. 121.

**) Gehler a. a. O. S. 295.

***) Grens neues Journal der Physik, B. II. H. 2. S. 169. (aus *Brugnatelli Giorn. phisico-medico* 94. *Agosto, p.* 99.) *Dell' uso e dell' attivita dell' areo conduttore nelle contrazioni dei musceli. Mod.* 94. *p.* 16.

gezogen, ausgeweidet und so präparirt wurde, dass bei fast ganz weggeschnittenem Rückgrad die obern Extremitäten mit den untern nur durch die Ischiadnerven zusammen hingen, heftige Muskular-Contractionen in der ganzen thierischen Maschine entstanden, wenn der Wadenmuskel (musculus gemellus und soleus) gegen die Schulter des Frosches zurückgebogen ward. Es ist seltsam, dass dieser merkwürdige Versuch, welcher in Bologna und Venedig viel Aufsehen erregte, so lange in Deutschland unbekannt blieb. Herr Pfaff erwähnt seiner ebenfalls nicht, und der Caval. Volta, mit dem ich auf seinem Landsitze zu Como experimentirte, machte mich zuerst damit bekannt. Dieser grosse Physiker äusserte ehemals in seinem Briefe an den Professor Vassali zu Turin: dass die Zuckungen im erwähnten Falle von einer mechanischen Reizung, von einem Drucke, den die Nerven litten, herrühre. Er führte mit der, ihm eigenen Lebhaftigkeit, eine Menge Gründe für diesen Zweifel an, und endigte mit dem Schlusse: „dass diese gerühmten Versuche nichts bewiesen.„ Ich gestehe aber, dass mir dieselben seit meiner Rückkunft aus Italien unter Umständen gelungen sind, die jeden Verdacht einer mechanischen Erschütterung des Nervensystems ausschliessen. Oft schob ich bloss in einer horizontalen Fläche den Froschschenkel gegen das Ende der obern Extremität, uud die Convulsionen waren dennoch sehr heftig. Auch hat Herr Volta seitdem selbst seine Meinung über diese Erscheinung umgeändert. Er äusserte mir mündlich, dass er die Zuckungen selbst

nicht mehr einer mechanischen Reizung zuschreibe, dass er sie aber befriedigend nach seiner Theorie vom gestörten Gleichgewicht der Elektricität unter drei heterogenen Stoffen erklären könne. Er zeigte mir *), wie Seife oder Kleister, mit denen man die Schulter oder die Brust des Thieres bestreichet, die Contractionen verstärken. Er glaube, dass, wenn selbst ohne diesen Kunstgriff bei frisch geöffneten, sehr lebhaften Individuen der Versuch glücke, es nur daher rühre, dass der tendinöse, weisse, härtere Theil des Wadenmuskels die nie von Blut ganz trockne Brust berühre. Alsdann wären wieder drei verschiedenartige Stoffe: Sehnenfaser, Blut- und Muskelfaser, im Contact, und die Bedingung, unter der (nach seiner Theorie) die Elektricität so —▷ oder so ◁— hinüber zu strömen anfange, sey erfüllt. Meine neuesten, erst vor wenig Wochen, angestellten Beobachtungen widersprechen aber dieser Voraussetzung. Ich zog einem Frosch die Oberhaut ab, und präparirte ihn so, dass der Rumpf mit den Schenkeln nur durch die entblössten Ischiadnerven zusammenhing. Ich erregte heftige Muskelbewegungen, als ich das rothe, gar nicht tendinöse Muskelfleisch der Lende leise gegen den Ischiadnerven zurückbeugte. Hier war der Stimulus unter Umständen wirksam, unter denen er sich vorher noch nie gezeigt hatte! Hier waren nur zwei, und zwar organisch

**) Vergleiche meinen zweiten Brief an Herrn Blumenbach in Grens N. Journ. 95. B. 2. H. 4. S. 475.

nifch verbundene Stoffe, Muskel und Nerv in Berührung! Von einem mechanifchen Druck konnte die Reizung nicht entftehen; denn alle Theile blieben in Ruhe, als der Ifchiadnerv allein mit Muskelfleifch, Siegellak, Holz und andern nicht excitirenden Subftanzen erfchütternd berührt ward. Ja, eben diefe Ruhe erfolgte, als eine dünne Glasplatte oder Blättchen von einer aufgetrockneten Pflanze den Nerv bedeckten, und die Lende nun gegen diefe zurückgebeugt ward. Auf eine faft ähnliche Art erregte Herr Volta Muskelbewegungen *) als er die obern und untern Extremitäten eines eben fo präparirten Frofches in zwei verfchiedene Gefäfse mit Waffer tauchte, und beide Gefäfse mit zwei feiner Finger mit einander verband. Er vermuthete, dafs auch in diefem Falle ein glückliches Zufammentreffen von Nebenumftänden, eine zufällige Heterogeneität feiner Finger gewirkt habe! Es kommt hier

*) Auffallend ift es, wie lebhaft Herr Volta felbft fonft gegen die Möglichkeit diefer Muskelbewegungen eiferte. „Wenn „das elektrifche Fluidum, fagt er, nach Galvani's „Theorie in dem Körper eines Thieres, deffen Hinter„fchenkel in einem mit Waffer gefüllten Glafe hängen, „und deffen Rumpf mit dem Rückenmark fich in einem „andern Glafe befindet, ungleich vertheilt wäre: und „wenn bei der angebrachten leitenden Verbindung zwi„fchen dem einen Glafe und dem andern durch einen „metallifchen Bogen, die heftige krampfhafte Bewe„gung daher rührte, dafs das Fluidum plötzlich ins „Gleichgewicht gebracht wurde, warum, frage ich, er„folgen nicht diefelbigen Bewegungen, warum bleibt „der Frofch vollkommen ruhig, wenn man fich, anftatt „der Metalle, zweier Finger als Auslader bedient, oder „auch in jedes Glas eine Hand fteckt„? Grens Neues Journ. der Phyf. B. 2. H. 2. S. 164.

nicht auf Beſtreitung einer Theorie, ſondern nur auf Ausmittelung von Thatſachen an, und daſs die vorgenannten zu verwickelt ſind, um nicht eine vieldeutige Erklärung zuzulaſſen, muſs jedem Unpartheiiſchen einleuchten. Sie ſetzen alle eine beſondere künſtliche Präparation des Thieres voraus, beide Extremitäten müſſen dabei widernatürlich gebeugt oder bewegt werden. Die Frage, ob ein tendinöſer oder muskulöſer Theil berührt worden ſey, ob die Integumente rein von Blut oder noch ſchwach damit tingirt waren, iſt unendlich ſchwer, ja apodiktiſch, im ſtrengſten Sach- und Wortverſtande, nie zu entſcheiden. So ungerecht es mir daher ſcheint, wenn man von dem Chemiſten, der ſich rühmt, das Verhältniſs von zwei oder drei Stoffen in ſeinem Laboratorium ergründet zu haben, fordert, daſs er alle Gährungsproceſſe der Luftregionen erklären ſoll, eben ſo ungerecht wäre es, dem Phyſiologen nur die verwickelteren Fälle der Galvaniſchen Erſcheinungen vorzulegen. Ich verlaſſe daher dieſen unſichern Weg der Unterſuchung, und halte mich an einfache Verſuche, die, ſo viel ich weiſs, noch niemand vor mir anſtellte.

Einem Froſch, der einen natürlich hohen, (nicht durch Alkalien künſtlich erhöhten) Grad der Erregbarkeit zeigte, wurden beide Schenkel abgelöſet. An dem rechten Schenkel präparirte ich den Cruralnerven *) ſchnell heraus, und legte dieſen,

*) Da es hier nicht darauf ankommt, die Neurologie des Froſches zu liefern, ſo merke ich nur mit wenigen Zeilen an, daſs ich den groſsen Nerv an der äuſsern

ſammt der ganzen Extremität, auf eine wohlgetrocknete Glasplatte. Ich befeſtigte nun ein 4 bis 6 Kubikzoll friſches Muskelfleiſch an einem iſolirenden Griff von Siegellak, und berührte damit zugleich den Cruralnerv und Schenkelmuskel des Froſches. Es entſtanden zu meinem Erſtaunen lebhafte Zuckungen. In demſelben Zweifel, den Herr Volta *) gegen Galvani äuſserte, „daſs, wenn Nerv und „Muskel vollen Vigor der Vitalität haben, jeder me„chaniſche Reiz, jeder Druck oder Stoſs hinreichend „iſt, um Convulſionen, Tremores und Subſul„tus zu erregen,„ in dieſem Zweifel nahm ich, ſtatt des Muskelfleiſches, trocknes Holz, Horn oder einen ſcharfen Knochen zum Leiter zwiſchen dem Cruralnerven und Schenkelmuskel, aber keine Spur einer Contraction war zu ſehen. Noch mehr: ich berührte beide, die ſenſible und irritable Fiber (Fig. 2.) zugleich mit zwei Stücken Muskelfleiſch x und y, die an zwei iſolirenden Pincetten befeſtigt waren. Sollte nun die mechaniſche Impreſſion von x und y auf die thieriſchen Organe Urſach der Reizung ſeyn, ſo muſste ſie erfolgen, als x und y mit Stoſs dieſelben

Seite der Froſchlende mit allen, die über den Galvanismus ſchreiben, Crural- und Schenkelnerv nenne, obgleich es zweifelhaft ſcheint, ob derſelbe dieſen Namen verdient, oder nicht vielmehr als Fortſetzung des Nervus iſchiadicus zu betrachten iſt. Die Kunſtwörter der Menſchen-Anatomie paſſen nicht immer ganz auf die Zootomie. So viel iſt gewiſs, daſs der gedachte groſse Nerv hinten aus dem Becken entſpringt, bis zum Knie keine Zweige abgiebt, ſich von dort an aber mannigfaltig ſpaltet.

*) Gren a. a. O. S. 170. Note.

trafen. Aber nein! Der Stimulus war nicht eher wirkſam, als bis ſich beide Stücke Muskelfleiſch unter einander berührten, oder bis ſie durch ein drittes, z, mit einander verbunden wurden.

Ich präparirte nun den linken Froſchſchenkel, der bereits über eine Viertelſtunde geruhet hatte; ſein Cruralnerv ſchien ſo unempfindlich, daſs er ſelbſt durch mechaniſches Kneifen, wenn es nicht überaus heftig war, nicht zu Muskelbewegungen gereizt werden konnte. Dennoch glückten alle vorbeſchriebene Verſuche auch mit dieſem. Ja! ich ſah deutlich, daſs die Reizung ſtärker war, wenn ich x und y dergeſtalt durch z verband, daſs z zuerſt x und dann y berührte, als wenn die Verbindung von y ausgeſchloſſen wurde. Als der Schenkel nach einer halben Stunde bereits ſehr mattt war, erfolgten gar keine ſichtbaren Contractionen mehr, wenn das Stückchen Muskelfleiſch zuerſt den Cruralnerven und nachmals den Schenkelmuskel traf. Dagegen waren ſie ſehr heftig, wenn die imaginäre Zuleitung des Galvaniſchen Fluidums vom Schenkelmuskel ausging. Dieſer Umſtand, welcher den Geſetzen des Metallreizes *) ganz analog iſt, entfernt, wie mich dünkt, jeden Zweifel, daſs alle dieſe Erſcheinungen keine gemeinſame Urſache mit dem Metallreiz hätten. Dieſelben Verſuche glückten mir an mehreren andern Land- und Waſſerfröſchen, an der kleinen Rana arborea, der Lacerta agilis und der

*) Valli in Rozier *Journal de Phyſique* T. 41. p. 72. Pfaff a. a. O. S. 10.

Hausmaus (Mus Musculus.) Nerven, welche, im Zustande der natürlichen Erregbarkeit, keine Contractionen bei dieser Präparation erregten, erlitten dieselben sogleich, als sie in alkalischen Auflösungen gebadet wurden. Bei mehreren Individuen lösste ich den obern Theil des Cruralnerven ab, und schob (Fig. 3.) dieses getrennte Stück x mittelst einer Glasröhre zwischen den, noch inserirten Nerv und den Schenkel selbst. Als auf beiden Seiten der Contact geschah, blieb die convulsivische Erschütterung nicht aus. Hier waren nur zwei heterogene Stoffe, ein inserirter Nerv, ein Nervenstück und Muskelfleisch in Berührung, also jeder Verdacht, diese merkwürdige Erscheinung auf die Voltaische Theorie vom gestörten Gleichgewicht der Elektricität, durch den Contact von wenigstens drei heterogenen Substanzen zu reduciren, entfernt. Ich zweifle, dass es je glücken wird, die Wirkungen des Galvanismus auf einem einfachern Wege, als auf diesem, zu zeigen. Merkwürdig ist noch dabei, dass (Fig. 4.) wenn x kein recht frischer Nerv, oder kein frisches Stück Muskelfleisch ist, und also wegen der unvollkommenen Leitung die Contraction nicht erfolgt, dieselbe sogleich erregt wird, wenn man x, statt mit einer gläsernen Röhre, mit einem Eisendrathe gegen den Schenkel schiebt. Der Eisendrath berührt hier bloss die äussere Oberfläche von x, die Communication von dem Cruralnerven zum Schenkelmuskel ist durch keine metallischen Theile unterbrochen, und doch äussert sich schon der mächtige Einfluss, den diese auf die Galvanischen Erscheinungen ha-

ben, ſobald ſie nur in das entfernteſte Verkehr mit den thieriſchen Organen treten.

Auch durch ein Ueberſtrömen vom Nerv in den Nerv gelang es mir mehrmals, Muskelbewegungen, ohne Armatur, durch bloſs thieriſche Theile zu erregen. Ich faſste den Cruralnerv (Fig. 5.) ganz ſanft mit zwei Fingern der linken Hand, und berührte nun mit der rechten, in der ich ein paar Cubiklinien Muskelfleiſch hielt, denſelben Cruralnerven. Die Reizung war heftig, ſobald der Contact erfolgte, ſie ſchienen am heftigſten, wenn er nahe an der Inſertion des Nerven in den Muskel, doch von dieſem entfernt, geſchah. Um überzeugt zu ſeyn, daſs auch hier kein mechaniſcher Reiz ſtatt finde, verwechſelte ich z mit einem Stück trockenen Elfenbeins, aber die Zuckung blieb ſogleich aus. Um auch dem Verdacht vom Druck mit den Fingern zu entgehen, theilte ich z in zwei Hälften, nahm in jede Hand ein Stück und berührte nun (es war an einer muntern Eidexe) den Cruralnerven in zwei Puncten damit; die Contraction des kleinen Fuſses erfolgte; ſelbſt die Zehen dehnten ſich convulſiviſch aus. Hier hatte ich alſo lebhafte Muskelbewegungen erregt:

1. indem ich die Lende eines Thieres gegen den Iſchiadnerven zurückbog, mit dem ſie noch organiſch verbunden war, (S. oben S. 32.)
2. indem der Cruralnerv und ſein Schenkelmuskel mittels eines abgeſchnittenen Stückes Cruralnerv zugleich berührt wurde, und

3. indem thierische Theile eine Leitung von einem Theile des Nerven zum anderen bildeten.

In dem ersten Falle war der Contact bloss unter solchen Theilen, welche organisch mit einander verbunden waren. In den beiden letzten Fällen geschah derselbe mittels getrennter Stücke, welche aber kurz vorher noch dem gereizten Organe angehörten, und entweder der sensiblen oder irritablen Fiber homogen waren. Obgleich in dem Versuch Fig. 5. nur Nerv und Nerv berührt ward, so macht ihn die Leitung durch die menschliche Maschine, vom rechten in den linken Arm, doch weniger einfach, als den Versuch Fig. 3. wo Muskel und Nerv durch ein Nervenstück verbunden wird und die Kette nur aus zwei Stoffen bestehet.

Da ich Zuckungen erregt hatte, indem ich (Siehe oben S. 32.) den fleischigen, gar nicht tendinösen Theil der Froschlende gegen den, noch mit dem Rumpfe zusammenhängenden Ischiadnerven zurück bog, so war ich sehr neugierig, ob ich nicht bei getrenntem Rumpfe dasselbe Resultat erhalten würde. Aber alle meine bisherigen Versuche haben mir keine Contractionen gezeigt, wenn ich (Fig. 6.) den Schenkel gegen den Nerv und diesen gegen jenen bog. Eben so fruchtlos war bisher das Experiment Fig. 7. auf welches mich die Analogie von Fig. 5. leitete. Ohne den Muskel zu berühren, schob ich bei sehr lebhaften Individuen das Nervenstück v an den Cruvalnerv t dergestalt an, dass t in zwei verschiedenen Puncten getroffen ward — aber immer

ohne Erfolg. Da es bei dem eigentlichen Metallreize sichtbar ist, wie in Fig. 8. die Zuckungen bei der Verbindung von dem Metall und Nerven durch r längst aufhören, wenn sie bei der Verbindung mit dem Metall und Muskel durch s noch fortdauern; so scheint daraus zu folgen, dass der Stimulus in dem letzten Fall heftiger als im ersten ist. Sollte daher, bei gleicher Reizempfänglichkeit, nicht schon darum in Fig. 3. eine Contraction erfolgen müssen, die in Fig. 7. ausbleibt? Sollte man nie dahin kommen, die Erregbarkeit eines Thieres so zu vermehren, dass auch der schwächere Reiz in Fig. 7. wirksam würde? — Aber es kommt hier auf Thatsachen, nicht auf hypothetische Vermuthungen an, und ich wünsche nicht, dass man diese mit den Resultaten sicherer Erfahrungen verwechsele.

Dritter Abſchnitt.

Zuſtand erhöhter Erregbarkeit — Leitung durch metalliſche und kohlenſtoffhaltige Subſtanzen — durch homogene Metalle, ohne Kette — mit Kette — Neues Phänomen der Reizung durch bloſse Berührung der Nervenarmatur, ohne beſondere Zuleitung aus dem berührenden Körper in die thieriſche Fiber. — Streit über Homogeneität — Verſuch die Aldiniſchen Erfahrungen gegen Volta zu rechtfertigen — Reſultate.

II. Die zweite Bedingung, unter der im Zuſtande erhöhter Reizbarkeit Contractionen erfolgen, ſetzt das Mitwirken von metalliſchen oder kohlenſtoffhaltigen *) Subſtanzen bei dem Verſuche voraus. Wir nähern uns hier einer Claſſe von Erſcheinungen, welche gröſstentheils zu den mehr beobachteten, aber verwickelteren, und darum nicht minder beſtrittenen gehört. Ich hoffe alles auf wenige einfache Sätze zurückzuführen, wenn ich abermals zwei Fälle, Reizung durch ein Metall oder homogene metalliſche Theile, und Reizung durch heterogene Metalle unterſcheide.

a) Wenn homogene Metalle Muskelbewegungen erregen, ſo ſind ſie entweder ſo an den thie-

*) Um die läſtige Wiederholung von Metall und Kohle zu vermeiden, nenne ich künftig nur die Metalle allein.

rischen Organen angebracht, dass sie mit denselben eine geschlossene Kette bilden, in der ein Fluidum kreisförmig circuliren kann, oder diese Kette ist nicht vorhanden. Die merkwürdigen Versuche, welche sich auf die letztere Disposition der Excitatoren gründen, sind mir eigenthümlich, und ich werde sie daher zuerst entwickeln.

a) Homogene Metalle ohne Kette — Alle Physiologen *) welche über den Galvanischen Versuch geschrieben haben, alle Physiker und Dilettanten, welche davon erzählen, behaupten apodiktisch: dass die Muskularbewegung nicht eher erregt werden könne, als bis die silberne Pincette s (Fig. 8.) welche auf der Nervenarmatur ruht, mit dem andern Schenkel den Muskel selbst berührt; dass Glasplatten, oder Luft (und sey es auch nur eine Luftschicht von $\frac{1}{12000}$ Linie) zwischen dem Metall und Muskel alle Contractionen verhindern. Hätte man den wichtigen Grundsatz der Physiologie, „ein Stimulus „wirkt nur dann, wenn er der Erregbarkeit des Or„gans angemessen ist,„ nicht aus dem Auge verloren, so würde man sich dieser apodiktischen Behauptung über negative Fälle enthalten haben. Ich widerlege dieselbe nicht durch die wundersame Erscheinung, welche ich schon längst in meinem ersten Briefe an Herrn Blumenbach **) bekannt

*) Z. B. Grens Journ. d. Physik, B. 6. H. 3. S. 405. B. 8. H. 2. S. 279. B. 8. H. 1. S. 72. Pfaff a. a. O. S. 50. Rozier *Journ. de Physique Avril* 1793. *p.* 290.

**) In Grens Neuem Journ. der Physik B. 2. St. 2. S. 123.

machte; nicht durch die Erfahrung, daſs Convulſionen erfolgten, wenn die mit Muskelfleiſch umwickelte Pincette ſich dem Nerv auf $\frac{3}{4}$ Linien näherte. Hier ſchien offenbar ein gasförmiges Ausſtrömen zu wirken; denn die Convulſionen hörten augenblicklich auf, als eine dünne Glasplatte zwiſchen den Nerv und dem, ihm genäherten Schenkel der Pincette gehalten wurde. Ich berufe mich vielmehr auf eine ganz andere Claſſe von Verſuchen, die mir nur erſt ſeit meiner Rückkunft nach Deutſchland glückten, und die den Galvanismus in einem neuen Lichte darſtellen.

Es war am 20ten November des verfloſſenen Jahres, als ich den Cruralnerven eines ſehr lebhaften Froſches präparirt und ihn (Fig. 9.) mit Zink M armirt hatte. Ich wollte dieſe Nervenarmatur M und den Schenkelmuskel mittels einer andern Zinkſtange N verbinden — aber kaum waren die beiden Metalle in Berührung, ohne daſs N ſich auch nur dem Muskel oder Nerv näherte, ſo erfolgten ſchon heftige Contractionen. Ich zeigte dieſe noch nie beobachtete Erſcheinung ſogleich meinem gelehrten Jugendfreunde und Reiſegefährten Herrn Freiesleben, *) und wir konnten unſer Erſtaunen darüber

*) Verfaſſer der Bemerkungen über den Harz, Leipz. 1795. 2 Bände, und mehrerer geognoſtiſchen Beſchreibungen Böhmiſcher und Sächſiſcher Gebirgsgegenden im Bergm. Journ. u. in Lempens Magazin — Schriften, welche beſonders für die ſchwierige und für den Bergmann wichtige Unterſuchung über Schichtung und Lagerung der Gebirgsmaſſen claſſiſch wichtig und lehrreich ſind.

nicht genugſam gegenſeitig ausdrücken. Wir fürchteten, dieſe Reizempfänglichkeit möchte nur wenige Minuten anhalten, aber der Verſuch glückte eine gute Viertelſtunde lang. Ich hatte daher Muſse, alle Nebenumſtände ſorgfältig zu prüfen, um dem Verdachte der Täuſchung, den ich mir ſelbſt erregte, zu entgehen Ich fand, daſs es ganz gleichgültig war, wo, ob in r oder in den entfernteren Puncten s und t die Nervenarmatur M, durch Zink berührt wurde. Der Verſuch glückte, ich mochte N mit der Hand, oder mittels eines Griffs von Siegellack halten. Ja, die Contraction war überaus heftig, indem ich N auf M fallen lieſs, ohne daſs es weder einen thieriſchen Theil noch die Glasplatte unter dem Zinke berührte. Sie blieb ſich ganz gleich, ich mochte mit einer ſilbernen *) Pincette oder mit N ſelbſt, die Armatur von Zink erſchüttern; ſie blieb ſich gleich, das entgegengeſetzte Ende von N, v, mochte ſich den thieriſchen Organen auf eine halbe Linie nähern, oder davon zollweit entfernt bleiben, es mochte entblöſst oder mit friſchem Muskelfleiſch umwickelt ſeyn. Ich verlängerte M dadurch, daſs ich daſſelbe mittels eines dreizölligen eiſernen Drathes mit einer andern Zinkſtange P verband (Fig. 10); nun wurde dieſe allein von N

*) Ich habe dieſen Abſchnitt eingetheilt in Zuckungen durch a) homogene Metalle α) ohne Kette, β) mit Kette; b) heterogene Metalle. Ich laſſe unter b den Fall ohne Kette, der ſchon unter α erzählt wird, weg. Eben der Wiederholung war ich ausgeſetzt, wenn ich mit und ohne Kette zu Oberabtheilungen machte, und jede derſelben in Contractionen, mit homogenen und heterogenen Metallen zerfallen lieſs.

berührt, und augenblicklich entſtanden lebhafte Contractionen. Dieſe hörten auf, wenn der Contact der Metalle einmal geſchehen war; nur eine neue Trennung und neue Berührung erregte ſie wieder. Die Zinkſtange N wirkte indeſs hiebei auf eine andere Art, als daſs ſie P oder M erſchütterte. Die heftigſten Schläge von Glas, Elfenbein, Knochen, trocknem Ebenholze und Hornſtein brachten keinen Reiz hervor. Es blieb mir der Verdacht, ob vielleicht eine verborgene Leitung zwiſchen N und dem Froſchſchenkel oder Cruralnerven ſtatt fände; ob ein Verſuch, der allem, was man bisher von einer geſchloſſenen Kette, von einem cirkulirenden Fluidum ſagte, zu widerſprechen ſchien, ſich doch nicht auf die Geſetze der Kette reduciren lieſs. Ich wechſelte von Glasplatten, auf denen der Apparat lag, aber ohne eine Veränderung in den Erſcheinungen hervorzubringen. Ich ſchob endlich eine Glasplatte unter den Zink (Fig. 11.) und eine zweite c unter den Schenkel. Indem ich nun Zink auf Zink fallen lieſs, hielt eine zweite ganz iſolirte Perſon c ſammt dem Schenkel, in der Luft in die Höhe. Die Muskularbewegung ſchien durch dieſe Iſolation, ſtatt gar nicht zu erfolgen, nur noch convulſiviſcher zu werden. Das Metall N, deſſen Contact mit P oder M als die Urſach der Reizung anzuſehen iſt, ſcheint demnach auf keine andere Weiſe, als durch M auf den Nerv zu wirken. Der Einwurf, daſs auch aus dem andern Ende von N, aus v durch die Luft etwas in den Schenkel ſtrömen könne, begründet zwar keine Unmöglickeit; indeſs gehört er zu denen,

mit welchen man freilich jede physikalische Wahrheit unsicher machen kann. Um jedoch kein Experiment unversucht zu lassen, ersann ich mir folgenden Apparat. Ich stürzte (Fig. 12. a.) eine gläserne Glocke über P und N, und sperrte dieselbe, besonders wo der Eisendrath bei y heraustritt, mit Oel. Nun schob ich, durch den Rand der Glocke selbst N an P an, und die Contraction fehlte bei der Berührung nie. Wo ist hier noch eine andere Verbindung von N nach dem Schenkelmuskel, als die durch P, den Eisendrath M, und den Nerv denkbar?

Beide Schenkel desselben Individuums gaben dieselben Erscheinungen. Bei dem einen dauerten sie indess kaum vier bis fünf Minuten lang. Ich hatte damals mehrere überaus lebhafte Frösche, welche im warmen Zimmer plötzlich aus der Winterruhe, in die sie der heftige Frost versenkt hatte, erwachten. Mit diesen glückte mir der vorbeschriebene Versuch, in den letzten Tagen des Novembers, wohl sechs bis siebenmal. Herr von Schallern, ein erfahrener, einsichtsvoller Arzt, war mehrmals dabei gegenwärtig; wir prüften alle Nebenumstände, und überzeugten uns, dass die Reizung vorhanden ist:

„wenn nur die Bedingung erfüllt ist, „dass ein Metall, auf dem der Nerv „ruht, von einem andern, ihm homoge„nen oder heterogenen, Metall erschüt„ternd berührt wird.„

Der umgekehrte Versuch (Fig. 12. b.) in dem die Zinkstange N. mit dem Schenkel, aber nicht mit

dem Metall M in Contact tritt, war immer negativ.

Noch mehr! Ich hatte einſt zwei Schenkel zugleich mit Zink armirt, zwiſchen beiden war keine leitende Verbindung; ſo oft aber N auf M fiel, zuckten beide heftig. Ich lieſs jeden derſelben mit einer eigenen Glasplatte (Fig. 13.) in die Luft heben, aber der Verſuch glückte nicht minder. Als der eine Schenkel a an Erregbarkeit abnahm und ungereizt blieb, während daſs das entfernte Metall N auf den Nerv b mächtig wirkte, ſo wurde auch für a der Reiz augenblicklich wieder hergeſtellt, als a und b durch eine Zinkſtange Q (Fig. 14.) verbunden wurden. Dieſer Fall iſt ſehr auffallend. M, b, q und a bildeten nun eine geſchloſſene Kette, deren Glieder zwei homogene Metalle und zwei Froſchſchenkel waren. Wenn ein Stück Bergkryſtall M heftig erſchütterte, ſo blieb alles in Ruhe; kam aber die Zinkſtange N nur in den leiſeſten Contact mit M, ſo waren alle Erſcheinungen des Galvanismus auf einmal hervorgerufen. Eben dieſe ſtellten ſich dar, wenn Q fehlte, und der Schenkel a, den Fuſs von b berührte. Auch ſchien es, als wenn (Fig. 9.) der Cruralnerv erregbarer wurde, wenn er einige Minuten auf dem Zink M geruhet hatte, als wenn er eine gleiche, ja wohl längere Ruhe auf einer Glasplatte genoſs. Doch wurde dieſe Abänderung des Verſuchs nicht oft genug wiederholt, um beſtimmt darüber entſcheiden zu können. — Dagegen iſt es mir zweimal unwiderſprechlich geglückt, den Nervus radialis und Nervus iſchiadicus eines nicht

ſehr lebhaften Froſches durch alkaliſche Auflöſungen zu einer ſolchen Reizempfänglichkeit zu ſtimmen, daſs ſie nun von homogenen Metallen ohne Kette ſtimulirt wurden.

Soweit die Thatſachen! Wie aber dieſer Verſuch, den ich für den wichtigſten halte, welchen dieſe Schrift über den Galvanismus enthält, alle Theorien, welche ſich auf kettenförmige Berührung verſchiedener Stoffe, oder auf ein kreisförmiges Hin- und Herſtrömen einer Flüſſigkeit gründen, widerlegt, davon wird die Entwickelung unten folgen.

β) Homogene Metalle mit Kette. — Auch hier zeugen meine Verſuche gegen die Behauptungen der neuern Phyſiologen. Kein Streit, welcher den Galvanismus betraf, iſt jenſeits der Alpen mit ſolcher Hitze und Bitterkeit geführt worden, als der über die Frage, ob homogene Metalle, als Muskel- und Nervenarmatur, auch Contractionen erregen können? Bei dieſer Lebhaftigkeit iſt es kaum begreiflich, wie lange man ſich mit unexacten Verſuchen begnügte. Statt ſich ſelbſt Metalle zu reinigen und nur dieſe anzuwenden, agirte man mit Scheeren *) und Feilen, deren Miſchung man nicht kannte. Ja! man drehte ſich immer im Kreiſe um die Verſuche mit kaufbarem Zinne und Eiſen, ungeachtet jedem Chemiſten bekannt iſt, daſs jenes immer mit Blei gemengt, dieſes in einem dreifachen Zuſtande, rein, gekohlt und überkohlt vorkommt. Herr Aldini zu Bologna bahnte endlich einen

*) Valli *exper.* a. a. O. p. 39. Pfaff a. a. O. S. 65. und 158.

neuen Weg. Er zeigte zuerst, wie man mit einem metallischen Fluidum, mit Quecksilber, experimentiren müsse. Er übertraf alle seine Vorgänger in der Mannigfaltigkeit von Versuchen, in der Feinheit des Apparats, in den sinnreichen Anordnungen desselben — aber er ging darauf aus, eine allgemein beliebte Theorie umzustürzen, und es traf ihn daher ein Loos, dem der Physiker in solchem Falle nie entgeht; seine Facta wurden geläugnet, *) man warf ihm vor, dass er sich getäuscht habe.

Ich schreite jetzt zur speciellern Beleuchtung dieser Behauptungen. Herr Galvani gab zuerst Zuckungen als eine Folge homogener Armaturen von Eisen **) an. Der Professor Berlinghieri ***) zu Pisa und Doctor Lind bestätigten diese Angabe, und die *Société philomathique* †) zu Paris fügte noch homogenes Blei und Zinn, als dem Galvanismus günstig, hinzu. Herr Valli bemerkte Contractio-

*) Wie man, um Theorien zu retten, nicht bloss Facta läugnet, sondern selbst gegen die einfachsten Grundsätze der Mechanik und Hydrostatik streitet, davon siehe ein denkwürdiges Beispiel in einem Conflict berühmter, sonst verdienstvoller Männer über ein negativschweres Phlogiston, über den Schwerstoff, das Wiegen der Gasarten in freier Luft und über eine ursprüngliche Expansivkraft des Licht- und Wärmestoffs.

**) Gren's Journal der Physik, B. 6. St. 3. S. 378.

***) Roz. *Journ. de Physique, Avril* 1793. *p.* 289. „C'est à „tort que les physiciens ont dit, qu'il fallait „une hétérogénéité dans les métaux, qui servent d'armatures et d'excitateurs.

†) Eine gelehrte Gesellschaft junger Leute, welche 1788. zusammen trat und ihre Arbeiten während der Revolution fortsetzte.

nen, als er mit den Blättern einer Scheere und der kleinen Schraube, welche jene zusammenhält, zugleich Muskel und Nerv berührte. Den Verdacht, den Zinn und Eisen erregen, habe ich bereits oben geäussert und beim kaufbaren Blei ist ungleiche Vermengung mit Silber nicht weniger zu muthmassen. Herr Pfaff *) reizte die thierischen Organe durch ein einfaches Stück Kupferblech mit Erfolg, blieb aber wegen Mangels an Vervielfältigung seiner Versuche, wie er selbst gesteht, unschlüssig, ob er die Heterogeneität der Metalle für eine unwesentliche oder mit Fowler und Volta für eine wesentliche Bedingung Galvanischer Erscheinungen halten soll. Herr Valli, der über diesen Gegenstand mit Herrn Delametherie und vor den Commissarien der Académie des sciences zu Paris experimentirte, stand anfangs ganz auf Fowlers Seite, **) entschied sich aber nachmals für die Gleichartigkeit der Stoffe. Galvani präparirte einen Frosch auf die oft beschriebene Art, so dass Rumpf und Schenkel nur durch die Ischiadischen Nerven zusammenhingen; jede Extremität lag in einem eigenen Glase voll Wasser, und ein Metallbogen verband sie. Bei jedesmaliger Verbindung trat die Reizung heftig ein. ***)

*) a. a. O. S. 66. und S. 161.

**) *Bibliothéque de Turin* 1792. *Mars*. 268.

***) Auch *Aldini* „Galvaniano enim Commentario perspicuum est (quod nos quoque saepe „experti sumus) ranae musculos nervosque „in vasis duobus aqua plenis demersos, admoto metallico arcu, indubiis cieri contrac„tionibus. En muscularis contractio arcu

Der grofse Physiker in Pavia *) konnte bei diesem Versuche nicht gleichgültig bleiben. Seine Theorie gründete sich auf die Berührung heterogener Stoffe und ein daraus entspringendes, gestörtes Gleichgewicht im elektrischen Strome. Diese Theorie stürzte ein, wenn Galvani's Versuche richtig angestellt waren. Herr Volta übernahm nun eine Arbeit, welche sein grofses Talent über feine, fast unpalpable Gegenstände zu experimentiren in seinem schönsten Lichte zeigt. Sein erster Brief **) an den Professor Vassali enthält die Resultate dieser Arbeit. Er zeigt darin, dafs Heterogeneität der Metalle gar nicht auf dem Mischungsverhältnifse derselben, sondern eben so sehr auf ihrem Glanze, ihrer Gestalt, Oberfläche, relativer Trockenheit und Temperatur beruhet. Ich wage es nicht, einen Auszug aus dieser so beredt geschriebenen Abhandlung zu liefern, und hoffe, dafs das treffliche Original selbst die Aufmerksamkeit jedes Physikers auf sich heften wird.

Ich sah Herrn Volta den gröfsern Theil dieser feinen Versuche vor meinen Augen anstellen. Ein silberner Bogen, in die Gläser mit Wasser getaucht, brachte keine Muskelbewegung hervor. Ein Atom Seife, Pflanzenlaugensalz, Säure, an das eine Ende

„uno, uno metallo comparata!„ *De Animali Electricitate Diss. duae* 1795. *p.* 4. Sonderbar, dafs diese wichtige Schrift in Deutschland fast nur aus Citationen aus italienischen Journalen bekannt ist!

*) Anfangs hielt er Heterogeneität selbst für keine nothwendige Bedingung. Volta's lett. to Mr. Cavallo in *Phil. transact. p.* 93. *P.* 1. *p.* 14.

**) Gren's Neues Journ. B. 2. H. 2. S. 144.

des Bogens geſtrichen, ſtellte ſie augenblicklich dar. Beide Enden des Bogens wurden in den Saft von reifen Früchten der Cornus maſcula L. getaucht. Der Stimulus blieb aus; das eine Ende ward abgewiſcht und in eine unreifere Frucht deſſelben Strauchs geſtoſsen; nun hielten (in dem Sinne der Hypotheſe geſprochen) der reife und unreife Saft am Metallbogen ſich nicht mehr im Gleichgewicht, und die Reizung erfolgte. Wie ſehr mich dieſe Erſcheinung in Erſtaunen ſetzte, als ich ſie zuerſt ſah, davon zeugt mein zweiter Brief über die Muskelfaſer an Herrn Blumenbach *)

Ich bin weit davon entfernt, die Thatſachen zu läugnen, welche Herr Volta dem Profeſſor Vaſſali zu Turin meldet. Ich habe mich durch ſelbſt wiederholte Verſuche überzeugt, daſs ein unwirkſamer Bogen dadurch wirkſam wurde, daſs ſein eines Ende 12 Minuten lang in ſiedendes Waſſer getaucht wurde. Es iſt unwiderſprechlich wahr, erſt durch die Beobachtungen des groſsen Ticiniſchen Naturlehrers erwieſen, daſs

„Thiere, bei denen homogene Metalle „keine Convulſionen erregen, dieſel„ben ſogleich erleiden, wenn die Me„talle durch die leiſeſte Abänderung „des Miſchungsverhältniſſes, der Po„litur, Härte, Form, Temperatur, un„gleichartig gemacht werden.„

*) Gren's Neues Journ. der Phyſik, B. 2. H. 4. S. 472.

Dieſes iſt das Reſultat jener Verſuche, wie mir ſcheint; nicht aber der Satz, den Herr Volta aufſtellt:

„daſs, nur unter der Bedingung einer Ungleich-
„artigkeit in den Metallen, Muskularbewegun-
„gen erfolgen können.„

Folgt nach den Geſetzen der Logik daraus, daſs, weil tauſend Fröſche in dem Verſuch Fig. 3. nicht eher zucken, als bis der thieriſche Leiter gegen einen metallenen verwechſelt wird, daſs alle meine, im erſten Abſchnitt entwickelten, mit ſo vieler Vorſicht angeſtellten Experimente vom Galvanismus ohne metalliſche Armatur falſch ſind? Folgt daraus, daſs alle Phyſiker bisher nur bei kettenartiger Berührung der Excitatoren mit thieriſchen Organen Galvaniſche Erſcheinungen bemerkten, daſs meine Entdeckung über den Metallreiz ohne Kette Täuſchung war? Ein poſitiver, mit Bedacht angeordneter Verſuch beweiſet mehr, als zehn negative. Daran ſollte uns, mit jedem Athemzuge, eine nahrhafte Flüſſigkeit erinnern, die einen Beſtandtheil unſerer Atmoſphäre ausmacht, und deren Beſitz man neuerlichſt den Queckſilberkalchen ableugnen wollte! Dazu ſehen wir ja in unſern Experimenten ſelbſt den Grund, warum die poſitiven und negativen Fälle beide gleich wahr ſind, neben einander beſtehen können. Wir wiſſen, daſs in Fig. 9, wenn zwei Zinkplatten ſich auf einander, *N* ſich auf *M* bewegt, ein Stimulus hervorgelocket wird, ohne daſs das Ende *v* den Cruralnerven berührt; wir wiſſen, daſs

thierische Organe, welche nur in Fig. 8. *) Contractionen zeigen, dieselben auch in Fig. 9. erleiden, sobald ihre Erregbarkeit durch alkalische Auflösungen künstlich vermehrt wird. Da demnach alles auf die Stärke des Stimulus und der Erregbarkeit zugleich ankommt, so können negative Versuche nur dann apodiktisch entscheiden, wenn es möglich wäre, an eben so viel Thieren, als es denkbare Grade der Reizempfänglichkeit giebt, das Galvanische Experiment anzustellen. Johannes Aldini zu Bologna schien glücklich ein Mittel entdeckt zu haben, auf welchem die Zweifel des Ticinischen Physikers, durch unendlich sinnreich ausgedachte Instrumente, direct gehoben werden konnten. Er glaubte, seinem Arzte Galvani, **) der ihn eben aus einer schmerzhaften Krankheit errettet hatte, kein schöneres Denkmal seiner Dankbarkeit setzen zu können, als dadurch, dass er die, gegen denselben gerichtete Theorie von der metallischen Elektricität durch Versuche zu widerlegen suchte. Er sah die Schwierigkeit ein ***) „*ex solidis metallis aliqua reperiri, quae difficilis chemicus omni ex parte homogenea fateatur*„

*) So undeutsch auch diese Art sich auszudrücken ist, so wähle ich sie doch, weil ein Blick auf die Figur den ganzen Apparat und Versuch ins Gedächtniss zurückruft, und ich so ermüdenden Beschreibungen entgehe.

**) Aldini a. a. O. p. 4.

***) Im Hause dieses grossen Entdeckers wurden in den Jahren 1793. und 1794. öffentliche Versammlungen gehalten, in denen man über die thierische Elektricität und ihre Wirkungen disputirte.

und nahm daher zu einer metallischen Flüssigkeit, zum Quecksilber, seine Zuflucht. Die Vorrichtung zu Aldini's Versuchen ist am leichtesten auf seinen trefflichen Kupferplatten (Tab. 1. Fig. 1. 2. 3.) zu übersehen. Zwei flache Schalen von Glas stehen über einander, und sind durch eine senkrechte Röhre verbunden, welche gleichsam den Fuss der obern Schale ausmacht. Der Cruralnerv eines Frosches wird in diese, der Schenkelmuskel in das untere Gefäss getaucht. Indem nun Quecksilber durch die geöffnete Röhre aus dem obern in das untere herabfliesst, so erfolgen lebhafte Bewegungen. Das Quecksilber bildet hier gleichsam einen leitenden Bogen zwischen Nerv und Muskel. „*An forte* (wendet Aldini selbst ein) *dilabens mer-*
„*curius a vitreis, in quos offendit, parietibus electrici-*
„*tatem extricat, quemadmodum superior barometri pars*
„*vel levi facta oscillatione hydrargyri, splendida illico elec-*
„*trica luce corruscat? qui id metuat, vitreis adhibitis*
„*vasis, lignea sufficiat, agnoscetque statim se ea de re*
„*temere dubitasse.*„ Um in diesen Versuchen das Eintauchen des Rückenmarks in das Quecksilber zu erleichtern, und zwar so, dass die Medulla von allen Seiten in Contact mit der metallischen Flüssigkeit sey, ersann Herr Aldini einen Heber mit einer sehr engen und einer wohl sechsfach weitern Röhre. Die Ränder der letzteren waren nach innen umgekrempt (Fig. 15.) und bildeten gleichsam einen Trichter, dessen Bodenöffnung mit einem Stöpsel verschlossen wurde. Dieser Trichter empfing die Schenkel, der Siphoarm aber das Rückenmark des Thieres.

Das Queckſilber wurde durch dieſen eingegoſſen, und als es bei geöffnetem Trichter in dieſen ſtieg und die Schenkel berührte, erfolgten die convulſiviſchen Bewegungen. Daſs dieſelben keine Folge eines mechaniſchen Reizes ſind, nicht durch den Stoſs des Queckſilbers gegen den Nerv entſtehen, wird *) durch mannigfaltige Gegenverſuche erwieſen. Um endlich den homogenen Conductor in ſeiner ganzen Einfachheit darzuſtellen, läſst man die untern Extremitäten eines Froſches in einem Gefäſse mit Queckſilber ſchwimmen. Die Galvaniſchen Erſcheinungen ſtellen ſich ſogleich ein, als man die Medulla ſpinalis, welche ſammt den Iſchiadnerven an einem trocknen Faden in die Höhe gehalten werden, auf das flüſſige Metall leiſe herabſenkt. Eben dies glückt an den Nerven warmblütiger Thiere, **) an Hünern

*) a. a. O. p. 7.

**) "Cum experimenta haec Galvaniano, cujus "conſilium ſaepiſſime audiebam, obſervan- "da, ac perpendenda exhiberem, doluit ipſe "in ſolis ranis fuiſſe eadem inſtituta, horta- "tusque eſt, ut ad calidi ſanguinis animantia "traducerem. Amiciſſimae autem querelae "debuit ſtatim poenas luere. Nam cum ejus "generis experimentorum peritus profector "eſſet diligendus, ad Galvanium ipſum con- "fugi, illud nempe ratus, *animalem electricita- "tem ſui quodammodo parentis adſpectum veritam, ab "eodemque pertractatam* facilius proditurum. (!) "Itaque diſſectum aut pulli aut agni crus ma- "nu verticali poſitu ſuſtineo, ſic quidem ut "nudati muſculi cum hydrargyro communi- "cent, evehoque cruralem nervum, armatu- "ra nulla munitum, ut relictus ſibi mercurii "libellam attingat pro voluntate: id dum fit

und Schafen. Aus diesen Versuchen zog Herr Aldini den Schluss (*l. c. p.* 17.) „*nihil oportere dissi-*
„*milia in gignendis contractionibus metalla usurpare, unum*
„*satis esse; id argentum, atque praesertim aurum in ro-*
„*bustioribus animantibus praestare. Si quid*, setzt er hin-
„zu, *in solidis metallis heterogeneitatis suspicio supersit,*
„*avertitur facile, si fluido metallo, nempe chemicis artifi-*
„*ciis expurgato hydrargyro utaris.*„

Allen diesen schönen, so mannigfaltig abgeänderten Versuchen setzt Herr Volta entgegen, „dass
„sie nur den verführen können, der ihnen nicht auf
„den Grund geht, der nicht selbst Verstand und
„Hände ans Werk legt.„ Von dem Princip ausgehend, dass darum, weil viele Individuen nur von heterogenen Metallen gereizt werden, keines durch gleichartige Contractionen leiden könne, läugnet er die Thatsachen, welche Aldini aufstellt, versichert, dass alle Phänomene des Galvanismus sich auf das einzige Gesetz der Heterogeneität reduciren lassen, „und dass darüber nun nichts mehr zu
„sagen übrig wäre.„ Er wendet gegen die Versuche mit Quecksilber ein: 1) dass die Chemie einen grossen Unterschied zwischen der Oberfläche einer Quecksilbermasse und ihrem Innern finde, dass jene durch die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs einen Anfang der Calcination leide, und dass Aldini's Bogen daher (da die thierischen Organe ungleich eingetaucht wurden) nur scheinbar homogen war;

"tremores, contractionesque in crure uni-
"verso vehementes conspicio." Aldini *l. c. p.* 6.

2) dafs in Aldini's Verfuchen vom Queckfilber ein Stofs ausgeübt werde, und dafs, wenn diefer Stofs an beiden Enden des Bogens nicht gleich fey, fchon darin eine Urfach der Ungleichartigkeit liege, weil die Elektricität dadurch ungleich frei gemacht, der einen Metallmaffe ein Uebergewicht über die andere (als Antagoniften) ertheilt würde. *)

*) Hier des grofsen Mannes eigene Worte: "Ueber Aldi-"ni's Erfahrungen mit Queckfilber, auf die er fich be-"fonders viel zu gute thut, da er dies Metall im Zu-"ftand feiner Reinigkeit von aller Ungleichartigkeit frei "fpricht, mufs ich noch etwas hinzufetzen. Ich fage "nemlich, dafs der fchwierige Chemift, den Aldini "auffordert, zwifchen den Theilen eben diefes rectificir-"ten Queckfilbers mit allen Hülfsmitteln der Kunft einen "Unterfchied zu finden, ihn allerdings findet, und zwar "einen fehr grofsen, zwifchen den innern und den "oberflächlichen Theilen deffelben; die letztern erlei-"den an der Luft einen Anfang der Calcination, befon-"ders wenn fie gefchüttelt werden. Welch Wunder da-"her, dafs Muskularzufammenziehungen erfolgen, wenn "die Schenkel des präparirten Frofches blos die Ober-"fläche des Queckfilbers berühren, und ein Stück des "Rückgrades tiefer in der Maffe des Queckfilbers liegt, "wie es in den hier befchriebenen Verfuchen der Fall "ift; und wenn der erwähnte Unterfchied des Zuftandes "des Queckfilbers an beiden Stellen ftatt findet? Das "Queckfilber, welches Aldini als das ficherfte angiebt, "ift noch verdächtiger und unficherer, als zwei Stücke "Blei, die von einem Streifen genommen find. — Ich "mufs aber auch eine andere Exception gegen feine Ver-"fuche erheben, und hier noch eine nothwendige Rück-"ficht in Anfehung des Contacts anführen. Die Arma-"turen von einem und demfelben Metalle, die einander "fo viel als möglich ähnlich find, müffen auch auf einer-"lei Art angebracht werden, wenn wir in Anfehung der "Nerven und Muskeln, die ihre gröfste Empfänglichkeit "haben, ficher feyn wollen. Wenn diefes nun in den "Erfahrungen, die man mir entgegenfetzt, nicht beob-

Der Ticinische Physiker setzte also den Thatsachen des Herrn Aldini rationale Zweifel entgegen. Es würde nicht schwer seyn, auch diese mit neuen Muthmassungen zu beantworten; da es mir aber einfacher schien, Facta so lange durch Facta zu prüfen, als der Streit Gegenstände des äussern Sinnes betrifft, so sann ich alsbald auf Versuche, welche jene Zweifel heben könnten. Meine Vorrichtung war diese: Ich reinigte Quecksilber so viel, als es die Lehrbücher der praktischen Chemie angeben. Es hatte die Destillation, häufiges Durchpressen durch Leder, und Waschen mit Seifenwasser, Weinessig und Alkohol erlitten. Es hatte alle Kennzeichen, welche man von einem reinen, mit Blei, Zinn, Wismuth, Staub und Fett nicht vermengten Quecksilber angiebt. Es war vollkommen flüssig, liess sich in vollkommen runde Kügelchen zertheilen, ohne anzuhängen, oder Schmutz zurück zu lassen. Seine Oberfläche war spiegelhell, ohne Häut-

"achtet worden ist, wenn dabei keine solche Gleichheit, "auch in dieser Rücksicht gewesen ist, so kann ich immer "sagen, dass eines von den beiden Metallstücken durch die "solchergestalt verschiedene Art der Applicirung über das an-"dere das Uebergewicht gehabt habe, wenn sie auch von "einerlei Art und im übrigen gleich waren. Vor allen Din-"gen muss man jeden Stoss vermeiden, der keinen geringen "Einfluss haben und dem einen Metalle ein grösseres "Vermögen, das elektrische Fluidum in Bewegung zu "setzen, ertheilen kann, wodurch es seinem Antagonisten "überlegen wird. Aber eben dieser Stoss hat bei den, "in dem neuen Werke erwähnten Versuchen statt, wie "man aus den Figuren und der Beschreibung sehen "kann." Gren's Neues Journ. B. 2. H. 2. S. 159. (Note).

chen, oder eine Spur von farbigen Striemen. Kleine Quantitäten davon im Mörser mit Wasser gerieben, gaben dem Wasser keine Farbe. In Salpetersäure ohne merkliches Brausen aufgelöset, hinterliessen sie keinen schmutzigen Niederschlag. Ein grosser Theil dieses gereinigten Quecksilbers wurde in drei verschiedene porzellanene Schalen gegossen. Ich raisonnirte nemlich so: mit jeder Berührung der metallischen Oberfläche durch thierische Theile wird dieselbe nothwendig verunreinigt. Diese, auch noch so schwache, Verunreinigung könnte als eine Ursach der Heterogeneität angegeben werden, und in einer Schale konnte also nur ein Versuch, und zwar nur der erste, gültig seyn, um Herrn Volta's Zweifel zu heben.

Ich präparirte nun mehrere Froschschenkel dergestalt, dass der Cruralnerv und ein Bündel Wadenmuskel zu gleicher Länge herabhingen, wenn die Extremität in wagrechter Stellung lag. Eine Glasröhre *a b* (Fig. 16.) wurde über der Schale mit Quecksilber horizontal befestigt, und um dieselbe waren zwei seidene Fäden gewickelt, in denen der Schenkel *) schwebte, dergestalt, dass nach Willkühr der Nerv *m*, oder der Muskelbündel *n*, tiefer niedergesenkt werden konnte. Ich liess nun den ganzen Schenkel wagerecht, bis auf zwei Linien Entfernung, gegen die Schale herab, dann verlängerte ich blos den Faden *o*, so dass der Nerv die metallische Ober-

*) Es bedarf keiner Erinnerung, dass der Schenkel von Blut so gereinigt seyn muss, dass kein Tröpfchen desselben aufs Metall herabträufelt.

fläche berührte. Es entstand keine Zuckung. Kaum kam aber auch *n*, durch die Verlängerung von *p* in Contact, so war die ganze Extremität convulsivisch erschüttert. Dieser Versuch wurde behutsam in den andern zwei Schalen wiederholt, und mit gleichem Erfolge. Es war besonders auffallend, dass die Muskelbewegung heftiger war, wenn erst *n*, und dann *m*, als umgekehrt, das Quecksilber berührte. Die Berührung geschah aber zu beiden Seiten blos in der Oberfläche; kein thierischer Theil wurde eingetaucht, und das Herabsenken geschah so leise, dass jener Verdacht des Stosses, den Herrn Aldini's Versuche mit Siphonen und herablaufendem Quecksilber billig erregten, hiebei ganz wegfiel. Ja! was noch mehr für meine Behauptung entscheidet: ich legte einmal (bei einem sehr lebhaften Individuum) zwei homogene Stücke feuchtes Muskelfleisch in *r* und *s* auf das metallische Fluidum. Sie bildeten kleine Säulen von 1 — 1½ Linien Höhe. Indem nun der Schenkel sich ihnen so näherte, dass der Contact bei dem Nervanfing, so war der Stimulus zu schwach, und es erfolgte keine sichtbare Bewegung. Ward aber der, aus dem Waden herauspräparirte Muskelbündel zuerst gegen *s* herabgesenkt, und traf dann erst *m* die Säule in *r*, so ward der Schenkel kräftig erschüttert. Bedeckten hingegen in *r* und *s* zwei Streifen trocknes Papier das Quecksilber, so fehlten alle Galvanische Erscheinungen, *m* und *n* mochten noch so heftig zum Contact niedergelassen werden. Wenn die thierischen Organe in unmittelbare Berührung mit dem Quecksilber treten, so gehört gar

kein hoher Grad der Empfänglichkeit dazu, um Reizungen zu erregen. Diefs beweifen meine vielfältigen Erfahrungen darüber, und das Zeugnifs mehrerer Perfonen, welchen ich diefe Verfuche zeigte. Wenn ich den Contact der muskulöfen Fibern dadurch vermehrte, dafs ich entweder *n* an dem untern Ende fehr breit präparirte, oder gar (Fig. 17.) den Schenkel bei den Zehen anfafste und den Cruralnerv fammt einem Theil der Lende einfenkte, fo mifsglückte mir der Verfuch bisher auch nicht ein einziges mal, ja ich konnte ihn meift 15 bis 18 Minuten lang fortfetzen. — Ich bitte nun einen jeden unparteiifchen Richter, zwifchen Herrn Volta und mir zu entfcheiden. Ich ging mit Mifstrauen an diefe Verfuche, weil es mir gewagt fchien, einen folchen Experimentator zu widerlegen. Aber wo bleibt hier der Verdacht der Heterogeneität des Metalls, des ungleichen Einfenkens, des ungleichen Stofses der Theile? Der Verfuch glückt mir immer fchon beim erften Einfenken, glückte in allen Puncten. Erlauben nun wohl die Regeln, nach denen wir bei andern phyfikalifchen Erfcheinungen fchliefsen, jedes chemifch gereinigte Queckfilber in allen Puncten für ungleichartig zu halten?

Ich füge zu diefen einfachen, wie mich dünkt, ftringent beweifenden Experimenten mit homogenen Metallen andere hinzu, welche verwickelter und eben darum weniger entfcheidend find. Ohne jene würde ich diefe weggelaffen haben; nach jenen aber dienen fie dazu, um zu zeigen, wie fich alles

auf ein allgemeines Gefetz reduciren läfst. — Der Cruralnerv einer Maus, die fehr lebhaft war, erregte heftige Zuckungen, wenn er mit einer ifolirenden Pincette in die Höhe gehalten wurde, und dann fanft, etwa 3 Linien hoch, auf eine Zinkplatte herabfiel. *) Ich glaubte anfangs, die mechanifche Erfchütterung fey die Urfach davon. Ich belegte den Zink mit Glas oder Papier, ich warf den Nerv mit ziemlicher Kraft gegen Silber oder Blei, aber die Reizung erfolgte nicht. Eine ganz ähnliche Erfcheinung bot mir der Nervus ifchiadicus eines Frofches dar. Sie dauerte an 5 Minuten, und aus allen Gegenverfuchen war nur zu fchliefsen, dafs der Nerv in mehrern Puncten berührt werde, und dafs zwifchen diefen der homogene Zink gleichfam den Conductor machte, eben fo, als wie bei heterogenen Metallen fich zwei an einem Nerven angebrachte Armaturen berühren. Im Jahr 1794 hatte ich vor Pofen an einem kühlen, etwas feuchten Frühlingsmorgen, an dem alle Thiere fehr reizempfänglich zu feyn pflegen, eine Eidexe (Lacerta agilis) gefangen. Ich präparirte den Nervus radialis der vordern Extremität. Er lag auf Glas. Ich berührte nun den Muskel mit dem blofsen, trock-

*) Diefer Verfuch könnte den Zweifel erregen, ob nicht auf ähnliche Weife oben (Fig. 9.) durch die Erfchütterung von M eine Leitung von einem Theile des Nerven in den andern entftanden fey, wodurch der Begriff von Reizung ohne Kette entfernt würde. Aber ich erinnere, dafs die Urfach der Reizung dort nicht Erfchütterung war. Der Verfuch gelang in Fig. 10. nie, wenn N mit Knochen, Stein oder andern nicht excitirenden Stoffen verwechfelt ward.

nen Finger der rechten Hand, den Nerv aber mit einer silbernen Pincette, die ich in der linken hielt. *) Die Convulsionen waren heftig, besonders wenn der Contact mit dem Finger am Muskel zuerst geschah. Eben dieser Versuch glückte mir in diesem Jahre mehrmals an Fröschen, und es war gleichgültig, ob ich die Pincette mit Zink, Blei, oder einer Goldmünze verwechselte. Die Zuleitung ging dennoch (Fig. 18.) durch die thierischen Theile meiner Hand, vom rechten Arme in den linken, und von da, durch das Metall *r*, in den Nerv. Die Contractionen waren stark oder schwach, nach dem specifiken Unterschiede der Metalle, zum Beispiel bei Zink stärker, als bei Blei, oder Eisen. Bei einer stark legirten Silbermünze, die ich auf den Schenkel legte, und mit dem reinen Silber *r* berührte, bemerkte ich aber keine Verstärkung des Effects. Die homogene Armatur schien, bei diesem Grade der Erregbarkeit, wie die heterogene zu wirken.

Eben so bemerkte ich mehrmals Contractionen, wenn (Fig. 19.) ein Nerv *m*, dessen Reizempfänglichkeit durch alkalische Solutionen erhöht war, auf Zink *p* lag, und dieser *p* in irgend einem Puncte durch ein Stück frisches Muskelfleisch, oder einen getrennten Nerven *n*, mit dem Schenkel verbunden ward. Sie waren vollkommen so stark, als bei zwei Arma-

*) Einen ähnlichen Fall beobachtete Herr Gren in dem interessanten Aufsatze: Journ. der Physik B. 6. H. 3. S. 404. und Valli a. a. O. S. 176. Herr Pfaff hat daher unrecht, wenn er diese Erscheinungen leugnet, a. a. O. S. 338.

Armaturen von Zink und Silber, verſchwanden aber augenblicklich, wenn *p* mit einem Goldſtücke verwechſelt, oder ſtatt *p* (Fig. 20.) zwei ſehr verſchieden legirte, auf einander liegende Silbermünzen *q* und *r* (zum Beiſpiel Conventionsgeld und preuſsiſche Groſchen) als Nervenbelegung genommen wurden. Dieſer letztere Umſtand, welchen ich dreimal an verſchiedenen Individuen beobachtete, ſcheint ſehr für die ſpecifike Wirkung homogener Metalle zu zeugen. In Bern ſecirte ich einen Froſch, deſſen Erregbarkeit durch kein chemiſches Mittel verändert war. Ich theilte den präparirten Cruralnerv in zwei Stücke, legte den noch in dem Muskel inſerirten *a* auf Zink, und berührte dann dieſen und den Zink mit dem getrennten Nervenſtück *b*. Wo ich *b* an das Metall herausſchob, und war es auch nur (Fig. 22.) in der Entfernung einer achttheil Linie von *a*, erfolgten die Galvaniſchen Erſcheinungen. Ja, im Fall von (Fig. 19.) kann das leitende Stück ganz entbehrt werden. Die Convulſion entſteht ſchon, indem man den Schenkel mit einer trockenen Glasröhre (Fig. 21.) in der Gegend von *c* an den Zink heran ſchiebt. Dann bildet *p* eben ſo, als das Queckſilber in Fig. 16. einen Bogen zwiſchen Nerv und Muskel. Dann frage ich mit Aldini: „*quod ſi arcum in ſuis variis „partibus ſcrutatus heterogeneum ſuſpiceris, quid cauſae „eſt, cur perpetua dubitatione heterogeneos accuſes reli- „quos innumeros, quibus eadem excitari contractio pote- „rat?*„

Ich ſchlieſse dieſen Abſchnitt über homogene Leitung mit einem Verſuche, welcher ungemein auf-

fallend ist. Ich hatte zwei Frösche, deren Schenkel mit Zink und Silber nur schwache Contractionen äusserten. Ich benetzte ihre Cruralnerven theils mit oleum tartari per deliquium, theils mit übersaurer Kochsalzsäure. Sie zuckten zu meiner Verwunderung gar nicht, wenn die Muskelarmatur von Silber die Nervenarmatur von Gold berührte. Ich zerbrach nun eine Stange wohlgereinigten Zink, legte den Nerv auf die eine Hälfte *p*, und verband durch die andere Hälfte den Schenkel und dies *p*. Es entstanden lebhafte Convulsionen im Augenblick des Contacts. Dieselbe Erscheinung zeigten drei Schenkel mehrere Minuten lang. Darf man wohl annehmen, dass zwei Hälften einer Zinkstange heterogener als Gold und Silber sind?

Es giebt der Fälle so viele in der Physik und Chemie, wo Versuche gegen Versuche kämpfen, und wo der bedächtige, mit seinem Beifall nicht verschwenderische Zuschauer, doch unentschieden und missmuthig den Kampfplatz verläßt. Die Gleichartigkeit der excitirenden Stoffe gehörte bisher zu diesen streitigen Objecten. Möchte ich mir mit der Gewissheit schmeicheln dürfen, durch meine angeführten Beobachtungen auf reine Resultate geleitet zu haben. Ich sehe neuen Zweifeln auch über meine Experimente (selbst über das in F. 12. *a*) entgegen. Aber es scheint mir schon immer viel gewonnen zu seyn, die ältern entfernt zu haben. Mögen wir nur nie vergessen, dass wir innerhalb der Grenzen menschlicher Wahrnehmung bleiben müssen; mögen wir nie die ungerechte Forderung an uns selbst hegen, eine meta-

physische Einerleiheit der Qualität apodiktisch erweisen zu sollen.

Vierter Abschnitt.

Zustand erhöhter Erregbarkeit — Leitung durch homogene Excitatoren in fünf verschiedenen Fällen. — Zustand minderer Reizempfänglichkeit der Organe — Heterogene Armaturen, welche sich unmittelbar, oder durch excitirende Zwischenglieder berühren — Kette von homogenen Nerv- und Muskelarmaturen, zwischen denen ein heterogenes Metall liegt, dessen eine Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist — Hauchversuch — Erweis, dass thierische Stoffe aus der Entfernung wirken — Unsichtbare leitende Atmosphäre — Ihre Grenzen werden durch die Lebenskraft bestimmt.

1. Wenn heterogene Metalle, oder kohlenstoffhaltige Substanzen im Zustand der erhöhten Erregbarkeit, Galvanische Erscheinungen hervorbringen sollen, so ist es hinlänglich, dass in der langen Kette leitender Körper zwischen der sensiblen und irritablen Fiber irgendwo zwei ungleichartige Excitatoren vorkommen. Ich sage mit Bedacht: irgendwo; denn zahllose Experimente, oft selbst an wenig lebhaften Ratten, Vögeln, Fröschen und Eidexen haben mich belehrt, dass die Reizung erfolgt, die silberne Pincette *s* (Fig. 8.) mag den Zink unmittelbar berühren, oder es mag (Fig. 1.) zwischen dem Nerv und Muskelreizer noch eine feuchte, leitende Substanz *a* liegen. Ja, ich habe bei einigen Individuen die

Zuckungen, im letztern Fall, bisweilen nicht eher erfolgen sehen, als bis die Reizempfänglichkeit durch alkalische Solutionen erhöht war. Die Kette Fig. 1. war also bei natürlich hoher oder künstlich erhöhter Erregbarkeit constant positiv. *)

Ich erstaune, dass den Herren Volta, **) Fowler, ***) Valli †) und Schmuk ††) diese Beobachtungen entgingen; noch mehr darüber, dass Herr Pfaff den grossen Bologner Entdecker gar eines Irrthums öffentlich zeiht, weil dieser sah, was jenem entging.

„Meinen wiederholten Erfahrungen nach, „sagt Herr Pfaff ausdrücklich, †††) „kann ich Galvani's Behauptung, wie wenn eine Leitung von der „Muskelarmatur zur Nervenarmatur durch frische „thierische Theile Zuckungen zu erregen im Stande „wäre, als Irrthum erklären. Unmittelbare Berüh-

*) Dahin gehört die Beobachtung, welche Herr Galvani gleich in den ersten Tagen nach der bekannten Entdeckung am Gartengeländer anstellte. "Während dass "er mit einer Hand das präparirte Thier an dem Haken "so hielt, dass es mit den Füssen den Boden eines klei- "nen silbernen Beckens berührte, kam er mit der andern "Hand auf die Fläche, worauf die Füsse des Thieres lagen, "ohne darauf Acht zu geben; es entstanden heftige "Zuckungen, die sich erneuerten, so oft er dieselben "Bewegungen machte." Gren's Journ. B. 6. H. 3. S. 378.

**) Schriften über thierische Electricität S. 11.

***) *Experiments* a. a. O. S. 4.

†) a. a. O. S. 48.

††) Beiträge zur nähern Kenntniss der thierischen Elektricität. Manheim 1792. S. 43.

†††) a. a. O. S. 55. und 207.

„rung der Armaturen unter einander, oder Verbin-
„dung durch einen Excitator wird zur Erregung
„der Erscheinungen nothwendig erfordert. Verbin-
„dung derselben durch blosse Conductoren der thie-
„rischen Elektricität schliesst dieselbe aus.„ Diese Behauptung ist so grundlos, dass es mir einmal bei einem sehr lebhaften Frosche glückte, in Fig. 1. das Muskelfleisch *a* über $\frac{5}{4}$ Zoll hoch aufzuthürmen und doch Contractionen zu erregen, indem die Pincette diesen Haufen berührte. Eine Substanz kann daher ein wirksames Zwischenglied zwischen dem Nerv und Muskelreizer seyn, ohne für sich in die Classe der sogenannten Excitatoren zu gehören. Mangelhaft abgeänderte Versuche haben daher Herrn Pfaff zu einem unrichtigen Kriterium verführt, wenn er sagt: „es ist ein leichtes und sicheres Mittel,
„zu erfahren, ob ein Körper sich als Excitator für
„die thierische Elektricität verhalte, oder nicht, wenn
„man beobachtet, ob er bei der Anwendung einer
„wirksamen Muskulararmatur lebhafte Zuckungen als
„Verbindungsglied zwischen dieser und der Nerven-
„armatur erregen wird.„ Es ist mir nie geglückt, in Fig. 3, bei den erregbarsten Organen, mit nassem Tuche wirksam zu reizen; aber ich habe oft in Fig. 1. das *a* mit nassem Tuche, Zwirne und Leder vertauscht, ohne die Galvanischen Erscheinungen auszuschliessen! Nimmt man hingegen alle feuchte Stoffe, sammt den Metallen als Excitatoren an, so bedarf es keines Mittels, diese von den Leitern zu unterscheiden.

Die Contractionen erfolgen demnach im Zustande grosser Reizempfänglichkeit:

wenn heterogene Metalle Nerv und Muskel bewaffnen, und ſich unmittelbar, oder mittels eines feuchten leitenden Körpers berühren;

wenn homogene Metalle am Nerv und Muskel liegen, beide aber durch ein heterogenes Metall verbunden ſind; wenn (Fig. 23.) homogene Metalle *a* und *b* den Nerv und Muskel bewaffnen, beide aber mittels zweier feuchten Subſtanzen *c* und *d* mit einem heterogenen Metalle *e* verbunden ſind;

wenn in der Kette (Fig. 24.) zwiſchen Nerv und Muskel mehrere Metalle *a*, *c*, *e*, *g*, *k*, mit Stücken Muskelfleiſch *b*, *d*, *f*, *h*, abwechſeln und unter allen Metallen nur ein homogenes *e* iſt;

wenn in allen genannten Fällen Nerv und Muskel nur mittels einer feuchten leitenden Subſtanz mit der Armatur in Verbindung ſind.

Die Aufzählung dieſer fünf Hauptfälle, welche nach den Regeln der Combination noch mannigfaltig abgeändert werden könnten, gründet ſich auf eine Reihe ſorgfältig angeſtellter Verſuche. Ich hatte bei meinem erſten Aufenthalte zu Bern das Vergnügen, die meiſten derſelben dem ſcharfſinnigen Phyſiker, Herrn Tralles zu zeigen, und ihn von den Widerſprüchen zu überführen, welche zwiſchen dieſen Erfahrungen und der Theorie vom zerſtörten elektriſchen Gleichgewichte obwalten. Der dritte

Fall Fig. 23, wo das einzige heterogene Metall mit zwei gleichartigen thierischen Stoffen auf beiden Flächen belegt ist, war der genauesten Ausmittelung werth, da er nach der Voltaischen Hypothese schlechterdings keine Contractionen erregen sollte. Ich habe ihn aber mehrmals bei sehr lebhaften Individuen, im November des verflossenen Jahres, als positiv erfunden. Die Nervenarmatur *a* war Silber, eben so die Pincette *b*. Die Stücke *d* und *c* waren Hälften einer gewiss homogenen Froschleber. Die Zuckungen erfolgten, ohne dass das Zinkplättchen *e* weder mit *a*, noch *b* in Contact trat. Noch mehr! Ich wollte meinem Freunde, Herrn Freiesleben dieses Cardinalexperiment zeigen. Der Schenkel war lebhaft genug, um gereizt zu werden, als *b* das Gold *e* unmittelbar berührte, aber nicht als zwischen *e* und die Muskelarmatur noch der leitende Körper *d* trat. Ich vermehrte nun die Erregbarkeit des Organs, und benetzte den Nerv mit einigen Tropfen Oleum tartari per deliquium. In wenigen Secunden äusserte sich der Stimulus in sichtbaren Muskularbewegungen. Ich träufelte etwas Salzsäure auf die sensible Fiber, das Alkali wurde gebunden, die Erregbarkeit war herabgestimmt, und nun — nun traten die Galvanischen Erscheinungen nur unter der Bedingung ein, dass *b* und *e* sich ohne Zwischenmittel berührten!

So hängt im wandelbaren thierischen Stoffe alles von der Erregbarkeit der Fiber ab. Ein Stimulus zaubert gleichsam die mannigfaltigsten Erscheinungen hervor. Was uns heute erschüttert, lässt

uns morgen unerregt. Hüten wir uns daher, aus nicht erfolgter Reizung auf die Abwesenheit des Reizes zu schliessen. Dürfen wir glauben, dass der Alkor bei der Helle des Tages weniger Licht auf unsern Erdball sende, als im Dunkel der Nacht, weil unser Auge in dieser des Eindrucks empfänglicher, als in jener ist?

II. Wenn sich die belebten Organe im Zustande minderer, wenigstens nicht erhöhter Erregbarkeit befinden, so erfordern sie einen heftigen Reiz, um Muskularbewegungen zu zeigen. Alle vorgenannte Fälle, in denen blos thierische Stoffe, oder homogene Metalle, oder heterogene ohne Kette applicirt werden, schliessen dieselben aus. Die Galvanischen Erscheinungen erfolgen dann nur unter den zwei Hauptbedingungen, dass 1) heterogene Muskel- und Nervenarmaturen sich unmittelbar, oder durch excitirende Zwischenglieder berühren, und 2) dass homogene Muskel- und Nervenreizer mittels eines heterogenen Metalls verbunden sind, dessen eine Fläche nur mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist. Die erste Bedingung ist Fig. 8. dargestellt, und hier der einfachste und am früheſten beobachtete Fall. Herr Galvani steckte metallene Haken in die Spina dorsi der Thiere, und drückte sie entweder gegen metallene Flächen, oder verband den Haken mittels metallener Bogen mit den Extremitäten, die er reizen wollte. Herr Creve umwickelte den Nerv mit Stanniol und bewegte ihn nun dergestalt auf einer Silbermünze, dass

auch diefe den Nerven mit berührte. *) Herr Achard, **) der die mannigfaltigften Verfuche über den Galvanismus anftellte, welche leider! (fo wie die der Herren Sömmering, Blumenbach, Herz, Kielmeyer und Ash) dem Publicum noch nicht öffentlich mitgetheilt worden find, Herr Achard bediente fich dünner, filberner Pincetten und Metallplättchen von 4 — 6 Quadratzollen, welche auf Glas liegen. Sein Apparat ift auch zu den Voltaifchen Zungenverfuchen fehr bequem, und die Pincetten gewinnen dadurch, dafs man ihren einen Schenkel in eine breitgedrückte Kugel endigen läfst, um dem Muskel mehr Fläche darzubieten. Herr Volta zeigte mir Galvanifche Stangenzirkel von einer merkwürdigen Conftruction. Der eine Fufs war von Silber und feft, der andere beweglich, fo dafs er herausgenommen und Metallplättchen an feine Stelle eingefchroben werden konnten. Er bildete gleichfam einen Entlader, deffen eines Ende aus Silber, das andere willkürlich bald aus diefem, bald aus jenem Metalle beftand. Alle diefe Vorrichtungen unterfcheiden fich nur dadurch von ein-

*) Diefe Mitberührung ift wefentlich nothwendig, und die Crevifche Applicationsmethode daher unrichtig befchrieben in Gren's Journ. B. 7. S. 323.

**) Diefer genievolle, oft verkannte Phyfiker, welcher ein Priftleyfches Talent im Erfinnen von Experimenten befitzt, hat die reinften Metallkönige bereitet, mit welchen je galvanifirt worden ift. Von ihm find daher auch über relative Excitationskraft der Metalle die einzigen genauen Verfuche zu erwarten. Er hat der königlichen Akademie der Wiffenfchaften zu Berlin mehrere Abhandlungen über diefen wichtigen Gegenftand im Jahr 1793. vorgelegt.

ander, dafs Muskel- und Nervenarmatur in einigen feft mit einander verbunden find, in andern auf einander bewegt werden können. Sie reduciren fich indefs alle auf das durch Fig. 8. ausgedrückte Gefetz.

Die Muskularbewegungen erfolgen nicht minder, wenn *r*, *u*, *t* fich nicht unmittelbar berühren, fondern durch andere excitirende Stoffe, Gold, Blei und Eifen verbunden find. Wie es aber im Zuftande der erhöhten Reizbarkeit zur Erregung der Contractionen gar nicht erforderlich ift, dafs in der Kette zwifchen den irritablen und fenfiblen Organen zwei excitirende Subftanzen in unmittelbarer Berührung mit einander find, fo ift es bei minderer Reizempfänglichkeit nothwendig, dafs diefe Bedingung erfüllt werde. Ich habe mehrmals beobachtet, dafs, (Fig. 25.) wenn das Muskelfleifch *b* auf dem Zinke *a* lag, der Contact der filbernen Pincette *k* mit *b* keine Reizung hervorbrachte. Kaum legte ich auf *b* noch ein Metallplättchen *c* (fey es Silber, Gold, oder Blei) und berührte dies mittels *k*, fo waren alle Galvanifche Erfcheinungen hervorgerufen. Eben diefes bemerkte ich in dem zufammengefetztern Falle Fig. 26. Der Nerv war mit Zink *a*, der Muskel mit Silber *e* armirt. Auf *a* legte ich mit abwechfelnden Schichten Gold *a* und Muskelfleifch *b* und *d*, auf *e* eben fo das Metall *g* und die feuchten Theile *f* und *p*. Die filberne Pincette *k* verband nun *d* und *h*, — aber ohne Erfolg. Das Galvanifiren glückte nicht eher, als bis auf *d*, oder *h* (Fig. 27.) noch ein Metallplättchen *m* ruhte, und dies *m* mit *k* in Contact trat.

Die unmittelbare Berührung zweier Metalle muſs aber heterogene, nicht homogene, Metalle treffen. Ich habe zum Beiſpiel häufig Zuckungen erregt, wenn in Fig. 25. *a* und *e* von Gold, *k* aber von Silber war. Legte ich hingegen (Fig. 28.) dies Goldſtück *c* unter *b*, ſo daſs Gold auf Gold ruhte, ſo blieben die Contractionen aus. Man glaube nicht, daſs dieſes Ausbleiben dann davon herrühre, daſs bei ſolcher Application der Excitatoren *a* und *c* nicht erſchüttert werden, indem ſich die Kette *a*, *c*, *b*, *k*, *l* ſchlieſst. Zwar habe ich es durch mannigfaltige Verſuche beſtätigt gefunden, daſs bei ſehr matten Thieren, im Zuſtande der deprimirten Lebenskraft, Erſchütterung der Metalle allerdings wirkſam iſt. Dieſe Urſach tritt aber hier nicht ein. Denn die Reizung entſtand ſogleich, als ich ſtatt *c* eine Silbermünze auf *a* legte. Iſt aber, wie vorhin, *c* und *a* Gold, ſo ſind beide Metalle wegen des Contacts als ein einziger zu betrachten, und der Fall Fig. 28. reducirt ſich auf den Fig. 1., der nur bei hoher Reizempfänglichkeit poſitiv iſt.

In abwechſelnden Ketten von Excitatoren und bloſsen Leitern erfolgen demnach im Zuſtande minderer Erregbarkeit der Organe, die Contractionen, wenn eines der metalliſchen Zwiſchenglieder nur auf einer Fläche mit einem Leiter in Berührung iſt. Nach dieſem untrüglichen Geſetze iſt in verwickelten Fällen, wie Fig. 24. 26. 27. und 28. der Erfolg, das Gelingen und Nichtgelingen des Verſuchs, ſicher vorher zu beſtimmen.

Ueberaus merkwürdig ist der Umstand, dass wenn die Nerven- und Muskelarmatur sich mittels anderer Metalle berühren, die Stärke der Contractionen von dem Verhältnisse der Excitatoren abzuhängen scheint, welche den thierischen am nächsten sind. Armaturen von Gold und Silber wirken sehr schwach, Gold und Eisen hingegen bringen lebhafte Bewegungen hervor.

Ich hatte (Fig. 29.) den Nerv auf Gold *g* gelegt, welches mit Silber *s* in Contact war. Verband ich den Schenkelmuskel durch Eisen *e* mit *s*, so war die Reizung eben so heftig, als wenn *e* das Gold unmittelbar traf. An einem andern Schenkel war die Erregbarkeit so gering, dass selbst Gold und Eisen sehr schwach, Gold und Zink aber noch lebhaft stimulirten. Bei der Application (Fig. 30. und Fig. 31.) waren dieselben Metalle, Gold *g*, Zink *z* und Eisen *e* als Kettenglieder zwischen Muskel und Nerv, aber nur in Fig. 30. traten die Galvanischen Erscheinungen ein.

Ich war mit diesen Versuchen (welche ich zuerst bei meinem Aufenthalt in Jena gemeinschaftlich mit Herrn von Göthe und meinem ältern Bruder anstellte) lebhaft beschäftigt, als ein Zufall mich auf eine merkwürdige Entdeckung leitete. Ich hatte (Fig. 32.) einen wenig lebhaften Froschschenkel vor mir auf einer Glasplatte liegen. Er zeigte mit homogener Nerv- und Muskelarmatur von Gold keine Contraction. Sie blieb ebenfalls aus, als die Zinkplatte *z* zwischen *g* und *g* lag. Ich wollte den Contact von *z* und *g* vergrösern, *z* inniger andrücken,

und bog mich deshalb mit dem Gesichte und Munde über den Apparat hinüber. Indem ich diese Beugung meines Körpers vornahm, verband ich mit der linken Hand z und den Muskel mittels des goldenen Leiters g. Ich erstaunte, als ich den vorher so ungereizten Schenkel convulsivisch von der Armatur herabfliegen sah. — Ich vermuthete bald, dass diese plötzliche Wirkung vom Zinke herrühre, ich fiel darauf, dass die Nähe meines Mundes dem Zinke die excitirende Eigenschaft ertheilt habe. Ich verwechselte z mit einer neuen trocknen Platte, und in weniger als zehn Minuten war die wesentliche Bedingung dieser Erscheinung ergründet. Diese Bedingung ist nemlich die:

dass, noch im Zustande minderer Erregbarkeit der organischen Theile, Contractionen bei homogener Nerven- und Muskelarmatur entstehen, wenn dieselben durch andere Excitatoren verkettet sind, unter denen sich ein heterogener befindet, dessen eine Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist. *)

*) Ich beobachtete diese Erscheinung zuerst im Monat April 1795. Sie überraschte mich so sehr, dass ich dieselbe wenige Wochen nachher den Herren Hofräthen Sömmering, Blumenbach, Herz und dem Herrrn Geheimenrathe von Göthe, meldete. In allen bis dahin erschienenen Schriften über den Galvanismus fand ich keinen Versuch, der auch nur eine entfernte Aehnlichkeit mit meiner Entdeckung hatte; kaum aber fiel mir die zur Ostermesse erschienene treffliche Schrift des Herrn D. Pfaff in die Hände; so stiess ich darin auf Erfahrungen,

Die Excitationskraft dieſes einen Metalls verſchwindet aber ſogleich, als entweder dieſe Belegung auf der einen Fläche abgewiſcht oder als eine Belegung auf beiden Flächen applicirt wird!

Unter allen phyſikaliſchen Verſuchen, welche ich je die Freude hatte, in Gegenwart anderer Naturforſcher anzuſtellen, habe ich keinen gefunden,

welche den meinigen ſehr analog ſind. Von einer Belegung mit Hauch oder verdampfenden Flüſſigkeiten auf einer Fläche iſt zwar darin nirgends die Rede, der ſcharfſinnige Verfaſſer reducirt alle ſeine Beobachtungen auf den Begriff einer mittelbaren Nervenarmatur durch Schwammſtreifen: indeſs halte ich es doch für Pflicht (wie ich auch ſchon an einem andern Orte in Grens Neuem Journ. B. 2. H. 2. S. 227. gethan) um jedem Verdachte der Anmaſsung zu entgehen, folgende vier Stellen hier anzuführen. S. 17. "Der Zink zeigte ſich ſchon als Duplicator, wenn er "blos auf die Zinnarmatur gelegt und nur mit dem naſ-"ſen Finger berührt wurde, während der Silberexcita-" tor in der andern Hand die Muskel- und Zinnarmatur "berührte. S. 174. Da ſich keine Zuckungen zeigten, "wenn die Goldunterlage der Muskeln durch Zinn mit "der Goldarmatur des Nerven verbunden wurde, ent-"ſtanden dieſelben ſogleich lebhaft, wenn nun dieſes "Zinn mit der Goldunterlage der Muskeln durch ein "bloſses Schwammſtück in Verbindung geſetzt wurde. "S. 368. Wenn die Nervenarmatur von Zink mit der "Muskelarmatur von Zink durch Silber verbunden iſt, "und keine Zuckung hervorbringt, ſo entſtehen ſie "ſogleich lebhaft, wenn ein naſſes Schwammſtück auf "die Nervenarmatur und das andere Metall, das da-"mit in Verbindung ſteht (alſo auf Zink und Silber) "gelegt wird, und nun der, die Muskeln bewaffnende "Excitator von Zink, das, mit der Nervenarmatur "in Verbindung ſtehende Silber berührt. S. 369. Durch "den Beitritt der Feuchtigkeit wird der elektriſche Pro-"ceſs vermittelſt dieſer günſtig mit einander wirkenden "Armaturen ſogleich wieder rege."

der wegen ſeiner unendlichen Feinheit ſo in Erſtaunen ſetzt, als dieſe Belegung mit Hauche. Die Kette trockner Metalle, als Gold, Zink und Gold bringt keine Reizung hervor. Man behauche leiſe die eine untere, oder obere Fläche von *z*, man laſſe das gasförmige Waſſer, welches wir mit der kohlengeſäuerten Stickluft ausathmen, dieſe eine Fläche überziehen, ſo wird der Muskel convulſiviſch erſchüttert, gleich viel, ob der Muskelreizer die feuchte, oder trockne Seite von *z* berührt. Man wiſche den Hauch mit einem wollenen Tuche ab, ſo verſchwindet die Bewegung von neuem. Das Experiment ſieht einem Zauber ähnlich, indem man bald — Leben einhaucht, bald den belebenden Odem zurücknimmt! Man weiſs aus Erfahrung, daſs ein friſch getödteter Stier, trotz ſeines ungeheuern Gewichts, wenn er gehörig galvaniſirt wird, zur Bewegung des Aufſtehens ſtimulirt werden kann. Von einem bloſsen Hauche, von ein wenig Waſſerdampfe, hängt es daher ab, ob ein Paar hundert Pfund organiſcher Maſſe bewegt werden oder in Ruhe bleiben ſollen.

Der Verſuch Fig. 32. glückt ebenfalls, wenn die Muskel- und Nervenarmatur von Zink, das behauchte Zwiſchenglied aber von Gold iſt. Noch auffallender iſt die Wirkung in einem zuſammengeſetztern Falle. Ein matter Froſchnerv war, wie gewöhnlich, (Fig. 33.) mit Zink *z* armirt. Lag die Glasplatte *a* auf *z*, und wurde dieſe durch Muskelfleiſch *m* mit der Muskelbelegung von Silber *s* berührt, ſo war die Contraction augenblicklich da. Der Fall war dem Fig. 28. analog. Legte ich aber das Muskelfleiſch *m* zwiſchen

Zink und Gold, und berührte *a* unmittelbar mit *s*, wie in Fig. 25., so blieben alle Galvanische Erscheinungen augenblicklich aus. Die Circulation des reizenden Fluidums schien durch *m* gehindert zu seyn, und die geringe Erregbarkeit des Thieres erforderte, statt *m*, einen bessern metallischen Leiter. Ich liess indess die Kette in ihrer vorigen Folge *z*, *m*, *a*, und legte auf *a* die Zinkplatte *z*. Diese, mit der Muskelbelegung berührt, befand sich wieder im Contacte mit zwei Metallen. Der Schenkel blieb in Ruhe. Nun wurde der obere Zink, auf der obern Fläche, leise behaucht, und mit dem Hauche trat die Muskularbewegung augenblicklich ein. Der Hauch wurde abgewischt, und die vorige Ruhe trat wieder ein; *m* ist in dieser Kette also nur so lange hinderlich, bis eine Zinkplatte dazwischen tritt, deren eine Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist. Auch werden die Galvanischen Erscheinungen nicht unterbrochen, wenn auf dem behauchten Zinke (Fig. 34.) noch einmal Metall *r*, und darauf Muskelfleisch *n* liegt.

Durch eine Reihe von Versuchen dieser Art, mit deren Erzählung ich diese einförmige Schrift nicht noch langweiliger machen will, habe ich gefunden, dass zwar jede Flüssigkeit, jeder feuchte Körper im Contacte mit einer Metallfläche den Stimulus hervorlockt, dass aber der Stimulus selbst um so heftiger wirkt; je leichter und schneller das angewandte Fluidum verdampft. Diese Erscheinung, dieser schnelle Uebergang aus dem tropfbar flüssigen Zustande in den gasförmigen, ist unendlich wichtig für die Theorie

des

des Galvanismus. Ich werde das Factum daher hier ſo genau als möglich entwickeln. Man bringe mittels einer metallenen Spitze zwei ſehr convex ſtehende Waſſertropfen auf den Zink Fig. 35, ſo werden die Contractionen erfolgen, und ausbleiben, je nachdem die Muskelarmatur den Tropfen *a* ſelbſt, oder den trocknen Zwiſchenraum *b* berührt. Eben dies erfolgt, wenn man Blut, Milch, Weingeiſt, Oleum tartari, Salpeterſäure, ſtatt des Waſſers, auftröpfelt. Doch habe ich bei ſehr matten Thieren (und nur dieſe entſcheiden hier) beobachtet, daſs die Belegung mit Hauch heftigere Zuckungen erregt, als alle genannte Flüſſigkeiten, daſs Milch ſchwächer wirkt als Blut, Blut ſtärker als Waſſer. Der letztere Umſtand lieſs mich auf einige Augenblicke vermuthen, daſs die thieriſchen Stoffe, als ſolche, einen Vorzug vor den unbelebten hätten. Gegenverſuche lehrten mich aber bald, daſs dieſer Vorzug nur auf ihrer Fähigkeit zu dampfen, gasförmige Flüſſigkeiten bei jeder äuſſern Temperatur auszudünſten beruhet. Ich träufelte Waſſer und ſchwefelgeſäuerten Alkohol in zwei abgeſonderten Tropfen neben einander auf Zink und bemerkte bei mehreren ſehr unreizbaren Thieren (Fröſchen, zwei Eidexen und einem Waſſermolch, Lacerta lacuſtris), daſs bei Berührung der Naphta Vitrioli ſtärkere Muskularbewegungen, als bei Berührung des Waſſers erfolgten. Ich ging auf dieſem Wege noch weiter. Ich tröpfelte ſiedendheiſses Waſſer und kaltes, (bis auf 0 Grad Reaum. erkältetes) auf Zink und das Uebergewicht des erſtern war eben ſo bemerkbar. Am lebhafteſten er-

folgte die Reizung, wenn ich *z* allein, nicht *g* am Feuer erhitzte, und nun Waſſer, beſonders aber Vitrioläther darauf groſs. Wurde das heiſse Metall behaucht, ſo war die Contraction im erſten Augenblicke ſehr heftig, nach einigen Secunden aber, da die Wärme die Feuchtigkeit von ſelbſt verjagte, blieb ſie aus, ohne daſs der Zink des Abwiſchens bedurfte.

Wenn ich ſtatt des Hauches oder der tropfbaren Flüſſigkeiten (Fig. 36.) 3 bis 4 Kubiklinien friſches Muskelfleiſch *m* auf *z* legte, ſo bemerkte ich die Zuckungen, nicht blos bei der unmittelbaren Berührung von *m*, ſondern auch indem ich mit dem goldenen Leiter *g* ein $\frac{5}{4}$ Pariſer Linien von *m* entfernt blieb. Ich fiel natürlich auf den Gedanken, daſs das Muskelfleiſch rund um ſich her, und alſo auch bis *x* Lymphe verbreite, und *g* von *m* entfernt, doch eine feuchte Stelle treffe. Ich nahm daher (es war in den erſten Tagen des Decembers 1795.) eine neue Zinkplatte, trocknete ſie erwärmt ab, und legte das Muskelfleiſch darauf. Der Muskelleiter *g* ſtand ſchon mit dem einen Ende auf dem Schenkel aufgeſetzt, mit dem andern war ich im Begriff *m* zu berühren — die Contraction erfolgte aber, indem ich noch an $\frac{3}{4}$ Linien davon entfernt blieb. *) Ich erſtaunte über eine ſo unerwartete Erſcheinung. Ich glaubte aus Unvorſicht, ohne es zu wiſſen, eine Muskelfaſer von *m* berührt zu haben. Ich wiederholte den Ver-

*) Die Figur 36. drückt auch dieſen Fall aus, daſs aber von den drei gezeichneten Bogen, nie zwei zugleich gebraucht wurden, bedarf wohl keiner Erinnerung, ſo wenig als in Fig. 8. 29. und 35.

ſuch, blieb über eine volle Pariſer Linie von *m* entfernt, aber die Convulſionen des Thieres waren lebhaft, wenn nur das eine Ende von *g* den Froſchſchenkel unmittelbar berührte. Ich hatte damals die Entdeckung ſchon gemacht, Reizung bei homogenen Metallen ohne kettenförmige Verbindung der Excitatoren Fig. 9, hervorzubringen. Ich glaubte, die vorliegende Erſcheinung möchte ſich auf jene, und zwar auf den bis dahin für negativ angenommenen Fall Fig. 12. *b* reduciren laſſen. Ich berührte daher (Fig. 36.) bloſs den Froſchſchenkel mit der Muskelarmatur *g*, ohne dieſelbe, mit dem andern Ende *v*, dem auf *z* liegenden feuchten Leiter auch nur auf einen Zoll weit zu nähern. Aber bei dieſer Application der Excitatoren blieb jegliche Contraction aus. Dieſes Ausbleiben lehrte mich, daſs aus *m* oder *v* etwas gasförmiges ausſtrömen müſste, welches gleichſam zum Zwiſchengliede zwiſchen *v* und *m* diente und die Kette herſtellte. Ich lieſs, um dieſs zu ergründen, durch eine dritte Perſon, eine dünne Glasſcheibe dergeſtalt zwiſchen das Muskelſtück und Metall halten, daſs ſie keines von beiden berührte. Der Strohm ſchien augenblicklich gehemmt, denn nun war das Galvaniſiren unwirkſam. Es glückte aber mit Hinwegnahme der Glasplatte wieder. Während dieſer Experimente, welche ich mit aller Sorgfalt anſtellte, deren ich fähig bin, vergingen wohl 10 bis 12 Minuten. Ich bemerkte, daſs ich mich, je länger ich die Beobachtung wiederholte, je häufigere Contractionen ich erregte, deſto mehr mit dem metalliſchen Ende *v* dem Muskelſtücke *m* nähern muſste. In

der Entfernung von $\frac{5}{4}$ oder einer Pariſer Linie war nun kein Stimulus mehr vorhanden. Bei $\frac{1}{2}$ Linie und noch geringerem Abſtande wirkte derſelbe heftig.

Alle dieſe Erſcheinungen ſind den Erfahrungen anderer Phyſiker ſo heterogen, zeigen eine ſo neue, unerwartete Eigenſchaft der thieriſchen Materie, daſs ich es für Pflicht halte, ſie näher zu entwickeln. Keine Materie wirkt da, wo ſie nicht iſt. Das Muskelfleiſch bildet alſo gleichſam eine Atmoſphäre, einen leitenden Wirkungskreis um ſich. Sollte die organiſirte Materie, dachte ich, Lymphe in gasartigem Zuſtande aushauchen, gleichſam ein Gewölk, einen Dunſt von Lymphe um ſich bilden? Ich kehrte zum ſiedendheiſsen Waſſer, zum Aether auf erhitzten Zinkplatten zurück. Ich raiſonnirte ſo: iſt ausſtrömender Dampf die Urſach der Leitung, nimmt bei der thieriſchen Materie dieſer Ausdünſtungsproceſs vielleicht mit der ſchwindenden Lebenskraft ab, ſo wird eine Linie weit über dem Aether, über dem ſiedenden Waſſer der Metallbogen, wie über dem Muskelfleiſch, reizend wirken. Mein Raiſonnement gehörte zu den Anticipationibus mentis, welche ſeit des weiſen Baco Zeiten eben nicht in gutem Rufe ſtehen. Der Gegenverſuch miſslang, und die Muskularbewegung erſchien nie anders, als wenn *v* die tropfbarflüſſige Fläche des Waſſers, oder Aethers (oder das mit Blut benetzte Tuch) unmittelbar berührte. Ich kehrte alſo zu den thieriſchen Stoffen ſelbſt zurück. Das vorige Muskelſtück *m* war noch ſo wirkſam, daſs der Verſuch auf $\frac{1}{2}$ Linie weit

glückte. Um zu untersuchen, ob die Reizempfänglichkeit des Thieres selbst Einfluss auf das Gelingen oder Nichtgelingen habe, setzte ich den Apparat wie Fig. 36. zusammen, legte aber einen frischern Froschnerven auf den Zink. Die Contractionen wurden an sich zwar heftiger, aber der Wirkungskreis von *m* war nicht erweitert. Der Muskelleiter *g* musste sich wenigstens noch auf eine halbe Linie nahen. Nach 6 bis 8 Minuten war endlich jeder Abstand noch zu gross. Die Atmosphäre von *m* schien ganz verschwunden, und die Galvanischen Erscheinungen stellten sich nur bei der unmittelbaren Berührung von *m* selbst ein.

Ich trennte nun von eben dem Froschschenkel, welcher *m* hergegeben hatte, neue Stücke Muskelfleisch. Sie wurden auf *z* gelegt, aber alle ohne Erfolg, ohne Wirkung in die Ferne. Erstaunt über dieses Misslingen, suchte ich die Ursach davon in der Frischheit der Theile. Ich secirte daher sogleich einen neuen sehr lebhaften Wasserfrosch, versuchte fast jeden Theil seines Muskelfleisches — aber immer vergebens. Eben so ging es in den folgenden drei oder vier Tagen. Hätte ich die oben erzählten Versuche nicht mit so vieler Sorgfalt angestellt, nicht so lange Zeit fortgesetzt, so wäre ich fast geneigt gewesen, den Verdacht der Täuschung gegen mich selbst zu erregen. Mehrere Wochen nachher, am Ende des Jenners 1796. ward ich aber, beim Experimentiren, aufs angenehmste überrascht, und von der Richtigkeit meiner Beobachtungen überführt. Der Nervus cruralis eines ziemlich lebhaften, aus

dem Winterſchlaf durch Stubenwärme erweckten Froſches lag auf Zink und auf dieſem ein Stück friſches Muskelfleiſch *n* von eben dem Individuum (Fig. 37.). Ich wollte den Verſuch (Fig. 1.), in welchem Muskel- und Nervenarmatur durch einen thieriſchen Leiter verbunden ſind, wiederholen. Die Contractionen entſtanden aber ſchon, als der Excitator von Silber *a* mit dem einen Schenkel auf $\frac{5}{4}$ Linien von *n* entfernt blieb. Das obige Experiment mit der Glastafel wurde wiederholt. Sie hinderte das Durchſtröhmen vollkommen. Ja! es war herrlich zu ſehen, wie man mit jeder Minute *a* dem feuchten Leiter näher bringen muſste, um einen Stimulus hervorzulocken. Man denke ſich um den Bündel Muskelfaſern *n* in einer Entfernung von $\frac{5}{4}$ Linie, einen punktirten Ring *p q*, ſo drückt derſelbe gleichſam die Grenze des Wirkungskreiſes aus, welchen die thieriſche Materie um ſich verbreitet. Dieſe leitende Atmoſphäre nimmt aber, wie die Erfahrung gelehrt, allmählig ab, wird bald auf *rs*, und noch näher eingeſchränkt. Ich applicirte dieſs *n* (wie *m* in Fig. 36.) als Glied zwiſchen Gold, Zink und Gold, und die Wirkung blieb dieſelbe. Ich verſuchte andere Muskelſtücke deſſelben Schenkels — aber unter vielen war nur eines, welches aus der Entfernung reizte. Zwiſchen dieſem und dem unwirkſamen konnte ich keinen äuſſern Unterſchied bemerken. Aus dieſen mannigfaltigen Thatſachen folgt demnach das eben ſo neue, als auffallende Reſultat:

daſs friſche thieriſche Stoffe, nicht vegetabiliſche, ſich bisweilen in einem

Zuſtande befinden, in dem ſie unſichtbar eine leitende Atmoſphäre um ſich verbreiten, welche in ihrer Bewegung in eben dem Maaſse allmählig abnimmt, als die Zeit, ſeit der die Trennung des Stoffes von der ganzen Maſchine geſchah, zunimmt.

Da nichts ſo ſehr für die Beſtimmtheit einer Beobachtung ſpricht, als wenn mehrere übereinſtimmende Erfahrungen ſich auf dieſelbe reduciren laſſen, ſo merke ich hier nur vorläufig an, daſs es mir noch in zwei andern Fällen geglückt iſt, Wirkungskreiſe von Muskeln und Nerven zu beobachten, und alſo etwas ſinnlich darzuſtellen, deſſen Daſeyn groſse Phyſiologen, zum Beiſpiel Herr Reil, aus theoretiſchen Gründen nur ahnden durften. Doch davon in einem folgenden Abſchnitte; ich kehre zu meinem Vorhaben, hier nur einfache Facta aufzuſtellen, zurück.

Statt der Belegung mit Hauch Fig. 32., oder mit Muskelfleiſch Fig. 36. kann auch die menſchliche Hand ſelbſt dienen. Man lege den feuchten Finger der Linken auf *z*, und berühre durch eine Silbermünze *s*, in der Rechten, den Schenkelmuskel, deſſen Cruralnerv mit Silber armirt iſt, (Fig. 38.), ſo erfolgen lebhafte Contractionen. Dieſelben erſcheinen ebenfalls, wenn die rechte Hand eine ſilberne Pincette *s* hält, und durch die beiden Schenkel derſelben den Froſchmuskel und die Nervenarmatur *r* (Fig. 39.) verbindet. Alsdann iſt eine zwiefache Verkettung der Theile, eine vom Nerven, durch *r*, *z*

den linken Arm und den rechten in *s*, und die andere vom Nerven durch *r* unmittelbar in *s*. Die erſtere ſcheint aber die allein wirkſame zu ſeyn, denn die Reizung hört auf, ſobald die linke Hand den Zink nicht mehr berührt.

Wenn gleichartige Muskel- und Nervenarmaturen (Fig. 32.) nur unter der Bedingung wirken, daſs das ungleichartige mittlere Glied der Kette auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüſſigkeit belegt iſt, ſo miſsglückt daher jedes Galvaniſiren, ſobald *z* auf beiden Flächen eine ſolche Belegung hat. Der Fall Fig. 23. iſt daher, wenn *a* und *b* beide Silber, *e* Zink, *c* und *d* aber Muskelfleiſch ausdrücken, bei minder reizbaren Thieren, conſtant negativ. Eben dies wird der Apparat Fig. 35, 36, 38 und 39, wenn zwiſchen *z* und *g*, *z* und *s*, und *z* und *r* noch ein verdampfender leitender Körper liegt. Alle Verſuche hierüber zeigen eine wunderſame Uebereinſtimmung. Folgende Erfahrung aber, die ich mehrmals machte, zeigt dies Phänomen in ſeiner ganzen Vollſtändigkeit. Die Kette Fig. 40. Nerv, Gold, Muskelfleiſch, Zink und Gold war poſitiv. Ich legte noch einmal Muskelfleiſch *m* auf den Zink Fig. 41, und die Contraction blieb aus. *M* wurde (Fig. 42.) mit Zink *r* bedeckt, und der Fall war wieder poſitiv. Er zeigte ſich negativ, als auf *r* noch einmal ein Stück Muskelfleiſch *n* (Fig. 43.) lag, und wieder poſitiv, (Fig. 44.) als eine Eiſenplatte *f* dieſs *n* bedeckte. Die ausdünſtende Flüſſigkeit muſs alſo ſchlechterdings nur eine Fläche des heterogenen Zwiſchenmetalls (*z* in Fig. 35.) belegen, und wir

haben hier, um mich eines Ausdrucks meines ſcharfſinnigen Freundes, des Herrn Abilgaard zu bedienen, „gleichſam ein Galvaniſches Dampf-„elektrophor, deſſen Wirkungen zu den wun-„derſamſten Erſcheinungen der neuern Phyſik ge-„hören.„

Fünfter Abſchnitt.

Mittel, die zuſammengeſetzten Bedingungen Galvaniſcher Erſcheinungen unter einen Geſichtspunkt zu ſtellen — Zeichen — Formeln für poſitive und negative Fälle — Vorſicht bei den Reſultaten nicht gelingender Verſuche.

Ich bin bemüht geweſen in den vorliegenden vier Abſchnitten die Bedingungen zu entwickeln, unter denen Galvaniſche Erſcheinungen erfolgen, oder ausbleiben. Statt nach dem Beiſpiele anderer Phyſiker die Thatſachen mit den Vermuthungen über ihre Urſachen gleichzeitig vorzutragen, habe ich jene von dieſen abgeſondert. Zwar iſt der Vortrag des Ganzen dadurch einförmiger geworden, zwar ſind einzelne Facta dadurch weniger hervorſtechend geblieben, dem ernſthaften Unterſucher aber wird dieſe Methode doch vorzüglich ſcheinen, da ſie reine Erfahrungen an einander reiht. Welch ein Abſtand in der Einfachheit der Bedingungen aber, von dem Falle (p. 32.) an, wo der bloſſe Lendenmuskel den noch organiſch inſerirten Iſchiadnerven berührt, bis zu dem complicirten Hauchverſuche (p. 77.).

Weder das aufmerkſamſte Leſen jener vier Abſchnitte, noch die Betrachtung der Figuren machen es möglich, jene Fülle von Thatſachen mit einem Blicke zu umfaſſen. Es ſchien mir daher wichtig, eine Methode zu erfinden, welche dieſem Mangel abhülfe. Die Bequemlichkeit, welche die Mathematik darbietet, durch analytiſche Zeichen, viele Sätze in wenig Zeilen darzuſtellen, reizte mich zu dem Verſuche, die Abänderungen des Galvaniſchen Apparats, bei dem faſt alles auf die kettenförmige Aneinanderreihung der Stoffe beruht, durch eine ähnliche Zeichenſprache auszudrücken. In meinem erſten phyſiologiſchen Briefe an Herrn Blumenbach *) habe ich bereits einige Formeln der Art bekannt gemacht. Der Beifall, den man dieſem Verſuche geſchenkt hat und meine eigene Ueberzeugung von dem Nutzen einer ſolchen Ueberſicht von Thatſachen, veranlaſſen mich dieſen Gegenſtand hier weiter zu bearbeiten.

Ich unterſcheide zwei Klaſſen von Stoffen, welche bei den Galvaniſchen Erſcheinungen wirkſam ſind. Zu der erſten rechne ich alle Metalle, Kohlen und kohlenſtoffhaltige Materien, zu der zweiten alle feuchte thieriſche und vegetabiliſche Theile, Muskelfleiſch, Waſſer, naſſes Tuch u. ſ. f. Stoffe der erſten Art nennt man faſt allgemein Excitatoren, Stoffe der zweiten Art Conductoren des Galvaniſchen oder elektriſchen Fluidums. Dieſe Benennungen gründen ſich auf die theoretiſche Vorausſetzung, daſs ohne Metall und Kohle, zum Beiſpiel,

*) Gren's Neues Journ. der Phyſik. B. II. S. 125.

keine Muskularcontraction erfolgen könne, und dafs Körper der zweiten Klaſſe nur dazu dienen, die kettenförmige Verbindung der Excitatoren nicht zu unterbrechen. Dieſe Vorausſetzung iſt grundfalſch, weil ſie tauſenden von Erfahrungen, die ich angeſtellt habe, widerſpricht. Im Zuſtande der erhöhten Reizempfänglichkeit erfolgen Galvaniſche Erſcheinungen bei Anbringung bloſſer ſogenannter Conductoren, wie in Fig. 2. 3. 5. und ſelbſt im gewöhnlichen Zuſtande der mindern Erregbarkeit wirken, wie im Hauchverſuche Fig. 35. Waſſer und feuchte leitende Subſtanzen, als wahre Excitatoren. Wir wollen daher in den Formeln jene gewagten, hypothetiſchen Benennungen aufgeben, und die zwei Klaſſen von Stoffen blos nach ihren individuellen chemiſchen Charakteren von einander unterſcheiden. Metalliſche und kohlenſtoffhaltige Subſtanzen haben unter den feſten Körpern ein ausgezeichnetes Vermögen das Sauerſtoffgas zu zerſetzen, oder phlogiſtiſche Proceſſe zu erregen. Ich bezeichne ſie daher mit dem Buchſtaben *P*, und zwar ſo, dafs homogene Metalle, wie zwei Goldſtäbe, durch *P P*; heterogene aber, wie Zink und Gold, durch *P p* ausgedrückt werden.

Ich nehme den gewöhnlichen Galvaniſchen Apparat Fig. 8., in welchem eine Muskelarmatur von Silber die Nervenarmatur von Zink berührt, zum Muſter. Der Ausdruck *P p P* bedeutet, dafs ein heterogenes Metall zwiſchen zwei homogenen liegt, oder dafs Kohle mit zwei homogenen Metallen in Berührung ſteht. Der Ausdruck *P p P P* zeigt

an, dafs vier Metallftäbe (von Gold und Blei z. B.) mit abwechfelnden Gliedern eine Kette bilden, wie in Fig. 45. Der Verfuch Fig. 8, wird fich daher auf folgende Formeln reduciren.

$$\underbrace{\text{Nerv } P \; p}$$

Die Körper der zweiten Klaffe, welche im Zuftande minderer Reizbarkeit meift nur als leitende Subftanzen zu wirken fcheinen, haben die gemeinfame Eigenfchaft der Feuchtigkeit. Ich bezeichne fie daher durch *H* und *h* oder Corpora humida. Der Fall Fig. 1. drückt fich daher alfo aus:

$$\underbrace{\text{Nerv } P \; H \; p}$$

Die Formel:

$$\text{Nerv } P \; p$$

in der das Verbindungszeichen fehlt, zeigt an, dafs ein Nerv mit zwei heterogenen Metallen (oder kohlenftoffhaltigen Subftanzen) zwar in Berührung fey, ohne aber eine Kette zu bilden. Es ift der mir glückende Verfuch Fig. 9., welchen man bisher apodiktifch für negativ erklärte. Das Verbindungszeichen dient auch dazu, um die Fälle zu bezeichnen, wo die Kette zweimal gefchloffen ift, und es auf die Uebermacht der Metalle ankommt, ob eine fchon gefchloffene Kette durch ein zweites Schlufsglied neue Contractionen erweckt. Wenn in Fig. 46. zwifchen den beiden Armaturen von Zink und Silber *v* und *s* abwechfelnde Glieder von Muskelfleifch *m*, *n* und Metallen *k*, *l* vorkommen, von denen eines *l* auch mit dem Nerven in Berührung fteht, fo wird, wenn *l* und *s* homogen find, nur das früher

applicirte, Galvanische Erscheinungen hervorbringen. Die Fig. 46. heisst demnach:

Nerv *P H p H P p.*

Nach dieser Bezeichnungsmethode wird es ausführbar, alle Bedingungen des Galvanismus, so weit ich sie entdeckt habe, in wenige Zeilen zusammen zu drängen, und gewissermassen auf construirbare Begriffe zu reduciren. Ohne diese Formeln vor Augen zu haben, ist es unmöglich irgend etwas richtiges über die Ursach dieser Erscheinungen aufzufinden. Was hilft es, dieselbe bald in den Metallen und ihrer Oxydation, bald im aufgehobenen Gleichgewichte der Elektricität bei kettenförmiger Verbindung der Stoffe zu suchen, wenn dieselben Muskelbewegungen ohne Metalle und ohne kettenförmige Verbindung eintreten!

Im Zustande der erhöhten Reizempfänglichkeit finde ich Galvanische Erscheinungen:

1) indem der Lendenmuskel eines Thieres gegen den, mit ihm organisch verbundenen Ischiadnerven zurück gebogen wird, der einfachste Fall, den ich entdeckte. S. 32.

Organisch verbundener Nerv und Muskel.

2) indem der Cruralnerv und sein Schenkelmuskel, mittels feuchter Theile, verbunden werden Fig. 2. 3. 4. und S. 35 — 37.

Organisch verbundener Nerv und Muskel *H.*

3) indem feuchte Theile eine Leitung von einem Theile des Nerven zum andern machen. Fig. 5. und S. 38.

Nerv *H h*

4) indem zwei homogene Metalle ſich berühren, von denen eines eine Nervenarmatur iſt; der Fall ohne Kette. Fig. 9. und S. 43.

Nerv *P P*

5) indem ein homogenes Metall Nerv und Muskel verbindet. Fig. 16. und S. 60.

Organiſch verbundener Nerv und Muskel *P*

6) indem zwei Puncte eines Nerven durch ein homogenes Metall verbunden werden *) S. 63.

Nerv *P*

7) indem ein feuchter Theil die homogene Nervenarmatur mit dem Nerven an einem zweiten Puncte verbindet. Fig. 22. und S. 65.

Nerv *P H*

*) Ich hole hier noch einen wichtigen Verſuch meines ältern Bruders nach, der dieſen Fall in ein helleres Licht ſetzt. Ein Waſſerfroſch war ausgeweidet und mit den Extremitäten auf ein Secirbrett geheftet. Das Geflechte von Nerven, welches aus dem Rückmarke nach dem Arme geht, und der Iſchiadnerv waren entblößt. Mein Bruder galvaniſirte das Thier mittels Zink und Silber, die Contractionen waren heftig. Die Zinkarmatur wurde vom Iſchiadnerven weggenommen und der Arm zuckte, wenn das bloſſe Silber den Armnerven leiſe berührte. Holz, Knochen und andere nicht metalliſche Subſtanzen brachten dagegen keine Contraction hervor.

8) indem heterogene Metalle Nerv und Muskel bewaffnen, und ſich unmittelbar, oder mittels eines feuchten leitenden Körpers berühren. Fig. 8. und Fig. 1. S. 67.

Nerv *P p*,

Nerv *P H p*;

9) indem homogene Metalle am Nerv anliegen, beide aber durch ein heterogenes Metall verbunden ſind. S. 70.

Nerv *P p P*;

10) indem homogene Metalle den Nerv bewaffnen, beide aber mittels zweier feuchten Subſtanzen mit einem heterogenen Metalle verbunden ſind. Fig. 23. und S. 70.

Nerv *P H p H P*;

11) indem in der Kette zwiſchen einem Puncte des Nerven und dem andern mehrere Metalle mit feuchten Theilen abwechſeln und unter allen Metallen nur ein heterogenes iſt. F. 24. u. S. 70.

Nerv *P H P H p H P*.

Im Zuſtande minderer, wenigſtens nicht erhöhter Reizempfänglichkeit, erfolgen Muskularcontractionen nur:

1) wenn heterogene Nervenarmaturen ſich unmittelbar, oder durch Subſtanzen der erſten Klaſſe berühren. Fig. 8. und S. 72.

Nerv *P p*,

Nerv *P p P p*;

2) wenn zwiſchen heterogenen Nervenarmaturen Glieder von metalliſchen und feuchten Subſtanzen vorkommen, unter dieſen aber zwei heterogene Metalle in unmittelbarer Berührung ſind. S. 72.

Nerv *P H P p H p*;

3) wenn homogene Nervenarmaturen durch Subſtanzen der erſten Klaſſe verbunden ſind, unter denen eine auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüſſigkeit belegt iſt; der Hauchverſuch. S. 77. und Fig. 32.

Nerv *P p H P*.

Dagegen erfolgen bei minderer Erregbarkeit der Organe conſtant keine Contractionen in den oben No. 4. 6. 8. 9. und 10. angeführten Fällen, alſo in den Formeln:

Nerv *P P*
Nerv *P*
Nerv *P H p*
Nerv *P p P*
Nerv *P H p H P*.

Wenn wir demnach die Fälle, wo Muskelbewegungen eintreten, mit dem Zeichen + und die, wo ſie ausbleiben, mit dem Zeichen — andeuten, ſo ſtellt folgende Tafel alle bis jetzt entdeckten Facta überſichtlich dar. Ich habe mich bemüht, jeden nur irgend zweifelhaften Verſuch wegzulaſſen, weil in der Naturlehre nichts nachtheiliger iſt, als wenn man das Wahrſcheinliche unter das Erwieſene

mengt

mengt, oder gar (wie oft geſchieht) Meinungen und Wünſche als Thatſachen einkleidet. Sollten in der Folge Galvaniſche Verſuche als neu angezeigt werden, ſo wird es leicht ſeyn, dieſelben in Zeichen umzuſetzen und auszumitteln, ob ſie zu einer der ſchon bekannten Formeln gehören?

Bedingungen des Galvanismus.

I. Zuſtand hoher Reizempfänglichkeit.

+ Organiſch verbundener Nerv und Muskel.
+ Organiſch verbundener Nerv und Muskel *H*
+ Nerv *H h*
+ Nerv *P P*
+ Nerv P
+ Nerv *P H*
+ Nerv *P p*
+ Nerv *P p P*
+ Nerv *P H p*
+ Nerv *P H p H P*.

II. Zuſtand minderer Reizempfänglichkeit.

+ Nerv *P p*
+ Nerv *P p P p*
+ Nerv *P H P p H p*
+ Nerv *P p H p*.

Von den negativen Formeln der zweiten Abtheilung ſetze ich nur folgende hinzu:

— Nerv *H h*

— Nerv *P P*

— Nerv *P*

— Nerv *P p P*

— Nerv *P H p*

— Nerv *P H p H p.*

Denn der wichtige Verſuch (S. 32.), indem bloſs organiſch verbundene Theile, der Iſchiadnerv und Lendenmuskel, ſich berühren, glückt faſt immer, wenn man gewöhnlich lebhafte Fröſche mit einiger Schnelligkeit zu präpariren verſteht. Negative Formeln für den Fall erhöhter Reizempfänglichkeit habe ich gar nicht aufzuführen gewagt. Sie ſind ſo lange voreilig und unrichtig, als der Experimentator nicht erweiſen kann, daſs er Verſuche mit ſolchen Individuen angeſtellt habe, welche das Maximum der thieriſchen Erregbarkeit beſaſsen. Wie apodiktiſch hat man bisher den Fall ohne Kette Fig. 9. nicht immer für negativ erklärt, wie lange habe ich ihn nicht ſelbſt dafür gehalten, bis ein Verſuch mich von meinem Irrthume zurückbrachte! Und daſs dieſer Verſuch nicht durch ſogenannte zufällige Bedingungen modificirt wurde, das wird nach den mühſamen Gegenverſuchen Fig. 10. 11. 13. 14. und 12. a wohl niemand bezweifeln.

Negative Verſuche geben nur Reſultate für die individuellen Verhältniſſe, unter denen man experi-

mentirt. Bin ich aufser Stand, diese Verhältnisse oder Bedingungen genau zu bestimmen, so ist die Erfahrung des Nichtgelingens völlig unfruchtbar und ohne Anwendung auf andere Fälle. So sind viele unserer chemischen Versuche, alle meteorologische Beobachtungen, so zusammengesetzt, es wirken so viele Stoffe dabei, deren Zahl wir oft gar nicht einmal kennen, dafs jene Versuche und Beobachtungen keinen andern Schlufs erlauben, als den: wenn *a*, *b*, *c*, *x*, *y* . . . sich berühren, so erfolgt der Effect *α* nicht. Man behauptete, dafs in Wasser aufgelöstes Kochsalz sich durch Bleikalche zersetzt habe. Das Factum war unwiderruflich wahr, aber die Bedingungen wurden falsch ausgedrückt. Der grofse Scheele wurde durch negative Versuche widerlegt, bis Herr Curadeau fand, dafs Ausschlufs der Kohlensäure den Erfolg bestimme.

So giebt bei Versuchen mit thierischen Organen das Nichtgelingen ebenfalls nur ein Resultat für einen individuellen Fall. Bei jedem Phänomene der Irritabilität ist die Erregbarkeit der Organe ein Hauptbedingnifs, und da wir keinen bestimmten Ausdruck für den Grad dieser Erregbarkeit haben, so kann unter sonst gleichen äufsern Umständen zehnmaliges Nichtgelingen mich nicht an dem Effect eines einzigen gelingenden, sorgfältig angestellten, von mehrern Personen geprüften Versuchs zweifeln machen. Den Fall Fig. 7. habe ich bisher noch immer als negativ befunden. Dennoch wage ich es nicht, ihn allgemein dafür zu erklären. Thiere, welche noch reizempfänglicher sind, als die,

welche ich in Fig. 9. und 3. galvanisirte, werden vielleicht künftig auch noch zu dieser Entdeckung veranlassen.

Sechster Abschnitt.

Schliessung der Galvanischen Kette — Grösse der Belegungsfläche — Ist ein Galvanisches Phänomen ohne Reizung einer sensiblen Fiber möglich? — Relative Folge der Excitatoren — Regulinische und geschwefelte Metalle — Oxydirter Braunstein — Holz- und Steinkohle — Kohlenblende — Graphit — Lydischer Stein — Alaunschiefer — Eis — Säuren — Alkalien — Oel — Seife — Specifiker Unterschied der thierischen und vegetabilischen Materie — Wichtigkeit der cuticula — Ob sie Gefäfse hat? — Chemische Betrachtungen über Leitungskraft im Allgemeinen — Theorie der Umhüllungen. — Gewisse Menschen sind isolirend. — Isolirende Theile des belebten Körpers werden leitend. — Temporäre Empfindlichkeit derselben. — Setzt sie eigene Nerven voraus? — Versuch, diese Erscheinung aus veränderter Zuleitung zu erklären. — Anwendung auf die Pathologie. — Leitungskraft der Morcheln.

Um das grofse Phänomen der Galvanischen Erscheinungen nach seinem ganzen Umfange zu fassen, ist es nicht hinlänglich, die Bedingungen anzugeben, unter denen sie überhaupt eintreten, sondern wir müssen sie auch nach ihren einzelnen Modificationen, in Beziehung auf einzelne Organe, oder ganze Thierclassen betrachten. Der Astronom begnügt sich nicht

damit, zu lehren, bei welcher Stellung Bedeckungen der Planeten erfolgen, er beſchreibt auch die phyſiſchen Wirkungen, welche die erfolgte Bedeckung hervorbringt. So wie einerlei Application der Metalle, nach Verhältniſs der gröſsern oder geringern Erregbarkeit der Organe, ſtärkere oder ſchwächere Contractionen hervorbringt, eben ſo verſchieden ſind dieſelben bei einem Individuum, wenn die Art der Application verändert wird. Ein mattes Thier, das bei der gewöhnlichen Armatur Fig. 8. gar keine Zuckungen zeigt, wenn die Pincette *s* erſt *t* und dann den Muskel berührt, wird dieſelben gleich äuſsern, wenn die Kette, vom Muskel aus, ſich zu ſchlieſsen anfängt. Unter den Formeln

$$\underbrace{\text{Nerv}\ \ P \xleftarrow{} p}$$

$$\underbrace{\text{Nerv}\ \ P \xrightarrow{} p}$$

iſt dann die erſtere negativ, die zweite hingegen poſitiv. Dieſe Entdeckung, welche man bald Herrn Volta, bald den Herren Fowler, Valli und Pfaff*) zuſchreibt, gehört dem Bologner Phyſiologen ſelbſt. Auch für die Empfindung iſt es ſehr merklich, von wo die Berührung ausgeht. Nirgends war mir dies auffallender, als bei den Blaſenpflaſtern, welche ich mir zu dieſem Zwecke mehrmals auf den Rücken legen lieſs. Die Wunden waren meiſt auf dem Latiſſimus dorſi. Bedeckte ein Zinkplättchen dieſelben, ſo war der Schmerz weit heftiger, wenn die ſilberne Pincette zuerſt das entblöſste Fell und

*) a. a. O. S. 10.

dann den Zink berührte, als wenn die Berührung umgekehrt geschah. Je reizbarer das Organ ist, desto unmerklicher wird der Unterschied. Ich liess die Wunde mit diluirtem Oleum tartari per deliquium befeuchten, und nun schwollen die Muskeln zwar heftiger auf, das Brennen ward anhaltender, aber beides erfolgte fast gleich, wo auch immer die Pincette zuerst angelegt ward. Wer nur irgend Galvanische Versuche angestellt hat, dem können ähnliche Beobachtungen, da sie äusserst constant sind, nicht entgangen seyn.

Ueberaus merkwürdig, und von Herrn Pfaff *) bereits angemerkt, ist noch der Umstand, dass die Stärke der Muskularcontractionen mit der Grösse der berührenden Metallfläche am Muskel, nicht aber mit der Grösse der Nervenarmatur zunehmen. Dieser Satz scheint, wie ich unten zeigen werde, für die Ergründung der Ursache des Galvanismus sehr wichtig zu seyn.

Wenn ich zwei Canthariden-Wunden bisweilen zugleich auf meinem Rücken hatte, deren eine mit Zink armirt war, so war Schmerz und Aeusserung der Spannkraft zehnfach heftiger, wenn ein Laubthaler die andere Wunde bedeckte, und die silberne Pincette diesen berührte, als wenn dieselbe mit ihrem schmalen Ende auf die enblösste Cutis selbst traf. Eben so fühlte ich es an einer Handwunde, deren Zuheilung ich durch den Metallreiz einige Tage verhinderte. Selbst wenn organisch verbundene Theile für sich (S. 32.) ohne leitende Metalle,

*) a. a. O. S. 51, 63.

ohne getrennte feuchte Stoffe, galvanische Erscheinungen hervorbringen; wenn ich die Lende eines Frosches gegen seinen entblössten, aber nirgends durchschnittenen Ischiadnerven bewege, ist der Effect grösser, wenn der Lendenmuskel in vielen Puncten den Nerven trifft, als wenn man ein schmales Bündel Muskelfasern fein aus der Lende herauspräparirt und dieses in den Contact bringt. Eben so habe ich oft beobachtet, dass in dem Versuche mit getrenntem Muskelfleische F. 2. die Contractionen zunehmen, nicht bloss, wenn man *z* erst an *x* und dann an *y* (und nicht umgekehrt) schiebt, sondern auch, wenn man dem Stücke *x* eine breitere Fläche giebt. Dagegen kommt es auf die Grösse von *y* gar nicht an. Es scheint gleich zu seyn, ob der Nerv in einem, oder in mehrern Puncten armirt ist. Der Versuch Fig. 5. hat mir davon ein merkwürdiges Beispiel gegeben. Die Muskelbewegungen blieben dieselben, ich mochte den Nerv mit der rechten Hand mittels des schmalen Stückes Muskelfleisch *z*, oder des breitern berühren. Dagegen waren sie weit lebhafter, wenn *y* den Schenkelmuskel traf, als wenn die Entladung an diesem durch *z* geschah. — Bei der mittelbaren Armirung eines Nerven durch eine Schwammunterlage glaubt Herr Pfaff *) Zunahme der Muskelcontraction bemerkt zu haben, wenn der Nerv eine grössere Strecke des Schwammstücks berührte. So oft ich diesen Versuch auch wiederholt, so habe ich diese Zunahme doch nicht beobachtet. Auch scheint mir diese Application kein einfaches Resultat zu ge-

*) a. a. O. S. 168.

ben, da die Schwammunterlage wohl nicht blofs in fofern wirkt, als fie dem Nerven mehr Berührungspuncte giebt, fondern auch durch die Feuchtigkeit, welche fie ihm mittheilt und durch die fie feine Erregbarkeit vermehrt.

Dafs zur Hervorbringung der Muskelbewegungen es gleichgültig ift, ob fich Fig. 8. zwei Nervenarmaturen *t* und *r*, oder eine Nerven- und eine Muskelarmatur *t* und *s* einander berühren, bedarf keiner Erwähnung. Man hat in Deutfchland auch diefe Beobachtung Herrn Volta und Greve zugefchrieben, ungeachtet mehrere Stellen in Galvani's Commentar deutlich zeigen, dafs dem grofsen Entdecker diefelbe nicht entging. *)

Da es eine Hauptbedingung Galvanifcher Erfcheinungen ift, dafs ein Organ mit irritablen und fenfiblen Fibern zugleich verfehen fey, fo mufste die Bemerkung, dafs fchon die Armatur blofser Muskeln wirkfam ift, überaus auffallend fcheinen. Diefe Bemerkung, um deren Priorität Valli gegen Volta ftreitet, gehört ebenfalls beiden nicht, fondern Herr Galvani **) hat fie zuerft bekannt gemacht. Sie deutet überhaupt nicht auf eine Reizung ohne Nervenwirkung hin, fondern ift, wie ich glaube, ein blofses Phänomen der Zuleitung. Wenn man ein Stück Muskelfleifch fo präparirt, dafs kein gröfserer Nervenaft darin fichtbar ift, was bei dem

*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 22. und 334. Herr Volta fchrieb fich diefe Entdeckung felbft zu. Gren's Journ. der Phyfik, B. 8. S. 313. 316.

**) a. a. O. S. 51.

obern Theil einer Froschlende, oder bei den Flossen eines Fisches überaus leicht gelingt, so wird man durch den Metallreiz keine Contraction darin erregen können. Erfolgte dieselbe dennoch bisweilen bei diesen Versuchen, so weiss ich mich keines Falls zu entsinnen, in dem, bei ernsthaftem Nachsuchen mit der Lupe, es mir nicht geglückt sey, einen übriggelassenen Nervenast zu entdecken. Dagegen ist es auffallend, dass die Bewaffnung blosser Muskeln, aus denen kein Nerv ausgeschnitten ist, nur dann wirkt, wenn eines der beiden Metalle in der Nähe des Nerven liegt, oder die Epidermis in Puncten trifft, unter denen der Nerv fortläuft. So kann man, bei der durchscheinenden Oberhaut der Wasserfröfche, die Richtung der Hauptnervenstämme durch die Pincette verfolgen, ohne diese Oberhaut im geringsten zu verletzen. Wenn ich ein Zinkplättchen auf die Bauchmuskeln des Thieres lege und mit dem silbernen Bogen die Gegend berühre, in der ich den Nervus cruralis vermuthe, so zucket die untere Extremität. Dagegen glückte mir dieser Versuch nicht bei der Lacerta agilis, in der die kleinern Nerven mit mehrerer, festerer und trocknerer, schuppenartiger Oberhaut bedeckt sind. Aus diesen Umständen glaube ich demnach den Schluss wagen zu dürfen, dass jene sogenannte Armatur blosser Muskeln eine Nervenarmatur durch Zuleitung ist, eben so wie die Contraction eines Schenkels erfolgt, sein Nerv mag wie Fig. 1—44. unmittelbar auf dem Metalle liegen, oder wie in Fig. 47. durch ein Stück Muskelfleisch *f* damit ver-

bunden ſeyn. Ich würde dieſen Fall weniger umſtändlich abgehandelt haben, wenn nicht der Streit über die Herznerven, über die mein älterer Bruder und ich eine Zahl neuer Verſuche angeſtellt, ſo genau damit zuſammenhinge. Beide wären längſt befriedigend aufgeklärt, wenn es eben ſo leicht wäre, Muskeln ohne Nervenfaſer, als Nerven ohne Muskelfaſer darzuſtellen.

Ich komme jetzt auf die Betrachtung der Stoffe, welche in vielen Fällen eine Bedingung des Eintretens Galvaniſcher Erſcheinungen ſind. Ich ſage ausdrücklich in vielen Fällen; denn wir dürfen nicht vergeſſen, daſs auch ohne dieſe Stoffe, bei bloſs organiſch verbundenen Theilen Muskelbewegungen erregt werden können, welche ebenfalls dem Galvanismus zugehören. Sind aber, bei mindern Graden der thieriſchen Reizempfänglichkeit Subſtanzen nöthig, welche als Kettenglieder zwiſchen Nerv und Muskel treten, ſo kommt es, um ihre Wirkſamkeit zu beſtimmen, auf ihre relative Stellung gegen einander, auf ihre Folge, eben ſo ſehr, als auf ihre individuelle Natur an. Die poſitiven und negativen Formeln geben davon mannigfaltige Beiſpiele. In dem Verſuch

$$\text{Nerv } \underbrace{P\ P\ p}$$

bedeuten P P zwei Zinkplättchen und p einen ſilbernen Bogen, der das eine P mit dem Nerven verbindet. Er wird Contractionen hervorbringen, ſtatt daſs ſie bei demſelben nur gewöhnlich reizbaren Individuum in

$$\text{Nerv } \underbrace{P\ p\ P}$$

wo das Silber *p* zwiſchen den beiden Zinkplatten liegt, conſtant nicht erfolgen. Hier ſind einerlei Metalle in verſchiedener Folge, und die Voltaiſche Theorie des Galvanismus, welche ich unten näher prüfen werde, gründet ſich bloſs auf eine ſolche Aneinanderreihung der Stoffe. Eben ſo iſt, wenn *H* ein Stück Muskelfleiſch von 2 bis 3 Kubiklinien bedeutet, unter den Formeln:

1) Nerv *P H p P*

2) Nerv *P p P H*

3) Nerv *P p H P H*

4) Nerv *P H p H P*

5) Nerv *P H p P H p*

6) Nerv *P H p p H P*

bei minder reizbaren Thieren, die erſte, dritte und fünfte poſitiv, die zweite, vierte und ſechſte aber, wie mich häufige Verſuche gelehrt, negativ. *)

Eben ſo wichtig zur Hervorbringung Galvaniſcher Erſcheinungen, als die Folge der Stoffe, iſt die ſpecifike Natur derſelben. Dieſer Gegenſtand iſt von andern Phyſikern bereits ſo weitläuftig abgehandelt wor-

*) Zur Erläuterung erinnere ich nur, daſs die erſte und zweite Formel der Hauchverſuch ſelbſt iſt; in der zweiten und dritten kann man ſich das *H* am Ende als einen unweſentlichen, zuleitenden Körper hinweg denken; in der vierten iſt das heterogene Metall an beiden Flächen mit Feuchtigkeit belegt; in der fünften ſind zwei heterogene, in der ſechſten zwei homogene Metalle in unmittelbarem Contacte. Man vergleiche im fünften Abſchnitt n. 3. 9. 10. 2.

den, dafs ich mich nur einiges neue hinzuzufetzen begnüge. — Bereits im vorigen Abfchnitte habe ich gezeigt, dafs die Benennung von Excitatoren *) und Conductoren in dem Sinne, worin man fie jetzt faft allgemein gebraucht, auf falfche Voraussetzungen gegründet ift. Galvanifche Verfuche glücken, wenn diefe fogenannte Excitatoren gar nicht vorhanden find, und jeder Conductor kann unter gewiffen Umftänden, als Excitator, wirken. Dazu kommt noch der Umftand, dafs jeder Excitator ein Conductor ift, daher man fich im Deutfchen der Ausdrücke: blofs leitende und: leitende und reizende Stoffe bedienen follte. Wie kann man aber Benennungen wählen, welche Urfachen determiniren, von deren Zufammenhange wir noch fo gar nichts wiffen! Herr Volta, welcher den Grund des Galvanismus in dem durch mehr als zwei Stoffe gehobenen Gleichgewichte der Elektricität fucht, bezeichnet Metall und feuchte Theile mit dem Namen Excitatoren der erften und zweiten Klaffe. Die Bologner Phyfiologen, welche den Stimulus in die thierifchen Organe felbft fetzen, halten alle Zwifchenglieder für Conductoren. Sollte aber aus den Organen ein Fluidum ausftrömen, was, wenn es in Menge vorhanden ift, felbft (ohne Mitwirkung anderer Stoffe) Muskelbewegungen hervorbringt; wenn es fchwä-

*) Einige Phyfiker nennen das Metall, welche die Muskel- und die Nervenarmatur verbindet, alfo (nach Galvani) den Muskelleiter, ausfchliefslich den Excitator, auch wohl Entlader. Vergl. Pfaff a. a. O. S. 11.

cher ausdünſtet, erſt bei dem Durchgang durch andere Subſtanzen wirkſamer wird; ſollte ein ſolches Fluidum die Galvaniſchen Erſcheinungen veranlaſſen, wären dann nicht beide Benennungen, die der Comer und der Bologner Schule, gleich unbeſtimmt? Waren nicht, im Zuſtande erhöhter Lebenskraft, bloſs Nerv und Muskel; bei minderer Erregbarkeit, Nerv, Muskel und Metalle die Excitatoren? Es iſt ganz gegen meinen Zweck, ſchon hier, ehe die Facta alle aufgezählt ſind, von den Urſachen derſelben etwas zu anticipiren. Theoretiſche Benennungen aber, welche der Naturlehre ſo oft ſchon Nachtheil gebracht, können nur durch Gründe widerlegt werden, welche aus der Theorie hergenommen ſind.

Vorſichtiger und untadelhafter ſcheinen mir die Ausdrücke: verbindende, oder Zwiſchenglieder der erſten und zweiten Klaſſe. Sie gründen ſich auf das einfache Factum, daſs unter gewiſſen Umſtänden die unmittelbare Berührung organiſch verbundener Muskeln und Nerven keine Contractionen hervorbringt, ſondern daſs dieſelben erſt erfolgen, wenn andere getrennte Subſtanzen eine Zuleitung von einem Organe zum andern bilden. Dieſe Subſtanzen ſind alle regulinifche, oder einfache *)

*) Einfache, bloſs in Hinſicht auf den Umſtand, daſs ſie nicht mit Oxygen verbunden ſind. Seitdem man durch Herrn Richter aufmerkſamer darauf geworden iſt, daſs Körper mit Ausſchluſs der oxygenirten Luft, zum Beiſpiel unter Waſſer, auch leuchten; ſeitdem man den Lichtſtoff dem reguliniſchen Metalle beilegt, und und dieſen Lichtſtoff Phlogiſton nennt, (um doch wieder

Metalle, oxydirter Braunſtein, geſchwefelte Metalle als Kupferkies, Schwefelkies, Arſenikkies, Bleiglanz, Glanzkobold, Zinnerz und Magneteiſenſtein, Holz und Steinkohle, Kohlenblende, Graphit; nach meiner neuſten Beobachtung, eine Abänderung des Lydiſchen Steins (vom Thüringer Waldgebirge) und Alaunſchiefer; ferner Waſſer und alle tropſbare Flüſſigkeiten, auſser Oel; Morcheln, friſches, gekochtes und gebratenes Muskelfleiſch, und andere im Zuſtand der Verdampfung befindliche thieriſche Subſtanzen. Bei erhöhter Erregbarkeit der Organe oder im Zuſtande groſser Reizbarkeit iſt jeder dieſer Stoffe gleich fähig die Wirkung des Nerven auf den Muskel fortzupflanzen, oder, um weniger hypothetiſch zu reden, ein wirkſames Glied zwiſchen dem Nerven und Muskel zu ſeyn. Bei minderer Reizempfänglichkeit aber, bei Verſuchen mit matteren Thieren, erfolgen die Galvaniſchen Erſcheinungen nur: wenn Körper der

ein phlogiſtiſches Syſtem zu haben) ſeit dieſer Zeit höre ich den verewigten Lavoiſier oft des Irrthums zeihen, als habe er die Metalle für einfache Körper gehalten. Man vergiſst aber, daſs der groſse Mann ſeinen Begriff der Einfachheit bloſs auf das Nichtabſcheiden eines wiegbaren Stoffes gründete. Er hat gewiſs nie daran gezweifelt, daſs im regulinischen Eiſen nicht das Radical der Elektricität und des Magnetismus, ſammt dem Wärmeſtoff gebunden ſey! Auf die Weiſe zählen wir in unſern chemiſchen Tabellen immer ſehr unvollſtändig die Beſtandtheile eines Körpers auf. Es möchte ſich faſt apodiktiſch erweiſen laſſen, daſs es keinen Stoff gebe, der in irgend einem Zuſtande nur aus zwei ſogenannten Elementen zuſammengeſetzt ſey.

erſten Claſſe (metall- und kohlenhaltige Stoffe) unter die Glieder der zweiten Claſſe, nach der in den poſitiven Formeln beſtimmten Folge, gemengt ſind.

Regulinifche Metalle. — Die meiſten Phyſiker, welche über den neuen Muskelreiz ſchrieben, haben ihre Unterſuchungen faſt bloſs darauf eingeſchränkt, den Vorzug zu beſtimmen, welchen gewiſſe Metalle, in Betracht ihrer Wirkſamkeit als Zwiſchenglieder, vor andern Metallen äuſsern. Man nennt dieſen Vorzug bald Leitungsfähigkeit, bald Excitationskraft der Metalle, je nachdem man dieſe, oder jene Theorie befolgt. Es iſt unbegreiflich, welche Verwirrung in den Begriffen von dieſer Materie in den meiſten Schriften über den Metallreiz herrſcht. Man vergaſs, daſs die Bedingungen des Galvanismus ſehr zuſammengeſetzt ſind, um ſo zuſammengeſetzter, je ſchwächer die Erregbarkeit der Organe iſt; daſs, um genaue vergleichende Verſuche zu machen, es auf einerlei Grad der Reizempfänglichkeit der Thiere, auf gleiche Temperatur, Iſolirung und Form der Metalle, auf gleichartige Berührung derſelben mit den thieriſchen Theilen ankommt. Man betrachtete die Nervenarmatur anfangs gar einzeln, ohne Rückſicht auf die Muskelarmatur, mit der ſie wirkt; läugnete *) den, nach meinen Verſuchen ſo überaus wirkſamen Verbindungen von Eiſen, Blei, Kupfer und Kobolt mit Stanniol gar alle Excitationsfähigkeit ab, und ſtellte eine Menge falſcher Thatſachen auf, weil man die Verſuche nicht vor-

*) S. Herrn Hecker's Behauptungen in der Medic. chir. Zeitung 1793. V. S. III.

ſichtig genug vervielfältigte. Herrn Pfaffs Scharfſinn *) war es vorbehalten, Licht über dieſen wichtigen Gegenſtand zu verbreiten, und durch ſorgfältige Unterſcheidung ähnlicher und unähnlicher Fälle richtige Tabellen über die Wirkſamkeit der Metalle zuſammenzutragen. Bei dem Gebrauche dieſer Tabellen iſt indeſs nie zu vergeſſen, daſs die Erregbarkeit der Organe für den Effect der Reizung eine eben ſo nothwendige Bedingung, als der Wärmegrad für die Verwandſchaftstafel **) iſt. Man laſſe ſich nicht täuſchen, wenn auch bei einem und demſelben geſunden Thiere ein Organ zu verſchiedenen Zeiten, oder verſchiedene Organe zu einer Zeit Zuckungen zeigen, welche mit der ſorgfältig ergründeten Kraft der Excitatoren in umgekehrtem Verhältniſſe ſtehen. Der ſchwächere Stimulus iſt auf einen empfänglichern Theil wirkſamer, als der ſtärkere auf einen empfänglichern. Herr Reil ***) drückt ſich hierüber ſehr treffend aus: „*Cum enim quodvis organon „ſingulaeque illius partes ſua, ad ſuas functiones accomo- „data fabrica polleant, minimaque fabricae differentia effec- „tus vis motoriae mutet, quodvis organon, immo ſingulae „illius partes propriis et diverſis ſtimulis eſſent ſollicitandae, „ut inde verum judicium de illius irritabilitate hujusque „gradi*

*) a. a. O. S. 45. 54. 63. 200. und 219.

**) Antiphlogiſtiſche Anmerkungen zu Kirwan's Abhandlung vom Phlogiſton 1791. S. 33, Klaproth's Beiträge zur chemiſchen Kenntniſs der Mineralkörper, B. 1. S. 372.

***) Reil *et* Gautier *de irritabilitatis notione, natura et morbis* 1793. *p.* 68. *et* 70.

„*gradibus feratur*,„ und „*patet in ipso sano corpore irri-*
„*tabilitatem mutabili, non fixo gradu gaudere, eamque*
„*mox deprimi, mox exaltari, ideoque stimulos, ratione*
„*quantitatis et qualitatis eosdem, diverso tempore admotos,*
„*diversum mox majorem, mox minorem effectum proli-*
„*cere*.„ Ich habe oft beobachtet, wie mir Zink und Gold bei der trägen aber frisch secirten Hausunke (Rana portentosa L.) schwächere Muskelcontractionen zeigten, als Blei und Silber bei tagelang abgelösten Froschschenkeln. Vor wenigen Tagen hatte ich aus Versehen mehrere Kröten (Rana bufo L.) mit Wasserfröschen einfangen lassen; sie waren überaus matt und ihr Nervus cruralis war nur für Zink und Silber empfänglich. Ich veränderte bloss den Zustand der Erregbarkeit der Organe, badete die Spitze des Nerven in oxygenirter Kochsalzsäure einige Secunden lang, und nun verursachten selbst Eisen und Blei heftige Zuckungen. Wer bloss den Galvanischen Versuch selbst, nicht aber meine Zubereitung des thierischen Organs beobachtet hätte, würde also leicht auf irrige Begriffe über die relative Wirkungskraft jener vier Metalle, Zink, Silber, Eisen und Blei geleitet worden seyn.

Gekohlte und geschwefelte Metalle — Auch die Verbindung der reguliniſchen Metalle, zum Beispiel des Eisens, mit dem Kohlenstoffe raubt ihnen ihre Excitationsfähigkeit nicht. Ich habe oft reines (geschmeidiges) Eisen und gekohltes (Stahl), oder überkohltes (Gusseisen) versucht, und alle drei sehr wirksam gefunden. Ja! es scheint, als wäre das Eisen in gleichzeitiger Application mit Zink um so

geſchickter, lebhafte Contractionen hervorzubringen, je mehr es mit Kohlenſtoff gemengt iſt. Das grauefte Roheiſen, in dem der Graphit, wenn die Ganz abgeſtochen iſt, oft in ſechsſeitigen Tafeln beim Erkalten kryſtalliſirt, excitirt am heftigſten. Zwei wirkſame Stoffe, Eiſen, und Kohle äuſsern darin ihre vereinte Kraft. Ich bin lange in dem Irrthume geſtanden, als wenn auch das magnetiſche Fluidum eine, für den Galvanismus bemerkbare Heterogeneität in den Metallen hervorbrächte. Ich ſah matte Fröſche, deren Nerv mit geſchmeidigem Eiſen armirt war, keine Contractionen leiden, wenn gemeiner Stahl der Muskelleiter war. Dieſe Contractionen erfolgten aber ſogleich, als ich einen Magnetſtahl *) zur Nervenarmatur nahm. Ich glaubte nicht, daſs die Ungleichartigkeit zwiſchen reinem und gekohltem Eiſen geringer ſeyn ſollte, als zwiſchen Stahl und Stahl, und ſuchte die Urſache der Erſcheinung in dem magnetiſchen Fluidum ſelbſt. Herrn de la Roche**) wichtige Schrift über die Wir-

*) Selbſt Magneteiſenſtein iſt ein wirkſamer Excitator, obgleich Herr Hecker beobachtet haben will, daſs auch magnetiſche Mineralien überhaupt untauglich zur Hervorbringung von Muskularcontractionen waren. S. a. a. O. S. 3.

**) *Analyſe des fonctions du ſyſtème nerveux pour ſervir d'introduction à un examen pratique des maux des nerfs à Genève* 1778. Leider! erſt 1794, aber trefflich überſetzt von Herrn D. Merzdorf. Der Genfer Arzt verſichert ſelbſt geſehen zu haben, "daſs der künſtliche "Magnet auf Theile des Körpers aufgelegt die Tranſpi- "ration deſſelben merklich vermehrt, an denſelben die "natürliche Wärme wieder herſtellt, die ſelbſt der "wärmſte Anzug nicht verſchaffen konnte, atrophiſchen

kung des Magnets auf die thierische Oekonomie, und die so oft wiederholte Fabel, dass magnetisirtes Eisen Zahnschmerz und Magenkrampf in gewissen Fällen lindere, führte mich zu meinen Versuchen zurück. Für eine Kraft, der man kaum wagt, ein eigenes materielles Substrat zu geben, die sich nur durch Anziehen und Abstossen, durch eine Lage, welche sie gewissen Stoffen mittheilt, äussert, über die man in vollen fünftehalbhundert Jahren auch fast gar nichts entdeckt hat, für eine solche Kraft wäre es gewiss interessant, sie einmal in einer neuen, gleichsam chemischen Wirkungsart zu überraschen.

Ich wählte zu meinen Versuchen einen magnetisirten Stahl, dessen kräftige Pole sehr glatt polirt waren. Ein Pol verhielt sich beim Galvanisiren wie der andere, und der ganze künstliche Magnet, wie jeder unmagnetische Stahl. *) Ich fing daher an, jene

"und geschwächten Organen ihre Kraft wieder giebt, "den Ton der Eingeweide und den Fluss der monatlichen "Reinigung herstellt und Nervenzufälle heilt." Der Verfasser hat sich selbst sogar "durch den Magnet von einem "flechtenartigen Ausschlag befreit, der ihm sehr lästig "war." — Man untersuche Facta durch Facta, aber vergesse den Denkspruch des grossen Baco nicht: Chymici e paucis experimentis ad foculum et fornacem novam Philosophiam excuderunt, et Gilbertus, popularis noster, novam Philosophiam e Magnete elicuit. *(Op. omnia* 1694. *p.* 21.*)*

*) Die seit Musschenbroek, Aepinus und Cigna so berufene Analogie zwischen Elektricität und Magnetismus brachten mich auf die Idee, beide Kräfte in ihrer Verbindung zu versuchen. Ich liess elektrische Ströme durch einen künstlichen Magnet gehen, bemerkte aber nicht, dass seine Ziehkraft davon gemindert wurde. Die Ge-

oben bemerkte Heterogeneität, nicht der magnetischen Kraft, sondern der zufälligen Ungleichartigkeit des Metalls zuzuschreiben. Ich fand, dafs, selbst bei mattern Thieren, nicht blofs magnetischer und unmagnetischer Stahl, sondern auch zwei Stahlarten, welche Theile eines Werkzeuges ausmachten, und im Aeufsern auf gleiche Mischung schliessen liessen, Contractionen im Muskel hervorbrachten. Eine chemische Analyse der angewandten Stahlarten würde hiebei wenig entschieden haben, da (wie meine Versuche mit dem Lydischen Steine lehren) die Nerven von einem Minimum mehrern oder mindern Kohlenstoffs afficirt werden, das unsere chemischen Werkzeuge nicht angeben. Ich schlug daher einen andern Weg ein. Ich suchte zwei Stahlnadeln aus, welche so gleichartig in ihrer Mischung waren, dafs sie bei minder lebhaften Thieren keine Zuckungen erreg-

wichte, welche er trug, schwankten, weil sie mit im elektrischen Wirkungskreise hingen; der Magnet liefs aber keines derselben fallen. Diese Versuche lassen sich indefs noch mannigfaltig abändern, ehe sie reine Resultate geben können. Man müfste beobachten, ob die Kraft eines Magnets abnähme, wenn er Wochen lang, täglich einige Stunden im elektrischen Bade hinge. Dafs heftige Schläge von der positiven und negativen Elektricität der Kleistischen Flaschen Magnete auf einmal unmagnetisch machen, ist sehr bekannt und durch Analogie mit dem Blitze entdeckt worden. Ich bin aber überzeugt, dafs auch ein anhaltendes elektrisches Ausströmen langsam ähnliche Wirkungen hervorbringen kann. Seitdem Herr von Marum die grofse Entdeckung des gebundenen Wärmestoffs in der Elektricität gemacht hat, scheinen elektrisiren und glühen sehr analoge Erscheinungen zu seyn, und dafs das leiseste Erwärmen eines Magnets seine Ziehkraft mindert, ist eine sehr alte Beobachtung.

ten. Diese Zuckungen blieben ebenfalls aus, als trockner Silberdrath *c* (Fig. 48.) die Nerven- und Muskelarmatur *a*, *b* von Stahl berührte. Da nun jedes Eisen, welches mit einem Magnete in Berührung ist, so lange diese Berührung dauert, selbst magnetisch wird, so hielt ich einen künstlichen Magnet an die Stahlnadel *a*. Die magnetische Kraft wurde auf die Art durch *c* gehindert nach *b* überzuströmen, und das Thier war jetzt mit einem magnetischen Metalle armirt. Aber das magnetische Fluidum brachte für den Galvanismus keine Ungleichartigkeit der Mischung hervor, und die Schenkelmuskel blieben unbewegt. Ich verwandelte nun die Armatur *a* durch Bestreichen in einen künstlichen Magnet, selbst die Politur der Nadel hatte davon gelitten, (ein Umstand, der für den Begriff der Heterogeneität sonst überaus wichtig ist) aber auch nun erfolgten keine Muskelbewegungen. Mehrerer Versuche bedurfte es wohl nicht, um zu zeigen, dass die Wirkungen der magnetischen Kraft auf die belebte thierische Materie sich bisher dem Beobachter noch nicht sinnlich darstellen lassen. *) Wenn sie aber auch unsern

*) Durch einen freundschaftlichen Brief des Herrn Sömmering bin ich von einem Versuche benachrichtigt worden, in welchem der erwärmte elektrische Schörl (Turmalin) eine ganz auffallende Wirkung auf die Nervenfaser äussern soll. Ich habe sogleich thierische Organe auf mannigfache Weise mit diesem Fossile behandelt, aber keine andere Erscheinung dabei bemerkt, als die, dass der Turmalin, wenn seine Elektricität erregt ist, den Nerv (wie jeden andern leichten Körper) anzieht, ein Factum, das man freilich schon zu des Arabers Sera-

Sinnen entgehen, so ist ihre Existenz deshalb nicht zu läugnen. Alle Kräfte in der Natur wirken gegenseitig in einander; in dem grossen Gemische irdischer Stoffe ist kein einzelner, der isolirt steht; wird aber schon jedes Element durch das andere modificirt, wie viel wahrscheinlicher ist es nicht, dass ein so zusammengesetztes Aggregat verschiedenartiger Elemente, als die thierische Maschine ausmacht, von allen Objecten und Kräften der äusseren Sinnenwelt mannigfaltig erregt wird. Jedes dieser Objecte ist gleichsam ein Stimulus für die reizempfängliche belebte Faser, und wenn gleich kein Versuch es sinnlich erweisen kann, so ist es aus analogen Beobachtungen doch eben so wahrscheinlich, dass die Farbe eines Resonanzbodens den zurückgegebenen Schall modificirt, als dass der schwächste Magnet in der Nähe eines belebten Thier- oder Pflanzenkörpers die Aeusserungen seiner Lebenskraft, die Schnelligkeit seiner Assimilation, den Umlauf seiner Säfte und andere vitale Functionen modificirt.

Unter den vererzten Metallen hat Herr Pfaff den Kupferkies, Schwefelkies, Arsenikkies, Bleiglanz, Glanzkobolt und den Zinnstein, als wirksame Zwischenglieder beim Galvanischen Versuche entdeckt. Kupferglas, Zinnober und Blende stör-

pions Zeiten kannte. Von jeher sind dem elektrischen Schörl sonderbare Eigenschaften beigelegt worden. Vor zwanzig Jahren behauptete man öffentlich, die Mimosa pudica zöge, in Berührung mit Siegellack und Turmalin, ihre Blätter nicht zusammen, und Herr Ingenhousz musste diese Meinung ordentlich widerlegen.

ten die Contractionen, wenn sie in die Kette traten. Eben so störend fand ich Weiss- und Grünbleierz, graue Bleierde, Raasen-Eisenstein, fasrigen braunen Eisenstein, Spat-Eisenstein, Kornisch Zinnerz, Malachit, Kupferlasur, dunkel und lichte Rothgültigerz und Pecherz. Ich glaube, dass dieser Unterschied zwischen wirksamen und unwirksamen Erzen in dem Zustande der Oxydation gegründet ist, in welchem sich ein Metall befindet. Im Schwefelkiese und Bleiglanze ist regulinisches, einfaches Eisen und Blei mit Schwefel; im Rothgültigerz, ist nach unsers grossen Klaproth Entdeckung, *) Silberkalk mit Schwefelsäure verbunden. Die Erze, welche regulinische, geschwefelte Metalle enthalten, haben vollkommen metallischen Glanz; **) die Erze, in welchen das Metall mit Sauerstoffe mehr oder weniger gesättigt ist, zeigen nach diesem Grade der

*) Crells Annalen 1792. St. 1. Bergm. Journ. 1792. S. 141. *Annales de Chymie* 1793. *Tome* 18. p. 81. (Rozier *Journ. de Physique* 1793. *Oct. p.* 291.) und in Herrn Klaproths klassischem Werke: Beiträge zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper B. 1. S. 151.

**) Auch in dem Eigenthümlichen des metallischen Glanzes scheint mir, wie in den meisten optischen Phänomenen, noch viel Räthselhaftes. Man schreibt es allgemein (Macquers chem. Wörterbuch, B. 4. p. 198.) der grossen Dichtigkeit der Metalle zu. — Aber woher der oft vollkommen metallisch glänzende Glimmer? — Was geht in seichten Sumpfwässern vor, deren Oberfläche mit halbmetallischen, speisgelben und bergblauen Farben schillert? Was ist das metallisch glänzende am Gefieder der Schmetterlinge und den Flügeldecken so vieler Insecten?

Oxydation, verſchiedenartige bunte Farben. Beiſpiele davon geben Kupferlaſur, Malachit oder Weiſsbleierz und Kupferkies; Eiſenglanz oder Arſenikſilber. Buntangelaufene Metalle ſind gleichſam die erſte Stufe der Oxydation. Ich habe oft bemerkt, daſs diejenigen Stellen einer Silberplatte, welche mit blauen und gelben Lichtſtrahlen ſchillerten, faſt gar keine Galvaniſche Erſcheinungen hervorbrachten. Eben ſo mindert das Anblaſen des reguliniſchen Zinks mit heiſsen (leicht zerſetzbaren) Waſſerdämpfen ſeine Excitationskraft. Der geringſte Grad der Säuerung äuſsert ſich ſchon durch Modification des metalliſchen Glanzes. Je mehr die Säuerung zunimmt, je inniger die Verbindung des Metalls mit dem Oxygene iſt, deſto mehr nimmt die Capacität eines Körpers für den Wärmeſtoff, ſeine Eigenſchaft, idioelektriſch zu ſeyn, zu; deſto mehr nimmt ſeine Elektricität- und Wärmeleitende Kraft*) ab, deſto mehr

*) Wie die Wärmeleitende Kraft eines Körpers und deſſen Capacität mit ſeiner Oxydation ab und zunehmen, habe ich an einem andern Orte zu erweiſen geſucht. S. Crells Annalen 1792. B. 1. S. 423. — Rozier *Journ. de Phyſique* 1793. *Oct. p.* 304. und meine Abhandlung über Conſtruction der Salzpfannen im Bergm. Journal 1792. Febr. S. 120. Die Einwendungen, welche man neuerlichſt gegen die, von Herrn Mayer gegebenen Formeln, die auch meinen Berechnungen zum Grunde liegen, gemacht, ſcheinen mir nicht deutlich genug entwickelt. Die Mayerſchen Formeln über Wärmeleitung ſtimmen mehr mit der Erfahrung überein, als es bei ſo mangelhaften Angaben der ſpecifiſchen Gewichte und Wärmen zu vermuthen war, und ich wundere mich, daſs Herr Gren die Uebereinſtimmung für zufällig hält.

entfernt er ſich vom metalliſchen Glanze, wird undichter, durchſichtiger, und wirft getheilte Lichtſtrahlen, das heiſst, bunte Farben zurück. Wird das Metall endlich ganz mit Oxygen geſättigt, ſo nimmt die Brechung der

(Grundriſs der Naturlehre 1793. §. 743.) Ein Hauptnutzen, welchen man aus der Mayerſchen Entdeckung für die Phyſik ziehen kann, ſcheint mir der zu ſeyn, wo directe Erfahrungen über Wärmeleitende Kraft L zweier Körper vorhanden ſind, aus der Formel $L = \frac{1}{pc}$, die ſpecifiſche Wärme $c = \frac{1}{pL}$ zu berechnen, und ſo die Crawfordſchen Angaben zu prüfen. Daſs dieſe Angaben noch immer unendlich ſchwankend und unbeſtimmt ſind, haben mich mehrere Prüfungen gelehrt. (Vergl. auch Gehlers Wörterbuch, Th. 4. S. 577.) Die Wärmeleitende Kraft des Flintglaſes, zum Beiſpiel, iſt wie der Collecteur du feu der Herren Sauſsure und Ducarla und zahlloſe tägliche Erfahrungen lehren, ſehr geringe. Crawford giebt ſeine Capacität aber auf 0,174 an. Nimmt man dazu ſein ſpecifiſches Gewicht = 3,150 und die relative Wärme = 0,548, ſo folgt daraus die Leitungskraft des Flintglaſes = 1,824. Dieſe Kraft überſteigt demnach die des Goldes, Silbers, Bleikalkes, ja ſelbſt die des Spieſsglaſes. Die Angabe der Capacität muſs daher wohl irrig ſeyn! Noch auffallendere Widerſprüche geben die Angaben von der ſpecifiſchen Wärme der atmoſphäriſchen Luft und ihrer nach dem Graf Rumford (Benjamin Thompſon) ſo geringen Leitungskraft. Dieſe beträgt 80, wenn Queckſilber = 1000 iſt, alſo auf Waſſer reducirt = 0,253. Für tropfbare Subſtanzen, wobei man auf die Maſſen und die ſpecifiſche Wärme des Queckſilberthermometers und des Gefäſſes, in dem ſie eingeſchloſſen ſind, nicht Rückſicht nimmt, kann das Mayerſche Geſetz $c = \frac{1}{pL}$ dienen. Bei elaſtiſchen Fluiden aber iſt (Verſuch über den Wärmeſtoff S. 262.) dieſe Berechnung nur dann möglich, wenn jene Maſſen und ſpecifiſchen Wärmen des Gefäſses m und a und die

Lichtſtrahlen wieder ab, und der Körper erſcheint meiſt von weiſser Farbe. Eben dieſes Phänomen glaube ich im Pflanzenreiche bemerkt zu haben, wo ebenfalls die Kronenblätter (petala) und diejenigen Theile, welche nicht ausathmen (und in de-

des Thermometers μ und α bekannt ſind. Denn bei dieſen darf man die Gröſsen m, μ, a und α gegen $\frac{1}{pc}$ nicht verſchwinden laſſen. Nach des ſcharfſinnigen Graf Rumfords Verſuche iſt daher $\frac{1}{pL} = 3214$. Die wahre Capacität der atmoſphäriſchen Luft wäre demnach $= 3214 - \frac{ma - \mu\alpha}{p}$. Freilich iſt der Werth von p (das ſpecifiſche Gewicht) in dieſer Formel ſehr geringe, da aber der Werth von $\frac{1}{pL}$ ſo ungeheuer groſs iſt, ſo vermuthe ich entweder, daſs die Capacität der Luft um vieles gröſser iſt, als ſie Herr Crawford angiebt, oder daſs, wie auch ein Verſuch des vortrefflichen Phyſikers Pictet (Ueber das Feuer S. 115. Anmerkung) lehrt, Luft ein beſſerer Wärmeleiter als Waſſer iſt. Hat Herr Crawford doch ſchon zwei Angaben über die Capacität der oxygenirten Luft bekannt gemacht, von denen eine 87,000, die andere aber 4,749 beträgt! Es ſcheint mir ungemein wichtig zu ſeyn, auf dieſe Umſtände aufmerkſam zu machen, da Berichtigung phyſikaliſcher Begriffe mehr Werth, als ihre Erweiterung hat. Mein verewigter Freund Herr Gehler glaubt, (Phyſ. Wörterbuch Th. V. S. 954.) daſs das von mir behauptete Geſetz, die Capacität eines Körpers werde nach Verhältniſs ſeiner Oxydation vermehrt, mit dem Crawfordiſchen Satze, daſs Entziehung des Phlogiſtons die Capacität verſtärke, übereinkomme. Beide Vorſtellungsarten ſind aber ſehr verſchieden, und geben nicht, wie das Multipliciren zweier poſitiven und negativen Factoren, gleiche poſitive Producte. Herr Crawford nimmt Entweichungen des Phlogiſtons an, wo das neue Syſtem wohl eine Säuerung, nicht aber eine Verbindung des Oxygens mit dem zu-

nen ſich der, aus dem zerſetzten Waſſer gezogene Sauerſtoff anhäuft) alle Farben der metalliſchen Kalche annehmen. Da unſere Art, mineraliſche Stoffe chemiſch zu unterſuchen, auf dem trocknen Wege das Oxygen der das Feuer umgebenden Luft, auf dem naſſen Wege das Oxygen des Waſſers und der Säuren in Berührung mit dem zu zerlegenden Körper bringt; ſo iſt es faſt unmöglich aus den Producten der Analyſe zu ſchlieſſen, ob Metalle oder Schwefel rein und einfach, oder leiſe oxydirt in den Erzen enthalten waren. Um ſo wichtiger ſcheint es mir, ſeine Aufmerkſamkeit auf die Farben und den Glanz metalliſcher Subſtanzen zu richten, um daraus nach analogen Schlüſſen etwas über den Zuſtand ihrer Oxydation zu folgern. Eben dieſer Zuſtand ſcheint zugleich

rückbleibleibenden fixen Körper annimmt, deſſen Capacität unterſucht wird. So leidet z. B. mein Geſetz nicht im mindeſten von der Einwendung, durch welche Herr Gehler (Wörterbuch Th. IV. p. 581.) das Crawfordſche umſtöſst, nemlich von dem Widerſpruche, daſs die Capacität der Steinkohlenaſche geringer, als die der ungebrannten Steinkohle iſt. Die erſtere ſollte weniger Phlogiſton (wenn es eines giebt!) enthalten, nicht aber mehr Sauerſtoff. Die Kohle verbindet ſich im Brennen mit dem Oxygene der Atmoſphäre, und aus dieſer Verbindung entſteht Luftſäure, welche ſogleich entweicht. — Zur Vervollſtändigung dieſer Materie füge ich noch zwei Bemerkungen hinzu; erſtlich daſs ich die geringe Wärmeleitende Kraft der Aſche, welche für den Techniker ſo wichtig iſt, bereits beim *Ariſtoteles Problemat. Sect. XXV.* 17. angezeigt finde, und zweitens, daſs einerlei Subſtanzen wohl darum oft gleich vollkommene Leiter des Wärmeſtoffs und der Elektricität ſind, weil die elektriſche Materie gröſtentheils aus gebundenem Wärmeſtoffe beſteht.

das Kriterium zu ſeyn, nach welchem Erze, als wirkſame oder unwirkſame, Zwiſchenglieder der Galvaniſchen Kette zu betrachten ſind.

Oxydirter Braunſtein — Auffallend iſt es in der That, daſs dieſe einzige Verbindung eines Metalls mit Sauerſtoff vollkommene Leitungskraft für das Galvaniſche Fluidum äuſſert. Herr Pfaff hat dieſelbe beim ſtrahligen und dichten Grau-Braunſteinerze bemerkt. Ich ſelbſt habe durch Armirung der Nerven mit dem kleinnierenförmigen und ſtaudenförmigen Schwarz-Braunſteinerze von Groſskamsdorff und Könitz, mittels eines Muskelleiters von Silber, die lebhafteſten Bewegungen erregt. Dem Schwarz-Braunſteinerze iſt aber (wie ich durch einfache Verſuche gefunden) auſſer dem Eiſen, auch Kohlenſtoff weſentlich beigemengt, und da wir ſeit Herrn Volta's und Blumenbachs Entdeckung die Excitationskraft der Kohle kennen, ſo iſt es mir ſehr wahrſcheinlich, daſs bei meinen Verſuchen nicht der oxydirte Braunſtein, ſondern der Kohlenſtoff wirkſam war. Könnte nicht eben dieſer Umſtand bei dem Grau-Braunſteinerze ſtatt finden? Es iſt bekannt, daſs alle Braunſteinkalche geglüht ein Gemenge von oxygenirtem und kohlenſaurem Gas geben; daher man bei Arbeiten, wo man mehr die Kohlenſäure, als das Azote vermeiden will, zur Erhaltung der Lebensluft ſich lieber des Salpeters, als des Braunſteinkalchs, bedient. Sollte die Kohlenſäure ſchon ganz im Kalche präexiſtiren, ſollte nicht auch dem Grau-Braunſteinerze Kohlenſtoff beigemengt ſeyn, der

in Berührung mit dem entweichenden Sauerſtoffe ſich zur Luftſäure bildete? Sollte der auffallende metalliſche Glanz, welchen der graue Braunſteinkalch zeigt, nicht von dieſer Verbindung mit Graphit herrühren? Wenigſtens fand ich mehrmals, wenn ich Ilefelder ſtrahliges Grau-Braunſteinerz in Mineralſäuren auflöſte, einen unauflöslichen Rückſtand, welcher nicht die, von Bindheim beobachtete Kieſelerde war, ſondern (wie beim Schwarz-Braunſteinerze) Kohlenſtoff zu ſeyn ſchien. Geübtere chemiſche Analytiker werden hierüber entſcheiden; denn für die Geſetze des Metallreizes iſt es ein ungemein wichtiges Problem, ob reine Braunſteinkalche eine Kraft haben, welche allen andern Metallkalchen zu fehlen ſcheint. Der oxydirte Braunſtein, den unſere Apotheken käuflich liefern, iſt völlig unwirkſam. Meine Muſſe hat es mir noch nicht erlaubt, einen möglichſt reinen Braunſteinkönig zu ſchmelzen, und dieſen künſtlich zu verkalchen. Auf dem Wege würde die Rechtmäſſigkeit meiner Zweifel am leichteſten zu ergründen ſeyn.

Holz- und Steinkohle, Kohlenblende, Graphit. — Die wichtige Entdeckung über die Holzkohle gehört dem groſsen Phyſiker von Como, Volta, nicht aber Herrn Fontana, welchem man ſie in Paris *) zuſchrieb, weil dieſer die erſte Nachricht davon an Delametherie gab. Es iſt bekannt, daſs nur wohlausgebrannte Kohlen Excitationskraft zeigen, doch iſt mir der Pfaffſche Verſuch **)

*) *Roz. Journ. de Phyſique* 93. *p.* 292.

**) S. a. a. O. S. 48. und 216.

durch neues Glühen einer nicht reizenden Kohle die reizende Eigenschaft zu geben, nur selten geglückt. Ich stelle mir vor, dass der Zustand der Umhüllung, in welchem das Hydrogen den Kohlenstoff hält, diesen letztern zu den Galvanischen Erscheinungen unfähig macht. Ich habe deshalb die Versuche wiederholt, zu denen mich Herrn Bertholle's Abhandlung in den *Annales de Chymie* (1790 *Th. VI. p.* 238.) über das Schwarzwerden der Baumrinde schon ehemals veranlasste, und welche ich am Ende meiner Aphorismen aus der chemischen Pflanzenphysiologie beschrieben habe. Ich setzte blendend weisse Spähne von Kieferholz (Pinus sylvestris L.) unter eine Glocke mit Lebensluft, welche von der Luftsäure sorgfältig gewaschen war. Die Temperatur des Zimmers war 18 Grad Reaum. Nach fünf Stunden fing das Holz an zu schwitzen, oder mit Wassertropfen bedeckt zu seyn. Nach vierzehn Stunden zeigten sich schwarze flammige Streifen, wo das Wasser herablief. Diese Streifen nahmen in zwei Tagen beträchtlich zu. Ich untersuchte die mit Quecksilber gesperrte Luft in der Glocke, und fand (was Herr Berthollet nicht bemerkte) deutliche Spuren von Kohlensäure in der Lebensluft. In dem fiberösen Theile des Holzes ist Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff, Bittersalzerde, Kalcherde, vielleicht (wenn man, trotz der widerstreitenden Versuche eines Marggraf und Wiegleb, das nach der Verbrennung übrige Pflanzenalkali gröfstentheils als neu entstanden betrachtet) auch Azote enthalten. Der Wasserstoff scheint bei

einerlei Temperatur nähere Affinität zum Sauerstoffe, als der Kohlenstoff zu haben, daher sich zuerst Wasser und dann erst Kohlensäure bildet. Der Kohlenstoff mit Erden *) verbunden und vom Hydrogen enthüllt, **) stellt sich in seiner schwarzen

*) Reiner Kohlenstoff als fester Körper dargestellt, ist wahrscheinlich nicht schwarz. Crell's Annalen 1795. S. 118. Ueberhaupt glaube ich, dass keine Farbe irgend einem Elemente eigenthümlich ist. Der einfache Schwefel ist gelb, wie die Verbindung von Blei mit Wasserbleisäure. Der Sauerstoff modificirt die Farben, nur weil er das Oberflächenansehen der Körper ändert. Vielleicht könnte jeder einfache Körper jede Farbe zeigen, wenn man ihn nach allen Graden der Dichtigkeit, Dünnflüssigkeit u. s. f. erstarren lassen könnte.

**) Umhüllt nenne ich einen chemischen Bestandtheil eines Körpers, wenn er mit einem andern so verbunden ist, dass jener, (der umhüllte) durch diesen gehindert wird, die ihm isolirt zukommenden Eigenschaften zu äussern. Die Ursache dieser Hinderung liegt gewiss nur darin, dass sich die Affinität der umhüllenden Substanz α gegen die umhüllte β wirksam zeigt, und dass daher, wenn $\alpha + \beta$ in Verhältniss zu einem dritten Körper tritt, das Spiel einer zusammengesetzten Verwandschaft anfängt. Was ich Umhüllung nenne, mag sich also wohl auf den allgemeinen Begriff der Bindung reduciren; unsere chemischen Kenntnisse sind aber noch nicht vervollkommnet genug, um aus dem, was wir von den Affinitäten und dem Ineinanderwirken der Stoffe wissen, jene Erscheinungen erklären zu können. Auffallend z. B. ist es, dass im Spinelle 15 Theile Kieselerde gegen 76 Theile Thonerde dem Fossile alle Kennzeichen einer Gattung aus dem Kieselgeschlechte geben, während dass sich im Thonschiefer nur 26 Theile Thonerde gegen 46 Theile Kieselerde finden. So enthält der Amianth nur 0,18 Talkerde gegen 0,64 Kieselerde und eine Thongattung, der Chlorit 0,06 Thonerde gegen 0,39 Talkerde. Alles was die Oryktognosten der Wernerschen Schule von charakterisirenden Bestandtheilen und von dem

Farbe dar, und — diese schwarzen Streifen wurden nun zu Nervenversuchen angewandt. Ich präparirte den Cruralnerv eines lebhaften Laubfrosches, und brachte denselben in Berührung mit den geschwärzten Stellen des Holzes. Die Verbindung mit dem Muskel geschah durch Gold. Nach langen vergeblichen Versuchen fand ich Holzstreifen, welche heftige Contractionen erregten. Bedarf es eines deutlicheren Beweises für meine Vermuthung, dass die leiseste Umhüllung mit Wasserstoff dem Kohlenstoffe in der weniger ausgebrannten Holzkohle die excitirende Kraft raubt? Ja! ich war noch glücklicher. Ich äusserte in meinen Aphorismen über

Eintheilungsgrunde der Geschlechter angeben, beziehet sich auf die Idee eines umhüllenden Stoffes. Aber bei den unterirdischen Gasarten sind die Wirkungen der Umhüllung auf specifisches Gewicht, Respiration, Brennen der Lichter u. s. f. noch weit problematischer. S. meinen Brief an Herrn Lampadius in Crell's Annalen 1795. B. 2. St. 8. S. 104. und 100. — Drei Körper *a*, *b* und *c* können aus gleichen Quantitäten Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff und Metall zusammengesetzt und in ihrer Natur doch unendlich verschieden seyn. In *a* kann ein Theil des Wasserstoffs frei, ein anderer den Kohlenstoff umhüllend, sich dem öhlichten Zustande nähernd, vorhanden seyn. In *b* kann ein Theil Stickstoff an den Sauerstoff als ein schwaches Salpetersaures, und dieses an das Metall gebunden seyn. In *c* bildet etwas Wasserstoff mit dem Azote vielleicht Ammoniak und das Metall ist leise oxydirt. Unsere analytische Chemie giebt über die specifiken Bestandtheile der Körper und ihre quantitativen Verhältnisse richtige Aufschlüsse; in den Kunstgriffen aber, die relative Umhüllung der Elemente zu prüfen, sind wir noch weit zurück.

über die Pflanzenphyſiologie *) bereits die Idee, daſs der Brand der Bäume (uredo) entweder von dem Sauerſtoffe der Atmoſphäre, oder von dem Sauerſtoffe, welchen die kranken Gefäſſe in Uebermaaſs durch die Säfte zuführen, herrühre. Ich ſtellte mir vor, daſs im lebenden Baume eben die Enthüllung des Kohlenſtoffs vom Waſſerſtoffe vorgehe, welche ich unter meinen Glocken beobachtete. Jetzt hat ſich dieſe Vermuthung durch die Galvaniſchen Verſuche auffallend beſtätigt. Ich nahm Holz, das aus der Brandwunde eines alten erkrankten Maulbeerbaums ausgeſchnitten war, und bediente mich ſeiner zur Nervenarmatur. Ich fand Stücke darunter, welche Muskelbewegungen in Verbindung mit Silber erregten, ob ſie gleich keine Spur abfärbender Kohle zeigten. Zuletzt verſuchte ich noch die ſchwarzen Streifen, welche das Holz theils unter Waſſer, beſonders bei Einwirkung des Sonnenlichtes, theils mit concentrirter Schwefelſäure betröpfelt, annimmt, und welche ebenfalls als das Reſultat einer Waſſer- und Säurezerſetzung und eines enthüllten Carbons zu betrachten ſind; aber mit dieſen Stoffen wurde ich in meinen Hoffnungen bisher noch getäuſcht.

Als Herr Volta die erſte Nachricht von ſeinen Verſuchen mit der Holzkohle den Bologner Phyſikern ertheilte, ſtellte der dortige Profeſſor der Chemie, Aloyſio Laghi, **) welcher auf päbſtlichen

*) Auch Gehlers Wörterbuch, Th. V. S. 694.

**) Johann. Aldini *de animali electricit.* 1794. *p.* 15. u. 16. „ea quae generatim cum foſſili carbone bi-

Befehl eben neue, in der Romagna entdeckte Steinkohlen analysirte, Galvanische Versuche mit diesen an. Sie missglückten ihm sowohl, als Herrn Aldini, welcher mit englischen Steinkohlen experimentirte. Sie fielen, durch ihre elektrische Nerventheorie geleitet, auf die Idee, dass das beigemengte Bitumen die Excitationskraft hindern könne, und schwefelten die Steinkohlen ab. Augenblicklich waren dieselben nun zur Hervorbringung Galvanischer Erscheinungen geschickt. Ja! man konnte in einem Stücke Coak deutlich diejenigen Stellen, welche gehörig ausgebrannt waren, von denen unterscheiden, welche das Feuer weniger getroffen hatte, und welche daher das Galvanische Fluidum in seinem Umlaufe aufhielten. *) Wer häufig bei dem fälschlich sogenannten,

„tuminosa substantia juncta est, omnem car„boni adimit vehendae animalis electricita„tis potestatem. Propositam conjecturam „firmavit eventus: torrefactos fossiles car„bones, cum nostrates, tum anglicos, adhi„buimus, qui armaturam statim praebuerunt „commodissimam; aberant quippe ignis ac„tione a carbone idioelectrica principia, „quae animalis electricitatis excursionem „antea morabantur.„

*) „Interea vero phaenomenon accidit, in quo „maxime electricitatis ingenium eluxit: ni„mirum cum spinali medullae torrefactos „fossiles carbones subjiceremus, atque arcus „a musculis ad carbones fieret, statutis qui„busdam punctis exoriebatur constanter „contractio, aliis negabatur semper: nempe „in eodem carbone ignis actio partes alias „deferentes fecerat, alias quod uberiori bi„tuminoso scaterent principio idioelectricas „relinquerat.„ Aldini *l. c.*

oft sehr entbehrlichen Abschwefeln der Steinkohlen zugegen war, wird oft, wenn der niedrige Meiler aufgebrochen ist, die schönsten klingenden, (blumenkohlähnlichen oder staudenförmigen) Coaks mit metallisch glänzenden Blättchen von Graphit bedeckt gefunden haben. Je glänzender diese Oberfläche des Fossils ist, desto vollkommener ist die Operation der Röstung geglückt, desto freier und reiner hat sich der Kohlenstoff zusammengezogen. Der Versuch der Herren Laghi und Aldini bezieht sich also wieder auf Enthüllung des Carbons! Ich selbst habe aber auch Steinkohlen gefunden, welche, so wie sie aus ihrer natürlichen Lagerstätte kommen, des freien Kohlenstoffs genug enthalten, um wirksame Zwischenglieder der Galvanischen Kette zu seyn. Dahin gehören nicht die flachmuschlige Kennelkohle, nicht Pech- Glanz- und Moorkohle, wohl aber manche Abänderungen deutscher Schiefer-Blätter- und Grobkohlen. Besonders geschickt sind dazu die obern Lagen gewisser Steinkohlenflöze, welche dicht unter dem Dache (sey es Brandschiefer, oder Schieferthon) prismatische Stücke wahrer, oft abfärbender fasriger Holzkohle, nach Art des Trümmerporphyrs, eingewachsen enthalten. *) Diese Steinkohlen erwecken, als Nerven- und Muskelleiter, also mit homogener Armatur, oft lebhaftere Contractionen, als alle Pflanzenkohlen.

*) Diese sonderbare, wie es scheint bisher übersehene Formation wird in meiner geognostischen Schrift über Construction des Erdkörpers im mittleren Europa (an deren Vollendung ich diesen Herbst zu arbeiten gedenke) weitläuftiger beschrieben werden.

Die Braunkohle naht ſich dem, durch Zerſetzung der Schwefelſäure ſchwach verkohlten Holze, und ſchien mir, wie dieſes, unwirkſam. Dagegen waren gewiſſe Abänderungen der Kohlenblende, welche ich bei Servoz in Savoyen ſammelte, der Holzkohle an Excitationskraft gleich. Dieſes in Frankreich ſchon ſeit zwanzig Jahren bekannte, von einigen deutſchen Oryktognoſten aber jetzt als neu angegebene Foſſil, iſt als eine gekohlte Kieſelerde *) zu betrachten, und da ich gefunden, daſs ſelbſt vieler, wo nicht aller Thonſchiefer **) mit Kohlenſtoff gefärbt iſt, ſo muſs man über das Vorkommen der Kohlenblende auf Gängen und als Lagen in uranfänglichen Gebirgen weniger erſtaunen. Dagegen iſt es auffallend, wenn man die excitirende Kohlenblende mit der unwirkſamen Kennelkohle vergleicht, wie jener die Beimiſchung der (ſogenannten idioelektriſchen, verglaſenden) Kieſelerde ***) die Excitationskraft weniger raubt, als

*) Wiegleb in Crells Annalen 1790. B. 2. S. 29. Roz. *Journ. de Phyſique T.* 36. *p.* 55. Die Beimiſchung von Thon- und Kalkerde iſt ſehr geringe, beide betragen zuſammen 0,02 gegen 0,13 Kieſelerde.

**) Crells Annalen 1795. S. 118.

***) Herr Birnbaum, königl. preuſs. Hüttenſchreiber zu Tarnowitz, ein Mann, deſſen langjährigem freundſchaftlichen Briefwechſel ich ſo manche chemiſche Kenntniſs verdanke, und den ſeine praktiſchen metallurgiſchen Arbeiten hindern, ſich als einen trefflichen chemiſchen Analytiker öffentlich zu zeigen, entdeckte in Oberſchleſien eine Thonlage, in der ſich Kieſel- und Thonerde ebenfalls in gekohltem Zuſtande befand. Der Formation nach iſt ſie als zerreibliche Erde, was die Kohlenblende

dieſer die Umhüllung des Kohlenſtoffs mit Hydrogen. Die Abweſenheit des Hydrogens aber in den Kohlenblenden ſchlieſse ich daraus, daſs dieſelben in der trocknen Deſtillation, keine Spur von Oel, oder Gas hydrogène peſant geben, eine Luftart, welche ſich aus allen waſſer- und kohlenſtoffhaltigen vegetabiliſchen Subſtanzen entwickelt, und welche den älteſten Scheidekünſtlern, einem van Helmont und Hales, ſchon bekannt war.

Ueber die Wirkſamkeit des Graphits beim Galvaniſiren haben die Herren Blumenbach und Delametherie *) die erſten intereſſanten Verſuche geliefert. Ich vermuthe, daſs die weſentliche chemiſche Beimiſchung (nicht Beimengung) des Eiſens zum Kohlenſtoff des Graphits, demſelben die ausgezeichnete Wirkſamkeit in Erregung von Muskelbewegungen ertheilt, ja daſs ſie den Nachtheil gleichſam aufhebt, welchen das ebenfalls in ihm gebundene Hydrogen hervorbringt. Denn wenn auch das brennbare Gas, welches Scheele erhielt, von dem im Alkali enthaltenen zerſetzten Waſſer herrührt, **) ſo beweiſen doch van der Monde's, Mongé's und Berthollet's Verſuche ***) unter Glocken mit Le-

als Stein iſt, und ich vermuthe, daſs ſie ebenfalls Wirkung auf die Muskelbewegung äuſſert.

*) Pfaff a. a. O. S. 49. Roz. Journ. 1793. p. 293.

**) Wie Herr Gren glaubt in ſeinem Handbuche der Chemie 1795. T. 3. S. 40.

***) Crells Annalen 1794. S. 525. Verſuche mit Schwefelſäure lehren, daſs das Reiſsblei aus Kohlenſtoff, Eiſen, Waſſerſtoff, Thon und Kalkerde beſteht. Zur Erklärung vieler geognoſtiſchen Phänomene wäre es wichtig, wenn

bensluft im Brennpuncte des Tschirnhaussschen Brennspiegels, die Existenz des Hydrogens im Graphit. Die excitirende Kraft dieser Substanz ist so gross, dass sie in den kleinsten Quantitäten den mächtigsten Stimulus angiebt. Ich hatte beim Galvanisiren einer kleinen Hausmaus Brocken eines Graphits vor mir, welche Herr Freiesleben in unserm Gebirge zwischen Berneck und Geffenreuth als Lager im Glimmerschiefer (also analog der Formation, welche wir am Montblanc im Chamounythale bemerkten) neuerlich entdeckt hat. Ich bestrich ein Plättchen Elfenbein mit diesem Fossile, und sahe deutliche Contractionen, wenn der Nervus popliteus des Thierchens auf dem gefärbten Striche lag, und der silberne Muskelleiter eben diesen Strich berührte. Ich stellte folgenden Versuch an, um die Erscheinung in noch gröfserer Feinheit darzustellen: Auf dem Elfenbeine waren (Fig. 49.) zwei Streifen *a* und *b* mit Graphit gefärbt. Auf *a* lag der Nerv, auf *b* war der Muskelleiter aufgesetzt. Der Fuss blieb unbewegt, weil die Zuleitung von *a* nach *b* fehlte. Ich zog nur einen Verbindungsstrich *ab*, trug das Reissblei etwas dick auf, und nun traten die Contractionen ein. Auch war das Galvanisiren wirksam, als ich das Fossil pulverte, den Nerv darin umrührte, und nun mittels einer wohlausgebrannten Kohle den glänzend gewordenen Nerven mit dem musculus gastro-cnaemius verband.

es in der Folge glücken sollte, Hydrogen in Gebirgsarten, das heisst mit metall- und kohlenstoffleeren Erden gebunden zu entdecken.

Lydiſcher Stein. — Selten hat mich irgend eine phyſikaliſche Erſcheinung ſo überraſcht, als die Wirkſamkeit dieſes Foſſils, welche ich im Frühlinge 1795 zufällig entdeckte, und welche die feine Erregbarkeit thieriſcher Organe für die kleinſten Stimuli in ihrer ganzen wunderſamen Klarheit zeigt. Ich habe dieſer Erſcheinung ſchon an andern Orten vorläufig gedacht, *) hier aber iſt der ſchicklichſte Ort ſie umſtändlich zu beſchreiben. Fowler's Verſuche mit Erzen hatten mich veranlaſst, meinen ganzen Vorrath von Foſſilen zur Erregung von Muskelbewegungen zu prüfen. Ich traf auf eine Abänderung des Lydiſchen Steins, welcher unfern meines ehemaligen Wohnortes Steben am Thüringer Waldgebirge, theils auf dem mächtigen Mordlauer Zuge als Gangart, **) theils bei Schwarzenbach an der Saale auf Lagern im uranfänglichen Thonſchiefer bricht. Das Stück, welches ich anwandte, war von der gewöhnlichen graulichſchwarzen Farbe, von ebenem, dem flachmuſchlichen ſich nähernden Bruche, und mit kleinen Quarzgängen durchtrümmert. Als

*) In meinen phyſiologiſchen Briefen an Herrn Blumenbach in Gren's neuem Journ. der Phyſ. 1795. B. 2. S. 121, in meiner Abhandlung über die Natur der Grubenwetter und die unterirdiſche Meteorologie in Crell's Annalen 1795. S. 114.

**) Das Vorkommen des Lydiſchen Steins auf Gängen iſt in der Natur vielleicht nicht ſo ſelten, als es unbeobachtet iſt. Ich habe die erſte Anzeige davon im Jahre 1792. im Bergmanniſchen Journ. St. 7. 8. 74. gemacht. Damals behauptete Herr Fichtel gar noch, dieſs Foſſil exiſtire nur als Geſchiebe. — Vergl. über dieſe Abänderung auch Herrn Martius lehrreiche Wanderungen durch Franken 1795. S, 256.

Nervenarmatur eines Froschschenkels war es in Verbindung mit Silber, ja selbst mit Blei, von grosser Wirksamkeit. Ich glaubte anfangs, dass etwas Metallisches oder Steinkohlenstaub sich zufällig an das Fossil gehängt habe. Es wurde rein abgewaschen, aber die Muskelbewegung blieb dieselbe. Ich bemerkte nur, dass die weissen Quarztrümmer isolirten, und dass bloss der Lydische Stein als Stimulus wirke. Nach dem Grundsatze, dem ich anhänge, dass man neue räthselhafte Erscheinungen erst an ältere anzuschliessen versuchen muss, bevor man neue Ursachen derselben annimmt, entschloss ich mich sogleich zur chemischen Analyse, in der Hoffnung, einen schon bekannten excitirenden Stoff in dem Lydischen Steine zu finden. Herrn Volta's Entdeckungen über die Kohle veranlassten mich, das Fossil gerade auf diese zu prüfen. Auch hatte ich ausserdem einen zwiefachen Grund auf das Daseyn dieser Substanz, welche man, den Brandschiefer abgerechnet, sonst den Steinarten eben nicht zuschreibt, zu schliessen. Denn einmal hatte ich, wie schon oben bemerkt, den Kohlenstoff als färbende Beimischung des uranfänglichen Thonschiefers bereits entdeckt, und zweitens besann ich mich, zwei Jahre früher, als ich in meinem einsamen Gebirgsaufenthalte einmal angefeuchteten gepulverten Lydischen Stein in Verbindung mit dem pnevmatischen Apparate erglühte, ein Gemenge von kohlensaurem und entzündbarem Gas erhalten zu haben. Sollte, schloss ich jetzt, bei dieser Operation nicht das Wasser zersetzt, und der Sauerstoff an den Kohlenstoff des Fossils getreten seyn?

Der weitere Erfolg beſtätigte dieſe Vermuthung. Ich ſah meinen ganzen Vorrath von der Mordlauer Abänderung des Lydiſchen Steins nach, und fand Stücke darunter, welche vom dunkelſchwarzen ins bräunlichſchwarze übergingen, und beſonders auf den Ablöſungsklüften mit einem zerreiblichen Pulver bedeckt waren. Dieſs Pulver iſt ſtark abfärbend und giebt unſern Nailaer Bergleuten, wenn ſie früh aus der Grube kommen, bisweilen das Anſehen von Steinkohlen-Bergleuten. Ich fand die abfärbenden Theile des Foſſils im Ganzen am wirkſamſten für den Galvanismus, doch waren auch bisweilen die graulichſchwarzen, nicht abfärbenden eben ſo mächtige Stimuli für den Muskel. Ja! es fanden ſich Stücke, in denen die nicht abfärbenden die färbenden in der Wirkung übertrafen, Fälle, in denen dieſe ſich als iſolirende Subſtanzen zeigten. Alles ſchien, wie bei der Pflanzenkohle, auf feinen Umhüllungen zu beruhen!

Ich glühte gleiche Theile gepülverten Lydiſchen Stein mit ätzendem Pflanzenlaugenſalze in offenen Scherben. Das letztere wurde kohlenſauer, milde und brauſte heftig mit Schwefelſäure auf. Ich mengte fünf Theile des gepülverten Foſſils mit einem Theile gereinigten Salpeter. Das Gemenge verpuffte und der Salpeter wurde theilweiſe zerlegt. Es blieb kohlengeſäuertes Pflanzenalkali zurück. Mit ſchwefelgeſäuertem Mineralalkali, in wohlverdecktem Tiegel geſchmolzen, gab der Lydiſche Stein einen förmlichen Schwefellebergeruch. Ich ſtellte 240 Gran des gepulverten Foſſils wohlgetrocknet unter eine kleine

Glocke voll reiner, wohlgewaſchener Lebensluft, welche mit Queckſilber geſperrt war. (Herrn Senebier's Verſuche, über die Luftverderbung durch Kohlenmagazine, leiteten mich auf dieſe Vorrichtung). Nach fünf Tagen unterſuchte ich das Gas in der Glocke, und fand es mit Kohlenſäure anſehnlich gemengt. In meinen calibrirten Cylindern verſchluckte das Kalkwaſſer faſt 0, 24 des ganzen Luftgemenges. *) Ich ſammelte nun ſorgfältig das gepulverte Foſſil, und fand es nur etwas über 237 Gran an Gewicht. So reinlich ich mich auch zu arbeiten bemühte, ſo bin ich doch ungewiſs, ob dieſer ganze Verluſt dem entwichenen Carbon zuzuſchreiben iſt. Bei Wiederholung dieſer Verſuche fand ich, daſs die Zerſetzung der Lebensluft ſchneller **)

*) Auf ganz ähnliche Art als hier unter der Glocke mit Lebensluft erregt der Lydiſche Stein böſe Wetter in der Grube. Crell a. a. O. S. 117.

**) Bei der mündlichen Erzählung dieſer Verſuche haben berühmte Chemiſten mir den Zweifel geäuſsert, ob überhaupt vollkommen reine trockne Kohle das Sauerſtoffgas zerſetzt, welches ſie berührt, oder ob nicht vielmehr die kohlenſaure Luft aus einer Waſſerzerſetzung in der feuchten Kohle bei niedriger Temperatur herrühre. Aus mehrjährigen Verſuchen glaube ich ſchlieſsen zu dürfen, 1) daſs der Carbon den Sauerſtoff aus dem Waſſer allerdings leichter, als aus der Luft anzieht, entweder weil derſelbe in jenem durch weniger Wärmeſtoff, als in dieſer expandirt iſt, oder weil das Hydrogen in jenem durch eine Wahlverwandtſchaft die Zerlegung befördert. Die Entzündlichkeit der Oele und des Holzes, gegen die des Demants und der Kohlenblende gehalten, ſcheinen dieſe Eigenſchaft des Hydrogens zu beſtätigen. 2) Daſs ganz trockne in verſchloſſenen Scherben geglühte Kohle die atmoſphäriſche Luft ſelbſt bei einer bis zu 5 ° Reaum.

vor ſich geht, wenn das Foſſil ein wenig angefeuchtet iſt. Vergleicht man dieſe meine Arbeiten über den Lydiſchen Stein mit denen, welche über das Reiſsblei und die Kohlenblende unternommen wurden, ſo wird die Uebereinſtimmung aller drei Subſtanzen und das Daſeyn des Kohlenſtoffs in dem erſtern ſehr einleuchtend.

ſinkenden Temperatur zerſetzt. Luft und Kohle ſind freilich hygroſkopiſche Subſtanzen. Wollte man aber annehmen, in dem Sauerſtoffgas, unter der Glocke ſey Waſſer gebunden enthalten, welches die Kohle oder der gepulverte Lydiſche Stein anziehe und zerſetze, und das nach Tagen zurückbleibende kohlenſaure Gas entſtehe aus dieſem Waſſer, ſo müſste das Queckſilber, womit die Glocke geſperrt iſt, wegen Vermehrung der Luftmenge ſinken und ſich entzündliches Gas bilden. Beide Erſcheinungen aber habe ich nie beobachtet, und die Menge der gebildeten Kohlenſäure ſcheint in gar keinem Verhältniſſe gegen die geringe Quantität Waſſer zu ſtehen, welche das Sauerſtoffgas aufgelöſt enthalten kann. Ich glaube vielmehr mit dem ſcharfſinnigen Herrn Gren, daſs Kohle, wie jede andere Baſe acidifiable ſich in einem ſchwach-oxydirten Zuſtande befinden könne, ohne darum Kohlenſäure zu ſeyn. In dieſem Zuſtande nun wird (wie andere analoge Erſcheinungen lehren) das oxide des Carbon ſich leichter mit Sauerſtoff ſättigen, als wenn man die einfache Kohle in Berührung damit bringt. Sollte alſo angefeuchtete Kohle nicht bloſs darum ſich ſchneller zerſetzen, weil eine ſchwache Waſſerzerſetzung vorangeht, den Kohlenſtoff leiſe oxydirt, und ſo zur Zerlegung der Lebensluft vorbereitet? Ich ſtelle mir ſelbſt vor, daſs auch bei meiner ausgeglühten Kohle, welche ich trocken unter die Glocke brachte, etwas ähnliches vorgeht, nemlich daſs dieſelbe zuerſt Waſſer aus der Luft wieder anzieht und ſich vorläufig oxydirt. Dieſe Vorſtellungsart ſcheint ſehr natürlich und unſern jetzigen Erfahrungen angemeſſen.

So haben wir demnach ein Foſſil aus dem Kieſelgeſchlechte, welches die auffallendſten Galvaniſchen Erſcheinungen giebt. Waſſerfröſche, welche mit Zink und Silber nur ſchwache Contractionen erlitten, zuckten heftig, als ſie mit dem Lydiſchen Steine und Silber, oder Eiſen, oder Bleiſtift (geſchwefeltes Reiſsblei) berührt wurden. Dieſes letztere Gemenge in Verbindung mit Gold war bei denſelben Individuen völlig unwirkſam. Hier haben wir abermals ein merkwürdiges Beiſpiel von der ſpecifiken Wirkſamkeit einzelner Stoffe. Denn geſchwefelter Graphit und der lydiſche Stein von der Mordlau ſind in ihren Beſtandtheilen gewiſs homogener, als der Graphit und Silber!

Alaun- und Vitriolſchiefer. — Beide Subſtanzen, beſonders aus einem hierländiſchen Lager im uranfänglichen Mandelſteine zwiſchen Bernek und der Goldmühle, kommen in ihren Galvaniſchen Wirkungen dem oben beſchriebenen Foſſile ſehr nahe. Auch gaben ſie einerlei chemiſche Reſultate. Wirklichen uranfänglichen Thonſchiefer, der reich genug an Kohlenſtoff iſt, um als Nervenarmatur zu dienen, habe ich noch nicht gefunden. Sein häufiger Uebergang in Alaunſchiefer, von dem ihn nur der Mangel an geſchwefeltem Eiſen unterſcheidet, läſst mich aber an ſeinem Daſeyn nicht zweifeln.

Ich habe abſichtlich dieſe Excitationskraft des Kohlenſtoffs weitläuftiger entwickelt, und alle Nebenumſtände dabei, wie ich hoffe, gründlich erwogen, weil mir dieſelbe von groſser Wichtigkeit für die Betrachtung der belebten Natur zu ſeyn

ſcheint. *) Es war nicht genug, zu zeigen, daſs Holzkohle und Graphit einen Muskel reizen; es kam darauf an, dieſs Phänomen in ſeiner ganzen Feinheit, in ſeinem ganzen Umfange darzuſtellen. Je weiter wir den Kohlenſtoff durch die belebte Pflanzenwelt verbreitet, je tiefer wir die älteſten Schichten des Erdkörpers ſelbſt da, wo ſich keine Grabſtätten der Vegetabilien finden, mit dieſem Kohlenſtoffe durchdrungen ſehen, deſto intereſſanter muſs uns das Verkehr ſeyn, in welchem wir ihn auch in der kleinſten Menge, wo er ſich enthüllt darſtellt, mit den thieriſchen Kräften erblicken!

Waſſer**) und andere tropfbare Flüſſigkeiten, auſser Oel, ſind vollkommen leitende, ja unter gewiſſen Umſtänden, (wie in dem, im vierten Abſchnitte beſchriebenen Hauchverſuche) nothwendige Zwiſchenglieder Galvaniſcher Ketten. Das Waſſer wirkt theils für ſich allein, theils als Ueberzug von iſolirenden, nicht leitenden Subſtanzen. Naſſes Siegellack, naſſen Bernſtein habe ich in der Zuleitung des Galvaniſchen Fluidums eben ſo wirkſam, als Metalle oder Muskelfleiſch gefunden. Auffallend ſcheint mir dabei der Zuſtand der Flüſſigkeit, in dem ſich das Waſſer befindet. Bei den Metallen iſt es gleichgültig, ob ſie feſt, oder durch Wärmeſtoff tropfbar flüſſig expandirt ſind. Sie leiten immer gleich ſtark, wie ich mit flieſsendem Bleie und Zinne verſucht habe. Ganz anders verhält ſich das

*) Und doch konnte Fowler die reizende, oder leitende Eigenſchaft der Kohle ganz läugnen.

**) Pfaff a. a. O. S. 206 und 229.

Waſſer. Als Eis iſt es völlig iſolirend, wie Siegellack und Oel. Man zerſchlage bei trockner Winterluft Eisſtücke in dünne Scheiben; auch die dünneſten derſelben unterbrechen die Wirkung der Excitatoren auf die Organe. Kaum iſt das Eis zu Waſſer geſchmolzen, ſo iſt ſeine iſolirende Eigenſchaft verlohren. Sie tritt wieder ein, wenn das Waſſer mit noch mehr Wärmeſtoff gebunden in ſeine gasförmigen Beſtandtheile zerſetzt iſt. Selbſt unzerſetzter, nur elaſtiſch expandirter Waſſerdampf ſcheint ſchon ohne Leitungskraft zu ſeyn. Vielleicht liegt der Grund davon in der Luft, welche auch in den verdickteſten Dampf eindringt und die Theile deſſelben von einander trennt. Ich füllte eine kleine Kugel mit erhitzten Waſſerdämpfen und öffnete ſie dergeſtalt, daſs der Dampfſtrom, indem er hinausfuhr, zwei Metalle, welche mit der Nerven- und Muskelarmatur in Verbindung ſtanden, mehrere Secunden lang verband. Ich wiederholte den Verſuch zweimal, ſah aber nie Zuckungen entſtehen.

Auſser dem Waſſer fand ich auch alle, in Waſſer auſgelöſte Mittelſalze und Waſſerfreie Schwefel- Salpeter- und Kochſalzſäure, das Oleum tartari per deliquium, den Alkohol und alle Naphten gleich wirkſam. Ich ſtellte die Verſuche darüber entweder ſo an, daſs ich Papier mit der zu prüfenden Flüſſigkeit tränkte und daſſelbe zwiſchen zwei zuleitende Metalle legte, oder ſo, daſs ich gekrümmte Glasröhren, wie (Fig. 50.) *F*, in welche zu beiden Seiten die, mit den belebten Organen communicirenden Metalldräthe eingeſenkt ſind, mit dem Alkohol oder

der Säure füllte. Den letzten Apparat kann ich als besonders vortheilhaft empfehlen. Reines Oel, z. B. Olivenöl unterbricht, auch in der kleinsten Menge, den Durchgang des Galvanischen Fluidums. Herr Voigt zu Jena hat hierüber eine Reihe sinnreicher Beobachtungen angestellt. Ich goss Olivenöl auf eine Glasplatte und legte den Nerv eines Thieres und eine Zinkplatte dergestalt in diess Oel, dass das Ende des Nerven um 6 Linien weit vom Metalle entfernt blieb. Der Nerv war isolirt und keine Verbindung des Muskels mit dem Zinke, durch einen Muskelleiter, konnte Bewegungen hervorlocken. Ich tröpfelte aufgelöstes Pflanzenalkali zwischen den Nerv und den Zink ins Oel; es entstand eine flüssige Seife, und nun — nun war durch diese die Zuleitung zu den thierischen Theilen so vollkommen hergestellt, dass (Fig. 51.) die Pincette *p* oft nur das Metall *m*, und die sich bildende Seife *s* zu berühren brauchte, um den Schenkel wirksam zu galvanisiren. Diese Erfahrung, welche ich oft angestellt, ist sehr überraschend, und einige Physiker von Ansehen, welche meine spätern Versuche über die ungeheure Wirkung der Alkalien auf die Reizempfänglichkeit kennen, haben auch hier eine ausgezeichnete Eigenschaft des Oleum tartari bemerken wollen. Ich glaube aber, dass das auffallende Phänomen sich gröstentheils auf das des feuchten Siegellacks reduciren läst. Jede isolirende Substanz wird durch Beimischung von Wasser selbst leitend. Sollte daher das Oleum tartari nicht bloss dadurch wirken, dass sein Pflanzenlaugensalz das Wasser, in wel-

chem es aufgelöſt iſt, mit dem Oele verbindet? Indeſs fand ich die flüſſige Seife, welche ich aus Olivenöl und trockner ätzender Potaſche bereitete, auch leitend; aber wo iſt trockne Potaſche, welche nicht etwas atmoſphäriſche Feuchtigkeit an ſich gezogen hätte? Ich geſtehe, daſs mich das letztere Factum ſehr bedenklich macht, da in einer ſo feinen Materie es ſchwer iſt, zu entſcheiden, wie viel Waſſer dazu gehöre, um als Stimulus für die Organe, oder wenigſtens als Leiter des ſtimulirenden Fluidums zu wirken.

Trockne Seife iſolirt, wenn ſie auch in die dünneſten Scheiben geſchnitten iſt. Legt man dieſelben auf den belebten Muskel ſelbſt, ſo wird man ſie in einigen Minuten leitend finden. Dies iſt bloſs Folge der durchdringenden Lymphe, und muſs nicht irre machen. Auch Seifenſchaum, wenn er bereits 2 Stunden getrocknet, leitet meiſt noch. Ich bin überzeugt, daſs ein ſehr weſentlicher Unterſchied zwiſchen der Leitungskraft verſchiedener Flüſſigkeiten, als der Säuren, Naphten und alkaliſchen Auflöſungen iſt. Die Veränderungen aber, welche uns zum Maaſsſtabe dienen muſsten, die Lebhaftigkeit der Muskelcontractionen ſind im Grade der Stärke ſo fein nüancirt, von ſo vielerlei Umſtänden abhängig, daſs es mir bei meinen bisherigen Bemühungen unmöglich ſchien, auf reine Reſultate zu kommen. Daſs flüſſige Seife, aus fetten Oelen und ätzendem Alkali friſch bereitet, ſtärker leitet, als reines Waſſer, habe ich deutlich geprüft. Den Fall Fig. 51. habe ich, wenn Waſſer

zwi-

zwiſchen dem Nerv und Zink ſtand, noch nie poſitiv gefunden, häufig aber, wenn die Zuleitung durch Seife geſchah. Auch das Hinderniſs, welches kohlenſaures Waſſer dem Galvaniſchen Fluidum entgegenſtellt, iſt dem des deſtillirten gewiſs nicht gleich. Durch welche Mittel aber iſt eine ſolche Aufgabe zu löſen? Wiſſen wir doch nicht einmal, wie ſich die Metalle in Rückſicht auf ihre Leitungskraft für die Elektricität verhalten, ob der elektriſche Stoff freier durch Salpeterſäure, oder durch Salzſäure (in der man weiland eine metalliſche Baſis ahndete) durchſtrömt! Es iſt hier genug, auf ſolche Puncte aufmerkſam zu machen.

Wenn wir die ſpecifike Natur der leitenden und iſolirenden Galvaniſchen Zwiſchenglieder betrachten, ſo finden wir uns, (wie in dem Streit über die Urſachen der Capacitäten und elektriſchen Leitungskräfte) in einem dädaliſchen Labyrinthe, aus dem eine folgende Generation erſt den Ausweg entdecken wird. Ich glaube erwieſen zu haben, daſs die Capacität eines Körpers für den Wärmeſtoff ſich in Verhältniſs ſeiner Oxydation vermehre. Aber wie unbefriedigt läſst uns dieſes eine Geſetz für ſo viele gar nicht geſäuerte, oder ſäurungsfähige Stoffe! Man weiſs, daſs von zwei geriebenen Körpern der glatteſte $+ E$, der rauhere $- E$ empfängt. Wie wenig laſſen ſich aber Symmer's, Adam's und Cigna's auffallende Verſuche mit ſeidenen Bändern, Strümpfen, Federkielen und Siegellack auf dieſen Satz reduciren! Wo es an Einheit in dem ganzen Vorrathe von Erfahrungen fehlt, iſt es immer ſchon intereſſant,

die Materialien ſo zu ordnen, daſs dieſe Einheit wenigſtens in einzelnen Theilen einigermaaſsen hervorleuchtet.

Aus den oben entwickelten Beobachtungen über Metalle und kohlenſtoffhaltige Subſtanzen folgt das Geſetz, daſs beide einzeln ſowohl, als in ihrer wirkſamen Verbindung ihre Galvaniſche Leitungskraft einbüſsen, wenn ſie von Oxygen, oder Hydrogen umhüllt ſind. Dieſe Unwirkſamkeit beruht aber auf der Natur des neuen Gemiſches, welches der Sauer- und Waſſerſtoff mit dem Metallerze und dem Carbone hervorbringen, nicht auf der Eigenthümlichkeit des Sauer- und Waſſerſtoffs ſelbſt. Denn ſonſt müſste es doppelt auffallend ſeyn, daſs dieſe beiden Elemente mit Wärmeſtoff zu einer tropfbaren Flüſſigkeit, Waſſer, verbunden, einen vollkommenen Leiter des Galvaniſchen Fluidums geben, und daſs iſolirender Schwefel und Phosphor mit Oxygen geſättigt, in der concentrirten Schwefel- und Phosphorſäure, wie Waſſer wirken. Es kommt bei dieſem Phänomene der Leitungskraft ganz auf die individuelle Beſchaffenheit der leitenden Stoffe, als Aggregat von Elementen betrachtet, nicht auf die einzelnen Elemente ſelbſt an. Bei einigen Conductoren, wie bei den Metallen, entſcheidet der Zuſtand der Flüſſigkeit, oder die Maſſe des gebundenen Wärmeſtoffs gar nicht; bei andern, wie in Waſſer und Eis, iſt tropfbare Flüſſigkeit ein nothwendiges Bedingniſs der Leitungskraft. Die Expanſion jedes Stoffes in einen elaſtiſch-flüſſigen, oder gasartigen Zuſtand macht denſelben iſolirend. Erwärmung

einer excitirenden Subſtanz bis zur Glühhitze, benimmt derſelben, wie ich unten zeigen werde, ihre Wirkſamkeit nicht, ſie bringt aber auch keine Veränderung in den iſolirenden Stoffen hervor. Ich lieſs die dünnſten Glasſcheiben glühen, und zwiſchen den Nerv und die Nervenarmatur legen ſie hinderten aber gleich ſtark, warm und kalt, die Erregung der Muskelbewegungen. Eben ſo fand ich flieſsendheiſses Siegellack und ſchmelzenden Schwefel iſolirend.

Kohlenſtoff mit dem vierten Theile Hydrogen zu einer tropfbaren Maſſe verbunden, hemmt jeden Umlauf des Galvaniſchen Fluidums. Zwar iſt in jedem fetten Oele auch noch (wie Herr Gren ſehr richtig gegen Lavoiſier behauptet) *) etwas Sauerſtoff enthalten, die Menge deſſelben muſs aber bis zum Zuſtand des ranzigen Oels oder gar bis zur Umwandlung in eine vollkommene Pflanzenſäure vermehrt **) werden, um dem Oele eine leitende Eigenſchaft mitzutheilen. Eben dieſe Eigenſchaft ſcheint mir der concentrirte Weingeiſt dem Oxygen zu verdanken. So gefährlich derſelbe der Reizempfänglichkeit des Nerven iſt, ſo wirkſam habe ich ihn im Verſuche Fig. 51. gefunden. Der Alkohol enthält aber, wenn er auch noch ſo concentrirt iſt, weſentliches Waſſer, nemlich nach Herrn Meunier's

*) Denn fette Oele geben mit Ausſchluſs der oxygenirten Luft deſtillirt, doch Kohlenſäure. Gren's Handbuch der Chemie, 2te Auflage, B. 2. S. 180.

**) Obſerv. ſur les huiles et l'air pur par Senebier in *Annales de Chymie T. II. S.* 89.

und Lavoisier's *) vortrefflicher Analyse, 28,530 Kohlenstoff, 7,873 Wasserstoff und 63,597 Wasser.

Wie das Oel verhalten sich auch, sie mögen fest, oder fliessend seyn, alle Harze, gummöse Stoffe, und thierische Fette, als Federharz, von dem ich das künstliche aus Caoutchoua elastica bereitete sowohl, als das fossile aus Derbyshire untersucht, Mastix, Sandarak, Wachs, Talg, Bernstein, Gummigut, u. s. f.

Obgleich das Quecksilber in der Mercurialsalbe bloss mechanisch vertheilt, mit Oel zusammen gerieben ist, so fand ich es doch isolirend. Eben so die brennzligen Oele, die ich wegen der freien Kohle, die sie enthalten, für leitend hielt. Vielleicht haben Quecksilber und Kohle in beiden nichts von ihrer Leitungskraft eingebüsst, und vielleicht hindern nur die dazwischen liegenden Oeltheilchen die Fortleitung des Galvanischen Fluidums. Die Bemerkung eines schätzbaren und überaus arbeitsamen Chemisten, des Herrn Fabbroni in Florenz, **) nach welcher gewisse Abänderungen vom Kalksteine nicht kohlensaure, sondern wahre gekohlte Kalk-

*) *Mem. de l'Acad. Roy.* 1784. *p.* 593. Es ist gar nicht widersprechend, dass in einem Stoffe ein Theil Hydrogen mit der Kohle, ein anderer mit dem Oxygen verbunden sey. Ich erinnere an die obige Note von Umhüllung der Elemente.

**) Crell's Annalen 1795. St. 12. S. 503. Auch Herr Kirwan vermuthet Kohlenstoff im Kalkstein. S. die zweite Ausgabe seiner Mineralogie S. 161., welche hoffentlich in Deutschland weniger muthwillig gemisshandelt werden wird, als die erste.

erde *) seyn sollen, veranlassten mich einen grossen Vorrath dieses Fossils, den ich aus vielen Gegenden besitze, zu prüfen. Ich glaubte wie beim Lydischen Steine, durch ein so feines Reagens, als die belebte Nervenfaser ist, jene Beobachtung leicht zu bestätigen. Bisher aber bin ich in meinen Beobachtungen getäuscht worden.

Ueber die relative Wirksamkeit thierischer und vegetabilischer Theile, als Zwischenglieder Galvanischer Ketten, sind bisher noch sehr unbestimmte Beobachtungen bekannt gemacht worden. Ich glaube folgende reine Resultate liefern zu können. Ich rede von Pflanzen, wie sie sich bei trockner Frühlingsluft im natürlichen Zustande des Wachsthums befinden, nicht von solchen, die bei nasser Witterung abgeschnitten sind. Alle Stengel-Kelch- und Blüthen-Blätter (folia, foliola calycis und petala) Staubfäden und Pistille, Nectarien, Früchte mit ihrer Haut bedeckt, selbst die saftigen Stengel der Hyacinthen und Maiblumen, wo sie von der Cuticula nicht entblösst sind, alle Moose und Flechtenarten isoliren. Man lege die jungen Blätter der Reseda odorata, eine Jungermannia complanata, petala von der Viola canina, oder einem Lichen prunastri zwischen den Schenkel einer Pincette und den zu stimulirenden Muskel, so

*) Also Verbindungen von Kalkerde und Kohlenstoff, wie in den thierischen Knochen und im kaltbrüchigen Eisen (nicht phosphorsaure sondern) phosphorhaltige Kalkerde und Eisen enthalten sind. Vergl. meine Flora Friberg. p. 138. und Gren's Handbuch der Chemie 1795. Th. 3. S. 466.

wird jede Contraction verſchwinden. Zieht man die Cuticula von dem darunter liegenden Zellgewebe ab, ſchneidet man ein Stück aus der Mitte des fetten Blattes von Meſembryanthemum deltoideum aus, ſo leiten die entblöſsten Theile. Doch iſt dieſe Eigenſchaft meiſt nach einer Viertelſtunde verſchwunden. Die Stengel der Convallaria majalis, des Lamium purpureum iſoliren, wenn man ſie mit dem kurzen Durchmeſſer Fig. 52., nicht wenn man ſie mit dem langen Fig. 53., zwiſchen die leitenden Metalle legt. Im letztern Falle bieten ſie nemlich die entblöſste Fläche der Gefäſse dar. Ganz anders, nemlich unendlich wirkſamer, verhalten ſich thieriſche Stoffe, als Nerven, Muskelfleiſch, Membranen und Blut. Ich bin durch vielfältige Verſuche überzeugt worden, daſs dieſer Unterſchied der Wirkſamkeit von der eigenthümlichen Natur der vegetabiliſchen und thieriſchen Materie abhängt, und daſs dieſe Natur, wie Herr Reil neuerlichſt ſo treffend entwickelt, das gemeinſame Reſultat der Form und Miſchung ihrer Beſtandtheile iſt. Man glaube nicht, daſs das Blatt des Meſembryanthemum deltoideum darum nur kürzere Zeit und unvollkommener leite, als ein Stück thieriſches Muskelfleiſch, weil dieſes mehr tropfbar flüſſige Feuchtigkeit, als jenes enthalte, weil dieſe ſpäter austrockne, als jenes. Nein, auch die friſch ausgepreſsten Säfte der Pflanzen ſtehen den thieriſchen weit nach. Ich drückte die Milch aus den Stengeln der Euphorbia Eſula und der Aſclepias ſyriaca, den gelben Saft des Cheli-

doneum majus behutſam aus, um die Röhre *F* (Fig. 50.) damit zu füllen. Bei matten Thieren war dieſe Verbindung von *a b* und *c d* zu unvollkommen, um Contractionen zu erregen. Friſches Blut hingegen an der Stelle der Pflanzenſäfte, zeigte ſich ſogleich wirkſam. Wenn man den Vorzug bedenkt, den das Blut in dieſer Hinſicht auch vor dem Speichel, Urine, Schleime und andern ausgeſchiedenen Säften behauptet, ſo ſcheint es wahrſcheinlich, daſs eine vegetabiliſche, oder thieriſche Flüſſigkeit, als ein deſto wirkſamerer Leiter des Galvaniſchen Fluidums erſcheint, je mehr ſie belebt iſt, das heiſst, je weniger ihre Elemente nach den, von uns erkannten, Geſetzen der chemiſchen Affinität gemiſcht ſind. Das Hauptkriterium dieſes Grades der Belebtheit iſt nun die Schnelligkeit, mit der die Säfte eines organiſchen Körpers, wenn ſie aufhören, Theile des Ganzen auszumachen, ihren Miſchungszuſtand ändern. Dieſe Aenderung tritt bei den flüſſigen Beſtandtheilen der Pflanzen ſehr ſpät ein, und ich glaube daher in meinen Aphoriſmen *) mit Recht behauptet zu haben, daſs dieſelbe ſchon dadurch ihre mindere Stuffe der Organiſation bezeichnen.

Daſs die Natur und das Miſchungsverhältniſs der thieriſchen Materie, nicht die Menge von Flüſſigkeit, welche ſie enthält, ihre Leitungskraft beſtimmt, leuchtet auch daraus hervor, daſs ich gebratenes, gekochtes und mehrere Tage lang aufbewahrtes

*) S. *Flora Fribergenſis cryptogamica* 1792. *p.* 171. §. 10.

Muskelfleisch, selbst rohen, sehr dürren Schinken, überaus wirksam fand. Diese Stoffe waren den feuchtesten Theilen eines Apfels nicht bloss im Effecte gleich, sondern schienen, bei minder lebhaften Thieren, auch diese im Effecte zu übertreffen. Sie hinderten (Fig. 1.) als Glied zwischen der Nerven- und Muskelarmatur, die Reizung nicht, wo jene sich als Isolatoren zeigten.

So wie die Wahl und Folge der Excitatoren bei verschiedener Reizempfänglichkeit des Organs verschieden seyn muss: so sind auch einerlei Stoffe bei den hohen Graden derselben leitend, welche es bei den minderen nicht sind. Der menschliche Körper giebt in seinem natürlichen unverletzten Zustande, mit der Oberhaut bekleidet, ein auffallendes Beispiel davon. Bei matten, unerregbaren Thieren ist derselbe eben so isolirend, als es die mit der Oberhaut *) bedeckten Pflanzentheile, auch bei den lebhaftesten, erregbarsten Thieren, sind. Ich legte den Schenkelnerv eines sehr reizbaren Frosches auf den Daumen, die Zinkplatte $1\frac{1}{2}$ Zoll von ihm entfernt in die innere Fläche meiner linken Hand. So oft ich nun den Schenkel mit dem Zinke durch Silber verband, entstanden schwache Contractionen. Dieselben wurden sichtbar vermehrt, wenn entweder der Nerv mit einer alkalischen Auflösung beträufelt wurde, oder wenn ich die Hand durch Reiben erwärmte. Im ersten Falle war die Incitabilität des

**) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 13. Gren's Journal der Physik, B. 8. S. 381. 319. und 205. — Dahin gehören auch meine obigen Versuche Fig. 5. 18. 38. 39.

Organs, im andern die Zuleitung vermehrt. Denn bei der erregten Wärme ſondern die ausdünſtenden Gefäſse, welche in die Endigungen der Arterien eingemündet ſind, mehr Feuchtigkeit ab, und erhöhen dadurch die Leitungskraft des Oberhäutchens. Bei minder reizbaren Thieren entſteht keine Muskularcontraction, wenn (Fig. 1.) der Finger an der Stelle von *a* liegt, oder wenn man (Fig. 8.) durch die Linke *s* auf *t* drückt, mit der Rechten aber den Schenkel berührt. Das Oberhäutchen hindert den Effect; denn ſobald der Finger bis auf den Mucus über dem Corium, das iſt, bis ins ſogenannte Malpighiſche Netz verwundet iſt, ſo entſteht die Zuckung ſogleich.

Wenn man den Vorzug der Leitungskraft in den thieriſchen Säften, vor den vegetabiliſchen, und in der Cuticula der Thiere vor der der Pflanzen betrachtet; wenn man bedenkt, wie gebratenes und gedörrtes Fleiſch Wochenlang eine Eigenſchaft behält, welche das Parenchyma der ſaftigſten Gewächſe ſchon nach ſo viel Stunden verliert; ſo iſt die Vermuthung ſehr natürlich, daſs dieſs alles in der vollkommenern Organiſation der thieriſchen Materie gegründet ſeyn könnte. Soll der Begriff von dieſer Organiſations-Vollkommenheit *) von den Geſetzen der chemiſchen Verwandtſchaft, nach welchen die

*) Ich beziehe mich hier auf die neue Definition der Lebenskraft und belebter Stoffe, welche ich vor vier Jahren in den Aphorismen vortrug. Am Ende dieſer Schrift werde ich ſie näher und ſicherer zu beſtimmen ſuchen.

Beſtandtheile verbunden ſind, von der ſchnellen Umänderung ihres Miſchungsverhältniſſes (nach der Trennung vom Ganzen) abſtrahirt werden: ſo halte ich jene Vermuthung für ſehr wahrſcheinlich. Soll der Begriff ſich aber (und darauf reducirt ſich leider doch alles, was man gemeinhin unter Organiſation verſteht) auf Form der Materie, auf die mechaniſche Aneinanderreihung der Beſtandtheile zu Faſern, Gefäſsen und Häuten beziehen, ſo iſt der Abſtand der Vegetabilien von den Mineralkörpern gewiſs eben ſo unendlich, als der Abſtand dieſer von den Thieren. Nach dem wenigen, was wir von der Anatomie der Pflanzenkörper wiſſen, ſcheint die Anordnung ihrer Elemente im Ganzen zwar einförmiger, als in den thieriſchen Stoffen — aber nur im Ganzen, nicht in Vergleichung einzelner Theile. Gerade die Cuticula der Vegetabilien, welche ſich beim Galvaniſchen Verſuche ſo iſolirend zeigt, iſt ein ſchön organiſirtes prachtvolles Netz der mannigfaltigſten Gefäſse, während daſs die Cuticula der Thiere, die ſich als Conductor äuſſert, unter den ſtärkſten Mikroſkopen kaum mehr, als eine faltige Haut zeigt.

Ich fand mehr als eine Veranlaſſung, mich von der Wahrheit dieſer Behauptung zu überzeugen. Die Vaſa lymphatica der Pflanzen-Oberhaut und ihre Ausdünſtungsgefäſse hat Herr Hedwig *)

*) S. Hedwigs Sammlung ſeiner zerſtreuten Abhandlungen und Beobachtungen über botaniſch-ökonomiſche Gegenſtände B. 1. S. 116. Tab. 5.

mit der, ſeinen Zeichnungen eigenthümlichen Wahrheit abgebildet. Bei meiner Arbeit über das Athmen der Vegetabilien habe ich dieſe Hedwigſche Entdeckung zu verfolgen geſucht, das Oberhäutchen an mehr als zweihundert Pflanzen beobachtet, und mich überall nicht ſättigen können an dem wunderbaren Baue dieſer Hülle. Nicht bloſs die Hoffnung, ähnliche Organe, *) durch welche die gasförmige Exhalation auf der thieriſchen Cuticula geſchieht, ſondern auch zugleich der Widerſpruch über die ſogenannten Gefäſse derſelben, reizten mich an, die Epidermis am Menſchen einer genauern mikroſkopiſchen Unterſuchung zu unterwerfen. Leeuwenhoeck glaubte Poren der Oberhaut geſehen zu haben, und bildete ſie in ſeinen arcanis naturae detectis ab. Da der groſse Mann ſich bloſs einfacher Linſengläſer bediente, welche nach Folkes und Bakers Berechnung nur 160mal vergröſſern, ſo glaube ich, daſs er ſolche Oeffnungen, wo Haare die Oberhaut durchbohrten und zufällig ausgeriſſen waren, für eine weſentliche, organiſche Poroſität gehalten hat. Ich bin zwar aus vielen phyſiologiſchen Gründen und Herrn Haſens Einſpritzungen überzeugt, daſs Mündungen der Gefäſse bis in die letzte verhärtete Schicht des Malpighiſchen Netzes, das iſt, bis in die Epidermis gehen. Aber man muſs vorſichtig unterſcheiden, was durch Gläſer geſehen

*) Ich werde unten auf dieſe, für die allgemeine vergleichende Phyſiologie der Pflanzen und Thiere wichtige Materie von Einſaugung und Ausdünſtung durch die Epidermis, zurückkommen.

wird, und was der Physiologe vermuthen darf. Ich wusch mir die Oberhaut an mehreren Theilen des Körpers rein ab, schnitt mittels eines Rasirmessers dünne durchsichtige Stücke davon aus, und betrachtete sie unter einer 312,400maligen Flächenvergrösserung. Bei der besten Beleuchtung waren keine Poren zu entdecken. Herr Fontana redet in seiner Schrift über das Viperngift *) (ein Werk, das ich nie ohne tiefe Bewunderung für die Grösse seines Genies, seiner Empfindsamkeit und Beharrlichkeit in die Hand nehme) von einem Gewebe geschlängelter Cylinder, oder Gefäfse, welche er unter seinem Mikroskope sah. Dagegen behauptet ein eben so berühmter Physiologe ausdrücklich: „*Reticulum Malpighii, aeque ac epidermis, structura „simplicissima nervis vasisque plane destituta longissime „a corii natura differunt.* **)

Allerdings zeigt auch mir, bei einer Vergrösserung von 35,700mal in der Fläche, die menschliche Epidermis jene, von dem Florentiner Entdecker gezeichnete Formen. Die geschlängelten Cylinder bilden theils unregelmäfsige Maschen, ***) theils lau-

*) Felice Fontana's Abhandlung über das Viperngift, die amerikanischen Gifte, und das Kirschlorbeergift, 1787. S. 403. Tab. 8. F. 12. Man verwechsele dieses Gewebe ja nicht mit den Elementarfasern, welche Fontana bei blendender Beleuchtung sah, und die Alexander Monro für eine optische Täuschung erklärte.

**) Blumenbach, *de generis humani varietate nativa*, 1795. *p.* 117.

***) Solcher Maschen zählte ich auf meinem Mikrometer in einem Quadratzolle Oberhaut bald 8640, bald 9810, bald

fen ſie in nicht anaſtomoſirende Zweige aus. Drei Urſachen machen es mir aber gewiſs, daſs ſie Falten, rugae, und nicht wahre organiſche Hautgefäſse ſind. Denn erſtens: ſind ſie ſeltener, und weniger erhaben auf den glattern, bedeckten Theilen des Körpers, als auf den rauhern, der Luft entblöſsten; zweitens: laufen ſie in die Nebenzweige, nicht wie Gefäſse, allmählig verengt aus, ſondern behalten da, wo ſie aufhören, ihren vollen Durchmeſſer, und drittens: ſind ſie von einer Breite, die zu den andern Organen der äuſserſten Bedeckungen in keinem Verhältniſſe ſteht. Nach meinem mikroſkopiſchen Mikrometer beträgt dieſe Breite bei vielen $\frac{1}{60}$, bei einigen aber gar $\frac{1}{32}$ einer pariſer Linie. Wenn man den Focus eines convexen Erleuchtungsglaſes von verſchiedenen Seiten auf dieſe Fontanaſchen Gefäſse fallen läſst, ſo ſieht man noch deutlicher, daſs ſie Falten ſind; denn der Schatten, den ſie werfen, iſt ſehr ungleich, und oft ſcheinen ſie rippenartig, oder ſcharfkantig emporzuſtehen.

Nicht alſo in dem feinern, mannigfaltigern Baue, zu dem die thieriſchen Elemente in der Oberhaut an einander gereiht ſind, ſondern in der ſpecifiken Beſchaffenheit der thieriſchen Materie liegt der Vorzug dieſer, als leitendes Medium, vor der

11520. Wenn demnach, um eine ſpielende Berechnung anzuſtellen, nach Abernetty (ſ. chirurgiſche Verſuche 1795. S. 136.) die Oberfläche eines menſchlichen Körpers 2700 Quadratzolle beträgt, worunter (freilich ſehr unbeſtimmt!) bloſs 174 Quadratzolle Falten und Warzen ſtecken, ſo enthält ein Menſch über 24 Millionen jener Maſchen.

vegetabilischen Cuticula. Man lasse 12 bis 14 Menschen sich die Hände reichen, von denen die äussersten mit der Nerven- und Muskelarmatur eines Thieres in Verbindung stehen; sind zwei Personen in der Kette nur dadurch verbunden, dass sie beide den grünen Halm einer Grasart, oder eine nicht benetzte, oder von der Epidermis nicht entblösste Hanfstaude berühren; so wird jegliche Contraction fehlen. Bei lebhaften Thieren tritt dieselbe sogleich ein, als jene Personen sich entweder unmittelbar anfassen, oder dem Stengel des Grases die Oberhaut abziehen.

In diesem Versuche der kettenförmigen Verbindung mehrerer Personen zeigt sich bisweilen ein Phänomen, welches mir zu auffallend scheint, um es nicht hier zu erwähnen. Ich sah nemlich, dass unter gewissen Umständen bei 6 oder 8 Menschen, die eine Kette bildeten, die Muskularbewegungen nicht eher erfolgten, als bis eines der Glieder aus der Kette heraustrat. Dieses störende Glied war meist nur dadurch auszufinden, dass eine Person nach der andern die Kette verliess, bis man die nicht leitende traf. — Ich beobachtete Fälle, wo es umsonst war, dieser die Hände zu benetzen, um sie leitend zu machen; ein Mittel, welches doch sonst eben so wirksam ist, als wenn man den Fussboden, auf dem Menschen stehen, mit Wasser begiesst. *)

*) Vergl. auch Volta in Gren's neuem Journal der Physik B. 2. S. 143. — Das Benetzen der Hände bringt bloss eine Zuleitung von der Oberhaut in das Corium und von diesem in das innere Muskelfleisch hervor. Denn das Durchströmen geschieht von den feuchten Fingern der Rechten durch beide Arme in die Linke.

Ich fand, dafs eine und dieselbe Perſon zu gewiſſen Zeiten leitend, zu andern iſolirend war, und es ſchien ſich hier, wenn ich mich eines ſcherzhaften Ausdrucks bedienen darf, ein neuer Unterſchied zwiſchen Galvaniſchen und Ungalvaniſchen Menſchen darzuſtellen. Als ich bei meinem letzten Aufenthalte in Göttingen, im Sommer 1793, Herrn Girtanner meine Verſuche über das Durchſchneiden der Nerven zeigte, trafen wir beim Experimentiren ſelbſt auf dieſe Iſolirung durch Menſchen. Der ſcharfſinnige Mann äufserte die Vermuthung, dafs ein rheumatiſcher Zuſtand wohl eine ſolche Erſcheinung hervorbringen könne, und ich geſtehe, dafs faſt alle Erfahrungen, welche ich in der Folge darüber anſtellte, dieſe Vermuthung beſtätiget haben. Ich habe an mir ſelbſt beobachtet, dafs ich bei einem heftigen Anfalle von Schnupfenfieber gar nicht im Stande war, mittels der wirkſamſten Metalle mir die Galvaniſchen Blitze vor den Augen zu erregen; dafs ich jede Kette zwiſchen der Muskel- und

Ueber die Art, wie bei matten Thieren, wo die Oberhaut iſolirt, das ſogenannte thieriſch elektriſche Fluidum ein- und ausgeleitet werden kann, habe ich folgenden Verſuch mehrmals angeſtellt. Man verwunde ſich bis aufs Malpighiſche Netz einen Finger der linken Hand, und verbinde die Wunde mit der Nervenarmatur, ſo wird, ſo lang dieſe Verbindung dauert, ſogleich eine Muskelcontraction entſtehen, wenn an irgend einem andern Theile des Körpers, ſey es an der rechten Hand, oder an der Schulter, ebenfalls die Epidermis abgezogen und an dieſe Stelle die Muskelarmatur applicirt wird. Der menſchliche Körper verhält ſich dann wie ein überfirniſtes Metall, deſſen Ueberzug an zwei Puncten weggefeilt iſt!

Nervenarmatur unterbrach. So wie das rheumatische Uebel die Reizempfänglichkeit der Organe mindert, so schien es auch ihre Leitungskraft zu afficiren. Freilich ist das wie? in dieser Sache damit noch gar nicht erläutert; freilich habe ich hier und da isolirende Personen gefunden, welche sich im Genusse der vollkommensten Gesundheit befanden; aber ist es in einem solchen Oceane der Unwissenheit nicht immer schon gewonnen, eine Bedingung auszumitteln, wo man nicht jede determiniren kann?

Die Aehnlichkeit dieses Versuchs mit den elektrischen, wo man Schläge der Kleistischen Flasche durch eine Kette von Menschen durchleitet, führte mich (durch eine sehr natürliche Ideenverbindung) auf ein Factum, das ich mich besann in den Schriften *) der gelehrten Societät zu Philadelphia gelesen zu haben. Herr Flagg erzählt aus Briefen von Rio Essequebo, dass, wenn mehrere Personen sich die Hände geben und die äussersten Glieder der Kette den Gymnotus electricus beim Kopf und Schwanz berühren, diejenigen nicht erschüttert werden, welche durch ihre Constitution vor dem Ueberströmen des elektrischen Fluidums geschützt werden. „*If a number of persons join hands and one touch „the Eel, they are all equally shocked, unless there should „happen to be one of the number incapable of being affected „by the Eel, which is the case of a very worthy lady of „my*

*) *Transact. of the American Phil. Society, held at Philadelphia, Vol. II. n.* 13. Observat. on the Torporific Eel by Henry Collins Flagg, of South-Carolina.

„*my acquaintance, who can handle this fish at will.*„ Von dieſer *very worthy Lady* ſagt der Rev. D. Stiles in einer Note, daſs ſie, als er ſie kennen lernte, ein hektiſches Fieber hatte, daſs er aber vergeſſen zu fragen, *) ob ſie im geſunden Zuſtande bereits eben ſo ſicher den Zitteraal berühren konnte? Auch von gewiſſen Indianern und Negern wird erzählt, daſs ſie den Gymnotus electricus ohne Erſchütterung und Schlag berühren können. — So unendlich mangelhaft dieſe Nachrichten in Hinſicht auf die zu erprüfende Urſache ſcheinen, ſo lehrreich ſind ſie doch für den Phyſiologen, da ſie das wichtige Factum begründen, daſs einige Menſchen, ſey es nun immer, oder nur in gewiſſen Zuſtänden, unempfindlich für die Influenz der elektriſchen Fiſche, andere iſolirend für das Galvaniſche Fluidum ſind. Das Auffinden dieſes Factums war mir um ſo intereſſanter, als mir noch kein Verſuch bekannt iſt, in dem die Elektricität, wenn man ſie durch eine Kette von mehreren Menſchen leitet, im Durchſtrömen durch einzelne Glieder aufgehalten wurde. Denn der längſt widerlegte **) Wahn, als könnten

*) In dem ſonſt ſo vortrefflichen Wörterbuche des Herrn Gehler (B. 4. S. 879.) ſollte daher nicht apodiktiſch geſagt ſeyn, als habe Flagg "mit Auszehrung behaftete "Perſonen" unreizbar gefunden. Der Rev. D. Stiles ſagt bloſs: "I am perſuaded it is ſomething "in the conſtitution of the lady," was Urſach der Erſcheinung iſt.

**) S. Sigaud de la Fond *Précis hiſtorique des phénomènes electriques à Paris* 1781. *p.* 285.

Caſtraten und ihnen ähnliche, durch Ausſchweifungen geſchwächte Perſonen keine Leidner Flaſche entladen, bedarf hier keiner Erwähnung, ſo wie die Bemerkung, daſs gewiſſe Menſchen von dem elektriſchen Schlage empfindlicher erſchüttert werden, als andere, mit der Frage: ob ein thieriſcher Körper iſolirend, wie Harz und Siegellack, werden kann, nichts gemein hat. Reizempfänglichkeit und Leitungskraft ſind wie die Erſcheinungen der belebten und todten Materie verſchieden. Ich werde an einem andern Orte zu dieſem Gegenſtande zurückkehren. Hier wollte ich nur beiläufig darauf aufmerkſam machen, wie unbedeutend ſcheinende Umſtände, wenn man ſie mit analogen vergleicht, auf die Entſcheidung wichtiger Probleme Einfluſs haben können.

So wie die nicht befeuchtete Epidermis des Menſchen nur im Zuſtande hoher Erregbarkeit leitet, ſo iſt dagegen die erdige Faſer der Knochen für ſich, in jedem Zuſtande iſolirend. Dieſe Eigenſchaft hat ſie mit allen den Theilen der Vegetabilien und Thiere gemein, welche ihren Miſchungszuſtand (nach der Trennung vom Ganzen) wenig, oder gar nicht ändern, und daher an die unorganiſche Natur grenzen, mit dem Holze, den Haaren, und dem Pappus der Pflanzenſaamen. *)

*) Vergl. meine *Flora Friberg. p.* 137, §. 4. und dagegen ſtreitend Schäffer über Senſibilität, als Lebensprincip in der organiſchen Natur 1793. S. 18. — "einer Schrift, die (wie Herr Pfaff ſich aus-"drückt) nichts als Copie der Girtannerſchen Abhand-"lung über die Irritabilität iſt, mit dem Unterſchied

Auffallend ist der Unterschied der Leitungskraft, wenn man das Os femoris irgend eines Thieres dem Nervenleiter so anlegt, dass derselbe bald das reine Mittelstück an der Linea aspera, bald den noch mit Knorpelrinde überzogenen innern Condylus trifft. Im erstern Puncte ist alles isolirt, der abgeschabte Knochen verhält sich wie ein unorganisches Fossil, wie Apatit und Gyps; den Condylus hingegen, besonders da, wo das Ligamentum cruciatum gegen den hintern Rand des Schienbeinkopfes zu liegt, macht die frische Knorpelrinde zu einer leitenden Substanz.

Ich komme hier auf eine merkwürdige Erscheinung, welche ich denkende Physiologen sorgfältig zu prüfen bitte. Nichts ist bekannter, als der Zustand der Empfänglichkeit, in welchen schwache vegetabilische Säuren, unreife Weintrauben, Pflaumen, Aepfel, Citronen, oder Essig den gesundesten Zahn versetzen. Der gemeine Sprachgebrauch legt dieser Erhöhung der Reizempfänglichkeit sehr unphilosophisch den Namen Stumpfheit der Zähne bei. Die sonst fühllose Krone derselben, die unverletzte Substantia vitrea wird in diesem Zustande so reizbar, dass die Berührung mit Wolle und Leinwand, Löschpapier und Kork, ja bisweilen schon die Furcht vor einer solchen Berührung ein lebhaftes Unbehagen erweckt. Herr Wedekind *) hat das

"dass das Wort Irritabilität in Sensibilität verändert
" wird."

*) Aufsätze über Gegenstände der Arzneiwissenschaft 1791. S. 357.

Verdienſt, die Aufmerkſamkeit der Naturforſcher auf dieſes Factum geleitet zu haben, und der groſse Halliſche Phyſiologe, Herr Reil, *) hat ſinnreiche Vermuthungen darüber aufgeſtellt. Was kann auch in der That auffallender ſeyn, als einen Theil, den wir für einen bloſs erdigen Stoff halten, **) dem die Natur keine Empfindung verliehen zu haben ſcheint, durch Berührung einer Säure zu einer ſolchen Senſibilität erhöht zu ſehen!

Es iſt eine bekannte Erfahrung, daſs der Voltaſche Verſuch mit Armirung der Zunge nicht glückt, wenn man, ſtatt die untere und obere Fläche derſelben mit Zink und Silber zu belegen, das eine Metall an die Krone der Zähne, das andere an die Zungenſpitze applicirt. — Ich war neugierig zu wiſſen, ob die Zähne im ſogenannten Zuſtande der Stumpfheit dieſe iſolirende Eigenſchaft behielten, und Herrn Wedekind's Schlüſſe lieſsen mich das Gegentheil vermuthen. Der Erfolg meiner Verſuche hat dieſe Vermuthung gerechtfertiget. Ich benetzte die Krone der Schneidezähne bald mit Sauerkleeſäure, bald mit Eſſig, und nun erregten die Armaturen die gewöhnliche Empfindung in den Geſchmacksorganen, ungeachtet das eine Metall bloſs die Subſtantia vitrea berührte. Dieſe Empfindung war gleich ſtark, der Zink mochte das Zahnfleiſch, den Gaumen, oder den Schmelz berühren. Hier war alſo die

*) Hübner *Differt. de Caeneſtheſi. Hal.* 1794. *p.* 33.

**) Sömmering's Knochenlehre 1791. S. 4. §. 8. Blumenbach's Geſchichte der Knochen 1786. p. 50. und 59.

kettenförmige Verbindung, welche die Wirkungen des Galvanismus voraussetzen, durch das wunderbare Geflechte des fünften Nervenpaars hergestellt. Die Zuleitung geschah vom Zinke durch die Zähne, in den Unterkiefernerven und von diesem durch die, beim dritten Hauptaste so häufigen Anastomosen in den Lingualis und dessen pinselartige Verbreitung in die Zungenwärzchen. Hier war ein erdiger Stoff auf einmal leitend, ein Stoff, der sonst jede Kette, wie Glas und Siegellack, unterbricht. Ja! ausser dem alkalischen Geschmacke auf der Zunge wurde noch, wenn die Stumpfheit der Zähne recht gross war, eine widrige Empfindung in diesen erregt. Eben so gelang mir selbst einige Male der Hunterfche Versuch blitzähnlicher Erleuchtung, indem ich die obern Schneidezähne mit Silber und die obere Zungenfläche mit Zink armirte, und beide Metalle mit einander verband. Entsteht dieses Phänomen nicht aus der Verbindung des zweiten und ersten Hauptastes des fünften Paars, nemlich durch Zuleitung des vordern (vom Nervus infraorbitalis abgehenden) Zahnnerven des Oberkiefers, durch den Nasalis, in die Ciliarnerven, und von diesen (denn wirkliche Anastomose fehlt!) mittels der Sehnervenscheide, an der sie ansitzen, in den Sehnerven? Herr Reil glaubt, die Krone der Zähne, ein so unorganisches Ansehen sie auch habe, sey nicht von eigenen Nerven entblösst. Im natürlichen Zustande sey diese Empfänglichkeit unendlich schwach, durch die Säure werde sie erhöht. „*Corona*

„*dentium* *) *a caeneſthesi non eſt deſtituta, cum in morbo* „*exaltetur, immo cum ſenſu gaudeat, haud nervis caret.* „*Acidum pomorum ſpecificum eſt irritamentum, quod vi* „*pollet, exaltandi ſenſibilitatem dentium.*„ Eben dieſe Exiſtenz der ſenſiblen Faſer ſchlieſst dieſer Phyſiologe aus den, durch Whytt und Murray ſo fleiſsig geſammelten pathologiſchen Fällen in von Reizbarkeit Sehnen und Bändern. „*Nervos,*" heiſst es in der Abhandlung von der Lebenskraft, **) „*in tendinibus ſe non inve-* „*niſſe aſſerunt Anatomici, et ex ea ratione illas inſenſibiles* „*ſtatuere. Sed vivit tendo vix absque nervo et morbo affecta* „*ſenſibilitatem monſtrat. Morbus vero vires novas affundere* „*non poteſt, ſed praeſentes tantum exaltare.*" So wenig ich es mir anmaaſsen darf, in einem ſo wichtigen Puncte zu entſcheiden, ſo glaube ich doch, daſs mehrere Erfahrungen mich berechtigen, einige Zweifel wider jene Schlüſſe zu äuſsern. Die Verbindung, in welcher die Nerven mit Ernährung und Erwärmung der Theile ſtehen; der Einfluſs, den ſie auf den groſsen chemiſchen Proceſs der vitalen Functionen haben, läſst mich ebenfalls vermuthen, daſs ein kommendes Jahrhundert uns dieſelben an Orten darlegen wird, von denen wir ſie jetzt ausgeſchloſſen glauben. Die pathologiſche Erſcheinung aber: daſs Theile zu gewiſſen Zeiten Schmerz erregen, welche zu andern vollkommen empfindungslos ſind, läſst wohl nicht unmittelbar auf eigene Organe dieſer

*) Hübner *de Caeneſthesi p.* 34. — Vergl. damit Sömmering a. a. O. S. 193. §. 225.

**) Gautier *de Irritabilitate* 1793. *p.* 25. und beſonders noch p. 163.

Caeneſthesis ſchlieſsen, ſondern läſst vielmehr noch andere Erklärungsarten zu. Sollte das ganze Phänomen nicht eine Folge veränderter Zuleitung ſeyn? Wir ſehen täglich, daſs mechaniſche Erſchütterungen heftige Stimuli für Bewegungs- und ſelbſt Sinnesnerven ſind, die Erſchütterung mag den Nerv unmittelbar treffen, oder durch andere organiſch verbundene Theile auf ihn fortgepflanzt werden. Muſs nun jede Veränderung, welche in dieſem Medium vorgeht, nicht die Stärke der Fortpflanzung eben ſo modificiren, wie Schallſtrahlen ſtärker durch Lebensluft, als durch kohlenſaures Gas fortgeleitet werden? Iſt es nicht denkbar, daſs Theile, welche wegen ihrer Rigidität faſt alle Erſchütterung hemmten, im krankhaften Zuſtande, oder durch andere Verhältniſſe dergeſtalt verändert werden, daſs ſie nun mit vermehrter Elaſticität den empfangenen Stoſs fortpflanzen? Ich führe dieſe mechaniſche Vorſtellungsart nur zum Beiſpiele an; denn die meiſten, wo nicht alle Reizungen der Nerven- und Muskelfaſer reduciren ſich gewiſs auf chemiſche Geſetze, auf Miſchungsveränderungen der Materie. Aber auch hier giebt uns die Erfahrung analoge Fälle an die Hand. Wärmeſtoff, der freie ſowohl, als der (mit einem unbekannten Radicale y) im elektriſchen Fluidum gebundene, iſt ein wirkſamer Stimulus für die incitablen Organe. Wie mannigfaltig ſind nun nicht die Abſtufungen der Leitungskraft für Elektricität und Wärmeſtoff, wie ſchnell wird dieſelbe nicht durch die kleinſten chemiſchen Veränderungen modificirt? Wo gehen in der todten Natur dieſe Ver-

änderungen ſo unaufhaltſam wechſelnd vor, als in dem ſtäts ſich erneuernden, wandelbaren thieriſchen Stoffe? Wie wird hier, bei dem ewigen Binden und Zerſetzen, bei dem Feſt- und Flüſſigwerden der Elemente die Temperatur bald erhöht, bald erniedrigt, das Oxygen bald angehäuft, bald ausgeſchieden? Und gerade Vermehrung der Temperatur und Entweichung des Sauerſtoffs können iſolirende Subſtanzen in Conductoren der Elektricität, und dieſe in jene verwandeln. Wir ſehen beim Galvaniſchen Verſuche, daſs (Fig. 51.) der Nerv, *n*, von Oel umfloſſen durch das Metall *s* nicht eher gereizt wird, als bis eine Miſchungsveränderung in dem Oele vorgeht, bis man eine alkaliſche Solution in daſſelbe träufelt, und bis das zur Seife umgebildete Oel die reizende Urſache fortpflanzt. Kann beim ſogenannten Stumpfwerden der Zähne die vegetabiliſche Säure, unter Einwirkung der belebten Organe, nicht vielleicht eben ſo auf den Schmelz, wie das Oleum tartari per deliquium auf das Oel wirken?

Nach dieſer Vorſtellungsart bedarf es weder in der Krone des Zahns, noch im ſchmerzenden Knochen eigener Nervenfaſern, um die temporäre Senſibilität dieſer Theile zu erklären. Der Unterkiefernerv des dritten Hauptaſtes vom fünften Paare und die der Beinhaut anliegenden, oder mit den Arterien bisweilen in die Knochen eindringenden *) Nerven ſcheinen mir die wahren Organe dieſer Caeneſthesis zu ſeyn. Ihr ſenſibler Wirkungskreis wird

*) Klint *de Nervis brachii* 1785. §. 3.

dadurch vermehrt, dafs die Stoffe, die fie umgeben, an Leitungskraft zunehmen, und wie fchwankend unfer Urtheil über den Ort des Schmerzes ift, davon zeugen die zahllofen Eigenheiten fympathetifcher Erfcheinungen. Auch ftreiten directe Erfahrungen gegen die Meinung, als könne eine fcharfe Säure die Reizempfänglichkeit des Nerven erhöhen. Ich werde am Schluffe diefer Schrift, wo ich meine Methode, die Temperatur der Lebenskraft nach Willkühr zu ftimmen, bekannt mache, durch zahlreiche Verfuche darthun, dafs Säuren (wenn fie nicht mit Oxygen überfäuert find) die Nervenkraft deprimiren. Die Erregbarkeit jedes Nerven wird durch unmittelbare Benetzung mit denfelben herabgeftimmt, ja zuletzt vernichtet — eine Wirkung, die blofs chemifch und gar nicht mechanifch, die Structur und Form der Theile zerftöhrend ift. Dagegen habe ich entdeckt, dafs alkalifche Solutionen der mächtigfte Stimulus für die fenfible Fiber find, dafs fie die Incitabilität derfelben fürchterlicher, als Arfenikkalche und oxygenirte Kochfalzfäure, vermehren. Durch diefe Beobachtung geleitet, benetzte ich den obern Schmelz meiner Zähne mit concentrirtem Oleum tartari per deliquium. Sind unbekannte Nervenfäden, dachte ich, Urfach jener problematifchen Empfindlichkeit, fo habe ich Grund zu hoffen, dafs diefelbe auf diefem Wege erweckt werde. Aber der Zahn blieb unempfindlich. Auch Alkohol konnte die durch Säuren erregte Stumpfheit nicht mindern. Freilich wird man einwenden, dafs verfchiedene Theile verfchiedenen Reizen gehorchen,

dafs gerade für jene unbekannte Nerven vegetabilifche Säure ein eben fo fpecifiker excitirender Stimulus feyn kann, als es die Alkalien für andere Nerven find. Diefem Einwurfe kann ich durch directe Verfuche nicht begegnen. Da aber alle fenfible Organe, die ich bisher bei kalt- und warmblütigen Thieren geprüft, von Alkalien und Säuren auf einerlei Art afficirt wurden, fo frage ich blofs: ob es nicht ficherer ift, ftatt eigene Nerven, und Nerven von fo fonderbarer Natur anzunehmen, jene pathologifchen Fälle der Caeneftheefis auf das Phänomen der Zuleitung zu reduciren?

Eben diefs Phänomen fcheint mir eine wichtige und bisher wenig bemerkte Rolle bei Stimmung der Lebenskraft felbft zu fpielen. Wir fehen, dafs thierifche Organe zu gewiffen Zeiten mehr, zu andern weniger lebhaft von den Objecten der äufsern Sinnenwelt gerührt werden. Wir fchreiben diefe verfchiedenartige Reizung gewöhnlich nur zweien Urfachen, entweder der Reizempfänglichkeit der Fiber, oder der Qualität des Reizes (reizenden Stoffes) zu. Sollte aber eine dritte Urfach, die Fähigkeit der thierifchen Materie den Reiz auf den Nerv fortzupflanzen, fich nicht eben fo wirkfam dabei zeigen? Die aus dem Conductor ausftrömende Elektricität afficirt uns an einem Tage mehr, als an einem andern. Sie afficirt oft dann am meiften, wenn unfer Körper für andere Stimuli am unerregbarften fcheint. Hängt diefe Verfchiedenheit der Perception dann vielleicht nicht blofs von einem vermehrten Leitungsvermögen unferer

Muskeln ab? Ist der jugendliche, biegsamere Körper nicht schon darum reizempfänglicher, reicher an sympathetischen Erscheinungen der Bewegung und Empfindung, als die rigide Faser des Greises, weil jener die empfangenen Eindrücke schneller auf einen, oder mehrere Nerven fortleitet, wo dieser einer unmittelbaren Rührung seiner sensiblen Organe bedarf? —

Doch ich kehre zu den Gesetzen des Galvanismus zurück. Ich habe bereits eben den Unterschied zwischen der Leitungskraft thierischer und vegetabilischer Stoffe bemerkt. Gekochter Schinken, oder gebratenes Rindfleisch leitet, wenn es auch noch so trocken ist, fünf Tage lang, während dass das saftige Blatt des Mesembryanthemum dolabriforme wenig Stunden, nachdem es vom Stamme getrennt ist, bereits ein isolirendes Glied der Galvanischen Kette wird. Indem ich über diese Eigenthümlichkeit des thierischen Stoffes nachdachte, fiel ich, durch eine sehr leicht zu errathende Ideenverbindung, auf die Frage: ob manche hierländische Schwammarten, die den Thieren so nahe verwandt sind, sich als Leiter, dem Muskelfleische ähnlich verhalten sollten? Zur Entscheidung derselben stellte ich im April 1795 (bei meiner Durchreise nach Jena) sogleich eine Reihe von Versuchen an, deren Resultate mich sehr überraschten. Herr Gehler *) hat in seinem grossen physikalischen Werke dem Publicum die erste Nach-

*) Physikalisches Wörterbuch B. 5. S. 295. Vergleiche auch meinen ersten physiologischen Brief an Herrn Blumenbach in Gren's Neuem Journal B. 2. S. 121.

richt davon gegeben. Die Wichtigkeit, mit welcher derselbe dies Factum behandelt, muntert mich auf, es hier weitläufiger zu entwickeln.

Alle Schwammarten, welche im Zustande der Fäulniss einen cadaverösen, süsslichen, thierischen Geruch von sich geben, sind eben so vollkommene Leiter in der Galvanischen Kette, als wirkliche thierische Organe. Besonders zeigen sich hierunter die Morcheln, und zwar die drei essbaren Arten, *) Phallus esculentus (Spitzmorchel), Elvela mitra (Stockmorchel) und Elvela sulcata, aus. Man kann aus denselben, und wenn sie bereits drei Tage ihrem Standorte entrissen sind, Zolllange Streifen schneiden, und durch diese die Muskel- und Nervenarmatur wirksam verbinden. Man glaube ja nicht, als komme den Morcheln, da sie oft nach dem Regen gesammelt werden, diese Leitungskraft nur

*) Phallus esculentus, *Lin. Syst. Veget. p.* 978. Schäffer *Fung. tab.* 199. F. 2. 5-6. Gled. *Meth. p.* 59. *n.* 4. P. acuminatus. Batsch *Elench. p.* 133. *n.* 9. Schrank *Flor. Bav. n.* 1636. — *Elvela mitra Lin. S. V. p.* 979. Schäffer *tab.* 159. Phallus brunneus Batsch *p.* 129. *n.* 2. Phallus mitra Baumg. *Flor. Lipf. n.* 1609. Lumnitzer *Flor. Posen. n.* 1261. — *Elvela sulcata*, stirpite sulcato, rimoso, pileo plicato, adnato, crispo, nigricante. Willdenow *Flor. Ber. n.* 1158. Gleditsch. *p.* 36. *n.* 1. Phallus costatus Batsch *p.* 129. *n.* 4. Baumgarten *n.* 1608. — In Cochinchina wächst auf der Melaleuca leucadendra L. noch eine vierte essbare Morchelart, welche die Einwohner Nam-tram nennen, die Elvela amara des Loureiro. (S. *Flor. Cochinchin.* 1793. *p.* 854.). Die Nam-rach oder Elvela mitra dieses Schriftstellers ist aber von unserer europäischen sehr verschieden.

als feuchten Subſtanzen zu. Ich habe, von mehrern Phyſikern dazu aufgefordert, eigene Gegenverſuche deshalb angeſtellt. Die braune, im Alter faſt ſammtartige Oberfläche der Elvela mitra wurde auf Wolle und Löſchpapier abgerieben, ihre Wirkſamkeit blieb aber dieſelbe. Ich lieſs ſie in kleine Stücke zerſchneiden und über dem Feuer auf Blech leiſe erwärmen. Sie dampften ſehr ſtark, wurden noch heiſs zwiſchen die Muskel- und Nervenarmatur gelegt, aber ihre Leitungskraft war nicht gemindert. Sie leiten alſo nicht wie naſſe Leinwand, und alle Waſſerhaltige Subſtanzen, ſondern wegen der eigenthümlichen Miſchung ihrer Faſer, wegen der faſt thieriſchen Natur ihrer Lymphe. Die ausgezeichnete Wirkſamkeit der letzteren vor dem Waſſer, zeigte ſich bei einem andern Verſuche recht auffallend. Ich ſchnitt eine Spitzmorchel in zwei Hälften. Die eine wurde an einen trocknen Ort, die andere in reines Waſſer gelegt. Dies Waſſer färbte ſich gelb, und um ſo ſtärker, je öfter der Schwamm darin gedrückt und gleichſam gewaſchen wurde. Nach einem Tage lieſs ich die eingeweichte Hälfte ſo weit abtrocknen, daſs ſie noch um etwas feuchter als die war, welche im natürlichen Zuſtande blieb. Was erfolgte? Der Verſuch Fig. 1. glückte, als die letztere, nicht aber als die erſtere die Nerven- und Muskelarmatur verband. Demnach konnte in Rückſicht auf die Leitungskraft das Waſſer, welches die Morchel eingeſogen hatte, den Mangel der weggewaſchenen Lymphe nicht erſetzen. Den thieriſchen Stoffen, oder der Morchel an Wirkſamkeit nahe

kommend, doch aber tief ihnen nachſtehend, fand ich noch; den Agaricus campeſtris, A. clypeatus, A. ſtercorarius, A. cinnamomeus Hudſ., A. imperialis Batſch, A. integer Willd., Agaricus Goettingenſis Humb., Boletus bovinus Baumg., Boletus luteus, Clavaria coralloides, Clavaria faſtigiata, Tremella arborea Hudſ., Peziza agaricoides Humb., Octospora lacera Willd., und ſelbſt unter den neuen, von mir beſchriebenen unterirdiſchen Gattungen, den Agaricus acephalus (Humb. *Flor. Friberg. n.* 163.) A. acheruntius (*n.* 129.) und Boletus fodinalis (*n.* 191.). Die Tremella arborea und Peziza agaricoides ſind weit weniger leitend, als man aus ihrer ſchleimigen Subſtanz ſchlieſsen ſollte. Unter den Flechten fand ich die tubercula der Verrucaria baeomyces und V. icmadophila wirkſam. Dagegen zeigten ſich mir alle Schwammarten mit holzigen Faſern, und andere, deren Miſchung (wie die Producte ihrer Fäulniſs beweiſen) der thieriſchen Materie heterogen iſt, der Agaricus flabelliformis, A. querneus Schrank, A. alneus, A. decipiens Willd., Agaricus cepaceus Humb., Boletus lobatus, Thelephora meſenteriformis Willd. Clavaria hypoxylon und unter meinen unterirdiſchen Gewächſen der Boletus filamentoſus (*Flor. Friberg. n.* 183.) B. para-

doxus (*n.* 197.) Boletus Browni (*n.* 194.) und die Ceratophora *) Fribergensis (*n.* 115.) als isolirende Substanzen.

Diese Galvanischen Versuche mit Schwämmen scheinen kein geringes Licht über die Natur der Ma-

*) Dieses unterirdische Gewächs, mit dem an einigen Orten Zauberei getrieben wird, (quum steriles foecundet mulieres) hat abentheuerliche Schicksale unter den Botanisten gehabt. Löser entdeckte es im Anfange des 16ten Jahrhunderts in einem Bienenkorbe zu Wulfersdorff in Preussen (*flor. Prussica n.* 264.). Nun blieb es fast drei Jahrhunderte lang versteckt und ungesehen, bis ich es im Herbst 1791. zu Tuttendorff in Sachsen 350 Fuss tief, am Grubenholze fand, und in meiner Flora von Freyberg abbildete (*Tab. I. Fig.* 1. 2 — 4.). Kaum war dadurch das Interesse für die unterirdische Vegetation erwacht, so zeigte sich der, ehemals für so unendlich selten gehaltene Schwamm in Tyrol, am Westerwald und in den Harzer Bergwerken. Herr Hofmann fand ihn mit Saamenlöchern und änderte meine Benennung in Boletus Ceratophora um. (Gött. Gel. Anzeigen 1794. p. 378.). Eben dieser scharfsinnige Botanist legte der Göttinger Gelehrten Societät eine Abhandlung über das Wachsthum dieser wundersam gebauten Pflanze vor. Herr Schrader rechnet dieselbe, in seinem kritisch ausgearbeiteten *Spicilegio Florae Germanicae* 1794. *p.* 170. zum Boletus odoratus Wulf. Wenn ich Musse finde, meine vorräthigen Abbildungen unterirdischer Gewächse stechen zu lassen, und in einigen Fascikeln herauszugeben, so werde ich mich dann weitläuftiger über den Geschlechtsunterschied meiner Ceratophora äussern. — Eine derselben ähnliche Gestalt mag wohl die Fabel veranlasst haben, welche ich so eben beim Baco, wo er die unterirdische Vegetation nennt, erwähnt finde. In der Sylva sylvarum heisst es: „Fodinas Germanicas „memorant in fundo vegetabilibus foe„tescere, asseruntque operarii magicae „quid virtutis inesse quod colligi se non pa„tiantur." *Opera omnia* 1694. *p.* 868.

terie, aus der sie gebildet sind, zu verbreiten. Sie beweisen aufs unumstöfslichste, dafs nicht etwa blofs ihre entfernteren Bestandtheile denen des thierischen Muskelfleisches analog sind, sondern dafs vielmehr das Mischungsverhältnifs beider Stoffe sich völlig ähnlich ist. Auch stimmen damit die einzelnen chemischen Versuche überein, welche ich mit Morcheln und Champignons (Agaricus campestris) angestellt habe. Unter dem pnevmatischen Apparate destillirt, geben beide, wie thierische Muskeln, Nägel und Knorpel, ein leicht faulendes Wasser, kohlensaures Ammoniak und empyreumatisches Dippelsches Oel. Der Agaricus campestris ist, wie ich bereits in meinen Aphorismen über die Pflanzenphysiologie §. 11. angemerkt, reicher an Hydrogen als die Elvelen. (Drei Viertheil Unzen gaben 26,5 Cubiczolle Wasserstoffgas und 8,5 Kohlensäure.) Er naht sich mehr den vegetabilischen Stoffen. Die Morchel dagegen, besonders die Elvela mitra, enthält, wie das Ammoniak und Dippelsche Oel beweisen, eine gröfsere Menge Azote. Dieses Azote habe ich auch einzeln nach Herrn Fourcroy's Methode (*Annales de Chimie T.* 1. *p.* 40.) dargestellt. Ich erhielt es, wenn ich den Schwamm bei einer niedrigen Temperatur von 12 — 14° Reaum. mit schwacher Salpetersäure, die sich bei diesem Processe gar nicht zerlegen kann, übergofs, und das Gemenge destillirte. Das übelriechende Stickgas enthielt in meinen calibrirten Gläsern zu 22 Cubikzoll 4 (also über 5,5) Kohlensäure, welche das ätzende Alkali aufnahm. Morcheln mit Wasser

ge-

gekocht und eingedickt geben eine grofse Menge thierifcher Gallert, wie auch die Nahrhaftigkeit der Suppentafeln, Gelatina tabulata, welche die Köche daraus bereiten, lehrt. Nach den neueften, (durch den Vorfall am Cimetière des Innocens, und die Wallrathfabrication veranlafsten) Entdeckungen der Parifer Chemiften wird Muskelfleifch, in verdünnte Schwefelfäure gelegt, in Fett, in Salpeterfäure, (nach Herrn Hermbftädt's Beobachtung) in eine wachsartige Materie verwandelt. Ich bin, indem ich dies fchreibe, befchäftigt, diefen Verfuch mit Morcheln zu wiederholen. Gleiche Quantitäten der Elvela Mitra und Elvela fulcata Willd. liegen erft 13 Tage in Schwefel- und Salpeterfäure, wovon jede mit 7 Theilen Waffer verdünnt ift, eingeweicht, und fchon ift die Veränderung des Schwammes in eine fettige Materie nicht zu verkennen. Das Product der Salpeterfäure ift weniger fchmierig und läfst durch Geruch, Farbe und Confiftenz wohl vermuthen, dafs es fich mit der Zeit in etwas Wachsartiges verändern werde. — Selbft in der Refpiration kommen die meiften Schwämme mit den Thieren überein. Ich glaube durch Verfuche *) erwiefen zu haben, dafs fie wie diefe, Tages und Nachts, irrespirable Gasarten, ein Ge-

*) *Flor. Fribergenfis p.* 174. Möchten doch mehr Chemiften fich mit Unterfuchung der Schwämme befchäftigen, wo noch ein weites Feld zu Entdeckungen offen ift. Wie auffallend ift nicht die Menge des reinen kryftallifirbaren Zuckers, welche Herr Günther im Agaricus campeftris, den er auf meine Bitte analyfirte, entdeckte.

menge von Hydrogen und Kohlenſäure aushauchen, und daſs ſie dies nicht im kranken Zuſtande, ſondern in voller jugendlichen Kraft, ehe der Huth ſich von der Hülle trennt, von ſich geben.

Dem Einwurfe den ich oft hören muſs, als könnte die Wirkſamkeit der Morcheln beim Galvaniſchen Verſuche, und das Azote, welches ſie in ſo beträchtlicher Menge hergeben, und von dem ihre Aſſimilationsfähigkeit (Nahrhaftigkeit) vorzüglich herrührt, nicht ſowohl dem Schwamme ſelbſt, als vielmehr den Thieren, welche ihn bewohnen, zuzuſchreiben ſeyn, dieſem Einwurfe werden Phyſiker, welche Naturproducte nicht bloſs aus Kupferwerken kennen, ſondern ſelbſt arbeiten, leicht zu begegnen wiſſen. Jeder organiſche Stoff iſt allerdings der Wohnplatz einer eigenen Thierwelt. Dieſe paraſytiſch lebenden Thiere ſind aber nicht in jedem Zuſtande dieſes Stoffes gegenwärtig. In dem friſchen Fluſswaſſer ſind kaum die erſten Keime *) (Eierchen)

*) Alle Verſuche, welche man über die Entſtehung der Infuſionsthierchen gemacht, geben unreine Reſultate, weil ſie unbeſtimmte Bedingungen enthalten, weil man die Atmoſphäre nicht kennt, welche das faulende Waſſer umgiebt, weil es Thiere giebt, welche die Siedhitze ertragen u. ſ. w. Folgendes Experiment wünſche ich einmal anſtellen zu können: Friſch unter Queckſilber bereitete, inflammable und oxygenirte Luft wird durch einen elektriſchen Funken verbrannt, und das entſtandene Waſſer wird, unter Lebensluft, dem Sonnenlichte (wohlgeſperrt) bis zur Fäulniſs ausgeſetzt. Werden ſich Thiere erzeugen, und welche Gattungen? Nur das Queckſilber, und die Wände der gläſernen Gefäſse, welche beide Eier enthalten können, erregen Bedenklichkeiten.

der Thiere enthalten, welche das faule Wasser beleben, und dessen Fäulniss vermehren. Wären diese Thiere in jedem Wasser gleich ausgebildet vorhanden, so würde die Wasserzersetzung uns etwas mehr als Lebensluft und Wasserstoffgas liefern. Eben so mit den Schwämmen. Ich habe frische Morcheln und Champignons mit grosser Sorgfalt mit einer 312481maligen Flächenvergrösserung mikroskopisch durchsucht, und kann betheuern, dass ausser den einzeln darin herumschwirrenden Insecten, besonders Arten des Dermestes, Animalcula infusoria fast nie darin zu sehen sind *) Der Vibrio glutinis, die Cycliden, Bursarien und Trichiden erscheinen freilich in den faulen Morcheln, aber diese giebt mit Salpetersäure digerirt nicht mehr Stickgas, als die frische. Die Schwämme sind also weder Thiere, noch Thiergehäuse, **) oder letzteres wenigstens nur in eben dem Sinne, als es auch die Eingeweide der Regenwürmer sind, in denen das Perlenthierchen (Leucophra nodulata Müll.) wohnt. Ich kann diese Materie nicht verlassen, ohne noch einige Betrachtungen hinzuzufügen, welche sich hier gleichsam von selbst aufdrängen. Ein fast gleich gemischter, aber freilich unendlich verschieden geformter Stoff bildet das Muskelfleisch der Thiere und den faltigen Huth eines

*) Bei diesem Durchsuchen schneide man die Schwämme in sehr dünne durchsichtige Scheiben, und benetze sie mit destillirtem Wasser, um die Infusoria, falls sie in der Lymphe stecken, loszuweichen.

**) Vergl. Schrank's *Bair. Flora, B.* 1. *p.* 568.

Schwammes. Monate braucht er in jenem zu ſeiner Entwickelung, während daſs er in dieſem oft in einer Nacht, bei einem Gewitter-Regen, *) in groſsen Maſſen wie durch einen Zauber zuſammengerinnt. Welche wunderbare Verſchiedenheit in den plaſtiſchen Kräften der Natur! Noch mehr: Eine unvollſtändige Induction läſst uns vorausſetzen, als ſey Erregbarkeit, oder die Fähigkeit ſich auf einen Stimulus zuſammenzuziehen, vorzüglich an das gebunden, was wir thieriſchen Stoff nennen. Man vergleiche die gallerthaltigen Schwämme und Getreidearten mit der Subſtanz des Hedyſarum gyrans; der Mimoſa pudica und Smithia ſenſitiva. Ich bin weit davon entfernt, jenen die reizbare Faſer abzuſprechen, ich halte es für erwieſen, **) daſs in ihnen tauſenderlei, unſerm Auge unſichtbare organiſche Bewegungen vorgehen; aber auffallend, oder unerwartet iſt es doch immer, daſs das, ſich völlig will-

*) Wie man im bürgerlichen Leben ſchnelle Arbeiten für ſchlecht hält, ſo erlauben es ſich auch viele Botaniſten, von den ſchnell erzeugten, rohen Säften der Schwämme zu reden. Welche Begriffe von Organiſation ſetzt ein ſolcher Ausſpruch voraus! (Vergl. Baco *Ver. Op. omn. p.* 864.).

**) *Flora Fribergenſis p.* 146 — 172. Eine merkwürdige, durch Contraction gereizter Fibern hervorgebrachte Bewegung äuſsert der Sphärobolus roſaceus (Tode *Fung. Mecklenb. F. I. p.* 44.) wenn er ſeine Saamenkugel wirft. Etwas ähnliches geſchieht bei den Puccinien, der Ascophora und dem Pilobolus. — Vergl. auch Reil *de Irritabilitate p.* 9. *et* 62. Herr Reil unterſcheidet nur noch Fibra communis und muſcularis.

kührlich *) bewegende Hedyſarum gyrans, (welches in Hinſicht auf Bewegung viele Seewürmer, an der ſogenannten thieriſchen Natur übertrifft) bis jetzt noch ein gleiches Miſchungsverhältniſs der Beſtandtheile, wie Kohl- und Rübenarten, zeigt!

*) Die bei Tage und bei Nacht ſich zeigende völlig willkührliche Bewegung der foliola ſtipulaeformia, über welche Herr Hufeland ſo wichtige Aufſchlüſſe gegeben, dürfen ja nicht mit den gar nicht willkührlichen Bewegungen der Mimoſen verwechſelt werden. Voigt's Mag. für Phyſ. 1790. B. 6. St. 6. S. 17.

Siebenter Abſchnitt.

Tafel über die Leitung des Galvaniſchen Fluidums — Zuſammenflicken der Nerven. — Die belebten Organe brauchen nicht immer ein unmittelbares Glied der Kette auszumachen. — Länge der Leitungen — Die lebendige Nervenfaſer belehrt uns, wie chemiſche Reagentien, über Miſchung der Stoffe — Ein lebendiges Anthrakoſkop — Form und Erſchütterung der Excitatoren. — Dauert der Reiz fort, ſo lange die Kette geſchloſſen bleibt? — Doppelte Kette. — Was geht in den leitenden Stoffen vor? — Unterbindung des Nerven und der Arterie — Zerfleiſchung des Nerven und völlige Durchſchneidung deſſelben. — Reizende und ſenſible Atmoſphäre, ſinnlich dargeſtellt. — Wie ſie mit der Lebenskraft ſchwindet — Phyſiologiſche und pathologiſche Anwendung auf die Theorie des Getaſtes, des Geſchmacks, der Nervenreproduction und einiger ſympathetiſchen Erſcheinungen.

Der vorſtehende Abſchnitt enthält die Stoffe, welche theils einzeln, theils mit einander verbunden, in Berührung mit erregbaren Organen Galvaniſche Erſcheinungen hervorbringen. Da die Aufzählung derſelben durch die Betrachtungen über ihr Miſchungsverhältniſs ſehr unterbrochen worden iſt, ſo ſtelle ich ſie in tabellariſcher Form hier nochmals zuſammen. Unter den iſolirenden Subſtanzen mache ich beſonders auf zwei, heiſses Glas und Flamme, auf-

merkſam; weil ſie mir für die Unterſuchung über die Natur des Galvaniſchen Fluidums, oder vielmehr über die materielle Urſache des Metallreizes, unendlich wichtig ſcheinen. Ich ſpare die Verſuche, welche ich zu dieſem Zwecke angeſtellt, bis zu der Widerlegung der bisher angenommenen Elektricitäts-Theorien.

Tafel über die Leitung des Galvaniſchen Fluidums.

Wirkſame Zwiſchenglieder. Excitatoren und Conductoren der thieriſchen Elektricität.	Unwirkſame Zwiſchenglieder. Iſolirende, ſtöhrende Subſtanzen.
Alle reguliniſche Metalle.	Oxydirte Metalle.
Geſchwefelte Metalle, oder Erze, welche unverkalchte Metalle enthalten.	Schwefelgeſäuerte Metalle, oder Erze, welche oxydirte, buntfarbige Metalle enthalten.
Vegetabiliſche Kohle.	Alle Luftarten, trockne und feuchte.
Steinkohle.	Thieriſche Knochen im natürlichen Zuſtande.
Graphit.	Haare der Thiere und Pflanzenblätter und Stengel, die von ihrer Oberhaut bedeckt ſind.
Kohlenblende.	Holzfaſern.
Lydiſcher Stein vom Nailaer Gebirge.	Glas, ſelbſt heiſses.
Alaunſchiefer.	Bernſtein.
Brandſchiefer.	Erhärtetes Eiweiſs.
Grau- und Schwarzbraunſteinerz.	Wachs.
Muskelfleiſch, Membranen, Nerven, Bänder und Gefäſse der Thiere, friſch, oder gekocht, gebraten und gedörrt.	Alle trockne Salze, und nicht kohlenſtoffhaltige Steine.

Morcheln und Schwämme, welche im Faulen einen cadaveröſen Geruch verbreiten.	Oel. Harz. Gummi.
Eiweiſs.	Lichtflamme.
Waſſer. Blut. Pflanzenſäfte.	Luftleerer Raum.
Pflanzentheile mit friſchem Zellgewebe und ohne Oberhaut.	
Weingeiſt. Wein. Bier.	
Säuren. Alkaliſche Auflöſungen.	
Friſche, unerhärtete Seife.	
Durch Säuren ſenſibel gemachte Zähne.	

Die Galvaniſchen Erſcheinungen erfolgen nicht bloſs, indem die in der Tabelle aufgeführten leitenden Subſtanzen die Muskel- und Nervenarmatur verbinden; nein! die Wirkung des Reizes wird nicht gehindert, wenn ſelbſt der armirte Nerv durchgeſchnitten und Fig. 54. mittels Metall, Morcheln und Kohle, *r s t* geflickt iſt. Ich habe auf die Weiſe Nerven ausgeſchnitten und umgekehrt, Theile warm- und kaltblütiger Thiere 14—16 Zoll lang mit einander verbunden. Dieſe Verſuche würden wenig auffallendes haben, und (wenn man die heterogenen Stoffe *n*, *r*, *s*, *u*, *t* als einen Stoff betrachtet) zu dem ſchon Fig. 47. gezeichneten Falle mittelbarer Armirung *) des Nerven gehören, wenn es zur Erregung der Zuckungen nothwendig wäre, daſs die Pincette *p* mit ihrem einen Schenkel *o*, den Muskel, oder das mit dieſem noch organiſch ver-

*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 164. und 228.

bundene Nervenſtück *m* berührte. Wiederhohlte Erfahrungen haben mich aber zu meinem Erſtaunen belehrt, daſs dieſe Nothwendigkeit nur in einem Falle minderer Reizempfänglichkeit eintritt, daſs aber, bei hoher Erregbarkeit der ſenſiblen Fiber, die Contractionen ebenfalls erfolgen, wenn der Schenkel *o* in Fig. 54. mit einem der leitenden Stoffe *n*, *r*, *s*, *t* (in Fig. 47. mit *f*) verbunden wird. Ich habe bereits oben in Fig. 51., wo der Cruralnerv durch friſchbereitete Seife mit dem Zinke in mittelbarem Contacte ſtand, darauf aufmerkſam gemacht; unter einer groſsen Anzahl beſtätigender Verſuche, welche ich aufgezeichnet, wähle ich aber nur einen ſehr entſcheidenden aus. Am 7ten December vorigen Jahres hatte ich den Nervus axillaris einer Maus (Fig. 47.) mittels eines Froſchherzes *f* mit Zink *g* in Verbindung geſetzt. Das thieriſche Organ war wenig reizbar und das Galvaniſiren glückte nur dann, wenn ich *o* auf den Armmuskel, oder auf den in ihm inſerirten Nerv auffetzte, nicht wenn *o* das Froſchherz *f* traf. Durch vorhergehende Verſuche veranlaſst, tauchte ich einen Pinſel in eine alkaliſche Auflöſung und lieſs mittels deſſelben einige Tropfen davon auf den Inſertionspunct des Nerven fallen, ohne den Apparat im geringſten zu verrücken. Ich berührte nur *f* mit dem Schenkel *o*, und augenblicklich ſtellten ſich die Zuckungen ein. Dieſe Art zu reizen glückte 2 bis 3 Minuten lang. Die Contractionen wurden immer ſchwächer und erfolgten endlich nur wieder unter der vorigen Bedingung, daſs *o* mit dem Nerv in unmittelbare Verbindung

trat. Ganz ähnliche Verſuche machte ich an mehreren Froſchſchenkeln, deren Cruralnerven ich auf *f* legte. Die lebhaftern zuckten (bei Applicirung der Pincette an *f*) ſchon im natürlichen Zuſtande ihrer Erregbarkeit; die trägern wurden faſt alle durch Benetzen mit Arſenikkalch, alkaliſchen Auflöſungen, oder oxygenirter Kochſalzſäure zu ähnlichen Contractionen gereizt. Bei eben dieſen letztern wurde der Stimulus durch ein paar Tropfen Alkohol wieder unwirkſam. Die erhöhte Erregbarkeit, welche ihnen künſtlich gegeben war, wurde ihnen auch wieder künſtlich geraubt. Der Alkohol machte die unmittelbare Berührung zwiſchen dem Nerv und dem Pincettenſchenkel *o* nothwendig, und tilgte bald darauf auch die letzte Spur der Irritabilität. In der Zeichenſprache ausgedrückt iſt daher die Formel: Nerv $\underbrace{H\ P\ p}$ eben ſo gut poſitiv, als die: $\underbrace{\text{Nerv}\ H\ P\ p}$.

Dieſer Fall Fig. 51., in dem Galvaniſche Erſcheinungen erfolgen, ohne daſs die belebten Organe ſelbſt ein unmittelbares Glied der Kette ausmachen, iſt, ſo viel ich weiſs, noch nie vorher beobachtet worden. Doch iſt ſein Einfluſs auf die bisherigen Theorien vom geſtöhrten Gleichgewichte eines circulirenden elektriſchen Fluidums, wie wir unten ſehen werden, ſehr beträchtlich. Auch ſteht er in unmittelbarem Zuſammenhange mit dem im dritten Abſchnitte von mir beſchriebenen auffallenden Verſuche ohne Kette, Fig. 9 bis 13. Wenn (Fig. 47.) *f*, ſtatt des Muskelfleiſches, ein Metall ausdrückt, ſo kann dieſes *f* mit der Armatur *q* als ein Ganzes betrachtet

werden, und die Formeln Nerv $\underbrace{PPp}$ und Nerv Pp ſind in ihrem eigentlichen Sinne gleichbedeutend. So reiht ein Phänomen ſich an das andere an, und was anfangs iſolirt zu ſtehen ſcheint, tritt bald als untergeordnetes Glied in die groſse Kette beobachteter Wirkungen!

Bei der mittelbaren Armirung des Nerven Fig. 47. 51. und 54. ſcheint die Entfernung, in welcher die Armatur vom thieriſchen Organe liegt, nicht gleichgültig zu ſeyn. Bei minder lebhaften Individuen nehmen die Contractionen im umgekehrten Verhältniſſe jener Entfernung ab, und ſcheinen überhaupt nur, das Medium mag noch ſo vollkommen leiten, auf eine gewiſſe Weite begrenzt, über welche hinaus ſie völlig aufhören. Ganz anders iſt es mit der Verbindung zwiſchen der Nerven- und Muskelarmatur, oder mit derjenigen Subſtanz, welche als Leiter von der unmittelbar applicirten Nervenarmatur zu dem Muskel führt. Ihre Länge ſcheint keiner Grenze unterworfen zu ſeyn. Herr Valli *) hatte Conductoren von 200 Fuſs, Aldini **) führte feuchte hanfene Seile 250 Fuſs weit um ſein Haus zu Bologna, und beiden glückten ihre Verſuche. Man könnte dieſe Vorrichtungen, wie bei den elektriſchen Experimenten des Jallabert, Sigaud de la Fond, Monnier, Winkler und Watſon (letzterer hatte Conductoren von 19200 Fuſs Länge) ins rieſenmäſsige vergröſsern, wenn man Flüſſe zu

*) a. a. O. S. 158.

**) *Diſſ. de animali electricitate p.* 31.

Leitern gebrauchte. Ich habe einen vorbereitenden Verſuch der Art gemacht, indem ich die Muskel- und Nervenarmatur eines Froſches durch 45 Fuſs lange Eiſendräthe dergeſtalt verband, daſs die Dräthe häufig zerſchnitten und (faſt wie in Fig. 56.) mit ihren Enden, in Fuſslange Waſſerbehälter getaucht waren.

Bei den längſten Leitungen der Art iſt es nie möglich geweſen, einen Unterſchied der Zeit zwiſchen der Entſtehung der Muskelbewegung ſelbſt, und der, 2 bis 300 Fuſs davon geſchehenen Berührung der Muskel- und Nervenleiter zu bemerken. *) Da ich nun den vierten Theil einer Secunde noch ſehr deutlich unterſcheide, ſo ergiebt ſich hieraus eine Geſchwindigkeit von 1200 Fuſs in einer Secunde — eine ſpielende Berechnung, da die Conductoren mit gleichem Erfolge gewiſs auch 10 bis 20000 Fuſs lang ſeyn könnten. So ſchrieb der groſse Haller **) dem Nervenſafte eine Geſchwindigkeit von 9000, Sauvage von 32400, der Verfaſſer des *eſſai ſur le méchanisme des muſcles* 576000 Millionen Fuſs (das iſt volle 24 Millionen Meilen) in einer Secunde zu! Aus dem

*) Eine Perſon belegte die untere und obere Fläche ihrer Zunge mit einer Zink- und Silberplatte, welche ſich unter einander nicht berühren, ſondern von denen jede mit langen Eiſendräthen verſehen iſt. Kann man dieſe Dräthe parallel durch eine verſchloſſene Thüre leiten, hinter welcher die Enden wechſelsweiſe gegen einander gebogen und von einander entfernt werden, ſo kann jene Perſon innerhalb des Zimmers durch Zeichen andeuten, daſs die entſtehende Säure ſie augenblicklich von dem benachrichtiget, was mit den Enden des Draths vorgeht — ein ſpielender Verſuch, den ich oft angeſtellt.

**) Phyſiologie B. 4. S. 586.

Unterſchiede der Zahlen kann man ſchlieſsen, auf welche Verſuche ein ſolcher Calcul gegründet iſt!

Die bisherige Betrachtung der leitenden Subſtanzen führt unmittelbar auf die Idee, daſs der Galvaniſche Verſuch, wie die chemiſche Analyſe, Aufklärungen über die Miſchung der Materie giebt. Man wuſste freilich ſchon längſt, daſs ein zerſchnittener Nerv als lebendiger Hygrometer *) wirke; die lebhafte Art, auf welche reizbare Menſchen von der zunehmenden Temperatur der Atmoſphäre, oder gar von einem herannahenden Gewitter afficirt werden, zeigte unſern Körper als Thermoſkop und Elektroſkop. Ja, wenn wir auf einzelne Sinneswerkzeuge, auf die Zunge eines leckern Eſſers, oder auf das Ideal aller reizbaren Naſen, auf eine Hundsnaſe, **) unſere Aufmerkſamkeit richten, wie geben beide nicht Unterſchiede in der ſpecifiken Miſchung der Materie an, wo die chemiſche Diagnoſe uns längſt verläſst? Aber alles dieſs ſind Erſcheinungen der ſubjectiven Empfindung. Der Galvaniſche Verſuch bietet ein Phänomen dar,

*) Herr Sömmering erklärte zuerſt den ſogenannten Kalender bei abgenommenen Gliedern ſehr ſcharfſinnig aus der Feuchtigkeit, welche der Nervenknoten einſaugt, und welche durch Druck auf den Nerv Schmerz verurſacht. Dieſer Schmerz dauert ſo lange, bis die Feuchtigkeit in trockner Luft wieder verflieget. Vom Bau des menſchlichen Körpers B. V. S. 142. §. 177.

**) Vergl. die geiſtreiche Apologie derſelben in Herrn Lichtenbergs Taſchen-Kalender 1795. S. 196. — Sonderbar, daſs ein ſo fein erregbares Organ von gewiſſen Stimulis, z. B. von den Wohlgerüchen der Blumen gar nicht afficirt zu werden ſcheint, da hingegen eine Elephantennaſe ſo empfänglich dafür iſt!

deſſen mögliche Exiſtenz man vor ſechs Jahren wohl noch unter die Hirngeſpinſte gezählt haben würde. Ein Nerv, der zu einem Bewegungsmuskel führt, mit ein paar Kubiklinien Muskelfaſern organiſch verbunden, zeigt an, ob zwei Metalle gleiche, oder ungleiche Miſchung haben, ob ſie rein regulinisch, oder ſchwach oxydirt ſind, ob ein Foſſil von Kohlenſtoff, oder von einem Metallkalche tingirt iſt. Die verſchiedene Legirung zweier Geldmünzen iſt auf die Art ſehr ſchnell zu prüfen. Zwei alte, vollwichtige Louisneufs, oder zwei neue Goldſtücke der franzöſiſchen Republik erregen als Nerven- und Muskelarmatur bei minder lebhaften Thieren ſo wenig Reiz, als die ſehr ſorgfältig ausgeprägten Preuſsiſchen Friedrichsd'or. Dagegen entſtehen (worüber Münzverſtändige ſich eben nicht wundern werden) bei einem alten Louisneuf und den Carolins, welche ſeit 1794 von ſo vielen Seiten her am Rhein erſcheinen, faſt eben ſo heftige Muskelbewegungen, als bei Armaturen von Zink und Silber. Die belebte Nervenfaſer zeigt an, ob ein Erz reguliniſches, oder oxydirtes Metall, ob Bleiglanz ſchwefelſaures, oder geſchwefeltes Blei enthält. Die belebte Nervenfaſer entſcheidet, ob ein organiſcher Stoff, er ſey (wie die Elvela Mitra) noch ſo verſchieden vom thieriſchen geformt, dieſem im Miſchungsverhältniſſe ſeiner Beſtandtheile gleich iſt, oder von ihm abweicht. Die belebte Nervenfaſer endlich verkündigt dem Chemiſten den Stoff vorher, den er entdecken wird. Sie iſt (ich erinnere an meine Verſuche mit Lydiſchem Steine und Kohlenblende) ein

lebendiges Anthrakoſkop, *) ein Mittel, Kohlenſtoff zu entdecken, faſt eben ſo ſicher als durch Glühfeuer und Alkali. Das Anthrakoſkop hat aber auch die übrigen, eben nicht belobten Eigenſchaften der Inſtrumente, welche ſich in ſkop und meter endigen, nemlich die, auſser der Kohle, noch manches andere mit anzuzeigen, was nicht Kohlenſtoff iſt, ja (wie das Hygroſkop) auf Nicht-Kohle zu zeigen, wo Kohle in Menge vorhanden iſt. Denn das Hygrometer belehrt uns oft von vollkommener Trockenheit, wo die gröſste Menge Waſſerdampf latent ſchwebt, oder vielmehr man überredet uns, das Hygrometer zeige Abweſenheit des Waſſers an, wo es bloſs Abweſenheit des mechaniſch in der Luft hängenden Waſſers anzeigt!

Aber nicht bloſs die relative Folge der Leiter in der Galvaniſchen Kette und das Miſchungsverhältniſs ihrer Beſtandtheile, auch die äuſſere Form derſelben hat Einfluſs auf ihre Wirkſamkeit. Die Lombardiſchen Phyſiologen **) waren durch die Analogie, welche ſie zwiſchen Elektricität und Galvanismus ſuchten, ſchon längſt auf dieſen Umſtand aufmerkſam gemacht, und Herr Pfaff ***) hat ſeiner ebenfalls erwähnt. Ich begnüge mich daher, hier nur eines einzigen Verſuchs zu erwähnen. Zwei Goldſtücke *a* und *b*, von denen das erſtere zur

*) S. meine Abhandlung über ein neues Anthrakoſkop in Crell's Annalen 1795. B. 2. S. 3.

**) Aldini *l. c. p.* 41.

***) a. a. O. S. 231.

Nervenarmatur diente, waren durch einen darauf gelegten sehr glatt polirten stählernen Stab mit einander verbunden. So lange derselbe, wie Fig. 55. die Goldmünzen mit der flachen Seite berührte, brachte die Verbindung von *b* und dem Schenkel mittels Blei *c* keine Muskelbewegung hervor. Kaum aber wurde er (wie Fig. 56.) mit der scharfen Kante auf *a* und *b* aufgesetzt, so fand ich den Muskelleiter überaus wirksam. Es erfolgten heftige und dauernde Contractionen.

So wie bei weniger lebhaften Thieren das gegenseitige Berühren scharfkantiger Armaturen den Effect verstärkt, so befördert auch eine leise Erschütterung denselben. Ich sage vorsetzlich nur, dass sie denselben befördern, denn die Meinung, dass Erschütterung, oder unmittelbare Berührung zweier Metalle zur Hervorbringung Galvanischer Erscheinungen nothwendig sey, ist (in so vielen Schriften sie auch vorgetragen ist) völlig ungegründet. Ich habe mich davon durch eine Reihe sorgfaltig angestellter Versuche, deren ich bereits im Anfange des vierten Abschnitts erwähnt, zu überzeugen gesucht. Der Apparat in Fig. 1. 23. 24. 26. und 43. in dem Metall und Metall sich nicht berühren, erschüttert jedes Organ im Zustande höherer Reizbarkeit. Ja! ich habe es in diesen positiven Fällen ganz gleichgültig gefunden, ob die feuchten Stoffe, welche die Metalle von einander trennen, aus dünnen, oder Zolldicken Scheiben bestehen. Auch Erschütterung der Armaturen ist im Zustande hoher Incitabilität schlechterdings unnöthig.

Wo Muskelfleisch zwischen den Metallen, wie Fig. 43. liegt, zeigt die Natur der leitenden Glieder schon, dass die Bewegung, welche etwa beim Schliessen der galvanischen Kette in *n* erregt wird, nach *s* und *t* eben nicht sonderlich fortgepflanzt werden kann. Noch deutlicher fällt dieser Verdacht der Erschütterung in Fig. 2. weg, wo das Stück Muskelfleisch *z* leise an *x* und *y* herangeschoben ward, oder gar im Versuch Fig. 57., wo die Contraction des sehr lebhaften Froschschenkels *t* in dem Augenblick eintrat, als ich die Muskelarmatur *q* mit ihrem vorderen Ende *e* in den kleinen Wasserstreifen *rs*, der von der Nervenarmatur *p* ausging, hineinzog. Ich könnte, um an etwas noch feineres zu erinnern, auch des wundersamen Falls Fig. 37. erwähnen, wo der Muskelleiter bloss die sensible Atmosphäre des thierischen Stoffes *n* traf. Den consequenten Skeptiker werden aber alle diese Experimente nicht überzeugen. Denn Erschütterung ist nur eine Gattung der Bewegung, und wo wird in der äusseren Sinnenwelt eine Erscheinung ohne Bewegung denkbar! Selbst in Fig. 37. können die feinen Theile, welche die sensible Atmosphäre bilden, den von *a* empfangenen Stoff auf *z* fortpflanzen!

In dem Zustande minderer Incitabilität befördert die leiseste Erschütterung den Effect Galvanischer Versuche, und zwar auf zweifache Art, entweder indem sich die metallischen Armaturen unter einander erschüttern, oder indem der gereizte thierische Stoff allein erschüttert wird. Der erstere Fall ist allgemein bekannt, der letztere aber wenig beobach-

tet. Ich hatte, (wie in Fig. 28.), die Silberplatte c auf die Nervenarmatur von Zink *a* gelegt; auf c ruhte abermals Muskelfleisch *b*; statt des Ausladers *k* bediente ich mich eines Stücks gekochten Schinken, welches in einen langen aber schmalen Riemen geschnitten war; das eine Ende desselben lag auf *b* auf, indem ich das andere mit der Pincette in der Luft hielt. Drückte ich dieses allmälig und leise an den matten Froschschenkel *l* an, so blieb derselbe ungereizt; liess ich dasselbe aber etwa eine Linie hoch auf *l* herabfallen, so erfolgten lebhafte Muskelerschütterungen. Man glaube nicht, dass bei diesem Versuche auch eine Erschütterung in *b* statt gefunden habe. Denn wenn ich den schmalen Riemen auf *l* auflegte und vier Linien hoch auf *b* fallen liess, so blieb alles in Ruhe. Ja! diese Ruhe wurde ebenfalls nicht unterbrochen, wenn ich, indem der Muskelleiter sanft an *l* angedrückt wurde, dicht daneben ein, nicht zur galvanischen Kette gehöriges Metall auf den Schenkel fallen liess. Die beobachtete Erscheinung gehört also recht eigentlich zum Wesen des Galvanismus, und läfst sich keinesweges aus der Eigenschaft *) belebter Körper, durch mechanische Erschütterungen zu gröfserer Reizempfänglichkeit erweckt zu werden, erklären.

Dauert der Reiz so lange fort, als die Kette, (welche die Armaturen mit den thierischen Organen bilden,) geschlossen bleibt; oder ist seine Wirkung auf den Moment eingeschränkt, wo die unterbrochene

*) Reil *et* Gautier *de Irritab. p. 7.* Note.

Kette von neuem ſich ſchlieſst? *) Dieſe Frage iſt nicht ſo leicht zu beantworten, als es bei einer flüchtigen Betrachtung des Gegenſtandes ſcheint. Iſt nicht von der Reizung, von dem Effect des Reizes, ſondern von diesem, dem Stimulus ſelbſt, die Rede, ſo fehlt es an allen Datis zur Entſcheidung. Die materielle Urſach, welche (bei dem Schluſs der galvaniſchen Kette) die Muskelerſchütterung veranlaſste, kann immer noch fortdauern, wenn auch die Contraction ſelbſt längſt aufgehört hat. Dauert ſie in gleicher Stärke fort, ſo kann ſie vielleicht nur darum keine neue Contractionen erregen, weil ſie als ein habituell gewordener Reiz wirkt. (Nähern wir uns zum erſten Male der duftenden Atmosphäre einer Blume, ſo werden Geruchswerkzeuge angenehm davon gereizt. Bleiben wir in gleicher Nähe, ſo hört die Reizung auf, oder der Eindruck wird wenigſtens unendlich ſchwächer, obgleich die Pflanze fortfährt, ihre wohlriechenden Theile gasförmig **) auszuſtreuen.) Dauert die Urſach der Galvaniſchen Erſcheinung nach Berührung der Armaturen zwar fort, aber nicht in gleichem, ſondern in geringe-

*) Pfaff a. a. O. S. 26. 27. und 207.

**) Gasförmig zwar, aber nicht permanent, das ſcheint mir daraus zu folgen, daſs alle Blumen bei Abend ſtärker duften. Ich glaube nemlich, daſs in der kühlern Abendluft das dampfförmig expandirte Aroma eines Theils Wärmeſtoffs beraubt, und verdichtet wird. Verſuche über dieſen ſpiritus rector ſind freilich ſchwierig; aber es gereicht den Chemiſten doch nicht zur Ehre, daſs ſeit Boerhaave darin ſo gar nichts geſchehen iſt.

rem Grade, ſo iſt es ganz in der Natur der irritablen Fiber gegründet, nach Anbringung eines heftigen Stimulus, einem ſpecifik ähnlichen, ſchwächeren nicht zu gehorchen. Wenn wir unſere Zunge mit concentrirter Eſſigſäure benetzen, ſo bringt die mit Waſſer diluirte keinen ſauren Geſchmack hervor. Ich glaube alſo, daſs das Nichterfolgen einer Reizung für die Abweſenheit des Reizes nicht entſcheidet. *)

Frägt es ſich hingegen, ob die Muskelbewegungen oder Empfindungen, welche das Galvaniſiren erregt, fortdauern, auch wenn die Kette bereits geſchloſſen iſt, ſo glaube ich, dieſe Frage für einige

*) Von dem umgekehrten Fall, ob die Reizung fortdauere, wo der Stimulus removirt iſt, ſagt Herr Reil *(l. c. p. 52.)* „*In quibusdam vero organis praecipue involuntariis „motus ultra irritamentum perdurare videntur: a tar„taro quippe emetico, rejecto iam illo, demum emeſis „ſequitur.*" Iſt aber die Abweſenheit des Stimulus nicht oft bloſs ſcheinbar und hat der ausgebrochene tartarus emeticus nicht gerade das zurückgelaſſen, was die Quer- und Längenfaſern des Magens zuſammenzieht? Viele Erſcheinungen des belebten Körpers entſtehen durch Reaction des Organs y auf das Organ x. Wir halten oft den Stimulus, welcher y veranlaſst, auf x zu wirken, für den ſpecifiken Reiz von x. Zeigt denn dieſs letzte Organ eine Veränderung noch dann, wenn der Reiz ſchon removirt iſt, ſo glauben wir, der motus in x habe ultra irritamentum fortgedauert, obgleich derſelbe nur eine Folge der ſimultanen Einwirkung des Organs y iſt. — Dieſe ſorgfältige Unterſcheidung möglicher Fälle ſcheint mir für die Phyſiologie, welche an unauflöslichen Problemen ſo reich iſt, ungemein wichtig, und der groſse Halliſche Phyſiologe, deſſen Arbeiten ich ſo ſehr bewundere, wird beſcheidene Zweifel mir nicht verargen.

Fälle aus eigenen neuen Erfahrungen bejahen zu können. Dem Voltaſchen Zungenverſuche, der fortdauernden Geſchmacksempfindung, welche man bisher für dieſe Bejahung anführte, wurde ſehr richtig entgegengeſetzt, daſs es physisch, wie moralisch unmöglich ſey, ein ſo bewegliches Organ, als die Zunge, zu zähmen, und daſs gerade dann, wenn wir alles in Ruhe wähnten, die kleinſte Verſchiebung eines Zungenwärzchens unter der Armatur, eine neue Berührung der Kettenglieder, und alſo eine neue Reizung veranlaſste. Dazu giebt ein Contact der Armaturen an der Zunge und der ſpongiöſen Subſtanz der Oberzähne nur einmal die leuchtende Erſcheinung vor den Augen, und eine Berührung des Froſchſchenkels mit dem Muskelleiter bringt nur eine Contraction in jenem hervor. Nach dieſen Erfahrungen ſchien es alſo nur zu gewiſs, daſs die Dauer der Reizung auf den erſten Moment des Contacts eingeſchränkt ſey. Neue Verſuche haben mich aber vom Gegentheil belehrt. Ich lieſs, um dieſelben gründlich anzuſtellen, zwei Blaſenpflaſter auf meinen eigenen Rücken legen. Die Wunde war mit einer groſsen ſilbernen Münze armirt. Die Zuleitung geſchah durch Zink. Nach einmaliger Berührung mit demſelben ſchwollen die Schulter- und Halsmuskeln wechſelsweiſe, unter heftigem Brennen, auf. Ich unterſchied, gleich nach Oeffnung der Blaſe, deutlich drei bis vier einfache Schläge. *) Zwei davon traten oft erſt ein, wenn

*) Vergl. meinen erſten Brief an Herrn Blumenbach (Gren's Neues Journal B. 2. S. 119.)

der Zink ſchon längſt auf der entblöſsten Haut ruhte. Dieſe Erſcheinung hing übrigens ganz mit der Reizempfänglichkeit des Organs zuſammen. Denn, als die Wunde eine halbe Stunde lang der Luft ausgeſetzt war, und das Malpighiſche Netz erhärtete, fühlte ich bei einem Contact auch nur eine Muskelerſchütterung. Es wurden einige Tropfen alkaliſcher Solution unter die Armatur getröpfelt, und nun zeigten ſich, mit erhöhter Irritabilität des Organs, unter heftigeren Schmerzen, auch ſogleich die drei- und viermaligen Contractionen wieder. Die Dauer derſelben blieb indeſs auf eine oder zwei Secunden eingeſchränkt, dagegen die brennende Empfindung in der Wunde unaufhörlich und in gleich hohem Grade anhielt, ſo lange die beiden Armaturen unter einander und mit meiner Schulter in Berührung lagen. Die breite Fläche, welche die Metalle bedeckten, die horizontale ruhige Lage, welche ich derſelben gab, und die geringe Beweglichkeit der trägen Rückenmuskeln ſchloſſen hier den Verdacht, als würde der Contact der Galvaniſchen Kettenglieder unmerklich aufgehoben und erneuert, vollkommen aus.

Wenn in dem gewöhnlichen Fall (Fig. 8.) zwei Metalle *t* und *r* mit einem incitablen thieriſchen Organe *r*, in wechſelſeitiger Berührung ſtehen, ſo iſt eine neue Verbindung von *t* und *r* durch einen dem *r* homogenen Muskelleiter *s* nicht fähig, neue Muskelbewegungen hervorzubringen. Eine galvaniſche Kette kann alſo gleichſam nur einmal durch homo-

gene Glieder geſchloſſen werden. *) Iſt der Muskelleiter *s* aber verſchieden von *r*, ſo beſtimmt ſich der Erfolg nach der relativen Mächtigkeit, oder Präponderanz der Excitatoren. Iſt nemlich das zuerſt applicirte Schluſsglied *r* in Verbindung mit der Armatur *t*, wirkſamer, als das zweite *s* in Verbindung mit *t*, ſo wird dieſes keine neue Reizung hervorbringen. Dagegen habe ich dieſelbe meiſt beobachtet, wenn *s* und *t* eine höhere Stufe der Excitationsfähigkeit, als *r* und *t*, behaupten. In Fig. 2. zum Beiſpiel entſtand eine Muskelbewegung, als ich *z* zwiſchen *x* und *y* ſchob. Eine zweite folgte, als (während, daſs *x*, *z* und *y* in Contact blieben,) Zink *t* an den Schenkel, und Silber *s* an den Nerv applicirt wurden, und dieſes Metall jenes berührte. Warum? Weil die Verbindung der irritablen und ſenſiblen Fiber durch metalliſche Stoffe wirkſamer, als durch thieriſche iſt. Dauert daher die erſtere Verbindungsart durch *t* und *s* fort, und die Kette *y z x*, wird abwechſelnd geſchloſſen und geöffnet, ſo erweckt dieſe Veränderung keine neue Muskelbewegung. — Eben ſo erfolgt die Reizung, wenn in Fig. 8., (wo *t* Gold und *r* Zink bedeutet), *r* nach *s* applicirt wird, nicht aber, wenn *s* erſt nach der Anlegung von *r*, in Berührung mit *t* tritt. Denn *r* und *t* iſt mächtiger, als *s* und *t*.

*) Bei dem Fall Fig. 39., welcher ſich auf Belegung mit einer verdampfenden Feuchtigkeit bezieht, iſt bereits oben, am Ende des vierten Abſchnitts, angemerkt, daſs die Verkettung vom Nerven durch *r*, *z*, den linken Arm und den rechten nach *s*, die allein wirkſame ſey.

Schon im Eingange dieſer Schrift über den Muskelreiz habe ich die Frage unterſucht, was in der galvaniſchen Kette, während der Reizung, in den leitenden Stoffen vorgehe. Damals war aber bloſs von den Nebenwirkungen auf die unbelebte Materie die Rede. Hier komme ich auf den Fall, wo eine erregbare belebte Subſtanz ſelbſt als Leiter dient, (wie *x*, *y* und *z* in Fig. 2., oder *m* und *n* in Fig. 44.) — ein Fall, deſſen Erörterung die Anſtellung ſehr feiner und zuſammengeſetzter Verſuche vorausſetzt, und kein geringes Licht über die verborgene Natur des Galvanismus zu verbreiten verſpricht.

Das bekannte Experiment, in welchem man das (hypothetiſch angenommene) Galvaniſche Fluidum durch eine Reihe von Menſchen, die ſich die Hände reichen, durchſtrömen läſst, ohne daſs dieſe Menſchen eine Empfindung davon haben, *) hatte faſt alle Phyſiologen zu der Behauptung veranlaſst, der Metallreiz wirke nur auf die Organe, an welche die Armaturen unmittelbar applicirt ſind. Herrn Volta's Scharfblick konnte das Irrige und Uebereilte dieſer Behauptung nicht entgehen. Er ſagt ausdrück-

*) Eine vornehme Perſon, welche ſehr an magnetiſchen und elektriſchen Wunderkuren hing, verſicherte mich, ſo oft ſie in der Galvaniſchen Kette ſtand, ein eigenes Gefühl der Wärme zu haben. Ich lieſs, ohne daſs ſie es wuſste, die metalliſchen Armaturen ſammt dem präparirten Thiere wegnehmen, und — das Gefühl der Wärme dauerte fort, ja es wurde noch lebhafter, als ich mit ernſter Mine verſicherte, neue und wirkſamere Metalle applicirt zu haben!

lich in ſeinem erſten Briefe *) an Herrn Vaſſali: „Es werden vier oder mehrere Perſonen iſolirt, und „mit einander in leitende Verbindung geſetzt; ſo „daſs der eine mit dem Finger die Spitze der Zunge „ſeines Nachbars, und ein anderer, auf eine ähnliche „Art, den bloſsen Augapfel ſeines Nachbars be„rührt, die beiden andern aber mit den naſſen Fin„gern einen friſch präparirten Froſch halten, der eine „an den Füſsen, der andere an dem Rücken deſſel„ben; der erſte in der Reihe nehme eine Zinkplatte „in die bloſse naſſe Hand, und der letzte eine Silber„platte, die ſie in wechſelſeitige Berührung bringen; „ſo wie dieſs geſchieht, entſteht ſogleich auf der „Spitze der Zunge, die von dem berührt wird, wel„cher in der andern Hand den Zink hält, ein ſaurer „Geſchmack, und in dem Auge, das von dem Fin„ger eines andern berührt wird, ein Schein von „Licht, und die Schenkel des Froſches, der zwi„ſchen den beiden Händen gehalten wird, werden „heftig in Zuckungen geſetzt. Hier durchläuft alſo „das elektriſche Fluidum dieſe ganze Kette von Per„ſonen: warum dieſe aber keine Erſchütte„rung in den Armen verſpüren, darauf läſst ſich „leicht das antworten, daſs der Strom nicht hinrei„chend heftig dazu iſt, daſs er es aber genugſam iſt, „um diejenigen Nerven, welche empfindlich genug „ſind, und durch welche das geſammelte und ver„dichtete Fluidum geht, zu excitiren, nemlich die „Nerven des Geſchmacks, des Geſichts, und die „Cruralnerven des Froſches, die ſich alle bei dem

*) Deutſch in Gren's Neuem Journal 95 B. 2. S. 143.

„angeführten Verſuche im Durchgange des elektri-
„ſchen Stromes befinden." Herr Volta glaubt demnach, daſs das galvaniſche Fluidum im Fall Fig. 47. in *f* bereits eben ſo reizend, als in *r* ſey, und daſs es nur an der mindern Erregbarkeit der ſenſiblen Fiber von *f* liege, wenn dieſe nicht eben ſolche Contractionen, als *r*, zeigen.

Eine Reihe mühſamer Verſuche läſst mich glauben, daſs die Wahrheit, wie bei ſo vielen Streitfragen, alſo auch hier, zwiſchen dieſem vortreflichen Phyſiker und ſeinen Gegnern in der Mitte liegt. Es ſcheint mir nemlich, *) als ſey das circulirende unbekannte Fluidum zwar allerdings ſchon in jedem Theile der Galvaniſchen Kette excitirend, als äuſsere ſich aber dieſe excitirende Kraft, auch bei gleicher Reizempfänglichkeit der Organe, in ungleich höherem Grade bei denen, welche unmittelbar armirt ſind, als bei denen, welche von den Armaturen entfernter liegen. Mit dieſem Satze ſtimmen folgende Beobachtungen überein:

Einem getödteten **) Froſche wurde der rechte und linke Schenkel abgelöſet. Die Incitabilität des

*) Dies Geſetz iſt nicht ganz richtig in meinem dritten Briefe an Herrn Blumenbach (Gren's N. Journal B. 3. H. 2. S 169.) ausgedrückt. Ich hatte die Verſuche noch nicht genugſam vervielfältigt.

**) Alle Thiere, mit denen ich je experimentirt, habe ich durch Abſchneiden des Kopfes und Durchbohren des Rückenmarkes zu tödten geſucht. Ich füge dieſe Anmerkung einmal für immer bei, um den unangenehmen Eindruck zu mildern, den eine Sammlung zooto-

Thieres war gering. Der Cruralnerv *a* des rechten Schenkels wurde mit Zink *M* (Fig. 58.) armirt, und der Cruralnerv *b* des linken Schenkels mit *M* durch *a* verbunden. Hier blieb aber der zu *a* gehörige Muskel unerschüttert. Ich erhöhte die Reizempfänglichkeit von *a* durch einen Tropfen einer alkalischen Auflösung, und nun — traten die Contractionen im vorgedachten Falle ein. Eben dies bemerkte ich mehrmals bei Thieren, die einen natürlich hohen Grad der Sensibilität hatten. Es kommt allein auf den Zustand der Erregbarkeit von *a* an, denn wenn *a* ein lebhafteres, *b* ein matteres Organ ist, so verschwinden sogleich die Muskelbewegungen des unmittelbar armirten Theils, wenn man *b* an die Stelle von *a* legt, und nun mittelbar armirte *a* und *M* verbindet.

Ich hatte mir zwei Blasenpflaster auf den musc. deltoid. der rechten und linken Schulter legen

mischer Versuche bei einer gewissen Klasse reizbarer Leser erregen muss. Nach meiner eigenen Art zu empfinden, würde ich ohne diese Vorsicht, die Thiere vorher zu tödten, auch nicht einen einzigen Galvanischen Versuch je haben anstellen können. — Ob aber einzelne abgeschnittene Theile eines nicht zusammengesetzten, nicht polypenartigen Thieres für sich empfinden, mögen die Psychologen entscheiden. Mit unsern Ideen von Einfachheit des Gefühls stimmt es wohl nicht überein, dass aus einem Frosch ohne Kopf, der in der Gegend des Beckens in zwei Hälften geschnitten wird, von denen sich jede für sich Tage lang schauderhaft umher bewegt, zwei empfindende Wesen werden können. Ja! die Bewegung dauert ja in jeder Cubiklinie Muskelfleisch fort, in welche das Thier zerfetzt wird! — Dieser Troostgrund scheint doch etwas sicherer, als der, welchen einige ältere Entomologen von der Stupidität und dunkeln Empfindung der gespiessten Käfer hernahmen!

laſſen. Ein präparirter Froſchſchenkel ruhte auf der linken Wunde. Die rechte war mit Zink bedeckt. Der Schenkel hüpfte (ungeachtet er 8 Zoll vom Metall entfernt lag), ſobald ein Silberdrath ihn und den Zink verband. Meine theilweis entblöſste Cutis leitete alſo unter der Oberhaut, welche eine Brücke zwiſchen beiden Wunden bildete, das Galvaniſche Fluidum weg. Ich ſelbſt fühlte dabei weder Pochen noch Brennen. Keine Bewegung meiner Rückenmuskeln war zu ſehen. Auch konnte ſie, durch Benetzung der Wunde mit oxygenirter Kochſalzſäure, nicht hervorgebracht werden.

Beſſer gelang es mit folgendem Verſuche: Der Schenkelnerv eines Waſſerfroſches *r* war (wie in Fig. 47.) mittels eines pulſirenden Herzens *f* mit der Armatur *q* verbunden. Die Pulſationen waren ſchwach, kaum 6 — 8 auf eine Minute. Als der Conductor *p* den Zink und *r* berührte, änderten ſich die Schläge des Herzens nicht. Ich lieſs einen mäſsigen elektriſchen Schlag aus der Kleiſtiſchen Flaſche durch das Herz gehen. Er wirkte nach Wunſch, und die Pulſationen ſtiegen bis 14 in einer Minute. Auch waren ſie kräftiger und ausdauernder. Ich wiederholte die Verbindung von *r* und *q*, und nun bemerkte ich mit groſser Freude, daſs in dem Augenblick der Erſchütterung von *r* das Herz ſich auſser dem Tacte krampfhaft erhob. Ja! es war auffallend, wie, ſelbſt einige Secunden nachher, die Pulſationen ſchneller auf einander folgten. Ich konnte durch Reizung von *r* in einer Minute bis auf 19 Schläge hervorlocken.

Bei diesen Versuchen, von denen ich nicht mehrere herausheben will, blieb in jedem Falle der Apparat der Verkettung derselbe. Nur die Reizempfänglichkeit des zu leitenden Organs wurde erhöht. Der Schluss ist also sehr natürlich, dass, wenn auch (Fig. 58.) *a* unerschüttert blieb, das galvanische Fluidum doch bei seinem Durchgange nach *b*, als Stimulus, aber nicht als ein, der Erregbarkeit von *a* angemessener Stimulus wirkte. Da ferner, wenn *a* und *b* beide Contractionen erleiden sollten, (indem man *b* und *M* durch ein Metall verbindet,) *a* erregbarer, als *b* seyn muss, so folgt hieraus gegen die Voltaische Theorie, dass der Stimulus heftiger in den äussersten, als in den innern Kettengliedern ist. Auf welchen zusammengesetzten Bedingungen beruhen demnach nicht die, für so einförmig verrufenen Erscheinungen des Galvanismus?

Wenn sich Bewegungsnerven *), auch bei gesundem Körper, nur selten in einem Zustande der Incitabilität befinden, in welchem sie von dem durchströmenden Galvanischen Fluidum merklich afficirt werden, so haben dagegen die Sinnennerven des Menschen einen so grossen Vorzug der Empfindlichkeit, dass sie jene Reizung, nicht in der Ausnahme,

*) Ich bediene mich bisweilen der Kürze wegen dieses uneigentlichen Ausdrucks, statt des passenderen: Nerven, die zu Bewegungsmuskeln führen. Die Sinnennerven mögen eben so gut feine Bewegungen hervorbringen, und wer mit Darwin einen Sinn für Wärme annimmt, muss gar alle Nerven für Sinnennerven erklären. (Vergl. dagegen Herrn Hildebrandts musterhaftes Lehrbuch der Physiologie 1796 S. 49, und vorzüglich Sömmerings Hirnlehre §. 122.)

ſondern faſt immer, erleiden. Ich erinnere hier an den merkwürdigen Fall, deſſen ich ſchon in meinem dritten Briefe an Herrn Blumenbach (a. a. O. S. 168.) erwähnt habe. Eine zwei Zoll breite Wunde meiner rechten Schulter war mit Zink, eine ähnliche Wunde der linken mit Silber armirt. Ein Eiſendrath, welcher mit dem Zink zuſammenhing, ging mir durch den Mund, (und zwar zwiſchen der Oberlippe und der ſpongiöſen Subſtanz der Oberzähne,) einer zweiten Perſon aber über die Zunge weg. Als nun der Eiſendrath gegen das Silber gebogen ward, und mit ihm in Berührung trat, ſah man meinen Muscul. cucullar. lebhaft zucken, ich fühlte ein ſchmerzhaftes Brennen und Pochen in der Schulter, ich ſahe ein blitzähnliches Leuchten vor beiden Augen, und die zweite Perſon ſchmeckte die Säure auf der Zunge. Alle dieſe heterogene Erſcheinungen waren in einem Augenblicke vorhanden, ungeachtet der Communicationsdrath eine Länge von einigen Fuſsen hatte.

Iſt aber, was von den belebten Organen des Menſchen ausgeht, nur ſpecifiker Reiz für menſchliche Organe? Wenn man den Nerv und Muskel eines Waſſerfroſches mit heterogenen Metallen armirt, und dieſe, mittels eines Eiſendrathes, verbindet, der über die Zunge weggeleitet wird; ſo entſteht (die Erregbarkeit des Thieres mag auch noch ſo groſs ſeyn,) nie die Empfindung der Säure. Anders iſt der Erfolg, wenn man die Zunge den armirten Organen näher bringt. Der Schenkelnerv eines Waſſerfroſches ſey mit Zink armirt, dieſe und die

Zunge verbinde ein ſilberner Drath. So oft nun die Zungenſpitze den Froſchſchenkel berührt, wird die Contraction des Muskels und die Säure gleichzeitig erregt. Eben dieſes geſchieht, wenn in Fig. 1. die Zunge die Stelle von *a* einnimmt. — Wenn man dieſe Verſuche mit dem, an meinen Schultern angeſtellten zuſammenhält, ſo folgt daraus, daſs ein Stimulus, der von den Nerven kaltblütiger Thiere ausgeht, zwar allerdings auch die Nerven warmblütiger Thiere reizt, daſs die Reizung aber, unter andern Bedingungen eintritt, als wenn bloſs menſchliche Organe mit einander verkettet ſind.

Da die natürlichen Muskelbewegungen durch Unterbindung der Nerven und Arterien, welche einem Muskel eigenthümlich ſind, ſo lange das Band nicht gelöſet iſt, gehemmt werden, ſo muſsten die Phyſiologen von ſelbſt darauf fallen, dieſe Hemmung der Lebenskraft durch die Erſcheinungen des Galvanismus zu prüfen. Auch ſind Verſuche der Art vielfältig aufgezeichnet worden, welche aber faſt alle einander widerſprachen, bis Herr Valli *) die weſentliche Bedingung, von der das Gelingen oder Nicht-Gelingen allein abhängt, entdeckte. Dieſe Bedingung läſst ſich nach meinen Erfahrungen an kalt- und warmblütigen Thieren durch folgenden Satz ausdrücken: Die Unterbindung hemmt die Wirkungen des Galvaniſchen Reizes nicht, wenn dasjenige Stück Nerv, welches zwiſchen ſeiner Inſertion

*) S. Valli's Entdeckung weiter ausgeführt in Pfaff a. a O. S. 31. 210. und 225.

im Muskelfleisch und zwischen dem Bande liegt, in Berührung mit einem isolirenden Körper ist.

Wird daher (Fig. 59.) um den armirten Nerv *a b* in der Mitte bei *c* ein Band gelegt, und der Conductor zwischen *c* und *a* und dann zwischen *c* und *b* angesetzt, so werden im ersten Fall gar keine, im letzten aber so lebhafte Muskelbewegungen erfolgen, als wenn das Band gar nicht vorhanden wäre. Diese Erscheinungen bleiben sich gleich, wenn ich den Nerv, nahe bei *c*, noch mehrmals unterbinde. Wird aber das Band an dem Insertionspuncte bei *b* selbst angebracht, so verschwinden alle Zuckungen, wie man auch immer den Schenkel galvanisire. Eben diese Ruhe erfolgt, wenn die Unterbindung bei *c* bleibt, das Nervenende *c b* aber (Fig. 60.) so gebeugt wird, dass das Muskelfleisch in Berührung mit *c* tritt. Ja! ich habe dieselbe in Fig. 59. auf eine noch einfachere Art erhalten. Das Band blieb bei *c* und war über 4 Linien weit von dem Insertionspuncte entfernt. Die Contraction, welche in diesem Falle erfolgte, als der Silberdrath den Schenkel und die Zinkarmatur verband, verschwand sogleich, als ich das Nervenstück *c b* mit einer frischen Froschleber bedeckte. Denn nun war dasselbe von der Berührung der atmosphärischen Luft ausgeschlossen und mit einem leitenden Medium umgeben.

Alle Physiker, welche ich über die möglichen Ursachen dieser sonderbaren Bedingung befragte, reduciren dieselbe auf das, von Herrn Pfaff *) so schön entwickelte Phänomen der Ableitung.

Da

*) a. a. O. S. 15.

Da die gemeinste Erfahrung lehrt, dass in dem gewöhnlichen Falle Fig. 8. die Contractionen desto schwächer sind, je kürzer die Strecke ist, welche der Nerv frei durch die Luft geht, so wäre es allerdings denkbar, dass der, in Fig. 59. schon durch die Unterbindung geschwächte Nerv, durch die Umwickelung mit *cb* und mit dem Muskelfleische, den letzten Rest seiner Energie verlöre. Diese Analogie ist aber auf falschen Prämissen gegründet. So lange *ab* von einem isolirenden Medium, Luft, umgeben ist, so schwächt die Unterbindung den Effect keinesweges. Die Contractionen, welche die silberne Pincette erregt, sind gleich lebhaft, vor und nach Anlegung des Bandes. Wenn in Fig. 8. der Cruralnerv in dem aufgeschlitzten Muskel bis an den Zink eingehüllt wird, so werden die Bewegungen nur bei sehr matten Thieren ganz aufhören, bei lebhaftern allmälig abnehmen. Ganz anders verhält es sich im Fall der Unterbindung. Wenn die Organe auch auf dem höchsten Puncte der Erregbarkeit stehen, so verschwinden auf einmal alle Zuckungen, wenn (Fig. 59.) *cb* von einem leitenden Stoffe umgeben ist. Demnach muss die Unterbindung noch einen verborgenen Einfluss auf die Wirksamkeit der Ableitung haben!

Auch habe ich dabei noch einen andern Umstand von Wichtigkeit bemerkt. Die Entfernung der Armatur vom Bande ist für den Erfolg der Reizung in gewissen Fällen nicht gleichgültig. Der zolllange Cruralnerv eines Wasserfrosches war mit einem Haare dicht am Insertionspuncte unterbunden. Lag die Ar-

matur am äufserſten Ende des Nerven bei *a* (Fig. 61.), ſo war jede Art des Galvaniſirens unwirkſam. Schob ich dieſelbe hingegen nach *b* bis auf die Entfernung von $1\frac{1}{2}$ Linien vom Bande *c*, heran, ſo war ich im Stande Contractionen zu erregen, wenn ich den Nerv oberhalb des Bandes, zwiſchen *b* und *c*, mit dem Conductor berührte. Ich glaubte, das Band habe vielleicht nachgelaſſen, und zog die Armatur wieder bis *a* zurück, aber nun blieb alles in Ruhe, wenn die Berührung auch gleich in den irritablen Organen unterhalb der Unterbindung im Schenkelmuskel geſchah. Sollte etwa das Nervenſtück *a b* ſeine Lebenskraft bereits verloren haben, und die Nähe der Armatur bei *c* darum nothwendig geworden ſeyn? Ich lieſs die Armatur unter *a* liegen, löſste das Band, und augenblicklich erfolgten die Galvaniſchen Erſcheinungen. In der Erregbarkeit von *a b* war die Urſach der Hemmung alſo nicht gegründet. Es ſchien vielmehr, als wenn die Armatur nahe am Bande mächtiger wirke und den Effect deſſelben aufhöbe. — So viel ich nachſuchen kann, iſt das Galvaniſiren oberhalb des Bandes noch keinem Phyſiker vor mir geglückt. Um ſo nothwendiger halte ich es, meine Verſuche zu wiederholen, und ich finde bei ſehr lebhaften Thieren fünf beſtätigende Fälle in meinen Tagebüchern aufgezeichnet.

Die Unterbindung der Arterie habe ich, wie Valli, *) ebenfalls verſucht, auch oft nach einer

*) *Experiments p.* 123. Pfaff a. a. O. S. 131. 134. 278 und 280. und das neue für die chemiſche Phyſiologie ſo reichhaltige Werk: *Medical extracts, Vol. I. p.* 349.

Stunde Schwächung, nach mehrern Stunden gänzliche Lähmung des Muskels, zu dem die Arterie führt, beobachtet. Doch ſcheint mir dieſe Art von Experimenten nur in einem entfernten Nexus mit den Erſcheinungen des Galvanismus zu ſtehen. Sie zeigen, daſs das arterielle Blut weſentliche Beſtandtheile zur Unterhaltung desjenigen Proceſſes herbeiführt, von dem (nach meiner Vermuthung) die Stimmung der Erregbarkeit allein abhängt. Sie begründen daher die allgemeine Theorie der Lebenskraft, nicht die particulären Geſetze des Galvanismus.

Der Streit über Unterbindung der Nerven und Arterien leitete mich ſehr früh auf den Gedanken, die ſenſiblen Fibern gänzlich zu durchſchneiden. Ich ſtellte die erſten glücklichen Verſuche der Art im Frühjahre 1790 an. Dieſer Gegenſtand ſchien mir ſchon damals zur Prüfung deſſen, was man bisher über die Natur eines Nervenfluidums, und über Regeneration der Nerven lehrte, ſehr wichtig. Als ich zufällig, auf einem andern Wege, die Eigenſchaft der thieriſchen Materie, in der Entfernung zu wirken, entdeckte, *) wurde meine Aufmerkſamkeit noch mehr darauf geheftet. Ich freute mich nun, ſinnlich darſtellen zu können, was groſse Phyſiologen von der Exiſtenz ſenſibler Wirkungskreiſe, aus theoretiſchen Gründen, ahndeten. Da dieſe Unterſuchung ſich auf Experimente gründet, welche neu **) und mir eigenthümlich ſind, ſo werde ich keiner Rechtfertigung bedürfen, wenn ich dieſelben

*) S. oben, am Ende des vierten Abſchnitts.

**) Vergl. damit Herrn Pfaffs Verſuche a. a. O. S. 35.

hier in ihrem ganzen Umfange entwickele. Eine vorläufige Anzeige davon ist in meinem ersten physiologischen Briefe an Herrn Blumenbach *) enthalten.

Wenn der Nerv eines Thieres der Länge nach zerfleischt wird, und auch nur ein einziges Fäserchen übrig bleibt, welches die Armatur mit dem Muskel verbindet, so zeigen sich die galvanischen Erscheinungen in eben der Stärke, als wenn der Nerv noch seinen unverletzten Durchmesser hätte. Stellt man sich, wie einige ältere, und leider! selbst neuere **) Zergliederer, einen Nerv als einen einfachen mit Mark gefüllten Schlauch vor, so muss jener Versuch allerdings wundersam scheinen. Weiss man hingegen, dass das, was wir Nerven nennen, ein sehr zusammengesetztes Organ, ein Aggregat (Bündel) vieler anastomosirenden Stränge ist, so ist die Möglichkeit, dass bei jenem Zerfleischen einzelne Stränge, oder Faden unzerstört bleiben, sehr denkbar. Herrn Reil's Entdeckungen ***) sind schon von dieser Seite für die pathologische Anatomie unendlich wichtig. Selbst im lebendigen Körper können sogenannte einfache Nerven mannichfaltig verlegt, unvollkommen zusammengeheilt seyn, ohne dass die wirkliche Muskelbewegung ge-

*) S. Gren's N. Journal, B. 2. S. 122.

**) Z. B. der anonyme Verfasser des Aufsatzes über Nervenkraft in Reil's Archiv für die Physiologie, B. 1. H. 2. S. 12.

***) S. dessen Abhandlung über den Bau des Hirns in Gren's N. Journ. B. 1. S. 109. und dessen *Exercitationes anat. de structura nervorum Fasc. I. Hal.* 1796.

ſchwächt iſt. Auffallender *) iſt der Einfluſs dieſer Verletzung auf die geminderte Energie der Arterien und Saugadern.

Gröſsere Feinheit der Präparation, ſorgfältigere Behandlung, als das longitudinale Zerfleiſchen der Nerven, erfordert das Durchſchneiden derſelben nach dem kleinen Durchmeſſer. Schon aus dem Vorigen (S. Fig. 54.) iſt bekannt, daſs die Wirkungen des Galvaniſchen Reizes nicht geſtört werden, wenn die beiden Enden eines zerſchnittenen Nerven durch leitende Stoffe mit einander verbunden ſind. Trennt man daher (Fig. 62.) das ſenſible Organ ſo unvorſichtig, daſs, (indem *ab* und *cd* von einander entfernt werden,) aus den gegenüberſtehenden Oeffnungen der Scheide Nervenmark herausgepreſst wird, welches den Zwiſchenraum *b c* ausfüllt, ſo wird jede Verbindung des Muskels mit der Armatur allerdings Contractionen erregen, das Experiment ſelbſt aber keinesweges das Daſeyn eines ſenſiblen Wirkungskreiſes des Nerven erweiſen. Nur durch ſorgfältige Wiederholung ſolcher feinen Verſuche kann man ſich vor Selbſttäuſchung ſichern, und ob ich mir gleich ſchmeicheln darf, nicht ganz ungeübt in dieſer Art von Sectionen zu ſeyn, ſo geſtehe ich doch, daſs mir noch gegenwärtig unter drei Durchſchneidungen des Nerven gewiſs eine miſsglückt.

Man nehme einen recht lebhaften, beſonders einen aus dem Winterſchlafe erweckten Waſſerfroſch,

*) Vergl. hiemit Sömmering's Hirnlehre, §. 151. 191. und 193.

und präparire ſchnell den einen Cruralnerv, ſo lang als möglich, heraus. Dieſen Nerv durchſchneide man, indem man ihn mittels einer Pincette, über einer reinen, trocknen, allenfalls etwas abgewärmten Glastafel, in die Luft hält, etwa zwei Linien über ſeiner Inſertion in den Schenkelmuskel, in zwei Stücke. Wenn der Schnitt vollendet iſt, laſſe man die Nervenenden ja nicht von ſelbſt herabfallen, ſondern unterſtütze das eine mittels der Pincette, das andere mittels der Scheere, bis man ſie auf der Glastafel $\frac{5}{4}$ oder 1 Linie weit von einander entfernt, in die Lage von *ab* und *cd* (Fig. 62.) gebracht hat. Es iſt hierbei ſehr wichtig, daſs beide Stücke, indem ſie die Unterlage berühren, gleich unverrückt liegen bleiben, damit der Zwiſchenraum *bc* nicht mit einer leitenden Subſtanz ausgefüllt werde. Man kann auch den Nerv auf der Glastafel ruhen laſſen, nur muſs dann der Schnitt ſehr raſch und derb mit einem ſcharfen Secirmeſſer geſchehen. Durch Zuſammenziehung der Scheiden werden dann, beſonders aus dem oberen Ende, genau wie es Prochaſca abgebildet, Markkügelchen hervorgepreſst, welche, (wenn man die durchſchnittenen Theile von einander entfernt,) eine Leitung von *b* nach *c* begründen würden. Um dies zu verhüten, muſs gleich nach dem Schnitte *ab*, ſammt der Armatur, und *cd*, ſammt dem daran hängenden Schenkel, in die, Fig. 62. gezeichnete Lage, auf eine andere friſch getrocknete Glastafel gelegt werden. Zu mehrerer Vorſicht kann man auch durch ein wenig Baumwolle, welche an einem Eiſendrathe befeſtiget wird, den Zwiſchenraum *bc* ab-

trocknen. Doch muſs alsdann die Baumwolle ſelbſt ſehr trocken ſeyn, und weder *b* noch *c* darf berührt werden, weil man ſonſt unausbleiblich *b c* befeuchten wird.

Wenn bei recht lebhaften Organen dieſe Bedingungen recht ſchnell erfüllt werden, und beide Nervenſtücke $\frac{5}{4}$ Linien von einander entfernt liegen, ſo entſtehen Muskelbewegungen, indem die Armatur *M* durch einen heterogenen metalliſchen Leiter mit *c d*, oder auch ſelbſt mit *a b* verbunden wird. Dieſe Bewegungen erfolgen, *M* mag auch noch ſo weit von *b* entfernt ſeyn. Das obere Nervenende *a b* übt alſo noch, durch die Luftſchicht *b c* durch, ſeine Energie auf den getrennten Schenkelmuskel aus. Es iſt gar nicht nöthig, daſs die Mündungen *b* und *c* (wie bei einem Bündel von bloſs parallelen Canälen,) ſich gegenüberſtehen. Zu meinem Erſtaunen habe ich bemerkt, daſs die Contractionen ebenfalls eintreten, wenn *c* ſich der Seitenfläche des Nerven *a b* irgendwo (wie Fig. 63.) auf $\frac{5}{4}$ Linien Entfernung naht. Wie die Incitabilität der Organe abnimmt, ſo iſt die Berührung von *a b* nicht mehr hinlänglich zur Erregung von Muskularbewegungen, ſondern *c d* muſs ſelbſt mit *M* verbunden werden. Sinket die Reizempfänglichkeit noch mehr, ſo muſs das untere Nervenende *c* dem obern *b* näher gerückt werden, und der Abſtand *b c* wird nach und nach von $\frac{5}{4}$ Linien auf o reducirt. Dieſes allmälige Schwinden des ſenſiblen Wirkungskreiſes eines Nerven, iſt eine Erſcheinung, welche gewiſs zu den auffallendſten der belebten Natur gehört. Auch haben alle Phyſiologen,

welchen ich dieſelbe, in und auſserhalb Deutſchland zeigte, mir ihr gleichmäſsiges Erſtaunen darüber geäuſsert. Das Maximum des Abſtandes, in welchem der belebte Nerv aus der Entfernung wirkt, iſt, ſo wie die Zeit, in der der ſenſible Wirkungskreis ſeinen Durchmeſſer auf o zuſammenzieht, nach der individuellen Erregbarkeit des Organs, mit dem man experimentirt, verſchieden. Geſchieht die Präparation langſam, und iſt das Thier weniger lebhaft geweſen, ſo darf *bc* oft kaum $\frac{1}{2}$ Linie betragen. Ueber $\frac{5}{4}$ einer Pariſer Linie habe ich die Weite des Wirkungskreiſes nie gefunden, ſo wie die Reizung aus der Entfernung mir nie über 5 — 8 Minuten dauerte. Zur Erregung der Contractionen iſt es gar nicht unbedingt nothwendig, daſs *ab* und *cd* Theile eines Nerven ſind. Der Verſuch iſt mir häufig geglückt, wenn *ab* vom rechten, *cd* vom linken Cruralnerv deſſelben, oder eines gleichartigen Waſſerfroſches waren. Ich habe die Nervenſtücke der Rana esculenta und der Kröte (Rana-Bufo), die der Rana temporaria und Lacerta agilis gegenübergelegt, und das Galvaniſiren iſt vollkommen geglückt. Bei kalt- und warmblütigen Thieren, z. B. wenn *cd* von dem Cruralnerv einer Hausmaus und *ab* von dem eines Waſſerfroſches war, konnte ich keine Contractionen erregen. Habe ich dieſe Verſuche nicht oft genug wiederholt, die Theile nicht ſchnell und fein genug präparirt, oder iſt, was aus dem Nerven einer Amphibie durch die Luft ausſtrömt, nur ſpecifiker Reiz für die Amphibie, nicht für die Muskel warmblütiger Thiere? Im Ganzen

ſcheint aus den mannichfaltigen Verſuchen, welche ich in meinen Tagebüchern aufgezeichnet habe, zu folgen, daſs die Weite des Wirkungskreiſes allein von dem obern Nervenſtücke *a b* abhängt. Zwar habe ich geſehen, daſs die ſchon gänzlich verſchwundenen Muskularbewegungen wieder entſtanden, als bei einem wohl eine Viertelſtunde lang entblöſst gelegenen Schenkelnerven, das Stück *c d* allein mit einem andern friſch präparirten verwechſelt ward. Aus dieſem Experimente ſcheint mir nur zu folgen, daſs zwar ein Nerv vielleicht ſtundenlang eine reizende Atmosphäre um ſich verbreitet, daſs aber nur die erregbarſten Organe reizempfänglich genug für einen ſo unendlich feinen Stimulus ſind. Ich habe verſucht, wenn *c d* (Fig. 62.) in der Entfernung von $\frac{5}{4}$ Linie keine Contractionen erlitt, dieſelben dadurch wieder herzuſtellen, daſs ich *a b* mit excitirenden Flüſſigkeiten, z. B. mit oleum tartari per del.) mit oxygenirter Kochſalzſäure, mit Moſchusextract benetzte. Ich glaubte dadurch den ſenſiblen Wirkungskreis des Organs wieder, bis *c* hin, zu erweitern — aber umſonſt. Die Fälle, wo Contractionen erfolgten, lieſsen den Verdacht zurück, daſs der Abſtand *b c* von den reizenden Mitteln benetzt worden ſey. Dagegen gelang es mir, die Zuckungen dadurch wieder herzuſtellen, daſs ich bloſs *c d* mit oxygenirter Kochſalzſäure befeuchtete und ſeine Erregbarkeit erhöhte. Bei den Nerven warmblütiger Thiere, bei welchen die Lebenskraft ſo unaufhaltſam ſchnell hinſchwindet, iſt der Verſuch des Durchſchneidens ſehr ſchwierig anzuſtellen.

Bei Vögeln ist er mir nie, wohl aber bei Mäusen, Ratten, einem Lamme und mehreren Kaninchen geglückt. Ich fand den Wirkungskreis dann meist nur auf $\frac{1}{2}$ Linie und weniger eingeschränkt.

Wenn man bei sehr reizbaren Organen die Nervenenden *a b* und *c d* durch untergelegte Glasröhren dergestalt erhöht, dass ihre Mündungen *b* und *c* $\frac{5}{4}$ Linien weit auseinander in freier Luft stehen, so setze man (Fig. 62.) eine dünne Glasscheibe *e f* dergestalt zwischen dieselben, dass sie weder *b* noch *c* berührt. Wenn die Muskelbewegungen vorher durch Verbindung von *M* und *d* eintraten, so werden sie nun augenblicklich verschwinden. Ich stelle sie wieder her; sobald ich die Scheidewand wegrücke, oder die von Glas mit einer von Metall vertausche. Ich bleibe hier bei der Anführung dieses einfachen Factums stehen, welches für die Untersuchung der Natur dieser Ausströmung gewiss sehr wichtig ist.

Aus dem Vorhergehenden folgt demnach, dass man sich um jeden Nerv *m* (Fig. 64.), wie um einen magnetischen Stab, eine punctirte Linie *a b c d* denken kann, welche den sensiblen und reizenden Wirkungskreis desselben bezeichnet. *) Wenn ein anderes

*) Ich bin nach einzelnen Versuchen, die ich an verschiedenen Thieren angestellt, überzeugt, dass die Gröfse der reizenden und sensiblen Atmosphäre nicht nur bei den Nerven verschiedener Thiere, sondern auch bei einem Nerven zu verschiedenen Zeiten, und besonders bei verschiedenen Nerven eines Individuums variirt. Wie viel bleibt hier zu entdecken übrig!

Nervenſtück *n* innerhalb dieſer Grenzen tritt, ſo kann *m* ſeine Energie darauf ausüben. Dieſer Effect nimmt aber mit ſchwindender Lebenskraft ab, und der reizende Wirkungskreis *a b c d* wird allmälig in die engern Grenzen *e f* zuſammengezogen. — Ich verſprach am Schluſſe des vierten Abſchnittes, als ich den Verſuch Fig. 37. entwickelte, neue Thatſachen nachzutragen, welche die Eigenſchaft der thierischen Materie aus der Entfernung, das heiſst, durch nicht cohaerirende Theile zu wirken, in ihrem ganzen Lichte darſtellen würden. Durch die hier beſchriebenen Experimente mit durchſchnittenen Nerven glaube ich jenem Verſprechen genügt zu haben.

Die Art, wie ich dieſelben angeſtellt, müſſen mich, wie ich mir ſchmeichle, vor dem Verdachte der Selbſttäuſchung, vor dem Verdachte, als lieſse ſich der Fall (Fig. 62.) auf den Fig. 54. reduciren, vollkommen ſichern. Allerdings muſs aus dem Nervenende *b* irgend etwas nach *c* überſtrömen, was das Medium jener Kraftäuſserung iſt. Aber dies Medium iſt von der Medulla ſelbſt ſehr verſchieden. Es iſt keine tropfbare Flüſſigkeit, denn ſonſt müſsten die Contractionen ausbleiben, wenn *a b* und *c d* durch Glasröhren über die unten liegende Fläche unterſtützt, mit ihren Nervenenden in die freie Luft erhoben worden; ſonſt würde *c d* ſich nicht ſo regelmäſsig, nach und nach, dem *a b* nähern müſſen. Dieſes allmälige Verengen des ſenſiblen Wirkungskreiſes, welches im Falle Fig. 54. und hier beim Durchſchneiden des Nerven beobachtet wird,

ist gerade das, was dieses Phänomen als eine unmittelbare Wirkung der Lebenskraft vor allen Wirkungen der todten Leitungskraft so merklich auszeichnet. Ja! ich habe Fälle beobachtet, wo beide Nervenstücke (Fig. 62.) auf einer Glastafel lagen, und mit abnehmender Nervenkraft *c d* in einer Entfernung von $\frac{5}{4}$ Pariser Linien, der Influenz von *a b* nicht mehr gehorchten, und wo ein Wassertropfen, den ich zwischen die Mündungen *b* und *c* fallen liess, um jenen Zwischenraum auszufüllen, die Communication nicht herstellte! Der ganze Apparat wurde auf eine neue trockne Glasplatte gelegt, und nun entstanden sogleich Muskular-Contractionen, wenn die Entfernung *b c* nur $\frac{1}{2}$ Linie betrug. In diesen Fällen wirkte also die unsichtbare reizende Atmosphäre des Nerven stärker, als die Zuleitung durch Wasser. Was aus *a b* ausströmt, scheint auch nicht die Natur einer gewöhnlichen Gasart zu haben. Wenigstens streiten die Versuche mit der Glastafel, oder Metallplatte *e f* zwischen *b* und *c* gegen unsere bisherigen Vorstellungen von Gasarten. Es kommt eher mit den Wirkungen des strahlenden Wärmestoffs, der Materie des Lichts, oder des magnetischen und elektrischen Fluidums überein.

Diese Entdeckung, dass die belebte sensible Fiber eine Kraft besitzt, aus der Entfernung zu wirken, oder eine reizende Atmosphäre um sich zu verbreiten, scheint mir von grosser Wichtigkeit für die physiologische und pathologische Erklärung mancher Erscheinungen des thierischen Körpers. Erfahrne Zergliederer werden zahlreiche

Anwendungen von ſelbſt machen. Ich begnüge mich daher nur, an die Phänomene des Gefühls und Geſchmacks, an die Regeneration der Nerven und einige ſympathetiſche Wirkungen näher zu erinnern.

1) Die Beobachtung, daſs diejenigen Theile des thieriſchen Körpers, welche von Nerven entblöſst ſind, keine Empfindung erregen, hat viele Anatomen zu dem Schluſſe verleitet, daſs überall, wo Empfindung iſt, auch ſenſible Fibern, und zwar deren um ſo mehr als das Organ empfindlicher iſt, vorhanden ſeyn müſſen. So richtig auch die einfache Umkehrung eines allgemein verneinenden Urtheils iſt, zu ſo vielen Irrthümern verleitet eine unlogiſche Extenſion derſelben. Die Reizempfänglichkeit eines Nerven kann von der eines andern, bei ſtrenger Uebereinſtimmung der äuſsern Organiſation, merklich verſchieden, und ein Theil, zu dem nur wenige dünne Nervenfäden gehen, wegen der eigenthümlichen Energie *) derſelben, empfindlicher als ein anderer ſeyn, in den mehrere dickere Nervenſtränge verflochten ſind. Wir ſehen, beſonders in pathologiſchen Fällen, bald dieſes, bald jenes Organ ſenſibler werden, ohne daſs darum neue Nervenäſte entſtehen, oder verſchwinden. Wenn ferner überall Nervenfaſern getroffen werden ſollen, wo die Berührung eines Theils Empfindungen erregt, ſo müſste die Haut ein undurchdringliches Gewebe

*) Sollte daher der Satz, den Herr Hildebrandt (Lehrbuch der Phyſ. S. 40.) aufſtellt: „der Grad der Empfindlichkeit verhält ſich bei jedem Theile, wie die „Quantität des Nervenmarks, welches er enthält," unbedingt richtig ſeyn?

von nervis cutaneis ſeyn. Auch haben, nach Haller, neuere Schriftſteller *) wirklich noch ein ſolches Gewebe angenommen, und, da Porterfield **) eine ſenſible Faſer der Netzhaut 116400 mal kleiner, als ein Menſchenhaar gefunden hatte, ſo hielt man ſehr inconſequent eine ſolche Veräſtelung aller Nerven für wahrſcheinlich. Der vortrefliche Iſenflamm ***) hat ſich ein beſonderes Verdienſt dadurch erworben, das Unbegreifliche dieſer Vorſtellungsart in ein helleres Licht zu ſetzen. Er glaubte den Knoten dadurch zu löſen, daſs er in jedem Puncte der Haut, zwar nicht Nervenfaſern, wohl aber die markige Subſtanz einzelner Nerven, welche in das ſchleimige und netzförmige Gewebe ſich ergöſſe und gleichmäſsig vertheilte, annahm. Es ſcheint, als wenn die Analogie mit dem Sehnerven und der portio mollis des ſiebenten Paars ihn auf dieſe Idee geleitet hat. Setzt dieſelbe nicht ebenfalls eine continuirte Marklamelle in der Haut voraus, oder muſs die Haut vielmehr dieſe Lamelle nicht ſelbſt ſeyn? Neuere Phyſiologen wichen theils der Unterſuchung des Problems vorſichtig aus, theils ſchienen ſie der Iſenflammſchen Hypotheſe zu folgen, bis Herr Reil †) mit ſeiner

*) Ausdrücklich in *Medical extracts, Vol. I. p. XVIII.* Vergl. Haller's Anfangsgr. der Phyſiologie, B. IV. S. 639.

**) *Treat. on the eye, T. II. p.* 64.

***) Verſuch einiger praktiſchen Anmerkungen über die Nerven, 1774. S. 62.

†) Gren's N. Journal, B. 1. S. 113. und Arch. für Phyſiologie, B. 1. H. 1. S. 89.

Theorie von einer ſenſiblen Atmosphäre um den Nerven hervortrat. Dieſe entledigt gleichſam den Anatomen des mühevollen Geſchäfts, Organe zu entdecken oder hin zu zaubern, wo ſie der Phyſiologe zu ſeinen Erklärungen bedarf. Sie macht es begreiflich, wie ein Membran, welches auf der Fläche von vier Quadratlinien nur durch einen Nerven ſenkrecht durchbohrt iſt, doch mittels dieſes einzigen Nerven in jedem nahen, oder fernen Puncte empfindlich ſeyn kann. Das Empfindliche in der menſchlichen Bildung iſt nemlich das Seelenorgan allein, und der Nerv (ſammt dem Wirkungskreiſe, den er verbreitet,) iſt das Medium zwiſchen dem Seelenorgan und den einwirkenden reizenden Objecten der äuſsern Sinnenwelt.

Eine Note in dem berufenen Syſtem der Heilkunde des John Brown *) belehrt mich, daſs, ſchon lange vor Herrn Reil, die Vermuthung über eine ſenſible Atmosphäre der Nerven (zum gröſsten Aergerniſs der Brownianer) in Edinburg öffentlich vorgetragen wurde. Was aber bis dahin nur Vermuthung ſeyn dürfte, glaube ich jetzt durch die Verſuche Fig. 62. 63. und 64. ſinnlich erwieſen zu haben. Wir ſehen, daſs man durch feine Präparation der Organe ſogar im Stande iſt, den Durchmeſſer jener Wirkungskreise zu meſſen. Wir ſehen, daſs dieſe Durchmeſſer nach Verſchiedenheit des

*) Ueberſetzt von Pfaff 1796. S. 149. o. „man lieſs „ſogar ein elaſtiſches Fluidum, eine Atmosphäre um die „Nerven bilden, und erklärte damit die Verrichtung „lebender Syſteme."

Grades der Erregbarkeit ſich vergröſsern, oder verkleinern. Herr Scarpa, welcher auf dieſe Verſuche die ſchmeichelhafteſte Aufmerkſamkeit heftete, erinnerte mich bei jener Erzählung vorzüglich an die wunderbar gebildeten Zungenwärzchen (papillae guſtatoriae), deren groſser Abſtand von einander ihn längſt in Erſtaunen geſetzt. Wenn bloſs die unmittelbare Berührung derſelben die Geſchmacksempfindung auf den ramus lingualis des dritten Hauptaſts vom fünften Paar fortpflanzte, ſo müſste allerdings (trotz der pinſelartigen Verbreitung ſo vieler Nervenfäden in die Wärzchen,) der durch ſo wenige ſenſible Puncte erregte Geſchmack ſehr ſchwach ſeyn. Verbreitet aber jedes kegelförmige, faſt aſterienartige *) Wärzchen einen ſenſiblen Wirkungskreis um ſich her, ſo iſt leicht einzuſehen, wie eben dadurch die Zahl der wirkſamen Berührungspuncte vermehrt werden kann. Den Einfluſs abgerechnet, welchen der aus den eigenen Schleimbälgen ſecernirte Schleim auf die Schärfe, oder Stumpfheit des Geſchmacks haben muſs, läſst ſich dieſer Unterſchied auch aus dem Verſuche Fig. 64. ſelbſt herleiten. In Zeiten, wo der ſenſible Wirkungskreis, den jedes Zungenwärzchen den reizenden Stoffen darbietet, ſehr groſs iſt, müſſen dieſelben einen lebhaftern Eindruck auf den Zungennerven machen.

*) So ſcheint es in den herrlichen Präparaten, welche Herr Scarpa zu ſeiner Schrift über das Geſchmacksorgan, an der er arbeitet, benutzt. Die Sammlung, welche der groſse Mann für das Wilſonſche Mikroſkop bereitet hat, iſt ein ſchönes Denkmal ſeines Scharfblicks.

machen. In Zeiten, wo bei geringer Energie des Nervenſyſtems die Atmosphäre einen kleineren Durchmeſſer hat, iſt der wirkſame Contact geringer, und alſo der Geſchmack ſtumpfer. Eben dieſe Erklärungsart läſst ſich auf mehrere Zungen anwenden, die bei verſchiedener Reizempfänglichkeit doch mit einer gleichen Anzahl von Wärzchen beſetzt ſind; eben dieſe Erklärungsart auf die Papillen der Fingerſpitzen und der ganzen übrigen Haut.

Ernſthafte Beobachter reden von Erfahrungen, nach welchen bisweilen eine Empfindung von der Exiſtenz eines nahen Körpers erregt wird, ehe die Berührung ſelbſt geſchieht. Ich weiſs nicht, ob dieſes Problem durch das Gefühl einer veränderten Temperatur, durch den aus nahen Körpern ausſtrömenden Wärmeſtoff hinlänglich aufgelöſet werden kann. Der Verſuch Fig. 64. zeigt aber die Möglichkeit, daſs ein Nerv, deſſen ſenſible Atmosphäre ſich nach allen Seiten erſtreckt, ohne berührt zu werden, Eindrücke empfangen und fortpflanzen kann. Der Hunterſche Blitzverſuch ſcheint dies zu beſtätigen, da die Erleuchtung, (wie man in England ausdrücklich bemerkt hat,) bisweilen ſchon eintritt, wenn das eine Metall und die Zunge noch nicht im Contact, ſondern eine Linie weit von einander entfernt ſind. Auch an die Möglichkeit der ſogenannten Magnetiſchen Curen, bei denen die bloſse Nähe der Hand, (ohne allen Magnet) Wärme und Reiz in entblöſsten Theilen hervorbringen ſoll, möchte ich hier erinnern, wenn man in dem aufgeklärten Deutſchlande den Glauben an jene Möglichkeit

äufsern dürfte, ohne nicht selbst für nervenkrank oder exaltirt gehalten zu werden. Bequemer ist es freilich, Facta zu leugnen, als sie zu untersuchen, oder durch Gegenversuche zu widerlegen. *)

2) Bleiben, bei Durchschneidung eines Nerven in chirurgischen Fällen, die Enden desselben nach der Trennung innerhalb ihres gemeinschaftlichen Wirkungskreises, so könnte allerdings, nach Analogie der Versuche 62 — 64, die Willenskraft fortfahren, den zu dem getrennten Nerven gehörigen Muskel zu Bewegungen zu reizen. Dieselben Erfahrungen, nach denen wir die Möglichkeit dieser Reizung einsehen, erklären uns aber zugleich auch, warum sie in der menschlichen Organisation nie statt habe. Bei der Operation selbst werden die Nervenenden meist übermäfsig von einander entfernt, und es ist unmöglich, sie während der Heilung so zu behandeln, als Froschnerven auf einer reinen und trockenen Glastafel. Durch den Schnitt wird der verwundete Nerv geschwächt, und diese Schwäche verkleinert seinen Wirkungskreis noch mehr. Endlich liegt das grofse Hindernifs bei Fortpflanzung der Nervenkraft in der Vernarbung der Enden, welche aber freilich nicht immer eintritt. Denn bei kaltblütigen Thieren bleibt sogar der Theil unter dem Schnitte, oder das mit dem Seelenorgan gar nicht cohärirende Nervenstück Jahrelang frisch,

*) Ein nachahmungswürdiges Muster einer solchen gründlichen und bescheidenen Widerlegung hat Herr Kühn in seiner kleinen Schrift: Ueber die Wunderhand des Grafen von Thun, Leipzig 1794. gegeben.

rund, wohlgenährt und unvernarbt. Monro *) hat hierüber am ischiadischen Nerven merkwürdige Versuche angestellt.

Wenn man diese Beobachtungen über die empfindenden und reizenden Wirkungskreise der Nerven mit dem vergleicht, was ich oben (am Ende des sechsten Abschnitts) über die Phänomene der Zuleitung und das daraus erklärbare Sensibelwerden kranker Theile vorgetragen; so finden wir jetzt eine zweifache Art, wie Eindrücke, welche nicht unmittelbar den Nerven treffen, sondern nur in seiner Nähe geschahen, doch zu dem Seelenorgan fortgepflanzt werden können. Diese Erklärungen gründen sich nicht auf speculative Möglichkeiten, sondern auf die einfachen Analogien wirklicher Erfahrungen. Wenn das Ende eines Nerven von nicht leitenden Stoffen, wie in den Knochen, oder Luftzellen, umgeben ist, so wirkt er aus der Entfernung durch seine Atmosphäre allein. Kommt der Nerv mit leitenden Stoffen, mit Lymphe, Blut, oder Zellstoff in Berührung, so erhöht diese Atmosphäre die Leitungskraft der zunächst an ihn grenzenden Theile. Wenn Fig. 62. beide *x* und *y* Puncte eines leitenden Membran sind, so wird der Stimulus auf *x* angewandt, heftiger reizen, als in *y*, — nicht, weil *x* seiner chemischen Mischung wegen, ein vollkommnerer Leiter, als *y* ist, sondern, weil *x* innerhalb, *y* aufserhalb des sensiblen Wirkungskreises des Nerven *a b* liegt. Ist demnach der Theil, von

*) Bemerk. über Structur und Verrichtung des Nervensystems, 1787. S. 21 und 25.

welchem die Empfindung ausgeht, oder das Organ, auf welches der Nerv ſeine reizende Energie activ ausübt, um *by* von *b*, entfernt, ſo wirkt die zuleitende Kraft des Mediums allein. Dieſer letztere Fall, den der Verſuch Fig. 54. erläutert, ſteht, wie mich dünkt, in naher Verbindung mit der ſo wunderbar ſcheinenden Regeneration der Nerven. Die vortrefflichen Erfahrungen, welche Herr Arnemann *) geſammelt, zeigen unwiderſprechlich, daſs, wenn ganze Nervenſtücke ausgeſchnitten werden, die übrigen beiden Enden ſich durch Zellſtoff, der aus gerinnbarer Lymphe neu erzeugt wird, wieder vereinigen, und daſs nach dieſer Vereinigung die willkührliche Muskelbewegung, oder Spannkraft, (nicht aber die Empfindung?) wieder eintritt. Wäre der Zellſtoff eine iſolirende Subſtanz, ſo würde ſich die Energie des obern mit dem Seelenorgan noch cohärirenden Nervenſtückes gewiſs nicht auf das untere fortpflanzen.

Ich rede keck von der Regeneration der Nerven, obgleich berühmte Zergliederer ſie gerade hin läugnen. Eine Verlängerung durch Zellſtoff iſt allerdings nicht Wiedererzeugung zu nennen. Der groſſe Mainzer Anatom führt **) ausdrücklich an, daſs das reproducirte Stück nie das charakteriſtiſche (gebänderte) Anſehen der übrigen Nerven erhielte. Ich wage es, dieſem Satze zu widerſprechen. Wenn auch in zahlreichen Verſuchen jenes charakteriſtiſche

*) Verſuch über Regeneration der Nerven, B. I. Cap. 3. und 5.

**) Sömmering's Hirnlehre, §. 179.

Kennzeichen fehlte, ſo beweiſen doch wenige, unter günſtigern Verhältniſſen angeſtellte Erfahrungen hinlänglich, daſs der Natur auch dieſe Reproduction möglich ſey. Ich erinnere hier an die Präparate, welche Felice Fontana *) beſitzt, und in denen ſich, (wie in denen von Cruikshank,) groſse wiedererzeugte, durchgehends ſpiralförmig gebänderte Stücke des Intercoſtalnerven deutlichſt zeigen. Ein gelingender Verſuch beweiſt mehr, als viele nicht glückende Verſuche.

Sollte die gröſsere Erregbarkeit der magern, und das träge Phlegma der fetten Menſchen nicht mit **) davon herrühren, daſs bei jenen die Nerven freier, bei dieſen von zähem fetten Oele umfloſſen ſind? Allerdings iſt das, im lockern Zellgewebe angehäufte, Fett immer mit einer ſeröſen leitenden Feuchtigkeit gemengt. Daſs aber das Ganze des Gemenges um ſo iſolirender ſeyn muſs, je mehr ölige Theile darin enthalten ſind, iſt nach obigen

*) Ueber die Sorgfalt, mit welcher dieſe Reproductionsverſuche angeſtellt wurden, ſ. Abhandlung über das Viperngift, 1787. S. 355. Vergl. hiemit William Cruikshank in *Philoſ. Transact. for* 1795. *P.* 1. *p.* 177. und John Haighton *l. c. p.* 190. überſetzt in Reil's Archiv der Phyſiologie, B. 2. H. 1. S. 57. und 71. Herr Haighton würde ſich den problematiſchen Ausgang mancher ſeiner Verſuche leicht haben erklären können, wenn er mit dem ſenſiblen Wirkungskreiſe der Nerven und der Leitungskraft des Zellſtoffs bekannt geweſen wäre.

**) Ich ſage bedächtig: mit davon herrühren; denn die Haupturſache liegt wohl in der Sömmeringſchen Entdeckung der relativen Gröſse des Hirns. Vom Bau des menſchlichen Körpers, Th. V. §. 96.

Erfahrungen wohl ſehr wahrſcheinlich. Bei feiſten Körpern muſs alſo die Zuleitung des empfangenen Eindrucks auf den Nerven ſchwächer, die Reizung mehr auf den ſenſiblen Wirkungskreis ſelbſt eingeſchränkt ſeyn, als bei magern. — Wenn man bedenkt, wie wichtig die allgemeine Receptivität des Menſchen für ſinnliche Eindrücke, ſeiner intellectuellen Bildung, der ganzen Beſtimmung ſeines Charakters iſt, ſo wird man es der Mühe nicht unwerth finden, die ganze Summe kleiner Urſachen, welche eine ſo groſse Wirkung hervorbringen, ſorgfältig aufzuſuchen.

Bei ſo mannichfaltigen Beweiſen für die Atmosphäre der Nerven mag es wunderſam ſcheinen, warum es noch nie geglückt iſt, einen entblöſsten Nerven dadurch wirkſam zu reizen, daſs man (Fig. 64.) ohne ihn ſelbſt zu berühren, mit einer Lanzette in den Raum *abcd* ſticht. Dieſe Schwierigkeit iſt leicht gehoben, wenn man bedenkt, daſs die Wirkſamkeit des Reizes uns nur an zwei Kriterien, an erfolgter Muskelbewegung, oder Rührung des ſenſiblen Seelenorgans, bemerkbar werden kann. Nun muſs ein mechaniſcher Stimulus ſchon ſehr heftig ſeyn, um Zuckungen hervorzubringen, und die Erſchütterung des feinen Stoffes, den wir uns innerhalb der Grenze *abcd* vorſtellen, kann wohl nicht ſo wirkſam ſeyn, um im Muskel eine für uns bemerkbare Contraction zu erwecken. Die nicht bemerkte Zukkung beweiſt alſo nicht ſowohl gegen das Daſeyn der Atmosphäre, als für die unſchickliche Application des Reizes. Ob endlich dabei eine Empfindung

erregt werde, das ist etwas subjectives, worüber wohl schwerlich ein genauer Versuch anzustellen seyn möchte, da Verwundungen immer ein gleichzeitiges verworrenes Gemisch schmerzhafter Sensationen erregen.

3) Eine grosse Anzahl sympathetischer Erscheinungen in dem Nervensysteme mag sich ebenfalls auf der Wirkung der sensiblen Atmosphären und der Zuleitung gründen. Die meisten lassen sich freilich auf Anastomosen der Nervenfäden (wie bei den wichtigen Intercostal-Antlitz- und Stimmnerven, oder den drei dädalisch gewundenen Aesten des fünften Paars) zurückführen. Aber, wie manche bleiben noch zu erklären übrig, wo die Verästelung fehlt, und man zur Nähe der Nervenursprünge im Gehirne und zur Reaction dieses Seelenorgans seine Zuflucht nimmt? *) Ohne diese Reaction zu läugnen, kann die Mitleidenschaft oft nur darauf beruhen, dass ein Nervenfaden in der sensiblen Atmosphäre des anderen liegt, oder dass wirklicher Contact, wie beim Opticus und den Ciliarnervchen, durch Zuleitung den Eindruck fortpflanzt. In einer so feinen Materie wäre es unvorsichtig, apodiktisch zu entscheiden.

Ueberaus merkwürdig und charakteristisch für die Natur der belebten Nerv- und Muskelfaser ist es, dass alle diese Wirkungen aus der Entfernung, beim

*) Vergl. Sprengel's Handbuch der Pathologie, Th. 1. S. 65. Ein Werk, das, nebst seiner Geschichte der Medizin, zu den wenigen gehört, auf welche unser Vaterland stolz seyn darf.

galvanischen Versuche, nur unter den thierischen Organen selbst, und nie, nie unter zwei Metallen oder andern unbelebten Gliedern der Kette eintreten. Der Fall Fig. 37. macht keine Ausnahme hievon, da in demselben Muskelfleisch und Metall aufeinander wirkten. Dagegen habe ich (Fig. 8.) das Nervenende *a* auf einer Glasplatte so nahe an den Zink herangerückt, dass sein Abstand von demselben unter der Lupe betrachtet, gewiss kaum $\frac{1}{64}$ einer pariser Linie betrug, aber nie durch Application von *r* oder *s* eine Contraction erregen können. Eben so bleiben dieselben aus, wenn in Fig. 62. das Metallplättchen *ef* nicht frei, mitten in der sensiblen Atmosphäre stand, sondern *b* berührte, und so gleichsam die Mündung des obern Nervenstückes verdeckte. Auch in Fig. 48. hindert der kleinste Zwischenraum zwischen den beiden metallenen Muskelleitern, *b* und *c*, den Effect des Galvanischen Reizes. Wenn demnach die Erfahrung lehrt, dass Metall auf Metall nie, ein thierischer Stoff auf ein Metall in einigen Fällen, und Nerv und Nerv häufig aus der Entfernung auf einander wirken, bedarf es (nach dem Erzählten) eines Beweises mehr, um zu zeigen, dass diese Wirkung im Verkehr mit der Lebenskraft selbst steht?

Noch bleibt der letzte auffallende Versuch über die irritablen und sensiblen Atmosphären übrig, dessen ich ebenfalls schon früher an einem andern Orte gedacht habe. *). Die Veranlassung dazu war folgende. Ich vermuthete, nach einer selbst geschmie-

*) Gren's Neues Journ. der Physik, B. 2. S. 123.

deten albernen Hypothese, dass + *E*, wenn es durch heterogene Metalle, oder von einem Metalle in einen thierischen Stoff übergehe, in — *E* verwandelt werde, dass ± *E* beim Uebergange durch homogene Stoffe ± *E* bleibe. Hieraus liess sich manche Galvanische Erscheinung erklären. Um nach dieser Hypothese zu experimentiren, umwickelte ich (Fig. 65.) den einen Schenkel *b* der silbernen Pincette mit frischem Muskelfleische, in der Absicht, indem *c* auf dem Zinke aufstand, den Nerv durch *b* zu berühren. Ehe ich aber diese Absicht erfüllen konnte, kam ich zufallig mit *b* dem sehr lebhaften Froschschenkel nahe. Ich war mir bewusst, denselben nicht berührt zu haben, und dennoch erfolgte eine lebhafte Zuckung. Ich wiederholte erstaunt den Versuch, war volle $\frac{3}{4}$ Linien weit vom Muskel *P* entfernt, aber seine Erschütterung blieb nicht aus. Wenn *b* an 2 bis 3 Linien vom reizbaren Organe abstand, so erfolgte keine Reizung. Demnach bewirkte der blosse Contact der heterogenen Metalle in *a* und *e* dieselbe nicht, und der Versuch Fig. 65. ist keinesweges auf meinen früher erzählten (aber weit später gemachten) ohne Kette Fig. 9. zu reduciren. Je mehr die Erregbarkeit von *P* abnahm, desto näher musste der Abstand *b P* seyn. Nach 4 bis 5 Minuten war der irritable Wirkungskreis der thierischen Materie ganz verschwunden, und *b* musste im Contact mit *P* stehen, um eine Contraction hervorzubringen. Beim Muskelfleische scheint das Phänomen der Atmosphären weit seltner bemerkbar, als beim zerschnittenen Nerven zu seyn. Bis zum Junius des verflossenen

Jahres hatte ich nur zwei Fälle beobachtet. Seit meiner Rückkunft aus Italien ſind mir aber drei andere vorgekommen. Sie gaben ganz ähnliche Reſultate. Der Wirkungskreis war indeſs bisweilen auf 1 — $\frac{5}{4}$ Linien erweitert und eine Glasplatte zwiſchen *b* und *P* hemmte (wie *cf* Fig. 62.) den Effect der Reizung. Eben dieſs that meiſt die Entblöſsung des ſilbernen Schenkels *b*. Ich kann nicht ohne ein beſonderes Wohlgefallen an dieſe Experimente zurück denken. Man glaubte den Schenkel angeweht zu ſehen, wenn *b* ſeiner Länge nach, in einigem Abſtande, über ihn hinfuhr. Hier verſchwindet jeder Verdacht, daſs irgend eine tropfbare Flüſsigkeit den Luftraum *bP* füllen und *b* und *P* in Berührung bringen kann. Die Kette iſt allerdings geſchloſſen, aber durch die unbekannte Ausſtrömung des belebten thieriſchen Stoffes!

Achter Abſchnitt.

Der galvaniſirte Muskel muſs organiſch mit einem Nerven verbunden ſeyn. — Erwärmung der Excitatoren. — Wells Verſuche über die Reibung. — Excitationskraft kann durch einmalige Berührung mitgetheilt werden. — Medium, in welchem galvaniſirt wird. — Verſuche in ſieben Gasarten, im luftleeren und luftverdichteten Raume, in tropfbaren Flüſsigkeiten. — Galvaniſche Erſcheinungen an Pflanzen. — Blick auf den innern Bau derſelben. — Wo iſt die ſenſible Fiber in den Vegetabilien zu ſuchen? — Würmer. — Ueber Nerven der Conchilien, *Hirudo, Lumbricus*, und *Sepia*-Arten. — Anatomie der kleinen Waſſerbewohner. — Verſuche mit Naiden, Lernäen, Tänien und Ascarisarten. — Zoonomiſche Betrachtungen. — Inſecten und ihre Nerven. — Fiſche.

Zur Hervorbringung Galvaniſcher Erſcheinungen iſt es unbedingt nothwendig, daſs der Nerv, welcher einen Muskel zur Contraction reizen ſoll, organiſch mit demſelben verbunden ſey. Weit davon entfernt, wie die Boerhaviſche Schule *) den Muskel ſelbſt für Fortſetzung der ſenſiblen Fiber zu halten, ſo ſehen wir doch beide Organe in einem ſo innigen Nexus miteinander ſtehen, daſs die thieriſchen Bewegungen gewiſs eben ſo wenig die Wirkung des einen, als die Flamme die Wirkung der Lebensluft

*) *Marherr Praelect. in Inſtit. phyſiolog. Boerh. T. 2. p.* 614.

allein zu nennen ist. Zwar hat die Analogie des galvanischen und elektrischen Fluidums auch hier zu übereilten Schlüssen verleitet. Wenn ein Nerv aus einem Muskel ausgeschnitten, und wieder mit ihm in Berührung gebracht wird, so kann ein Schlag der Kleistischen Flasche allerdings den Muskel erschüttern. Dies ist aber bloss Folge der Hallerschen Irritabilität, und es ist gleichgültig, ob man den Schlag durch das Nervenstück, oder ein Metall in die irritable Fiber leitet. Beim Galvanischen Versuche wird die Muskelerschütterung aber durch die alleinige Reaction des gereizten Nerven hervorgebracht. Wenn man den armirten Cruralnerven eines auch noch so lebhaften Frosches recht tief ausschneidet und ihn sorgfaltig an eine Stelle des Schenkelmuskels legt, wo kein Nervenast selbst durch die Lupe zu beobachten ist, so entsteht nie eine Contraction, man mag Nerv und Zink, oder Schenkel und Zink durch Silber miteinander verbinden. Geschieht dies Experiment weniger sorgfältig, *) so erfolgen allerdings bisweilen Muskelbewegungen. Der Grund derselben liegt aber, wie ich oftmals gefunden, darin, dass der ausgeschnittene Nerv an einen feinen, noch mit Muskelfasern organisch verbundenen Nerven zufällig anliegt. Jener wirkt alsdann durch Zuleitung auf diesen, und der ganze Versuch ist mit dem Fig. 47. in welchem der Nerv mittelbar armirt ist, völlig übereinstimmend. Ein kenntnissvoller junger Wundarzt bei der deutschen Rheinarmee, dessen

*) Vergl. *Reil de irritabilitate, p.* 43.

Name mir leider entfallen ist, erzählte mir im Hauptquartier zu Munzernheim, unter mehrern merkwürdigen Experimenten, dieselbe Beobachtung angestellt zu haben.

Ich habe bereits oben (gegen Valli) angezeigt, dass idioelektrische Körper, als: Glas, Bernstein und Siegellack, wenn sie auch noch so dünn sind, durch die Glühhitze nicht leitend für den Galvanischen Reiz werden. Weit wirksamer finde ich die Anhäufung des Wärmestoffs, in den sogenannten Excitatoren, d. i. in den metallischen Armaturen.

Die Herren Fowler und Pfaff *) behaupten zwar, dass Metalle bei einer hohen Temperatur eben so wirkten, als bei einer niedrigern. Wiederholte Versuche haben mich aber belehrt, dass dies nur bei der Glühhitze der Fall ist, nicht aber bei einer leisen Erwärmung, welche die Verdampfung befördert. Diese vermehrt allerdings die Contractionen. Es bedarf hier keiner Erinnerung, dass nie die Armaturen **) selbst, mit denen die belebten Organe in Berührung stehen, sondern nur die Zwischenglieder erhitzt werden dürfen. Jene würden ihre Temperatur schnell dem Nerv und Muskel mittheilen und die Erregbarkeit derselben ändern, woraus dann unreine Resultate erfolgten. Am auffallendsten ist die Wirkung der Erwärmung bei dem Hauchversuche (Fig. 35.),

*) *Fowlers Experiments and Obs. p.* 21. Pfaff a. a. O. S. 36.

**) Ich habe einmal die Zinkarmatur so erglüht, dass der Nerv darauf zischte. Die Contractionen erfolgten dennoch bis der Nerv ganz zusammengeschrumpft war.

welcher am Ende des vierten Abſchnitts umſtändlich beſchrieben iſt. Wenn das heterogene Metall *Z*, welches auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüſsigkeit belegt ſeyn muſs, eine Temperatur von 60 — 70° R. erhält, ſo werden die Muskeln weit heftiger erſchüttert, als wenn *Z* die gewöhnliche Temperatur von 10 — 12° R. hat. Aber nicht bloſs Mittheilung des Wärmeſtoffs oder Uebergang deſſelben von einer Subſtanz in die andere, ſondern auch urſprüngliche Erregung deſſelben durch Reibung ſcheint die Galvaniſchen Verſuche zu begünſtigen. Der D. Wells hat hierüber ſinnreiche Beobachtungen geſammelt, welche bereits am 19. Merz 1795 der Königlichen Societät zu London vorgelegt wurden. Da dieſelben noch ungedruckt ſind, ſo war es mir um ſo willkommener, ſie durch Herrn Pictet und Herrn Allen, welcher gegenwärtig mit vielem Beifall über die Phyſiologia comparata zu Edinburg lieſet, mitgetheilt zu erhalten. — Eben dieſem Schottiſchen Gelehrten verdanke ich ſehr feine kritiſche Bemerkungen, welche er über meine Ideen vom Muskelreize in ſeinen Vorleſungen geäuſsert hat. — Der D. Wells fand, daſs wenn zwei homogene Metalle keine Zuckungen *) erregten, dieſelben eintraten, wenn eines derſelben an einem Ende mit Seide, Wolle, Fiſchhaut, Siegellack, Holz, Marmor, oder der Hand gerieben wurde.

*) Er läugnet überhaupt, daſs ganz homogene Metalle von einerlei Temperatur Galvaniſche Erſcheinungen geben. Vielleicht würden ihn meine im vierten Abſchnitte erzählten Verſuche Fig. 16. und 17. von dieſem Irrthume zurückbringen.

Befeuchtung begünſtigte den Effect des Reibens. Das geriebene Metall behielt ſeine Excitationskraft, auch wenn es über 200 Contractionen erweckt hatte. Ja, was noch ſonderbarer ſcheint, Herr Wells beobachtete, daſs die Wirkung des Reibens ſehr geſchwächt wurde, wenn daſſelbe nicht an einem, ſondern an beiden Enden der Armatur geſchah. Bisweilen ſtieg dieſe Schwächung bis zur völligen Vernichtung der Excitationskraft, und es ſchien dann, als hebe ein gleichſtarkes Reiben an zwei Enden die vorige Wirkſamkeit auf.

Dieſes letzte Experiment iſt mir nicht geglückt, ob ich gleich noch vor wenigen Stunden damit beſchäftigt war. Vielleicht liegt der Grund in einem beſtimmten und mittlern Grade der Erregbarkeit, welcher dazu erfordert wird. Da ich alſo ungewiſs ſeyn muſs, ob ich mit Herrn Wells unter einerlei Bedingungen experimentirte, ſo bin ich weit entfernt, ihn einer Selbſttäuſchung zu beſchuldigen. Vielmehr habe ich ſchon früher eine Reihe von Verſuchen angeſtellt, welche vielleicht mit den ſeinigen in einiger Beziehung ſtehen.

Wenn ein Schenkelnerv (Fig. 60.) mit Golde *A* armirt iſt, und mit homogenem Golde berührt, keine Contractionen erregt; ſo erfolgen dieſelben in vielen Fällen augenblicklich, wenn man *A* in *r* mit Zink erſchütternd ſchlägt, und nun den Verſuch wiederholt. Dieſe Erſcheinung iſt überaus merkwürdig und neu. Wenn das Gelingen, oder Nichtgelingen in Fig. 32. oder 35. von einem bloſsen Hauche abhängt, ſo iſt es hier an etwas noch Feineres, an

das einmalige Berühren zweier Metalle gebunden. Man glaube nicht, der Zink wirke dadurch auf *A*, dafs er im Reiben etwas von feiner Subftanz fahren laffe. Wäre dies der Fall, bildete fich auf dem Golde ein Ueberzug von Zink, fo würde die Muskelerfchütterung nur dann erfolgen, wenn *A* in *r*, und nicht, wenn es in *s*, (wo kein Zink hingetroffen,) mittels *B* mit dem Schenkel verbunden wird. Der Contact des Goldes und Zinks theilt jenem alfo etwas mit, was, von dem Berührungspuncte aus, fich auf die ganze Fläche verbreitet. Was ift diefes Etwas? — Noch mehr: wenn die Erregbarkeit der Organe fchon zu fehr herabgeftimmt ift, um in Fig. 25., (wo Zink *a*, Muskelfleifch *b*, Gold *c*, und Silber *k*, mit den belebten Organen eine Kette bilden,) wirkfam gereizt zu werden, fo habe ich die heftigfte Muskelerfchütterung eintreten gefehen, wenn *k* das Gold nicht eher berührt, als bis daffelbe durch einen ifolirenden Körper auf den Zink niedergedrückt wird, und der Contact von *c* und *a* bereits eben wieder aufgehoben ift. Hier wird abermals durch einmalige Berührung der Metalle das Hindernifs hinweggeräumt, welches der Wirkfamkeit der Reizung im Wege ftand. Wenn man recht fchnell verfährt, fo kann man auch, ftatt *c* auf *a* niederzudrücken, es mit einer Pincette von *b* abnehmen, auf eine dritte Zinkftange fchlagen und in feine vorige Lage zurückbringen. Hiebei hat fich durch viele Verfuche gezeigt, dafs *c* auf ein anderes (homogenes) Goldftück gefchlagen, gar keine, auf Eifen eine fchwache, auf Zink hingegen eine fehr ftarke Excitationskraft erhält.

erhält. In der Verſchiedenartigkeit der Metalle liegt alſo der eigentliche Grund der Wirkſamkeit. Dieſelbe wird gleich ſtark mitgetheilt, der erſchütternde Contact mag bloſs mit dem Rande, oder mit der ganzen Fläche geſchehen. Dagegen bemerke ich deutlich, daſs die Muskularcontractionen in den erſten 2 bis 3 Secunden nach dem Contact von *c* und *a*, um vieles lebhafter, als in den folgenden 12 bis 14 Secunden waren. Nach 20 bis 28 Secunden war die Verbindung von *k* und *c* wieder völlig unwirkſam. Theilt der Zink dem Golde etwas mit, das in die Atmosphäre verdunſtet? Bei ſehr reizbaren Thieren konnte ich dieſe Erſcheinungen nicht beobachten, weil bei dieſen in den Verſuchen (mit und ohne homogene Metalle) Fig. 60 und 25. ſchon an ſich Zukkungen entſtehen, *A* und *c* mag durch Zink erſchüttert werden, oder nicht. Dagegen haben ſie mich zahlloſe male bei minder reizbaren Individuen, ſelbſt bei Mäuſen und Kaninchen, in Erſtaunen geſetzt. Ich habe durch aufmerkſame Zeugen alle Nebenumſtände unterſuchen laſſen, und wir ſind immer von dem Verdachte der Selbſttäuſchung *) zurückgekommen. Was kann auch in der That entſcheidender ſeyn, als wenn man, da (Fig. 25.) *c* fünf bis ſechs mal durch den Muskelleiter *k* ohne Contractionen

*) Man hüte ſich beſonders in Fig. 25. das Stück Muskelfleiſch *b* nicht ſo dünn auszuwählen, daſs das daraufliegende *c* nach der Erſchütterung durch Zink noch mit *b* in Contact bleibt. Wenn dann Contractionen erfolgen, ſo beſtätigen dieſelben bloſs die ſchon längſt bekannte Erfahrung, daſs eine Kette bloſser Metalle ſtärker, als eine durch Muskelfleiſch unterbrochene Kette reizt.

berührt wurde, diese Contractionen sogleich lebhaft eintreten, abnehmen und verschwinden sieht, je nachdem die Berührung von *k* und *c*, gleich nachdem *c* von *a* erschüttert worden ist, oder später geschieht? — Dennoch habe ich diesen Versuch, (ich möchte ihn ein Galvanisiren der Metalle nennen, wenn der Ausdruck nicht eben so vielseitig, als der des Magnetisirens wäre,) gewiss an 20 verschiedenen Thieren vergebens angestellt. Die Zuckungen erfolgten so wenig vor dem Contacte von *a* und *c*, als nachher. Warum? Weil jene Thiere, die eine Bedingung, unter welcher der Versuch glückt, die eines bestimmten Zustandes der Reizempfänglichkeit, nicht erfüllten. Die Erschütterung des Goldes durch Zink ist nemlich nur bei einem mittlern Grade der Erregbarkeit, bei einem Grade möglich, welcher zunächst auf den folgt, in welchem selbst ganz homogene Metalle reizen. Den Beweis dieser Behauptung finde ich darin, dass mir (bei matten Organen) der Versuch Fig. 66. nie, und bei lebhaften gerade dann gelang, wenn der Stimulus in Fig. 24. eben aufhörte, wirksam zu seyn. Der thierische Stoff läuft, wie ein rollendes Rad, von der höchsten Stuffe der Incitabilität zur niedrigsten herab. Auf jedem Punct des Wegs giebt er verschiedene Erscheinungen. Wollen wir ihn auf einer derselben ertappen, so müssen wir nicht zu früh, oder zu spät in die Speichen des Rades greifen!

Um die Bedingungen und Verhältnisse, unter denen die Phänomene des Galvanismus eintreten, recht vollständig zu entwickeln, müssen wir auch das

Medium betrachten, in welchem ſich die Kette der Metalle und belebten Organe befindet. Sind dieſelben ſich gleich, in den verſchiedenen Arten der tropfbaren und gasförmigen Flüſsigkeiten, im luftdünnen und im luftverdickten Raume? Ich habe es für nöthig gehalten, hierüber, unter einem eignen Glasapparate, mehrere Verſuche anzuſtellen, welche aber ihrer Natur nach nicht ſehr beſtimmte Reſultate gewähren können. Wenn ich z. B. einen Froſchſchenkel lange der Kohlenſauren Luft, oder dem oxygenirten Salzdunſte ausſetzte, und in dieſen Flüſsigkeiten ſelbſt den Metallreiz auf ihn anwandte, ſo fand ich die Lebhaftigkeit der Contractionen in der erſtern geſchwächt, in der letztern erhöht. Es wäre ſehr unrichtig geweſen, hieraus zu ſchlieſsen, daſs die Metalle in der einen Gasart ſtärker, als in der andern wirkten. Nur die Reizempfänglichkeit der Fiber wurde erhöht; denn der in kohlenſaurem Gas gelegene Schenkel zuckte gleich ſchwach, er mochte nachmals im oxygenirten Salzdunſte, in der Lebensluft, oder unter Waſſer dem Galvaniſchen Reizmittel unterworfen werden. Wenn man daher auch mit mir annimmt, daſs der Stimulus in den Erſcheinungen des Galvanismus von den belebten Organen ſelbſt ausgeht, und daſs die Metalle bloſs dadurch den Grad der Reizung modificiren, daſs ſie dem aus den Nerven ausſtrömenden ± G mehr oder weniger Widerſtand leiſten; ſo iſt Einfluſs auf den Metallreiz und Einfluſs auf die thieriſchen Organe doch noch nicht ſynonym. Was die Erregbarkeit der letztern ſtimmt, muſs freilich die Reizung

ſelbſt abändern. Könnte aber das Medium, in welchem experimentirt wird, nicht bloſs das Hinderniſs, welches die Metalle dem Nervenfluidum ſetzen, vermehren, oder vermindern, ohne ſich auf die irritable und ſenſible Fiber ſelbſt wirkſam zu äuſsern? Betrachtet man vollends den Nerv als Elektroſkop, oder läſst die in demſelben enthaltene Elektricität durch die Metalle angezogen, oder zurückgedämmet werden, oder glaubt man, daſs der Stimulus ſich auf Zerſetzung des Waſſers und Freiwerden des Sauerſtoffs gründe, ſo iſt ein noch mannichfaltigerer Einfluſs jenes Mediums auf das Anziehen, Zurückſtoſsen und Zerſetzen gedenkbar. Ich übergehe daher alle diejenigen Verſuche, bei denen ich die thieriſchen Organe viele Minuten lang der zu prüfenden Flüſſigkeit ausſetzte, und hebe bloſs die Reſultate derjenigen aus, in welchen die Contractionen gleich in den erſten Secunden durch die Metalle erregt wurden. Es iſt leicht, einen Haufen von Erfahrungen flüchtig aufzuſammeln, ſchwieriger aber die Natur ſo zu befragen, daſs man nur eine und nicht viele Antworten zugleich von ihr erzwingt.

Um die künſtlichen Gasarten in ihrer ganzen Reinheit bei dem Metallreize anzuwenden, habe ich mich folgender Vorrichtung bedient. Ich brachte den Froſchſchenkel ſchon vorher in die Glasglocke, als ſie noch mit Waſſer gefüllt war und ehe die Luft hineinſtieg. Dadurch gewann ich den Vortheil, daſs durch nachmalige Oefnung des obern Stöpſels die zu prüfende Gasart nicht mit atmosphäriſcher Luft verunreiniget wurde. Der Cruralnerv wurde mit einem

Stanniolblättchen umwickelt, und konnte mittels eines ſeidenen Fadens bewegt werden. Auf dem Teller, den ich unter die Glocke ſchob, als ſie mit der Gasart gefüllt war, hatte ich ein Tiſchchen mit einer Silberplatte dergeſtalt befeſtigt, daſs dieſe letztere um 2 Zoll über dem Waſſer hervorragte. Indem ich nun den Schenkel darauf hinabliefs, kam Nerv, Stanniol und Silber in Berührung, und das Galvaniſiren geſchah mitten in der künſtlichen Gasart. Auf dieſe Weiſe habe ich bisher 7 Luftarten, Sauerſtoffgas, nitröſe Luft, Waſſerſtoffgas, Stickgas (mittels Abſorption durch Schwefelleber bereitet) kohlenſaures Gas, oxygenirten Kochſalzdunſt und Gas hydrogène-peſant (aus Agaricus campeſtris gezogen), ſorgfältig geprüft. Meine Geduld würde gewiſs dabei ermüdet ſeyn, wenn ich nicht denſelben einmal gefüllten Apparat nebenbei zu vielen andern wichtigen Verſuchen (über Pulſation des Herzens, das Leben kleiner Waſſerthiere u. ſ. f.) hätte anwenden können. Ich kann verſichern, daſs wenn die thieriſchen Organe nicht viele Minuten lang in den Gasarten blieben, ſondern gleich nach Füllung der Glocken galvaniſirt wurden, der Reiz in allen 7 verſchiedenen Flüſsigkeiten weder gröſser noch geringer, als in der atmosphäriſchen Luft war. Nur beim oxygenirten Kochſalzdunſte bemerkte ich einige Zunahme der Contractionen, beim hydrogène-peſant Schwächung derſelben. Vielleicht beziehen ſich aber dieſe Erſcheinungen auch nicht auf den Metallreiz,

ſondern lehren nur die ſchnelle Wirkung jener Gasarten auf die ſenſiblen und irritablen Fibern.

Im luftleeren und luftverdichteten Raume hat Herr Aldini bereits 1794 vielfache Verſuche angeſtellt. Sein Apparat, in dem die Metalle in den Glasglocken mit Magneten bewegt werden, ſeine Methode, ſich ein groſses Toricelliſches Vacuum (ſtatt des unvollkommenen Guerickeſchen) zu verſchaffen, macht ſeinem Scharfſinn und dem des gelehrten Bologneſer Phyſikers, Francesco Borelli, Ehre. *) Im luftleeren Raume waren die Contractionen allerdings ſchwächer, in der verdickten Luft lebhafter, als in der Atmosphäre. Da dieſelben Froſchſchenkel aber, aus der Glocke herausgenommen, fortfuhren, gleich ſtarke und gleich ſchwache Muskelbewegungen zu zeigen, ſo ſcheint mir der Grund des obigen Phänomens in der unmittelbar veränderten Reizempfänglichkeit der Organe zu liegen. Mit der Pincette gekniffen, oder mit der alkaliſchen Solution beſtrichen, würden die Nerven im luftleeren Raume gewiſs auch ſchwächer gereizt worden ſeyn. Demnach ſteht das Medium in keiner unmittelbaren Verbindung mit dem Galvanismus. Es ſtrömt aus demſelben nichts in die Metalle ein. In dieſen und in den thieriſchen Organen ſelbſt ſind alle Bedingungen der Reizung enthalten.

*) S. *Aldini de anim. electric. p.* 20. 24. 28 — 30. und 50. Aus dieſer Methode, ein Toricelliſches Vacuum hervorzubringen, verbunden mit den leider von Künſtlern wenig beachteten Vorſchlägen der Herren Baader und Hindenburg, lieſse ſich gewiſs ein wirkſamerer Apparat, als alle Smeatonſche und Cuthbertſonſche Luftpumpen, zuſammenſetzen.

In allen tropfbaren Flüſſigkeiten, (auſser Oel) im Queckſilber, Waſſer, Weingeiſte, Blute, in Kochſalzſäure u. ſ. f. finde ich ebenfalls die Galvaniſchen Verſuche völlig übereinſtimmend. Aus dem Umſtande, daſs der Stimulus in einem leitenden Fluidum angebracht wird, ſind die wenigen Eigenheiten, welche ſich dabei zeigen, leicht zu erklären. *) Wenn (Fig. 67.) der Cruralnerv *a* mit ſeiner Zinkarmatur *b* zum Beiſpiel unter Waſſer liegt, und *b* mit einer ſilbernen Pincette *c* berührt wird, ſo zuckt *a* noch eher, als es vom Silber getroffen wird. Man würde ſehr falſch ſchlieſsen, wenn man glaubte, hier den von mir entdeckten ſeltenen Fall, ohne Kette (S. den Anfang des dritten Abſchnitts) aufgefunden zu haben. Die Kette iſt wirklich vorhanden, da die Waſſerſchicht *d* die Leitung von *c* nach *a* bildet. Dieſes Verhältniſs wird am deutlichſten, wenn man *b* ſo ſtellt, daſs es halb von Waſſer und halb von Luft umgeben iſt. Trift dann *c* daſſelbe in der obern Hälfte, ſo entſteht die Muskelreizung nicht eher, als bis der andere ſilberne Schenkel das Waſſer, oder das thieriſche Organ ſelbſt berührt. Denn in dieſem Falle fehlt (wie Fig. 9.) alle Zuleitung von *o* nach *d*. — Mehrere Phyſiker behaupten, daſs die Metalle im Waſſer eigene wirkſame Atmosphären um ſich verbreiten, und es ſcheint, als wenn meine Beobachtungen über die Eigenſchaft der thieriſchen Materie, aus der Entfernung zu reizen, dieſer Behauptung noch mehr Zuverſicht gegeben habe. Man

*) Vergl. *Cavallo's complete Treatiſe on Electricity, Vol. III.* 1795. *p.* 60. Pfaff a. a. O. p. 38.

glaubt, dafs die, den Metallen nahen Wafferfchichten, eine Zerfetzung erleiden, und dafs der entbundene Sauerftoff die Grenze jener Atmosphäre beftimme. Meine bisherigen Verfuche haben mich ganz von diefen Ideen abgeleitet. Ich habe bei den matteften Thieren Contractionen der Muskeln bemerkt, wenn auch beide Schenkel der filbernen Pincette *c* unter dem Waffer zollweit von den Organen entfernt waren. Ich habe diefe Contractionen nicht zunehmen fehen, wenn ich *c* dem Nerven nahete!

Es ift ein befonderes Glück, dafs wir gewöhnlich in einem Medium experimentiren, welches zu den ifolirenden Flüffigkeiten gehört. Wie weit würden wir ohne diefen Umftand noch in der Kenntnifs der Bedingungen des Galvanismus zurück feyn. Gerade die feineren Verfuche, z. B. der ohne Kette Fig. 9—13. und der mit einem Metalle, welches auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüffigkeit belegt ift, find unter Waffer unmöglich anzuftellen.

Bis hieher find wir die Galvanifchen Erfcheinungen nach ihren innern Verhältniffen, ohne Bezug auf die Thiergattung, durchgegangen, auf welche der Stimulus applicirt ward. Da aber der eigenthümliche Charakter, welchen die bildende Natur den verfchiedenen Mifchungen organifcher Materie eingeprägt hat, fich auch in der Art darftellt, wie diefelben von äufsern Reizen afficirt werden, fo wird es nicht unnütz fcheinen, einen Blick auf diefe Verfchiedenheit zu heften. Diefe Ueberficht wird mich zugleich veranlaffen, einzelne Beobachtungen einzuftreuen, welche vielleicht nicht ganz un-

wichtig für die vergleichende Physiologie und Anatomie sind.

Pflanzen. — Ich fange von den Pflanzen an, denen wir aus Unkunde ihres innern Baues, und weil wir sie mit den grösern Thieren, die uns umgeben, und nicht mit der Classe der Mollusca und Zoophyten vergleichen, *) die niedrigste Stuffe der Organisation, den einfachsten Körperbau zuschreiben. Da ich seit mehrern Jahren mit ihrer Physiologie beschäftigt bin, so wurde ich, seitdem die Galvanischen Versuche in Deutschland zuerst durch Herrn Schmuck bekannt wurden, von vielen Seiten aufgefordert, den Metallreiz auf die vegetabilische Fiber anzuwenden. Ohne mich auf die Wahrscheinlichkeit, oder Unwahrscheinlichkeit des Gelingens, (gegen welches ich gerechte Zweifel hegte,) einzulassen, legte ich sogleich Hand ans Werk. Ich that dies um so lieber, da Iberti's und Schmuck's Beobachtungen, nach Herrn Pfaff's **) Zeugnisse selbst noch immer zu flüchtig und unzureichend waren. Aber die sorgfältigsten und ermüdendsten Versuche, welche ich in drei Sommern mit den Blättern der Mimosa pudica, und dem Hedysarum gyrans, mit den Staubfäden der Urtica pilulifera, Cactus opuntia und Berberis vulgaris angestellt habe, waren ohne Erfolg. Ich habe mehrere Mimosen da-

*) Ueber den Ursprung des Begriffs: Pflanze, vergl. meine *Flora Friberg. p.* 151.

**) Iberti im *Esprit des Journaux*, 1794. *T.* 3. *p.* 210. Schmuck in *Ludwigii Scriptor. nevrolog. minores*, *T.* 3. *p.* 21. Pfaff a. a. O. S. 118.

rüber aufgeopfert, bald die Oberhaut entblöſst, um die Metalle wirkſamer anzulegen, bald die geſchloſſenen Blätter durch anhaltendes Galvaniſiren früher, als durch bloſses Licht, zu eröfnen gedacht, bald friſches Muskelfleiſch, oder ganze Froſchſchenkel mit den Blättchen, oder Zweigen verbunden, um das Galvaniſche Fluidum durchzuleiten; aber nie konnte ich eine Erſcheinung bemerken, welche ſich nicht aus den längſt bekannten Geſetzen mechaniſcher Reizung erklären lieſse. *)

Wenn man indeſs auch (wie bis jetzt bloſs wahrſcheinlich iſt,) nie dahin gelangen ſollte, den wirkſamen Einfluſs des Metallreizes auf die Pflanzenfiber zu entdecken; ſo würde man daraus doch noch keine Schlüſſe für die Verſchiedenheit der thieriſchen und vegetabiliſchen Organiſation ziehen können und dürfen. Die Exiſtenz der irritablen Fiber im Pflanzenreiche iſt durch die Arbeiten der Herren Brugmanns, Coulon und van Marum zuerſt **) erwieſen worden. Ich ſchmeichle mir, dieſe Exiſtenz

*) Ich bin ſo eben durch die Güte des jüngern Herrn von Jacquin mit friſchem Saamen von Hedyſarum gyrans beſchenkt worden, mit deren Pflänzchen ich jene Verſuche abermals wiederholen will. Auch mit manchen Schwämmen, deren Miſchung der thieriſchen Materie ohnedies ſo nahe kommt, mit den Gattungen Pilobolus und Aſcobolus, deren Phyſiologie Herr Perſoon neuerlichſt (*Obſervat. mycologicàe, P. I. p.* 33 und 76.) durch ſo viele neue Beobachtungen aufgeklärt, lieſsen ſich zur Zeit der Saamenreife einige gewagte Experimente anſtellen.

**) Vermuthet hatte freilich dieſe Lebenskraft ſelbſt ſchon *Ariſtoteles de anima, lib. II.* 170. und *Theophraſt. hiſt. plant. lib. I. c.* 28.

in meiner chemiſchen Phyſiologie der Pflanzen *) nicht nur durch neuere Verſuche beſtätigt, ſondern auch die Entſtehung, Miſchung, Ernährung, Erregbarkeit und Reizung der vegetabiliſchen Faſer ſo dargeſtellt zu haben, daſs ihre Analogie mit der thieriſchen in dem hellſten Lichte erſcheint. Aber Irritabilität eines Organs iſt nicht hinlänglich, um in demſelben galvaniſche Erſcheinungen zu erregen. Es gehört (wie im ſechſten Abſchnitte gezeigt worden,) auch das Daſeyn der ſenſiblen Fibern dazu. Hier treten wir in einen Geſichtspunkt, aus welchem die Galvaniſchen Verſuche an Pflanzen manchem Phyſiker wichtig geworden ſind. Die Nervenloſigkeit der Vegetabilien und Würmer wurde als eine Hauptſtütze des Satzes, daſs Reizbarkeit und Empfindlichkeit zwei verſchiedene Grundkräfte wären, betrachtet. Wenn man Hallers Schriften nachlieſet, ſo findet man, daſs der groſse Mann, der die Natur, mit welcher er ſo innigſt vertraut war, nie nach ſeinen Lieblingsideen ummodelte, ſich dieſer Beweisart nur immer mit Beſcheidenheit und Schüchternheit bediente. Seine ſpätern

*) Was ich in dieſer Schrift fibra muscularis oder irritabilis nannte, würde ich jetzt mit Herrn Reil lieber fibra communis nennen. Ob mir gleich der Name nicht ganz paſſend ſcheint, ſo iſt es doch gewiſs ſehr wichtig, die Reizbarkeit der eigentlichen Muskelfaſer von der, welche die cutis, das ſcrotum, der uterus und andere aus Zellgewebe gebildete Theile beſitzen, zu unterſcheiden. Man leſe darüber nach: *Reil et Gautier de irritabilitate, p.* 61 und 80, wo überhaupt vieles, was ich in der Pflanzenphyſiologie nur andeutete, weiter entwickelt und richtiger ausgedrückt iſt.

Nachfolger aber drückten ſich entſcheidender darüber aus. Ja! man ſuchte die reizbare Muskelfaſer in den Pflanzen nur darum deſto deutlicher zu erweiſen, um, wie Herr Gahagan *) daraus den Schluſs zu ziehen: „*that the functions of irritability in animals* „*are equally independent of nervous energy.*" Auch Dr. Croone, der ſcharfſinnige Phyſiologe in Gresham College, hielt Reizbarkeit und Aſſimilation unabhängig von der Nervenkraft, und begriff beide unter dem Namen ſimple life, die er den Pflanzen und Thieren zuſchrieb. **)

Was aber berechtigt uns, den Vegetabilien die Nerven apodiktiſch abzuleugnen, weil wir ſie bisher noch nicht entdeckt haben? Wie keck berief man ſich nicht ehemals auf die Nervenloſigkeit der Würmer, und doch iſt in dieſen (wie ich gleich unten zeigen werde,) bis auf die kleinſten Seebewohner herab, die ſenſible Fiber entdeckt worden! Wie wenig Fleiſs iſt bisher noch auf die Anatomie der Pflanzen gewandt worden! Welche Schwierigkeit ſetzt die Undurchſichtigkeit der Theile den mikroſkopiſchen Unterſuchungen entgegen! Wie manche Organe hat der Anatom entdeckt, um deren Nutzen er den Phyſiologen vergebens befragt! Die meiſten Pflanzen, welche am Boden geheftet, mit geöfneten Nahrungswegen die ihnen zuſtrömende

*) Vergl. die übrigens treffliche Abhandlung: *Obſervations on the irritability of plants* in *Duncan's Med. Commentar. Dec. II. Vol.* 4. 1790, *p.* 375.

**) *The Croonian lecture on muscular motion read at the R. Soc. nov.* 13th *and* 20th 1788. *Ed.* 2. 1790. *p.* 26.

Speiſe einſaugen, bedürfen keiner Nerven, um ganze Bündel von Längenfaſern (Muskeln) dadurch zu bewegen. Sie brauchen ihre Nahrung nicht zu erhaſchen, ſondern ſie breiten ihre Wurzeln und Blätter aus, um ihre Oberfläche, und damit ihre Aſſimilation zu vermehren. Sie bilden daher gleichſam nur ein Gewebe mannichfaltiger Gefäſse, welche theils noch dem durchſtrömenden Safte und den Gasarten geöffnet, theils verengt und ausgefüllt ſind. Wenn Vegetabilien alſo mit Nerven ausgerüſtet ſind, wenn ihre reizbare Faſer mit der ſenſiblen (wie bei den gröſsern belebten Weſen, die uns umgeben) zu einem organiſchen Ganzen verbunden iſt, wo iſt dieſe letztere wohl eher zu ſuchen, als an den Häuten der ſaftführenden Gefäſse. *) Man werfe nur einen Blick auf die Kleinheit der Nervenäſte, welche viele Arterien im Menſchen umſchlingen, und man wird die Schwierigkeit fühlen, etwas ähnliches im Pflanzenreiche zu entdecken, im Pflanzenreiche, wo wir auch in den ſaftreichſten Stengeln, auſser den vaſis pneumato-chymiferis, faſt nie die offene Höhlung der Gefäſse entdecken, wo wir den Lauf derſelben meiſt nur durch den Kunſtgriff der Färbung mit Rubia erforſchen, und wo die beſten Vergröſ-

*) Ich erſtaune, daſs einer unſrer tiefſinnigſten Phyſiologen, Friedr. Kielmeyer, nicht bloſs die Reizbarkeit der Pflanzengefäſse, ſondern auch die der Arterien leugnet. S. von der Propulſionskraft in Kielmeyer's Rede über die Verhältniſſe der organiſchen Kräfte, 1793. S. 10. und dagegen Sömmering's Gefäſslehre, §. 58.

ſerungen nur ganze Bündel von Arterien, *) nicht einzelne, zeigen. Dieſe Schwierigkeit nimmt zu, wenn bei den Vegetabilien, wie im thieriſchen Körper mit der Kleinheit der Gefäſse auch die Zahl der umſchlingenden Nerven, und die Dichtigkeit **) ihres in die Haut gleichſam angedrückten Gewebes wächſt. Haben doch die Nerven der gröſsern Saugadern im Menſchen, für deren Exiſtenz ſo viele pathologiſche Erſcheinungen ſprechen, dem Auge auch noch nicht dargelegt werden können! Wie viel bleibt den folgenden Jahrhunderten noch zu leiſten übrig!

Zahlloſe Urſachen laſſen ſich denken, aus denen die anſcheinende Unwirkſamkeit des Metallreizes auf die Pflanzen erklärt werden kann. In welchen andern Bewegungen ſoll das Galvaniſiren einer Grasart, oder einer Kohlſtaude ſich wohl äuſsern, als in der ſchnellern Pulſation der Gefäſshäute, im lebhafteren Umtriebe der Säfte, im verſtärkten Geſchäfte der Secretionen? ***) Und welche Wahrneh-

*) Ueber den arteriellen und nervöſen Saft der Pflanzen. S. Herrn Hedwig *Diſſ. de fibra vegetabili, p.* 22. — Von der problematiſchen Exiſtenz der vegetabiliſchen Nerven und dem was man dafür angegeben, ſ. meine *Flora Friberg. p.* 152. §. 7.

**) Vergl. Sömmering's Gefäſslehre, §. 50. — Herr Reil ſagt ausdrücklich: *quis in animalculis in quibus effectus organi motorii videmus, ſed non organum ipſum, omnem nervorum abſentiam ea ex ratione negabit, quia nervi non videntur? Quis in plantis, quae analogum fibrae muscularis animantium poſſident, analogum quoddam nervorum refutabit? l. c. p.* 41.

***) D. Croone *l. c. p.* 24. ſagt ſehr richtig: Reizbarkeit äuſſert ſich nicht ſowohl „*in the perceptible motions of „the ſenſitive plant, but more particularly in thoſe mo-*

mung ſoll dieſe verfolgen? Wie viele Organe der menſchlichen Maſchine, die papillae renales, die tubuli uriniferi, die iris, der uterus, ſind reizbar, ohne daſs wir durch künſtlich angebrachte Reize ſichtbare Contractionen erregen können. *) Unſer ſteter Umgang mit Thieren, welche mit groſsen Bewegungsmuskeln verſehen ſind, macht, daſs wir unſere Ideen von thieriſcher Bewegung faſt allein von dieſen hernehmen, und überall fibröſe Erſchütterungen zu ſehen verlangen. So wenig aber das Gehirn verdauen, und der Magen Urin bereiten kann, ſo wenig kann das Zellgewebe die convulſiviſchen Contractionen der Muskeln zeigen. Der belebte Stoff kann nur die Erſcheinungen geben, welche der Form und Miſchung ſeiner Beſtandtheile angemeſſen ſind. Wir wollen die zuſammengefalteten Blätter der Mimoſa pudica, oder des Hedyſarum gyrans durch den Metallreiz erwecken, aber wir vergeſſen, daſs das Licht (wie für die Blendung des Auges) ein ſpecifiker Reiz für ihre Blattſtiele iſt. Wir fordern alſo, daſs dieſelben einem Stimulus gehorchen, der ihrer Natur nach kein Stimulus für ſie iſt. Die Elektricität, welche einen ſo unbeſtrittenen Einfluſs auf jene reizbaren Vegetabilien hat, iſt eben ſo wenig, als der Galvaniſche Reiz, im Stande, die Blendung des Auges zu erweitern und die ſchlafenden Blätter zu entfalten. Dazu kommen noch andere Schwierigkeiten. Iſt die

„tions, which muſt neceſſary take place in all plants „in carrying on their growth.

*) Reil *l. c. p.* 67.

ſenſible Fiber in den Pflanzen vorhanden, ſo liegt ſie gewiſs nicht ſo frei, daſs ſie über der Oberhaut hervorragt. Dieſe und andere vegetabiliſche Theile beſitzen theils gar keine, theils eine ſehr ſchwache Leitungskraft, und die anliegende Armatur kann nur wirken, wenn ſie mittels eines guten Leiters mit dem erregbaren Organe verbunden iſt. Das Galvaniſiren eines unverletzten Blattſtiels kann alſo kaum einige Wirkung auf das Innere haben. Will man zu Einſchnitten ſchreiten, ſo ſieht man, daſs die ſchwächende Haemorrhagie allein ſchon die Blätter in Schlaf verſenkt. Ja, die groſse Empfindlichkeit aller Vegetabilien für mechaniſche Erſchütterungen hindert ſchon den Galvaniſchen Verſuch. Die Anlegung einer Armatur bringt die Blätter zum Schlieſſen, neigt die Staubfäden zum Piſtill hin. Wir können alſo nie zu richtigen Reſultaten gelangen. Ich könnte noch des Umſtandes erwähnen, daſs alle beobachtete Bewegungen in den Vegetabilien (die des Folium ſtipulaeforme am Hedyſarum gyrans abgerechnet) unwillkührlich ſind, und daſs der Metallreiz auch bei Thieren ſchwächer in den unwillkührlichen Muskeln, als in den, der Willkühr unterworfenen wirkt; aber ich verlaſſe das unſichere Feld hypothetiſcher Vermuthungen, und kehre zu eigenen Erfahrungen zurück.

Würmer. — Galvaniſche Verſuche waren bisher nur an wenigen Würmern, und zwar nur an den gröſſern, geglückt. Herr Pfaff *) ſah die Contractio-

*) A. a. O. S. 117.

tractionen der nackten Wegschnecke, Limax ater. Fowler glaubte ähnliche Wirkungen des Metallreizes am Regenwurme (Lumbricus terrestris) beobachtet zu haben. Die vergeblichen Versuche des trefflichen Ludwig *) erregten aber den Verdacht einer mechanischen Reizung. An Blutigeln, Muscheln und Ascarisarten waren die sorgfältigsten Bemühungen vergebens. Man fing nun, wie bei den Pflanzen, an zu argumentiren, dass die Galvanischen Experimente nur da glückten, wo wirkliche Nerven vorhanden wären, und dass die meisten unvollkommeneren Würmer, aus Mangel an Nerven, so wenig als die Pflanzen, Galvanische Erscheinungen darbieten könnten.

Presciani's und Mangili's grosse Entdeckungen haben diesen Fehlschlüssen ein Ziel gesetzt. Presciani, Professor der Physiologie zu Pavia, entdeckte bereits vor zwei Jahren das Nervensystem der zweischaaligen Conchylien. Wir haben ein grosses anatomisches Werk von ihm hierüber zu erwarten, und Herr Scarpa versicherte mich mündlich, dass unsre Kenntniss von den Nerven menschlicher Theile kaum weiter gediehen sey, als jener Beobachter die Neurologie einzelner Schaalthiere vollendet habe. Er mache sich jetzt an die Untersuchung der Asterien und Zoophyten, und es sey höchst wahrscheinlich, dass auch diese Bemühung nicht fruchtlos bleiben werde. Joseph Mangili, **)

*) *Script. nevrol. min. T. 4. p. 408. T. 3. p. 340.*

**) *De systemate nerveo hirudinis, lumbrici terrestris aliorumque vermium Josephi Mangili epistola, Ticini* 1795.

ein Schüler von Scarpa, hat das Rückenmark und die Bewegungsnerven der Blutigel und Regenwürmer mit Walterſcher Genauigkeit und Wahrheit abgebildet. Die Nerven dieſer Thiere haben ein wunderbares Schickſal gehabt. Schon im vorigen Jahrhundert beſchrieb ſie Poupart *) bei der Hirudo und zählte ihre feinſten Nebenzweige. Aber die ſpäteren, Dillenius und Morandus, leugneten ihre Exiſtenz. Willis **) bildete das Gehirn des Lumbricus ab, und Haller, (der Poupart's und Willis Beobachtungen wohl kennen konnte,) berief ſich bei dem Streite über Unabhängigkeit der Reizbarkeit von der Senſibilität, kühn auf die Nervenloſigkeit der Blutigel, der Regenwürmer und der Schaalthiere. Hätte der groſse Mann Presciani's und Mangili's Entdeckungen erlebt, er würde die einförmigen Geſetze der thieriſchen Natur mit uns angeſtaunt haben, wie vom Elephanten bis zum gallertartigen Bewohner des Meeresbodens herab, die Materie in Fibern aneinander gereiht und überall die reizbare Faſer von der ſenſiblen begleitet iſt!

Ohne von dieſen Fortſchritten der Anatomie jenſeits der Alpen zu wiſſen, machte Herr Abilgaard ***) im Norden ähnliche Entdeckungen.

apud. hered. Petri Galealii, *p.* 5. Herr Reil, dem ich dieſe Schrift mitgetheilt, hat uns im erſten Hefte des 2ten Bandes ſeines Phyſiologiſchen Archivs, S. 109. bereits mit einer deutſchen Ueberſetzung beſchenkt.

*) *Journal des Scavans.* 1697. *n.* 28.

**) *De anima brutorum,* 1675. *tab.* 4. *f.* 1.

***) Meine Behauptung über die Sepia in der *Flora Friberg. p.* 152, iſt irrig. Herr Abilgaard hat auf meine

Dieser genievolle, unermüdete Naturforscher, welcher das ganze westliche Europa bis Portugal hin durchwandert ist, hat mir hierüber folgende Beobachtungen mitgetheilt. „Er fand mit Herrn Ratje, „dass das räthselhafte fleischige Organ, welches Otto „Friedrich Müller den Pes, oder Fuss der „Schaalthiere, nennt, ein wahres Hirn enthalte. „Bei der gewöhnlichen Ostrea edulis und dem „Mytilus anatinus liegen darinn, etwas gegen „die Branchien zu, zwei weisse miteinander ver„bundene weiche Körper, von welchen viele Ner„venfäden auslaufen. Ihre Entfernung von den „Werkzeugen der Assimilation, vom Ventrikel, den „anderen Eingeweiden und dem Sipho, oder Anus „scheint der Lage des Seelenorgans bei andern Thie„ren sehr analog. *) In den Aetinien, Holo„thurien und Aplysien, (welche zum Geschlechte „Bulla, so wie die Scillaea pelagica zu Doris „gehört,) konnte Herr Abilgaard, so wenig als „Poli und Bohadsch, bisher etwas Nervenarti„ges entdecken, ohnerachtet er die letztern zu Nea„pel von einer so ungeheuern Grösse untersuchte,

Bitte die Sepia abermals anatomirt, und erkennt nun für Hirn und Nerven, was Swammerdamm und Scarpa dafür ausgeben. Während meines Aufenthalts in Venedig hatte ich ebenfalls Gelegenheit, mich im verflossenen Sommer selbst davon zu überzeugen.

*) Möchte man doch Gelegenheit haben, diese Theile in der ungeheuern Chama gigas der Indischen Meere, deren Fleisch über 30 Pfund wiegt, zu untersuchen! — Auch von Herrn Kielmeyer haben wir noch manche Aufklärung über Anatomie der Schaalthiere zu erwarten. S. dessen Rede a. a. O. S. 21.

„dafs Kleinheit der Theile der Beobachtung wohl „eben nichts entziehen konnte."

Seit meiner Rückunft aus Italien ift es mir wiederholt geglückt, die von Mangili befchriebenen Nerven zu finden und den Metallreiz auf diefelben anzuwenden. Um durch die Wirkungen des mechanifchen Stimulus bei Anlegung der Armaturen nicht getäufcht zu werden, ftimmte ich die Erregbarkeit der Würmer, mit denen ich experimentirte, durch fchwache Schläge der Kleiftifchen Flafche, oder dadurch herab, dafs ich fie in ein Gemifch von Alkohol und Waffer eine Zeitlang eintauchte. In diefem Zuftande unterwarf ich fie erft den Galvanifchen Verfuchen. Wenn ich das Rückenmark der Blutigel mit Stanniol armirte, brachte der filberne Conductor wechfelsweife ein Zufammenziehen und Ausdehnen der ganzen Mafchine hervor. Wurde hingegen die Belegung unter die feinern, aus dem Rückenmarke entfpringenden Nervenäfte gefchoben, fo bewegten fich blofs einige Bauchringe. Alle diefe Erfcheinungen verfchwanden, wenn das Thier in concentrirtem Alkohol getödtet und feiner Reizbarkeit beraubt war. Der Lumbricus, deffen natürliche Bewegungen fchon an fich rafcher, als die des Blutigels find, wurde auch vom Metallreize lebhafter, als diefer, afficirt. Reizung des Rückenmarks nahe am Schwanze, brachte anfangs nur ein partielles Anfchwellen der benachbarten Muskeln hervor. In wenigen Secunden aber pflanzte fich daffelbe, ohne Anbringung eines neuen Stimulus, durch den ganzen Rücken, bis gegen das Maul, fort. Die Wir-

kungen dieſer Sympathie fand ich bei dem ſchön gefleckten Lumbricus variegatus noch deutlicher, als beim Lumbricus terreſter.

Die Gattung Helix gab zu merkwürdigen Verſuchen Anlaſs. Ich bediente mich der drei bei uns gewöhnlichen Arten: Helix pomatia, Helix nemoralis, und Helix hispida. Wenn ich den Kopf ſo abſchnitt, daſs ein Theil des Rückenmarks mit dem Gehirne in Verbindung blieb, ſo bewegten ſich durch Armirung und Reizung dieſes Theils beide Maxillen. *) Bisweilen wurden, ſo lange der Contact der Metalle dauerte, die Fühlfäden wechſelsweiſe ein- und ausgezogen. Dieſe Bewegung, welche in einem eigentlichen Ein- und Auskrempen der Augen beſteht, wurde ebenfalls hervorgebracht, wenn die abgeſchnittenen Tentacula allein galvaniſirt wurden. Ein ſtarker elektriſcher Schlag machte ſie unreizbar. Nervenfäden habe ich mit einer 312000maligen Flächenvergröſserung vergebens darinn geſucht. Umſchlingen ſie etwa die feinen ſchwarzbraunen Gefäſse, welche ich, von unten an, in beiden Wänden der Röhre heraufſteigen ſah. Geſchieht das Auskrempen der Augen, die Verlängerung des Fühlfadens dadurch, daſs dieſe

*) Helix pomatia hat knorpelartige Maxillen, und in der obern 11 bis 12 lange ſchwarze, ſcharfe Zähne, welche denen des Pferdegeſchlechts ähnlich ſind. Eine flüchtige Unterſuchung zeigte ſie mir ebenfalls als phosphorſaure Kalkerde. Ich bemerke dies ausdrücklich, da eigentliche Knochen unter den Würmern ſo ſelten, als unter den Inſecten ſind. Von dieſen zeigt indeſs der Hummer (Cancer gammarus) ein eigenes Knochengerüſte im Magen.

Gefäſse ſich (wie bei Erection des Penis, oder dem Kopfputze der Phoca criſtata) mit zudringendem Safte füllen? — Bei der eſsbaren Schnecke (Helix pomatia) wurde ſelbſt der getrennte Speiſekanal (wahrſcheinlich ein unwillkührlicher Muskel) vom Metallreize contrahirt. Der Schlund ſelbſt iſt mit einer villöſen und zunächſt dieſer mit einer andern Drüſenhaut ausgefüllt, welche an Pracht und Regelmäſsigkeit faſt alles übertrift, was ich je unter dem Mikroſkop ſah. Dieſe Membran beſteht aus einem dichten Gewebe ſchlänglicher Gefäſse, welche ſich rechtwinklich kreuzen und mit dem Durchkreuzungspuncte erhabene ſichtbare Papillen zeigen. Wenn die Haut recht früh abgezogen *)

*) Da bei dem Gebrauche eines Mikroſkops, die Art, wie man das zu prüfende Object bereitet, für die Fruchtbarkeit der Unterſuchung faſt mehr, als die Güte des Inſtruments entſcheidet, ſo darf ich arbeitſame Phyſiologen wohl auf folgenden kleinen Kunſtgriff aufmerkſam machen. Will man reizbare Theile im Augenblicke der entſtehenden Contraction unter dem Mikroſkope beobachten, ſo beſtreiche man die ganze Glasplatte, auf welcher das Object liegt, mit Waſſer, und leite durch dies Waſſer einen Schlag der ſchwach geladenen Kleiſtiſchen Flaſche. Wenn die Ketten recht bequem angelegt ſind, ſo kann dieſelbe Perſon mit dem Auge durchs Mikroſkop ſehen, und mit der Rechten die Flaſche entladen. Ich habe bei weniger Uebung dieſe Fertigkeit erlangt. — Auch galvaniſche Experimente ſtelle ich unter dem zuſammengeſetzten Mikroſkope folgendermaſsen an: Ich bediene mich, damit die Strahlen nicht zu ſehr verzerrt werden und das Object hinlänglich Licht behalte, einer ſchwachen etwa 5600maligen Flächenvergröſserung. Den thieriſchen Theil lege ich auf eine polirte Zinkplatte. Damit derſelbe nicht mechaniſch gereizt werde, ſchiebe ich ein Stückchen Muskelfaſer an ihn heran und galva-

wird, so bemerkt man, dass einzelne Maschen nahe an der Nadel, welche sie durchbohrt, sich reizbar verengen und erweitern. Im Sonnenscheine spielen die Papillen und schlänglichen Gefässe, wie die zusammengesetzten Augen der Fliege, mit prachtvollen, goldgelben und blauen Strahlen — eine Refraction, welche für ihre erhabene Lage zeugt. Dienen diese Papillen dazu, der Speise im Schlunde zu begegnen, und einen Theil derselben zur Assimilation einzusaugen? — Die warzenförmigen Erhebungen, welche die Weinbergsschnecke auf ihrer Oberhaut zeigt, sind Drüsen, welche den Schleim excerniren, in dem das Thier gleichsam eingehüllt ist. Sie bewegen sich durch den Metallreiz, wenn die Cuticula frisch präparirt wird; ja unter dem Mikroskope zeigt sich sehr deutlich, dass jedes einzelne Wärzchen sich unabhängig von den anderen erhob. Dieser Umstand ist gewiss sehr auffallend. Ich glaubte anfangs, diese partiellen Contractionen entständen durch die Lähmung der andern Drüsen. Aber nein! Jede wurde sichtbar gereizt, wenn der Stimulus unmittelbar auf sie gerichtet war. Wir sehen daraus, wie unabhängig in diesen, mit einer so starken Reproductionskraft begabten Thieren, bis auf die kleinsten Organe, ein Theil von dem ande-

nisire ihn so, durch Zuleitung. Um der silbernen Nadel die Richtung nach der Muskelfaser hinzugeben, lege ich einen Finger der linken Hand fest auf den Zink auf, und dicht an diesem Finger fahre ich mit der Nadel vor- und rückwärts hin, je nachdem die Contraction erfolgen, oder nicht erfolgen soll. Zu einem Gegenversuche muss eine Spitze von hartem Holze, oder Stahl angewandt werden.

ren ist. Wahrscheinlich ist jeder mit einem eigenen Nervenbündel ausgerüstet.

Die Sepia officinalis konnte ich mir in Genua und Venedig trotz aller meiner Bemühungen, wegen der erstickenden Sommerhitze, nur einmal so frisch schaffen, dass sie zu Galvanischen Versuchen tauglich war. Die meisten Sepien starben, ehe sie die Stadt erreichten, man mochte sie am Lielo, oder bei Palanza und Pelestrina fangen lassen. Ich armirte die safrige Haut, welche am Fusse die Saugwarzen ringförmig umschliesset. Schon Swammérdamm und andere *) haben dieselbe für einen Muskel gehalten, und deren Einfluss auf die Acetabula gekannt. Wirklich sah ich auch diese sich augenblicklich verengen, als die silberne Pincette ihren Rand berührte. (Mechanische Reizung brachte weder vorher, noch nachher, irgend eine Bewegung hervor.) Merkwürdig war es, dass der einmalige Contact der Metalle alle Reizbarkeit der Saugwarze zu erschöpfen schien. Denn ein zweites Galvanisiren derselben war vergeblich, und ich musste sogleich zu einem andern Fusse übergehen. Ueberhaupt steht die Reproductionskraft der Dintenfische in einem fast umgekehrten Verhältnisse mit der Dauer ihrer Irritabilität nach dem Tode. Wenige selbst warmblütige Thiere verlieren so schnell den letzten Rest der Lebenskraft, als sie. Ja, einmalige Begattung bringt einigen Sepien, wie schon Aristo-

*) Vergl. Schneiders Sammlung verm. Abhandlungen zur Aufklärung der Zoologie, 1784. S. 13.

teles bemerkte, (gleich der einjährigen Pflanze und dem Schmetterlinge) den Tod!

Seit einigen Wochen ist es mir gar geglücket, bei den kleinsten Gattungen der Wasserbewohner aus der Ordnung der Mollusken, Galvanische Erscheinungen hervorzubringen. In der Nais proboscidea *) habe ich deutliches Rückenmark entdeckt. Es quillt hervor, wenn man mit einem sehr scharfen Secirmesser den Kopf des Thierchens abschneidet. Im Profile unterscheidet man es leicht von dem darunterliegenden gallertartigen Zellstoffe. Bei starker Vergrösserung und ausgewachsenen Individuen kann man den weissen Nervenfaden bis an den Anus hin, verfolgen. Er sticht, bei guter Beleuchtung, gegen das darunter liegende schwarze, geschlängelte Eingeweide (Speisesack) deutlich ab. In den zwei ersten Segmenten, welche an den rüsselförmigen Kopf grenzen, bemerkte ich zwei feine Nervenfäden, die aus dem Rückenmarke abgehen. Vielleicht hat jedes Segment ähnliche und die vorderen darum stärkere, weil die Naide im Schwimmen sich hier vorzüglich einkrümmt, und nach der Krümmung ausgestreckt fortschnellt. Wenn ich das Rückenmark des Thierchens vorpresste und gegen Zink legte, so konnte ich mit blossen Augen deutliche Windungen des Hinterleibes bemerken, indem ich diesen mittels Silber mit dem Zinke verband. Auf blossen mechanischen Reiz blieb alles in Ruhe, ja selbst die galva-

*) Otto Friedrich Müller von Würmern des süssen und salzigen Wassers, S. 14. Tab. 1. Fig. 1 bis 4.

nischen Contractionen waren merklich schwächer, wenn der Zink nicht am durchschnittenen Körper, sondern nur an den Seitenborsten (Pedunculis, oder Setis) anlag. Aehnliche Versuche glückten an zwei andern Naiden, der Naida barbata und Naida vermiculari. *) In der erstern war auch der Nervenfaden nach der ganzen Länge des borstigen zweiäugigen Thierchens sichtbar.

Das Daseyn der sensiblen Fiber in dem Körperbaue der Naiden scheint in mehr als einer Hinsicht merkwürdig. In ihrer Fortpflanzung ähneln sie der Wasserlinse (Lemna), unter deren Wurzeln sie sich verbergen, um ihrer Beute aufzulauren. Wie diese, befruchten sie sich durch Verbindung zwiefacher Geschlechter; aber wie diese **) und die lebendig gebährenden Cactus (und Glockenpolypen) treiben sie auch durch Verlängerung ihres hintern Glieds neue Sprösslinge, die sich nach und nach von der Mutter trennen und sich einer selbstständigen Existenz erfreuen. So grenzen sie auf einer Seite an Zoophyten und Pflanzen, an diejenigen Geschöpfe, denen wir eine einfachere Organisation zuschreiben, weil wir ihre Zusammensetzung nicht kennen; auf der andern Seite kettet sie ihr Nervensystem an die kriechenden rothblütigen Amphibien an! Auch auf einen zweiten Umstand muss ich hierbei aufmerksam machen. Die Naiden übertref-

*) Müller a. a. O. S. 80. Tab. 3. Fig. 1 bis 3. Tab. 4. Fig. 1. *Linn. Systema Naturae. Ed. Gmel. T. I. P. 6. p.* 3120. *n. 5 et* 6.

**) Schrank Bair. Flora, B. I. S. 224.

ſen an Reproductionskraft alles, was wir an Regenwürmern und Blutigeln verſucht haben. Die Beobachtung, daſs die Wiedererſetzung verlorner Theile leichter bei den Würmern, die man für nervenlos hielt, als bei den ſogenannten vollkommenern, das heiſst, mehr nach dem Sinne der Naturforſcher gebaueten Thieren vor ſich geht, hat die Idee in Umlauf *) gebracht, als wenn der Einfluſs der ſenſiblen Fiber der Reproduction nachtheilig ſey. Wie ſehr wird dieſe Meinung durch die Nerven der Gattungen: Limax, Helix, Hirudo, Lumbricus, Mytilus, Sepia und Nais **) widerlegt!

*) Kielmeyer's vortreffliche Rede über die Verh. der org. Kräfte, S. 35. und 15.

**) Wenn man die Nais proboſcidea und Nais vermicularis mit einander vergleicht, ſo wird es auffallend, wie verſchiedenartige Thiere unſer künſtliches, nach äuſserer Form claſſificirendes Syſtem unter einen Gattungscharakter zwängt. Was kann dem innern Bau nach heterogener ſeyn, als jene beiden Species? Die eine hat zwei groſse ſchwarze Augen, die andere gar keine bisher entdeckten, obgleich ſie nach meinen Verſuchen dieſelbe Empfindlichkeit für's Licht äuſſert. Die eine hat einen durchſichtigen, einförmigen Körper, die andere ein langes ſchwärzliches Eingeweide, welches faſt das ganze Innere ausfüllt und ſich wellenförmig bewegt. Die Bewegung dieſes merkwürdigen Theils, den ich ſorgfältig beobachtet, ſcheint mir die eines unwillkührlichen Muskels zu ſeyn. Es iſt mir geglückt, einer Naide den Kopf abzuſchneiden, und das gallertartige Fleiſch am Rücken ſo abzulöſen, daſs das Eingeweide faſt entblöſst dargeſtellt war. Geſchah die Section ſchnell, ſo pulſirte daſſelbe, ſelbſt verletzt, noch einige Secunden für ſich fort. So lange die Naide lebte, ſah ich es nie in Ruhe, wohl aber hörte die wellenförmige Pulſation plötzlich auf, wenn ich das Thierchen in alcoholiſirtem Opium tödtete. So wie hingegen bei

Von den Naiden ging ich zu der Gattung Lernaea über. Die traubenförmigen Eierstöcke, welche dieses rege, wundersam gebaute Thier freistehend nachschleppt, reizten längst meine Aufmerksamkeit. Ich stellte galvanische Versuche unter dem zusammengesetzten Mikroskope (nach der, in der obigen Note beschriebenen Art) an. Mittels Zink und Gold konnte ich die mondförmig gekrümmten tentacula der Lernaea cyprinacea bewegen. Gegenversuche mit Zink und Eisen missglückten, wenn das Thierchen auch noch so frisch auf die trockene Glasplatte gelegt war. Mit

Fröschen die Bewegungen des Herzens früher verschwinden, als die galvanischen Contractionen der Extremitäten, so ruht auch das Eingeweide der Nais proboscidea längst, wenn ihr Rückenmark noch galvanische Erscheinungen im Schwanze erregt. Ich bin weit davon entfernt, jenen pulsirenden Theil für ein eigentliches Herz zu halten. Ich glaube vielmehr mit Herrn Fordyce (Neue Untersuchung des Verdauungsgeschäftes, 1793. S. 24.) dass er Herz und Magen zugleich ist. Zubereitung der Säfte und Umtrieb durch die Gefäfse scheinen bei diesen Geschöpfen durch ein Organ bewirkt zu werden. Gallertartige Muskeln (wie der der Krystalllinse am Menschen) bedürfen, um der Fäulniss zu widerstehen, einer noch schnelleren Erneuerung ihrer Bestandtheile, als die festern, erdigern Fibern der gröfsern Thiere. Kein Wunder daher, dass jene kleinern Wassergewürme fast unaufhörlich fressen, dass der Speisekanal in steter Bewegung ist, um den in ihn eingemündeten Gefäfsen stets neuen Stoff der Aneignung zu zu treiben! Wie bei vielen von ihnen das Organ des Gefühls und Gesichts in eins zusammenschmilzt, wie bei den Actinien und Polypen z. B. die ganze Oberhaut specifike Reizbarkeit für das Licht hat, so ziehen sich auch vom Elephanten bis zur Steinflechte herab, die Eingeweide einfacher zusammen, und was in jener unge-

den Eierſtöcken waren alle Verſuche vergebens. Auch ſcheint das Thier ſie im lebendigen Zuſtande nicht bewegen zu können. Sie ſind mit einer faſt hornartigen Haut umgeben, deren Schärfe den Fiſchen wahrſcheinlich ſo ſchmerzhafte Wunden in den Branchien verurſacht. Sonderbar genug, wie wir in der langen Reihe thieriſcher Formen bald dieſen, bald jenen Theil gleichſam hervortreten ſehen, um als Waffe oder Organ des Getaſtes zu dienen! Wie tief hat die Natur bei allen andern Geſchöpfen dieſelben Eierſtöcke in das Innere des Körpers eingeſenkt, welche die Lernaea frei als Schwimmfüſse, oder Widerhaken mit ſich führt! — Wenn man Schläge der Kleiſtiſchen Flaſche mitten durch das Thier, vom Maule bis zu der Seta, zwiſchen den

heuern Maſſe organiſchen Stoffs in mehrern Behältern bereitet wird, bringt hier die Energie einiger wenigen hervor. Man wird nie zu deutlichen Begriffen über Nutrition der Pflanzen gelangen, bevor man nicht tiefere Blicke in die Phyſiologie der Mollusken gethan hat! — Was ich oben von Uebereinſtimmung in den äuſsern Formen organiſcher Geſchöpfe, bei völliger Verſchiedenheit der innern Structur, erwähnte, iſt bei den Pflanzen faſt noch auffallender, als bei den Thieren. Ich habe in dieſer Hinſicht ähnliche Vegetabilien mikroſkopiſch unterſucht. Was ſcheint ſich näher verwandt, als der Werſingkohl dem Braunkohl, die Braſſica Sabauda der Braſſica Seleniſia Spielm. und betrachten wir die Ausdünſtungsgefäſſe der Oberhaut, ſo finden wir dieſelben bei dieſen einzeln, ſich nie berührend, klein, ſehr gedehnt und mit höchſtens 2 bis 3 zuführenden Gefäſsen verſehen, bei jenen hingegen gepaart aneinanderſtoſsend, doppelt ſo groſs, rundlich und in 4 bis 5 zuführende Gefäſse (vaſa lymphatica Hedwigii) eingemündet! Wie unendlich verſchieden ſind die Ausdünſtungsgefäſse der Cactusarten!

Ovarien durchgehen läſst, ſo ſind alle galvaniſchen Verſuche unwirkſam. Wahrſcheinlich läuft in dieſer Richtung ein Nervenſtamm, deſſen Erſchütterung jene Lähmung verurſacht. Laſſe ich dagegen den Schlag, wie ich (mit mehrern Freunden) unter der einfachen Lupe oftmals beobachtet, vom Maule durch den einen Eierſtock gehen, ſo geben nicht die Tentacula, wohl aber die Seta am Schwanze (welche die Elektricität nicht getroffen,) galvaniſche Contractionen. Dieſer Verſuch, der mit einiger Feinheit angeſtellt werden muſs, indem man den Schlag durch Nadeln ein- und ausleitet, iſt in der That ſehr auffallend. Er lehrt aufs neue die Unabhängigkeit, den Mangel an Conſens in zwei benachbarten Organen dieſer Waſſerbewohner. Ich habe, wenn die Kleiſtiſche Flaſche ſtark geladen war, den einen Eierſtock ſich ablöſen ſehen, und die Seta caudalis verlohr nicht ihre Reizbarkeit! — Noch drängen die Lernaeen dem Phyſiologen zwei Betrachtungen auf, deren ich hier nur beiläufig erwähne. Wenige Waſſerthiere ſchwimmen mit der Schnelligkeit und Gewandheit, als die Lernaeen, und dennoch machen die ſteifen unbeweglichen Eierſtöcke faſt zwei Drittheil ihrer ganzen Maſſe aus. Geben ſie ſich den Stoſs durch einen eigenen Mechanismus der Bauchmuskeln? Denn die Tentacula und Setae ſcheinen bloſs zur Lenkung des Körpers zu dienen. Die andere Frage betrift das Geſchlecht dieſer Thierchen. Jedes Individuum dieſer Gattung hat deutliche Eierſtöcke, jedes iſt des Gebährens fähig. Hat bei ſo ausgebildeten weiblichen Theilen (die Ovaria der

Lernaea cyclopterina nach Müller lassen sich 5 Zoll lang ausdehnen) jedes Individuum eben so bestimmte männliche Geschlechtstheile? Wie geschieht die Begattung dieser Hermaphroditen? — Der Verlust eines Eierstocks durch einen elektrischen Schlag, welcher den Leib selbst nicht trift, scheint der Munterkeit der Lernaea cyprinacea nicht zu schaden. Doch sehe ich seit 5 Wochen auch keine Spur einer Wiedererzeugung.

Selbst bei denjenigen Thieren, welche in dem Innern anderer organischen Körper, dem Sonnenlichte (wie die unterirrdischen Vegetabilien) entzogen leben, bei den Gattungen Ascaris und Taenia habe ich durch den Metallreiz die Existenz der sensiblen Fiber erwiesen. Bei der Taenia infundibuliformis einer Ente und der ihr nahe verwandten, von Pallas *) beschriebenen, kurzgegliederten Taenia passeris, aus den Eingeweiden des Hänflings, sah ich die Haken am Maule sich ein- und auskrempen, wenn der Leib mit Gold und Zink armirt war. Der Versuch geschah zu einer Zeit, wo mechanische Reizung gar keine Bewegung mehr hervorbrachte. Aehnliche Erscheinungen beobachtete ich, obgleich undeutlicher, an der Ascaris trachealis und Ascaris insons, welche im heissen Sommer in den Lungen der Kröten und Frösche leicht zu finden sind. Bei der erstern sah ich mittels der Lupe den Rücken, und einmal selbst die dreifaltige Maulklappe erschüttert werden. Auffallend war es mir, dass die Ascaris insons schnell im Wasser

*) Nord. Beiträge, Th. I. p. 87. n. 10.

oder Blute ſtirbt, während daſs die gemeinere Aſcaris ranae lange in beiden ausdauert. Sollte vielleicht (denn meine Verſuche ſind freilich nicht zahlreich genug, um apodiktiſch zu entſcheiden) die Verſchiedenheit der Luftart in Lunge und Eingeweide daran ſchuld ſeyn? Das erſtere Organ iſt mit einem ſtets ſich erneuernden Gemiſche von Stickgas und Lebensluft, das letztere mit irreſpirablem, kohlenſaurem und brennbarem Gas gefüllt. Eben dieſe Fülle der Lebensluft alſo, deren Contact Lungengeſchwüre ſo überaus unheilbar und entzündlich macht, ſcheint der Aſcaris inſons eine unentbehrliche Speiſe zu ſeyn, während daſs Aſcaris ranae eines unendlich geringern Antheils von Sauerſtoff zu ihrer Reſpiration *) bedarf. Durch oxygenirte Kochſalzſäure werden die Bewegungen der Aſcarisarten auf einige Augenblicke lebhafter gemacht. Es entſteht aber bald ein Tod der Ueberreizung, wie ich beſonders auffallend an dem, ſchon von Gleichen gezeichneten Hautbewohner des Regen-

*) Reſpiration — nicht, als wenn ich glaubte, daſs die Eingeweidewürmer durch das Maul ein- und ausathmeten. Die Aufnahme von Gasarten in das Innere eines organiſchen Körpers geſchieht bei gröſsern Thieren durch eine groſse Oefnung und zahlloſe kleinere, die auf der Oberhaut vertheilt ſind, und ähnliche Functionen, als die Lungen haben. Bei den Gewürmen verſchwindet nach und nach zwar nicht die groſse Oefnung (Maul), wohl aber ihre Beſtimmung als Inſpirationsorgan. Das Athmen geſchieht in dieſen, wie bei den Pflanzen, durch die Oberhaut, durch welche viele im eigentlichſten Verſtande zugleich fühlen, ſehen, reſpiriren und freſſen.

Regenwurms, dem mikroſkopiſchen Aſcaris lumbrici ſehe, den ein Tröpſchen jener Säure tödtet.

Inſecten. — Herr Blumenbach, dem die Thieranatomie ſo viel verdankt, galvaniſirte die Weidenraupe *) und Herr Dr. Autenrieth den Scorpion, ohne Zuckungen zu erregen. Dagegen glückten Herrn Pfaff**) Verſuche an Laubkäfern, Grashüpfern und Fluſskrebſen. Er begnügte ſich indeſs, innere Theile, die er für Muskeln hielt, zu armiren, ohne ſich mit Aufſuchung der Nerven zu beſchäftigen.

Je weniger in dieſem wichtigen Theile der vergleichenden Neurologie geleiſtet war, deſto eifriger bemühte ich mich ſeit drei Jahren, die ſenſible Fiber in den Inſecten zu verfolgen. Da der galvaniſche Reiz nach den ſorgfältigſten Erfahrungen, die ich ſelbſt geſammelt, nur auf den Nerven wirkt, ſo durfte ich um ſo gewiſſer ſeyn, mittels der Metalle und deutlicher Vergröſserungen Gefäſse und Nerven von einander zu unterſcheiden. Was Swammerdamm als ſenſible Faſer abbildet, und worauf der groſse Haller***) ſich in der Phyſiologie des menſchlichen

*) Phalaena coſſus. Den Anatomen geht es mit dieſer Raupe wie den Hydraulikern mit der Kornmühle zu la Fère in der Picardie. So wie dieſe noch jetzt alle Mahlmühlen nach dieſer berechnen, ſo nehmen jene den Bau der Weidenraupe, ſeit Lyonnet's Zeiten, für den Typus, nach welchem die Natur alle Inſecten gemodelt hat. Wer Inſecten und Würmer ſelbſt zergliedert, fühlt, wie wenig ſich über den gemeinſamen innern Bau dieſer Thierclaſſen ſagen läſst.

**) a. a. O. S. 115. und Gren's Journ. B. 8. S. 396.

***) Nach einer Stelle in den Primis lineis Phyſiologiae, §. 402. ſcheint es gar, als habe Haller vielen Inſecten, wie den Polypen, alle Nerven abgeſprochen.

Körpers beruft (B. 4. S. 289.) ſind groſsentheils noch ſehr problematiſche Theile. Bei weiſs- und gelbblütigen Thieren entſcheidet die Farbe gar nicht, und wenn man bedenkt, daſs Lyonnet's unſterbliches Werk noch keine Ader einer Raupe darſtellt, (deren künftige Entdeckung uns doch ſo manche Analogie thieriſcher Nutrition hoffen läſst,) ſo wird man unendlich miſstrauiſch gegen die Behauptungen von dem phyſiologiſchen Nutzen jener Organe.

Mehrere Umſtände laſſen unmittelbar ſchlieſsen, daſs der, von den Inſectenſammlern ſo grauſam bewunderten Reizbarkeit *) eine eben ſo groſse Exſertion der Nervenkraft reſpondire. Ich berufe mich nur auf zwei bekannte Reizmittel, Alkohol und Elektricität, von denen es (durch Fontana) erwieſen iſt, daſs ſie recht eigentlich nur auf die ſenſible Fiber wirken. Die trefflichen Verſuche dieſes groſsen Florentiners über die Opiate lehren, daſs faſt nichts eine ſo ſchleunige Atonie, als reiner Alkohol, hervorbringt. So richtig auch dieſe Thatſache an ſich iſt, ſo werde ich doch unten zeigen, daſs jene Atonie nur Folge der Ueberreizung iſt, und daſs Alkohol (ſo wie Opium und Arſenikkalk) urſprünglich excitirend und ſtheniſch wirke. Je erregbarer indeſs

*) Viele Cerambyxarten bleiben aufgeſpieſst vier Wochen lang am Leben. Die Gattung Ichnevmon, welche den Cadaver anderer Inſekten zu ihrer Wohnung macht, giebt ihnen an Ausdauer der Irritabilität nichts nach. Herr Schrank ſah den ſeltenen Ichneumon punctator (*Müller Zoolog. Dan. n.* 1831.) ohne Kopf, nach vier Tagen, ſich unbändig mit dem Hinterleibe bewegen, wenn man ihn mechaniſch reizte. Samml. Naturhiſt. Aufſätze, 1796. S. 126.

die Nervenfaser ist, desto weniger kann jene sthenische Kraft beobachtet werden. Die kleinste Dosis der erregenden Potenz bringt schon Ueberreizung hervor, und das empfindliche Organ geht unaufhaltsam, in einem Moment, von der erhöhten Lebenskraft zur indirecten Schwäche über. Freilich können sich die Wirkungen des Alkohols auf die hartschaligen Insecten nicht so schnell äussern, als auf die nakten Würmer, von denen er einige (gleich einem elektrischen Schlage) tödtet. Doch entsteht die Atonie, bei den Coleopteris, immer in 15 bis 20 Minuten. Ja! ich habe den Cerambyx cerdo und Cerambyx aedilis in einer Flasche, welche ein Paar Tropfen über Kümmel destillirten Weingeistes enthielt, innerhalb einer halben Stunde erstarren gesehen. Die Flügeldecken waren leise benetzt, und ich bin überzeugt, dass die Atonie mehr den verflüchtigten, riechbaren Theilen, welche das Gefäss enthielt, als der Flüssigkeit selbst zuzuschreiben war. Beide Insecten wurden so unbeweglich, dass man sie kneifen, zerren, ja heftig elektrisiren konnte, ohne dass sie auch nur eine schwache Zuckung zeigten. Ich hielt sie für völlig todt, als ich sie zu meinem Erstaunen, in die Sonne gelegt, nach 2 Stunden sich nach und nach wieder beleben sah. Der Alkohol schien nun verdunstet, und mit ihm die Atonie des Nervensystems gehoben zu seyn. Die Thiere kehrten, wie aus einem Schlafe, berauscht ins Leben zurück, und nach 2½ Stunde sah ich beide unter der Glasglocke umherkriechen. Mit gemeinen Stubenfliegen glückte mir der Versuch

in derſelben Flüſſigkeit. Wenn man ſie in einen Tropfen deſſelben dergeſtalt eingetaucht hat, daſs der Kopf ſammt den beiden Augenhemiſphären frei in der Luft ſtehen, und nur Bauch und Füſse benetzt werden, ſo gerathen ſie in 2 bis 3 Minuten in einen völligen Scheintod. An keinem Fuſse iſt eine Zukkung zu bemerken. Bei einigen Individuen, wo die Ueberreizung zu heftig war, verwandelte ſich dieſer Scheintod in einen wirklichen Tod; andere ſieht man nach 12 bis 15 Minuten nach und nach erwachen. Wie man dieſs Erwachen durch Eintauchen in ſchwache oxygenirte Kochſalzſäure beſchleunigen und vergewiſſern kann, wie die Rückkehr der Irritabilität an der hintern Extremität allemal zuerſt erfolgt, das alles übergehe ich hier. Es iſt genug, gezeigt zu haben, wie die mächtige Wirkung des Alkohols auf die Inſecten das Daſeyn und die Energie der ſenſiblen Fiber in denſelben erweiſet. Auch für ein anderes Nerven-Irritament, die Elektricität, zeigt ſich dieſe Thierclaſſe ungemein empfindlich. Von ſchwachen elektriſchen Schlägen ſah ich die vierjährige gefräſsige Larve des Maikäfers (Engerling) plötzlich ſterben. Ja, der Einfluſs der Luftelektricität auf die Fluſskrebſe unter dem Waſſer, die Gefahr, in welche ſie die Annäherung eines Donnerwetters ſetzt, iſt dem gemeinen Volke längſt bekannt!

Bei keinem Inſecte iſt es mir geglückt, die Nerven ſo genau zu verfolgen, als bei dem Cerambyx cerdo. Wir erſtaunen über die Dicke der ſenſiblen Fiber im Froſche; die des Holzbocks aber iſt noch

weit auffallender, wenn man den übrigen Körperbau beider Thiere vergleicht. Das von Sömmering *) entdeckte Gesetz über das Verhältniss der Gehirn- und Nervenmasse findet daher auch in dem Baue der Insecten seine Bestätigung. Die grössern Nerven des Cerambyx cerdo, welche nach den hintern Extremitäten gehen, nicht also das Rückenmark selbst, welches eine blosse Verlängerung des Gehirns ist, übertrift die Breite des stärksten Pferdehaars. Optische Vergrösserungen zeigen ein streifiges Zellgewebe auf ihrer Oberfläche, nichts aber von dem spiralförmigen Ansehen, welches die Nerven der grössern Thiere charakterisirt. Dagegen sah ich eine schneeweisse Marksubstanz aus dem Durchschnitte hervorquellen. Sie schien wie aus einer Scheide ausgepresst, war aber (wie die Analogie mit dem menschlichen Baue vermuthen läst,) wohl nur aus mehrern anastomosirenden Nervenröhren zusammengeflossen. Die Farbe des Markes stach sehr deutlich gegen das graulichgelbe gallertartige Muskelfleisch ab. In diesen sind unter meinem Mikroskop noch keine Fasern

*) *De basi encephali, Gött.* 1778. *p.* 17. Ueber die körperliche Verschiedenheit des Negers vom Europ. S. 59. Je grösser die intellectuellen Anlagen eines Geschöpfs, desto dünner sind seine Nerven in Vergleich mit der Masse seines Hirns. — Wenn man demnach die Medullarsubstanz des Hirns und der Nerven als ein Ganzes betrachtet, so ist das Quantum desselben unter den Thieren nach Verhältniss des Körperbaues ziemlich gleich ausgetheilt. Der Unterschied liegt hauptsächlich darinn, dass bei einigen von der Medullarsubstanz mehr zur Bildung des Seelenorgans, bei andern mehr zur Bildung der Sinnes- und Bewegungsnerven verwandt ist.

zu entdecken, doch vermuthe ich, dafs Behandlung mit Salpeterfäure (nach Reil's Vorfchrift) die fibröfe Textur mir künftig fo gut, als in der Kryftalllinfe darftellen wird. Die Zergliederung eines andern Infects, des Flufskrebfes, zeigt ja fchon ohne Salpeterfäure den Uebergang gallertartiger Muskeln in deutliche Faferbündel. Das Gehirn des Cerambyx ift allerdings mehr, als der einfache Nervenknoten, welchen viele Phyfiologen (um weitläuftigerer Unterfuchungen überhoben zu feyn,) den Infecten beilegen. Es ift ein ausgebildetes Organ, *) welches deutlich in zwei durch eine Furche getrennte Hälften getheilt ift. Horizontal durchfchnitten zeigt es unter der Lupe verfchiedene milchweiffe und graulichgelbe **) Lagen. Die Farbe der letztern ähnelt faft der Mittelfubftanz des grofsen Hirns beim Menfchen, nur ift fie mit mehr Grau gemifcht. Fortgefetzte Horizontalfchnitte laffen den grauen Theil verfchwinden und den weiffen, oder das Mark hervortreten. Diefer Umftand beweifet deutlich, dafs diefes Infectenhirn ebenfalls in Windungen und Furchen gemodelt ift, welche die graue Subftanz von aufsen

*) Haller behauptet, dafs man an keinem Thiere Augen ohne Gehirn und Gehirn ohne Augen wahrgenommen habe. Phyfiologie, B. 4. S. 2. Ich mufs dem grofsen Manne feit meiner Zergliederung der Naiden widerfprechen. Die Nais proboſcidea zeigt keinen deutlichern Nervenknoten im Kopfe, als die Nais vermicularis, und diefe ift blind, während dafs jene zwei fchöne fchwarze Augen befitzt.

**) Swammerdamm beobachtete die graue Subftanz ebenfalls bei der Biene. *Biblia naturae*, S. 429. *Tab.* 20. *Fig.* 4 — 6.

überzieht, und welche im Innern mehr in ein Ganzes zusammenschmelzen.

Ueberaus merkwürdig ist noch, dass ausser den optischen Nerven, die Bewegungsnerven der zwei Vorderfüsse ebenfalls unmittelbar aus dem Hirne entspringen. Die Lage dieser Extremitäten scheint jenen Ursprung, von dem sich bei den grössern Thieren wohl nichts analoges findet, nothwendig gemacht zu haben. Von jeder Hirnhälfte laufen nemlich zu beiden Seiten 6 bis 7 anastomosirende starke Nervenfäden bis zu der Kugel herab, in welche das obere Gelenk des Vorderfusses eingelassen ist. Oefnet man dieselbe dergestalt, dass bloss die hornartige Schaale abgeschabt wird, so sieht man jene Nerven sich hier zu einer förmlichen Schlinge (Ansa) vereinigen, welche ihrer Form wegen leicht mit einem Nervenknoten (Ganglion) verwechselt werden kann. Unterhalb der Schlinge sind die sensiblen Fäden sparsamer. Im obern Gliede des Vorderfusses zähle ich kaum drei, welche von ungleicher Dicke unverästelt bis an das nächste Gelenk nebeneinander herablaufen. Mit der Lupe kann ich einzelne Fäden bis in die äussersten hakenförmigen Spitzen der Extremität verfolgen. Der Durchmesser und die Menge dieser Nervenfasern ist in Vergleich des wenigen gallertartigen Muskelfleisches, welches die enggepanzerten Glieder ausfüllt, sehr gross, — ein Umstand, welcher die Unabhängigkeit der einzelnen Organe vom Gehirn, und die ungeheure Anstrengung der Muskelkraft im Laufe der Insecten einigermassen erläutert. Auch auf den deutlichen fasrigen Ursprung

der Sinnes- und Bewegungsnerven aus dem Senforium, und auf die Dicke, welche sie bei ihrem Austritte zeigen, muss ich aufmerksam machen.

Die Nerven des Cerambyx cerdo, der Blatta orientalis, des Lucanus cervus und anderer hartschaliger Insecten, die ich zergliedert, haben auch das ähnliche mit denen der grössern Thiere, dass sie lange der Fäulniss widerstehen. Es ist ein gutes Mittel sie abgesondert von der Pulpa des Muskelfleisches darzustellen, wenn man die Extremitäten von der Hornschaale entblösst und sie der Fäulniss überlässt. Auch die Schnellkraft der sensiblen Fäden des Lucanus cervus habe ich sehr beträchtlich gefunden. Deutet dieselbe nicht unmittelbar auf eine eigenthümliche häutige Umkleidung hin? Wenn man bloss den obern Theil eines Insectenhirns mit Metallen *) armirt, so werden dadurch so wenig, als in warmblütigen Thieren, oder in Amphibien Zuckungen erregt. Warum? Weil jedes Organ nach seiner specifiken Anlage nur seine eigenthümliche Energie äussern kann, und das Senforium so wenig zu Bewegungen, als zum Verdauen bestimmt ist. Ob durch solche Reizung in dem Seelenorgane Vorstellungen erregt, ob der Zusammenhang derselben unterbrochen wird, liegt ausser den Grenzen objectiver Wahrnehmung und bleibt so unausdenkbar als der Zusammenhang zwischen

*) Ich setze voraus, dass beide Metalle am Gehirne selbst angelegt sind. Berührt das eine eine Extremität, so kann allerdings bei hoher Erregbarkeit der Theile, das Hirn durch Zuleitung (nach Fig. 47.) auf einen Bewegungsnerven wirken!

Bewegung und Perception überhaupt. — Entblöfst man bei einem Infecte durch einen Horizontalfchnitt die Bewegungsnerven bei ihrem Urfprunge aus dem Hirne, und armirt diefe, fo entftehen, wenn die Metalle auch blofs die Nervenfafer (Fig. 8. *r*) treffen, lebhafte Contractionen in den Extremitäten. In dem Cerambyx habe ich diefelbe wohl 20 Minuten lang fortgefetzt, und durch künftliche Stimmung des Nerven mit Alkalien und oxygenirter Kochfalzfäure wird ihre Dauer wohl dreifach verlängert. Der vortheilhafteste Punct zur Armirung ift indefs nicht der Urfprung jener vordern Schenkelnerven aus dem Hirne, fondern die erfte Schlinge, welche fie in der Kugel bilden. Wenn man diefe Kugel aus der Pfanne, in die fie fo feft und doch fo leicht beweglich eingelaffen ift, auslöfet, fo kann man den Schenkel eines Infects gerade wie einen Frofchfchenkel behandeln. Der Hauchverfuch ift bei beiden gleich gut geglückt, die fenfible Fiber fcheint in der ganzen Natur einerlei Gefetzen zu folgen. Ich habe Infectennerven mit Haaren zu unterbinden gefucht; nur diefs allein ift mir bis jetzt nicht gelungen, weil das Band die Fiber zerfchnitt und ihren Organismus zerftörte. Sind aber jene gelblich *) weiffen Fäden auch wirkliche Nervenbündel, nicht etwa Gefäfse, in welchen die Aneignung der Theile bewirkt wird? —

*) Die Nerven der Infecten find gelblicher, als die der warmblütigen Thiere, der Amphibien und Würmer. Doch felbft unter den Amphibien find Unterfchiede der Farbe. Der Cruralnerv der Lacerta agilis hat nicht die Weiffe des Cruralnerven am Wafferfrofche. Auch menfchliche Nerven fallen etwas ins Gelbe.

Ich präparirte ein Stück der fleischigen, gallertartigen Pulpa, in dem ich durch die Lupe keinen jener Fäden entdeckte, riemförmig aus einem Schenkel heraus. Er wurde mit Zink armirt und mittels Silber galvanisirt, es blieb alles in Ruhe. Kaum berührte aber einer der weissen Faden den Zink, so waren alle Erscheinungen des Galvanismus hervorgerufen. Mehr Beweises bedarf es wohl nicht, das Daseyn jener Nerven zu bestätigen. Die Grösse der Bündel, zu denen die einzelnen Nervenfäden in den Insecten zusammengehäuft sind, muss uns, in Vergleich mit der Kleinheit ihrer Gefässe, nicht wundern, da wir bereits in den Amphibien dasselbe Verhältniss beobachten. Wenn wir vom Menschen zu den sogenannten unvollkommneren (d. h. nicht nach unserm Typus gebauten) Thieren herabsteigen, so sehen wir die Nerven der willkührlichen Bewegungsorgane an Grösse zunehmen, so wie die zur Circulation und Nutrition bestimmten Gefässe abnehmen. Diese, nicht jene, bleiben der Masse, zu der sie gehören, *) proportional, und kein Wunder daher, dass bei so vielen kleinen Insecten und Wassergewürmern sie sich bisher ganz der Untersuchung entzogen haben. Wir sehen in ihnen den allgemei-

*) Aus den verschiedenartigen Zwecken, zu denen ein Bewegungsnerv und ein Gefäss bestimmt ist, lässt sich schon erkennen, warum die Masse des Thiers nur die Grösse und Zahl der Gefässe modificiren kann. Von der Lebensart eines Thiers, von der Art seiner Nahrung, z. B. (nicht von seiner Masse) hängt das Maass seiner willkührlichen Bewegungen und die Aeusserungen seiner Nervenkraft ab.

nen (bei vielen Gattungen) pulsirenden Speisesack, nicht aber die engeren Kanäle, welche den Nahrungssaft bereiten und verführen!

Unter den Hemipteris ist die mit so grosser Schnelligkeit laufende Blatta orientalis zu Galvanischen Versuchen besonders geschickt. Eben diese Schnelligkeit, das Resultat einer ungeheuren Muskel- und Nervenkraft, machte, dass diese Thierart fast jeder Nachstellung entgeht, und jetzt in Europa ausgebreiteter, als in ihrem Mutterlande, Asien, ist. In dem obern Gliede der Hinterschenkel läuft ein vom Rückenmarke entspringender, erst gegabelter und nach einem Plexus wieder vereinigter, überaus starker Nerv herab. Mit Gold und Zink armirt gab der ganze Fuss die auffallendsten Erscheinungen. Ein Contact der Metalle erregte 2 bis 3 consecutive Erschütterungen. Der Schenkel stieg in die Höhe und erhielt sich zitternd einige Secunden lang in der Luft. Wie übereinstimmend zeigt sich hierin nicht der thierische Stoff, er mag in der Hornschale des Insects, oder in der zarten Oberhaut des Menschen eingeschlossen seyn. „Dies Zittern ist eine „Erscheinung, die schlechterdings bei keinem an„dern *) (thierischen) Theile, ausser der lebendigen „Muskelfaser bemerkt wird." Als ich das Rückenmarck der Blatta orientalis durch Silber und

*) Sömmering's Muskellehre, §. 34. Das Hedysarum gyrans, von dem ich zwei Pflanzen noch heute im Sonnenlicht beobachtet, zeigt bei erhöhter Reizbarkeit eben diess Zittern, wie auch schon Herr Hufeland scharfsinnig bemerkt hat. Vergl. meine Aphorismen in der *Flora Fribergensis*, *p.* 150. §. 6.

wohl ausgebrannte Kohle galvanisirte, sah ich das ganze Hintertheil sich hin und her bewegen, und sich mit den Füssen anstemmen.

Unter den Hymenopteris war mir die gemeine Honigbiene (Apis mellifica), wegen des Verhältnisses ihres Hirns zu den Nerven sehr auffallend. Ersteres ist für die Grösse des Thiers sehr beträchtlich, fast zweilappig und deutlich aus grauer Substanz und weissem Marke zusammengesetzt. Wie schön zeigen sich die Ursprünge der optischen Nerven aus diesem Hirne, und wie klein sind dagegen die Bewegungen im fleischigen Schenkel dieses Thierchens! Wie schwer sind letztere zu finden! Vergleicht man die Vertheilung der Muskelsubstanz in den dicknervigen Käfern mit der in der grosshirnigen Biene: so wird man auf einen Augenblick geneigt, über die sinnliche objective Wahrnehmung hinauszugehen, *) und in jener Vertheilung unsern Glauben an die höhern intellectuellen Kräfte der Bienengattung gerechtfertigt zu sehen! Das Galvanische Reizmittel schien mir nur schwach auf ihre Bewegungsorgane zu wirken. Desto besser glückten meine Versuche mit den Schenkeln der grossen Vespa crabro. Selbst wenn der Kopf des

*) Die Urtheile über Verstand und Stupidität der Thiere entspringen grösstentheils aus einem Missbrauch unserer eigenen Urtheilskraft. — Ungern lese ich in einer mit philosophischem Geiste geschriebenen Abhandlung gar die Worte: wozu Nerven in Thieren, die entweder gar keine, oder doch sehr unvollkommene Vorstellungen haben? Archiv für die Physiologie, B. 1. H. 3. S. 115.

Thiers ſchon 14 Stunden lang abgeſchnitten war, ſah ich auf dem Metallreize noch die Extremitäten zittern. Doch geſtehe ich, daſs es mir bisher noch nicht gelungen iſt, die Schenkelnerven der Horniſſe einzeln darzuſtellen, obgleich der Umſtand, daſs nur bei Armirung gewiſſer Theile der Pulpa Bewegungen erfolgten, mich auf ihre Lage hinwies.

Die hornartigen Schaalen der Coleoptera wirken beim Galvanismus eben ſo iſolirend, als Glas und Siegellack. Um Verſuche mit dieſen Inſectengattungen anzuſtellen, muſste ich daher entweder den Nerv mit zwei Metallen armiren, oder das gallertartige Muskelfleiſch entblöſsen. Um ſo merkwürdiger iſt die Senſibilität, welche manche Krebsarten in den Gelenken der Füſse und Scheeren zeigen. Ich hatte zu Venedig am Lido mehrere Krabben, (theils Cancer pagurus, theils Cancer maenas) geſammelt. Sie ſtarben im ſüſſen Waſſer, und waren ſchon ſo unreizbar, daſs kein mechaniſcher Stimulus ihnen eine Bewegung ablockte. Ich drückte zwei ſchmale Stangen Zink und Silber in die unverletzten Gelenke der rechten Scheere und des linken Hinterfuſses. Alles blieb in Ruhe. Kaum aber geriethen beide Metalle in Contact, ſo erfolgten lebhafte Zukkungen jener Theile. Das gepanzerte Thier muſs alſo in den Gelenken ſelbſt ſehr freiliegende Nerven haben. Eben dieſe Gelenke zeigen eine andere wunderbare Erſcheinung, von der ich nichts analoges in der ganzen Thierſchöpfung finde. Iſt das erſte Glied eines Krebsfuſses abgelöſst, und wird die Wunde mechaniſch gereizt, ſo hat es das Inſect

in ſeiner Willkühr, das zweite Glied fahren zu laſſen, oder mit anſcheinender Ruhe wegzuſchnellen. Welche Art der Muskelbewegung, welche Einrichtung iſt denkbar, um die Continuität organiſch verbundener Theile mit der Leichtigkeit zu trennen. Auch das Loslaſſen der Scheeren, beſonders beim ſüdamerikaniſchen Waldkrebſe (Cancer ruricola), *) gehört hieher.

Wenn ich dem Cancer pagurus Zink in das Maul ſteckte und den ſilbernen Conductor an die geſtengelten Augen anlegte, ſo konnte ich willkührlich bald das rechte, bald das linke Auge erſchüttern. Dieſe Verſuche müſſen ſehr vorſichtig angeſtellt werden, weil die Krebſe oft todt ſcheinen, und ſich auf bloſsen mechaniſchen Reiz plötzlich wieder zu bewegen, ja heftig zu vertheidigen anfangen. Der Cancer Bernhardus wurde in ſüſsem Waſſer getödtet. Ich zerſchlug die Schaale des Buccinum echinophorum, in welchem der nackte Schwanz verborgen liegt, und armirte denſelben mit 2 Metallen. Nicht nur das Hintertheil, ſondern auch die groſse rechte Scheere bewegte ſich durch eine ſonderbare Nervenſympathie.

Fiſche. — Wer den prachtvollen Nervenbau der Fiſche aus Monro's Beſchreibungen, oder beſſer, aus eignen Zergliederungen kennt, der wird dieſe Thierclaſſe ſchon a priori für ſehr geſchickt zu galvaniſchen Verſuchen finden. Ich erinnere mich, den Metallreiz auf die Muraena Anguilla,

*) Herbſt Verſuch über die Naturgeſchichte der Krabben, T. 2. S. 119. n. 37.

den sonderbar gebildeten Ammodytes Tobianus, die Perca Lucioperca, Perca cernua, den Cobitis fossilis, den Cyprinus Tinca und Cyprinus Carpio angewandt zu haben. Das Rückenmark und die Nervenäste, welche in die Flossen, oder Unterkiefer gehen, sind am leichtesten zu armiren. Ich muss gestehen, dass ich die Contractionen zwar von kürzerer Dauer, aber bei weitem heftiger und lebhafter, *) als bei den Amphibien finde. In Thieren, bei denen die Marksubstanz hauptsächlich nur auf Hirn- und Rückenmark concentrirt ist, ohne sich auf abstehende Extremitäten (eigene Getast- und Bewegungsorgane) zu verbreiten, in solchen Thieren sind die wenigen Muskelbewegungen, zu denen sie fähig sind, ungemein kraftvoll und stark. **) Ich habe Fische, denen der Kopf bereits vor einer halben Stunde abgelöst war, wenn sie galvanisirt wurden, mit dem Schwanze dergestalt schlagen sehen, dass der ganze Körper sechs Zoll hoch über dem Tisch in die Luft flog. Wenn ich ihre Reizempfänglichkeit durch alkalische Auflösungen oder durch

*) Schon D. Croone bemerkt, dass Fische fast unter allen Thieren die meiste Muskelkraft zeigen, weil sie sich in einem tausendmal dichteren Fluidum, als Luft, bewegen. In ihren Muskeln sind die Fasern nicht lang, aber zahllose Schichten derselben sind über einander gehäuft. *The Croonian Lect. on muscular motion, p. 54.*

**) Diese Beobachtung passt unter den Amphibien auch auf die Schlangengattung, mit der unter den Würmern die Naiden im Bau einigermassen übereinkommen. Selbst der trägscheinende Regenwurm zeigt, wenn man ihn schmerzhaft reizt, welcher Muskelanstrengung er fähig ist.

oxygenirte Kochſalzſäure erhöhte, ſo waren ſie (beſonders Aale und Schleie) oft kaum zu bändigen. Die leiſeſte Metallberührung lieſs ſie auffſpringen. Wenn man bedenkt, wie übereinſtimmend die Wirkung des elektriſchen und galvaniſchen Fluidums ſind, ſo wird man dieſen Vorzug der Fiſche vor den Amphibien weniger auffallend finden. Welche Thiergattung zeigt ſolche eigenthümliche (elektriſche?) Erſcheinungen, als der Zitteraal, der Zitterrochen und die vielen andern neuentdeckten elektriſchen Fiſche des ſüdlichen Oceans? Ein Blitz, der die Waſſerfläche eines groſsen Teiches trift, tödtet oft alle Fiſche weit umher!

Ich übergehe die gewöhnlichen *) Verſuche mit den Floſſen und dem Rückenmarke. Feine Experimente, welche ich mit dem Herzen der Fiſche und über die Sympathie ihrer Geſichtsnerven angeſtellt habe, werde ich im folgenden Abſchnitte erzählen. Herr Abilgaard hat zu Neapel die Nerven des elektriſchen Krampffiſches (Raja Torpedo) galvaniſirt, aber keine vorzüglich ſtarke Reizung dabei bemerkt.

*) Volta a. a. O. S. 126. Valli in Gren's Journal, B. 6. S. 390. Pfaff a. a. O. S. 115. — Iſt es Täuſchung, oder haben unſere gewöhnlichen Aale nicht auch ein Vermögen (elektriſche?) Schläge auszutheilen? Mir ſcheint wenigſtens die betäubende Empfindung, welche der lebendige Aal oft im Arme zurückläſst, ganz eigener Art. — Die Behauptung aber, daſs die convulſiviſchen Bewegungen des Aals durch angelegtes Eiſen aufhören, iſt ſehr irrig.

Neun-

Neunter Abſchnitt.

Amphibien. — Winterſchlaf erhöht ihre Reizempfänglichkeit. — Urſachen davon. — Die ſenſoriellen Kraftäuſserungen ſchwächen die Energie der Muskelfaſer und Abſonderung der Gefäſse. — Ueber die Zerſetzungen im Hirne, welche dem Denken gleichzeitig zu ſeyn ſcheinen. — Blutwärme der Fröſche. — Phyſiologiſche Betrachtungen über Fröſche, Eidexen, Kröten und Schildkröten. — Vögel. — Galvaniſiren des Küchelchens im Ei. — Säugthiere. — Erſcheinungen am Menſchen. — Durch welche Nervenverbindung der Metallreiz das Geſichtsorgan afficirt. — Volta's Zungenverſuch. — Umgekehrte Sympathie zwiſchen dem Naſo ocularis und maxillaris ſuperior. — Aller metalliſche Geſchmack iſt vielleicht Wirkung des Galvanismus. — Verſuche in der Naſenhöhle, im Alveolus eines Zahns, in Handwunden unter Blaſenpflaſtern. — Plötzliche Umänderung der lymphatiſch-ferösen Feuchtigkeit, — ihre ätzende Kraft. — Phyſiologiſche Folgerungen daraus. — Formel für die Gröſse der Reizung. — Anwendung auf das Gefühl. — Wirkungen nach oben, oder nach dem Urſprunge der Nerven im Hirne hin. — Blitze durch Verbindung der Mundhöhle mit dem After mittels zweier Metalle. — Wiederbelebung der Vögel aus dem Scheintode. — Herrn Grapengieſſer's Verſuche über Einfluſs der Nervenreizung auf die periſtaltiſche Bewegung des Darmkanals. — Folgerungen daraus. — Auch das Herz und andere unwillkührliche Muskeln werden vom Metallreize afficirt. — Betrachtungen über die Nerven des Herzens.

Amphibien. — An dieſer Thierclaſſe iſt das galvaniſche Experiment nicht nur zuerſt entdeckt,

ſondern auch nachmals am häufigſten wiederholt worden. *) Die Fröſche zogen durch die Leichtigkeit, ſie in Menge zu ſammeln, durch ihren ſtarken Nervenbau, ihre faſt unzerſtörbare Reizbarkeit, ihr reinliches Muskelfleiſch und ihren faſt durchſichtigen Körper, zu ihrem Unglück, die Hauptaufmerkſamkeit der Phyſiologen auf ſich. Das Blutbad, welches Haller, Röſel, Spalanzani, und 30 Jahre früher der Abt Nollet, welcher ſie in Hoſen von Wachstaffent einzwängte, **) unter ihnen anrichteten, dies Blutbad war nur ein ſchwacher Vorbote von dem, was am Ende des achtzehenten Jahrhunderts in allen Theilen Europens, ja im nördlichen America, ſie erwartete. Faſt möchte dieſe Thierart, welcher man weiland in Thracien eine Staatsrevolution Schuld gab, nun ſelbſt zur Auswanderung gezwungen worden ſeyn! — Schade indeſs, daſs ſo zahlloſe Verſuche angeſtellt wurden und noch täglich angeſtellt werden, bei denen die Erweiterung unſers Wiſſens gar nichts gewinnt, und bei denen man ſich freut zucken und abermals zucken zu ſehen! Schade, daſs Menſchen, die auf feinere Bildung Anſpruch machen, oft dabei eine Grauſamkeit ausüben, die ſchlechterdings unnütz iſt, da das Galvaniſiren an lebendigen empfindenden Fröſchen (ich meine ſolche, deren Hirn- und Rückenmark unverletzt bleibt,) die unſicherſten Reſultate gewährt!

*) Pfaff a. a. O. S. 114.

**) Spalanzani Verſuche über Erzeugung der Thiere, T. 1. S. 13.

Ich habe ſchon oben bemerkt, daſs weibliche Fröſche reizbarer, als die männlichen ſind, und daſs der günſtigſte Zeitpunct an beiden zu experimentiren, der iſt, wenn man ſie aus dem Winterſchlafe erweckt und in der gelinden Stubenwärme belebt. Ueber dieſe letztere Erfahrung, die ich ſeit drei Wintern geſammelt, muſs ich einige Betrachtungen beifügen. Diejenige Claſſe von Phyſiologen, welche eigenes materielles Irritabilitätsprincip annimmt, behauptet, daſs ſo wie die ſenſorielle Kraft ſich im traumloſen Schlafe anhäuft, ſo häufe ſich auch im thieriſchen Muskel, während der Wintererſtarrung, die Reizbarkeit an. Ich könnte ſchon hier erweiſen, daſs, wenn man ein Princip der Irritabilität annimmt, man einem Elemente zuſchreibt, was die gemeinſame Wirkung ſo vieler mannigfach gemiſchter und mannigfach geformter Stoffe iſt. *) Ich könnte erweiſen, daſs gerade diejenige Subſtanz, von deren Anhäufung, laut jener Hypotheſe, die erhöhte Reizbarkeit herrühren ſoll, der Sauerſtoff, während des Winterſchlafs der Pflanzen und Thiere, in unendlich geringerer Menge der belebten Maſchine zugeführt wird. Die Vegetabilien können der gefrornen Erde nur wenig Waſſer entziehen. Durch die in der Kälte geminderte Pulſation der Gefäſshäute

*) C'eſt vouloir établir des théories avant d'avoir raſſemblé les faits, c'eſt *conſtruire*, quand on n'a pas même encore *obſervé;* erreur excuſable, mais qui de tout tems a arrêté la marche de nos connoiſſances. *Condorcet, esquiſſe d'un tableau hiſt. des progrès de l'eſprit humain*, 1797. *p.* 61.

wird der Umlauf ihrer Säfte gehemmt. Die Organe, durch welche hauptsächlich das Wasser aus dem Dunstkreise eingesaugt und zersetzt wird, die Blätter, fehlen dann den meisten gänzlich. Ist nun, wie so viele Versuche lehren, das kohlensaure Wasser die Quelle, aus welcher die Pflanzen den Sauerstoff abscheiden, wie kann, da jene Quelle und jenes Absonderungsorgan fast gänzlich mangeln, die Menge dieses vermeinten Irritabilitätsstoffes sich während des Winterschlafs in denselben anhäufen? Noch deutlicher zeigt sich dieser Widerspruch bei den Thieren. Wir wissen bestimmt, wie bei dem Murmelthiere (Arctomys Marmota) vom September bis März die Respiration und also auch Pulsation des Herzens, Umtrieb des Bluts, Aufnahme des Sauerstoffs in den Lungen und Absetzung desselben in die Muskelfaser, thierische Wärme, kurz der ganze chemische Lebensprocess *) gemindert ist. Wir wissen, dass schon der periodische Schlaf, falls er sanft und traumloss ist, die Functionen unsrer Athmungswerkzeuge schwächt, und dass wir uns dennoch nach einem erquickenden Schlafe am reizempfänglichsten

*) Vergleiche Beddoes medicin. Schriften, 1794. B. I. S. 98. Wenn Herr Beddoes aber an eben der Stelle lieber dem Aristoteles als dem Ray folgt, von denen jener die Thiere im Winterschlaf für fett, dieser für mager hält, so geschieht diess wohl nur aus Liebe für seine Hypothese vom Fettwerden. Die Marmotte schläft fett ein, nachdem sie sich Magen und Eingeweide mit Wasser ausgespült hat, und erwacht mager und abgezehrt. So haben es mich alle Gemsjäger am Mont-Blanc und St. Bernhard versichert; so erzählt es Herr von Saussure in der *Voyage dans les Alpes*, *Tome 3. p.* 212.

fühlen. Wie läſst ſich dies aus einer Anhäufung des Oxygens erklären? Man wendet mir vielleicht ein, daſs jeder Schlaf eine Abweſenheit von Muskelbewegung voraussetze, und daſs durch dieſe ſelbſt der Sauerſtoff verbraucht und dem Körper entzogen werde, daſs demnach eine ſchwächere Luftzerſetzung in der Lunge, bei vollkommener Ruhe der Muskeln, doch Anhäufung des Oxygens hervorbringen könne. Das Factum an ſich iſt zwar ſehr richtig, und ich hoffe unten zu zeigen, daſs fibröſe Bewegung nur das Reſultat einer vorhergegangenen chemiſchen Miſchungsveränderung iſt; aber als Stütze der obigen Behauptung vom Winterſchlafe kann ich die Inſtanz nicht gelten laſſen. Auf den Lebensproceſs der Vegetabilien, die z. B. im kalten Norden (im Frühlinge) eine ſo ungeheure Irritabilität *) zeigen, iſt ſie gar nicht anwendbar. Hier findet willkührliche Bewegung nicht ſtatt, die Idee der Ruhe verſchwindet, und welche Zahl kann die Differenz der Sauerſtoffmenge ausdrücken, welche die blattloſe beeiſte, oder die ſchön belaubte von der Sommerſonne beleuchtete Buche dem eingeſogenen Waſſer entlocket? Bei Thieren conſumirt allerdings die Muskelbewegung im Wachen mehr Oxygen, als das minus **) beträgt, wel-

*) Linné hat zuerſt auf dieſen Umſtand, beſonders auf den ſchnellen Wachsthum der mehlreichen Grasarten (Getreide) im nördlichen Europa aufmerkſam gemacht.

**) Nur Herr Darwin allein nimmt im Schlafe, auſſer der vermehrten Secretion, auch vermehrten Blutumlauf an. Zoonomie, B. I. S. 401. Die letztere Thatſache möchte ſchwer zu erweiſen ſeyn, und vermehrte thiori-

ches im Schlafe dem arteriellen Systeme abgeht. Aber man vergleiche den Zustand eines Menschen, der sich 14 Stunden lang wachend fast aller willkührlichen Bewegung enthält, und den Zustand eines aus dem Schlafe erwachenden! Bei dem ersteren wird die Respiration gewiss nicht gemindert, eine gleiche Menge Sauerstoff strömt durch die Lunge in den ruhenden Körper — und dennoch, wie tief steht seine Erregbarkeit, wie tief das Gefühl seiner Muskelkraft unter dem des Erwachenden?

Mangel von Bewegung mindert recht eigentlich den Grad der Irritabilität. Ich habe ein auffallendes Beispiel davon an Fröschen vor mir, die ich nun schon 6 bis 7 Monate lang in einem engen Behälter aufbewahre. Sie sind wohlgenährt, nicht übermässig gross, hüpfen, (wenn man sie in Freiheit lässt,) munter umher, und dennoch sind ihre Nerven mit den wirksamsten Metallen kaum zwei Stunden lang zu galvanisiren. Ihre ausgeschnittene Herzen pulsiren nur wenige Minuten, und die heftigsten Nervenreize, die ich entdeckt, (alkalische Solutionen, oxygenirte Kochsalzsäure, Arsenikkalk,) lassen den Crural- und Ischiadischen Nerven fast unbewegt. Auffallend genug, dass dieselben Thiere, welche (als sie im Winterschlaf ausgegraben wurden) mit homogenen Metallen, selbst ohne alle Kette (Fig. 9.) lebhafte Con-

sche Wärme ist selbst bei gemindertem Blutumlauf erklärbar. Diese Wärme entspringt ja gar nicht allein aus der Masse der, in den Lungen zersetzten Luft, sondern eben so sehr aus dem Ernährungsprocesse, welcher Wärmestoff entbindet, indem er feste Stoffe aus tropfbaren Flüssigkeiten abscheidet.

tractionen erlitten, jetzt wohlgenährt, aber bei mangelnder Muskelbewegung kaum dem Zinke und Golde gehorchen!

Aus diesen Betrachtungen folgt demnach, dass die Annahme eines Irritabilitätsstoffs im Oxygen keineswegs die, durch Ruhe und Winterschlaf erhöhte Reizempfänglichkeit der Fiber erklärt. Ich hielt eine sorgfältigere Zergliederung dieser Begriffe um so nothwendiger, als es für die Wissenschaften nachtheilig ist, wenn man Probleme für erklärt hält, zu deren Auflösung wir noch um keinen Schritt näher gerückt sind. Nach meinen Vermuthungen gründet sich jene erhöhte Reizempfänglichkeit auf Abwesenheit von Reizen und allgemeine Schwächung der sensoriellen Kraftäusserungen. Die Stärke mit der ein Stimulus wirkt, nimmt eben so zu, als die Länge der Zeit, seit welcher das irritable Organ zum letzten Male von demselben gereizt wurde. Das Sonnenlicht bewegt die Blätter des Hedysarum gyrans stärker, wenn die Pflanze 2 bis 3 Stundenlang im Finstern stand. Wer täglich Opium nimmt, wird von 8 Gran weniger afficirt werden, als ein anderer, der nie daran gewöhnt war, von $\frac{1}{5}$ Gran. Das ist eine sehr alte *) und gemeine Erfahrung. Wie lebhaft müssen demnach nicht alle Organe erregt werden, wenn sie während des temporellen Schlafs Stunden lang, während des Winterschlafs

*) Beddoes und Watt Betrachtungen über den medizinischen Gebrauch künstlicher Luftarten, 1796. S. 47.

Monate lang *) von allen äufsern und so vielen innern Reizen entfernt waren, und beim Erwachen die ganze äufsere und innere Sinnenwelt plötzlich auf sie einwirkt?

Eine noch wichtigere Rolle hiebei spielt die Schwächung und temporelle Aufhebung der sensoriellen Kraftäufserung. Die Functionen des Seelenorgans und der sensiblen Fibern stehen gewissermafsen im Kampfe mit den Verrichtungen der Gefäfse. Anstrengung beim Denken hindert die Verdauung und Assimilation: Hydrocephali, Cretins, vom Schlage gerührte Menschen, tolle und stupide Personen haben oft einen auffallend starken Appetit, und die Nutritionsgeschäfte gehen trefflich bei ihnen von statten. D. Hunter hat diese Thatsache, nach welcher „*the exercise of sensation is inimical „to life*" zuerst in das gehörige Licht gesetzt, und

*) Das Beispiel des längsten Schlafs oder der am längsten gehemmten Lebenskraft giebt das Räderthier (Vorticella rotatoria), welches Fontana, nachdem es $2\frac{1}{2}$ Jahr getrocknet und unbeweglich lag, durch einen Wassertropfen in zwei Stunden wieder belebte. Vom Viperngift, B. I. S. 62. Ueber die innere Kälte der Thiere während des Winterschlafs, s. noch Jenner's und Heighton's Versuche in *Medical extracts, Vol. I. p. 95.* — Von Entziehung der Reize bei Pflanzen, s. Herrn von Uslar's Fragm. der Pflanzenkunde, S. 141. — Bei meinem vorigjährigen Aufenthalte im Departement des Mont-Blanc hat mir Herr Coutran zu Chamouny, der sich mit dem D. Paccard mit Galvanischen Versuchen beschäftigt, versprochen, sie an Marmotten, die er während der Erstarrung tödten will, anzustellen, und die Resultate seiner Beobachtungen meinen Genfer Freunden, Pictet und Jurine, mitzutheilen.

Croone's Rede *) über die Muskelkraft enthält die scharfsinnigsten Vermuthungen darüber. Woher es komme, dafs anhaltende Uebung der sensoriellen Kraft die Thätigkeit der Gefäfse und ihr Absonderungsvermögen schwächt, diese Frage gehört freilich zu den vielen, über die wir unsere bisherige Unwissenheit bekennen müssen. Ich bin weit davon entfernt, zu glauben, dafs durch das Denken selbst, grobe, oder feine Stoffe consumirt werden. Einmal liegt diese Untersuchung ganz aufserhalb der Gränzen unserer Wahrnehmungen, und dann führt auch die Vorstellungsart, welche sie veranlafst, zu der gröbsten und albernsten Art des Materialismus. Wenn aber auch das Denken selbst weder ein chemischer Procefs, noch Folge mechanischer Erschütterung ist, so scheint es doch keineswegs unphilosophisch, fibröse Bewegung, oder chemische Zersetzungen im Seelenorgane **) gleichzeitig mit dem Denken anzunehmen. Viele Erfahrungen, deren Herzählung nicht in diesen Abschnitt gehört, machen jene Annahme vielmehr sehr wahrscheinlich. Wie nun, wenn bei Uebung der sensoriellen Kraft Stoffe in dem Hirne consumirt, oder gebunden würden, von denen die thierische Maschine nur eine bestimmte Menge enthält, und welche zu dem grofsen chemischen Processe, von dem Muskelkraft und Pulsation der Gefäfshäute abhangen, mitwirken? Wie wenn diese Stoffe während des Schlafes, wo die sensorielle Kraft-

*) *l. c. p.* 28.

**) Vergl. Kant's Ideen darüber in Sömmering über das Organ der Seele, 1796. S. 85.

äufserung überhaupt (fo wie äufsere Wahrnehmung insbefondere) gefchwächt ift, den Muskeln und Gefäfsen in gröfserer Fülle zuftrömten? *) Weit davon entfernt irgend einen Irritabilitätsftoff anzunehmen, fo zeigen doch mannichfaltige Erfahrungen und befonders meine eigenen Verfuche über die befchleunigte Keimkraft der Pflanzen, welche wichtige Rolle das Oxygen bei allen vitalen Functionen fpielt. Erinnert man fich nun, dafs eben diefs Oxygen in dem arteriellen Blute angehäuft ift, erinnert man fich, welche ungeheure Maffe von diefem oxidirten Blute (über $\frac{1}{6}$tel des Ganzen) ins Hirn fteigt und entfäuert daraus zurückkehrt, erinnert man fich, dafs angeftrengteres Nachdenken eben fo mehr Blut nach dem Hirn leitet, als Muskelanftrengung die Muskelgefäfse füllt — fo geräth man gleichfam von felbft auf die Vermuthung, dafs während der fenforiellen Kraftäufserungen Sauerftoff abforbirt wird, und dafs diefe Abforption im Schlafe geringer, als im Wachen ift. Welche Wirkfamkeit mögen aber nicht die anderen, neben dem Oxygen im Blute enthaltenen Stoffe haben? Was mögen nicht die Nerven felbft (als Leiter?) dem Seelenorgan zuführen, was bei Schwächung der Denkkraft in andern Theilen des Körpers angehäuft bleibt? Wird das arterielle Blut durch fenforielle Kraftäufserungen, eben fo wie durch Muskelbewegung und Ernährung zerfetzt, wo bleibt die grofse Maffe von Wärme-

*) Wunden heilen fchneller während des Schlafs, als im Wachen, wenn der Genefende fich auch noch fo ruhig verhält.

ſtoff, welche dabei entbunden werden muſs? Wird derſelbe zum elektriſchen, oder einem ihm verwandten Fluidum gebunden? — Ein kommendes Jahrhundert bringt uns vielleicht der Beantwortung dieſer groſsen Frage näher. Wir begnügen uns, hier im voraus den Geſichtspunct anzugeben, aus welchem ſo feine Gegenſtände zu betrachten ſind! — —

Aber nicht bloſs weibliche Individuen, und ſolche, die aus dem Winterſchlaf erwecket ſind, auch jüngere Fröſche zeichnen ſich durch eine groſse Reizbarkeit des Muskelſyſtems aus. Wenn man bedenkt, wie ſchnell ihre Reizbarkeit durch den galvaniſchen Verſuch erſchöpft iſt, und wie die innere thieriſche Wärme, von den Fiſchen bis zu den Vögeln hinauf gerechnet, in eben dem Maaſse zunimmt, als die Dauer der Reizempfänglichkeit (nach Trennung des Hirns *) vom übrigen Körper) abnimmt: ſo wird man zu dem Schluſſe verleitet, in dieſen jungen Thieren eine höhere Temperatur und deſshalb eine beſchleunigte Zerſetzung der thieriſchen Elemente, einen gleichſam raſcheren Lebensproceſs zu vermuthen. Thermometerverſuche mit einem Froſche, den man ſelbſt groſs zöge, würden hierüber entſcheiden. Wenigſtens habe ich bereits gefunden, daſs vier erwachſene Fröſche unter einer Glocke (trotz ihrer Kälte erre-

*) Ich bediene mich ungern des Ausdrucks: Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode, weil, wie Herr Reil bemerkt, dieſe Worte den Widerſpruch involviren, daſs die Reizbarkeit ſich ſelbſt überlebe.

genden wäſſerigen Ausdünſtung) durch ihre Luft-Exſpiration den Reaumurſchen Wärmemeſſer um 3 Grade ſteigen machen.

Die kleinſten Kaulquappen *) (gyrini) zeigen, da ſie ſich ausſchlieſslich in einem ſo dichten Elemente, als Waſſer, bewegen, eine ungeheure Muskelkraft im Schwanze. Man kann denſelben, ohne den Nerv zu entblöſsen, heftig galvaniſiren, und es iſt auffallend, wie gegen die Zeit, daſs die Vorderfüſse ſich mehr entwickeln und jenes hintere Bewegungsorgan unnöthiger wird, auch die Lebhaftigkeit der durch den Metallreiz erregten Contractionen abnimmt. Trennung des Schwanzes iſt für die junge Larve **) tödtlich, ſo wie das Thier ſich aber entwickelt und dieſe Portion des Rückenmarks ſich vom Hirne weiter entfernt, werden die Verletzungen an

*) Unter den Amphibien und Fiſchen ſind Miſsgeburten unendlich ſelten. Bei den letztern ſchiebt man die Urſach auf den Mangel abſtehender Gliedmaſsen (artus). Aber der Froſch giebt mit ſeinen 18 Fingern doch Gelegenheit genug zu Abweichungen vom gewöhnlichen Körperbau. Und wie viele tauſend Fröſche ſind nicht von Menſchen ſecirt worden? Hat man wohl Miſsgeburten darunter entdeckt? Die Amphibien ſcheinen, wie die Schmetterlingsblumen unter den Pflanzen, unaufhörlich an das Geſetz gleichmäſsiger Bildung gebunden. Vergleiche meinen Aufſatz über Prolification im Botan. Magazin, 1792. B. 3. S. 5. — Einen monſtröſen Fiſch, einen Pleuronectes ohne Schwanz beſchreibt Herr Martinet in *Verhandlungen over de naturlyke Hiſtorie*, 1795. *p.* 382.

**) Was kann Herrn La Cepede berechtigen den Gyrinus für ein bewegliches Ei zu halten. S. Berlinghieri und Brogniart in den *Annales de Chimie*, *T.* 12. *p.* 93. Vergl. Crell's Annalen, 1795. B. 2. S. 256. in der Note.

der Extremität immer unschädlicher. Sonderbar genug, dass ein Theil, welcher einen so wichtigen, grossen, aus dem Rückenmarke unmittelbar verlängerten Nerven besitzt, sich endlich von selbst ablöst!

Der stete Aufenthalt der jungen Froschlarven im Wasser macht, dass sie den durchsichtigen Theil der membrana nictitans (welche selbst bei Vögeln mehr oder weniger entwickelt ist) unaufhörlich geschlossen halten. Erst wenn sie den Kopf in die freie Luft aufzurichten wagen, ziehen sie sie nach unten nieder und sehen nun durch zwei Media zugleich. Diese Membran hat wahrscheinlich wie bei den Vögeln einen eigenen Muskel; denn wenn man den Gaumen des abgeschnittenen Froschkopfes mit Zink armirt und ihn mittels Silber mit dem Auge verbindet, so zieht sich bisweilen die membrana nictitans convulsivisch zurück. Zorn und Rösel *) beschreiben dieselbe einfach. Sie ist es auch wirklich, wirkt aber durch einen eignen Mechanismus, wie eine doppelte Membran. Der obere goldfarbiggefranzte Rand ist nemlich sehr fein durchsichtig und glatt. Der untere Theil ist muskulös, faltig und dick. Es hängt nun von der Willkühr des Thiers ab, ob es jenen obern Rand allein ausspannen, oder den untern Theil so herausziehen will, dass jener Rand in ihm eingehüllt bleibt und das Ganze eine undurchsichtige Decke bildet.

Zu den Sonderbarkeiten der Froschgattung gehört noch ihre Eigenschaft, bei elektrischen Schlägen,

*) *Theolog. natur. T. I p.* 202. *Historia ranar. p.* 19. (Vergl. Bechstein's Naturgeschichte Deutschlands. B. 2. S. 13.)

unter gewiſſen Verhältniſſen, die Hautfarbe (aus der braungrünen in die blaue, meergrüne und gelbe) zu verwandeln. Herr Yelin *) hat erſt neulich darauf aufmerkſam gemacht. Laubfröſche ſcheinen ſogar bei Gemüthsbewegungen ſolche Farbenveränderungen zu erleiden — eine Erſcheinung, die mit ihrem Verbleichen durch Entziehung des Lichtreizes **) nicht zu verwechſeln iſt.

So wie die Fröſche unter den Amphibien, und, nach meiner obigen Zergliederung, ſelbſt die Coleoptera unter den Inſecten, durch ihre (in Verhältniſs der Hirnmaſse) ſtarke Nerven, die niedrige Stuffe intellectueller Anlagen, auf der ſie ſtehen, anzudeuten ſcheinen; ſo bezeichnet die grüne Eidexe ***) (Lacerta agilis) durch ihre feinern Nerven und gröſseres Hirn eine höhere Stuffe jener Anlagen. Froſchnerven ſind faſt viermal dicker, als die gleichnahmigen Nerven der Eidexe. Daher ſind die Muskularcontractionen der letztern zwar anfangs ungemein lebhaft, aber da weniger Medullarſubſtanz in den Gliedmaſsen vertheilt und der Conſens derſelben mit dem Hirne ſo groſs iſt, ſo erſchöpft der Metallreiz auch bald die letzten Reſte der Irritabilität. Dieſe ſchnelle Erſchöpfung iſt in dem wärmern Europa, wo die Eidexe von ſo ungeheurer Lebhaftigkeit iſt, und die höchſten Mauern erklimmt, am auffallendſten. Thiere, die in Deutſchland 2 bis 3 Stunden lang deutliche Zuckungen erleiden, fand ich

*) Lehrbuch der Naturlehre, B. I. S. 28.

**) Herr v. Uslar a. a. O. S. 36.

***) Pfaff a. a. O. S. 114.

auch bei den wirkſamſten Metallen in Italien, oft nach 20 bis 25 Minuten, ſchon unbeweglich. — Wenige Geſchöpfe werden ſo heftig von der oxygenirten Kochſalzſäure afficirt, als die grüne Eidexe. Es erklärt ſich hieraus die ſchreckliche Hydrophobie dieſer Amphibie. Ein Tropfen Waſſer auf den Leib getröpfelt, feuchter Sand, oder gar eine Lage, in der der ganze Schwanz mit Waſſer benetzt iſt, ſcheint dem Thierchen convulſiviſche Schmerzen zu erregen. Iſt es Zerſetzung des Waſſers durch die Fiber und Reiz des Sauerſtoffs, welcher jene Wirkung hervorbringt?

Die Kröte hat faſt eben ſo ſtarke Nerven als der Froſch, aber das ſpiralförmige gebänderte Anſehen iſt weniger deutlich daran, als bei dem letztern. Die Bewegungen, welche der Galvanismus in den abgelöſeten Gliedmaſsen der Kröten erregt, ſind eben ſo ſchwach und träge, als die, welche die Willenskraft während des Lebens hervorbringt. Ich habe übrigens mehrmals die Rana portentoſa, Rana bombina und Rana Buſo zergliedert, viel mit ihnen experimentirt, und (wenn ich nicht die Urinblaſe verletzte) nie irgend einen Hauptſchmerz davon getragen. Was Herr de la Cepede *) von der Schädlichkeit der Kröten, und gar von ihrem giftigen Athem ſagt, iſt ſehr übertrieben. Ich habe eine groſse Unke eine Stunde lang unter einer kleinen Glocke mit atmosphäriſcher Luft eingeſperrt gehalten, und

*) *Hiſtoire naturelle des quadrupèdes ovipaires et des ſerpens, p.* 179. Vergl. damit Forſter's kleine Schriften, Th. 5. S. 299.

nichts als kohlenſaures Gas, Stickluft und mindern Antheil von Sauerſtoffgas gefunden. Was darf man dem Grafen de la Cepede nicht aber zutrauen, ihm, der aus Haſs gegen die Kröte, „die ſchlanke Taille des Froſches, ſeine ſchönen Gliedmaſsen, ſein liebliches Farbengemiſch, ſeinen Schleim, der alle Reize erhöht, und ſeine reinen Liebestriebe" *) mit Enthuſiasmus erhebt?

Fluſsſchildkröten zeigen eine Ausdauer der Irritabilität, welche mit der der Froſche zu vergleichen iſt. Herr Philipp Michaelis, (ein Mann, deſſen anatomiſcher Scharfblick gewiſs allgemein erkannt zu werden verdient) fand bei einer Schildkröte, die zerſchnitten und ohne Herz wohl 18 Stunden lang der freien Winterkälte zu Pavia ausgeſetzt geweſen war, noch lebhafte Muskularcontractionen. Herr Hermbſtädt hat die wichtige Beobachtung **) gemacht, daſs die Testudo europaea noch vom Metallreize afficirt wird, wenn auch ihr Muskelfleiſch bereits in Fäulniſs übergegangen iſt.

Vögel — zeigen, wie ſchon oben erwähnt, die vollkommenſte ausgebreitetste, bis ins Innere der Knochen dringende Reſpiration, die gröſste Luftzerſetzung, die gröſste thieriſche Wärme und die kürzeſte Dauer galvani-

*) Der Graf vergaſs, daſs dieſe reinen Triebe bisweilen auch gegen Cadaver (wie weiland bei den egyptiſchen Einbalſamirern) gerichtet ſind.

**) Creve vom Metallreiz einem Prüfungsmittel des wahren Todes, 1796. S. 83.

vanischer Erscheinungen. Alle diese Verhältnisse stehen in causalem Zusammenhange mit einander. Ich habe vielfache Versuche an Hühnern, Gänsen, Raben, Dohmpfaffen, Canarienvögeln und Hänflingen angestellt. Wenn man bei den muntern kleinen Vögeln, deren Lebensflamme gleichsam mit dem letzten Herzschlag zu verlöschen scheint, nicht schnell zur Präparirung der Nerven schreitet, so ist die Anwendung des Metallreizes vergeblich. *) Bei einem Hühnchen von 13 oder 14 Tagen, welches durch einen Zufall im Ei entblösst war, habe ich durch Zink und Gold Bewegungen der Flügel hervorgebracht. Ueber die Sympathie der Ciliarnerven mit denen des Unterkiefers, oder über die merkwürdige Bewegung des Schnabels bei Armirung der Zunge und des Auges, so wie über die belebende Leitung des galvanischen Fluidums vom Schlunde zum After werde ich unten meine Versuche mittheilen.

Säugthiere. — Fast an allen grösseren hierländischen Säugthieren sind die Erscheinungen des Metallreizes geprüft. Ich habe ihn selbst mit meinem älteren in der Anatomie weit erfahrenern Bruder, auf Hunde, Kälber, Kaninchen, Meerschweine (cavia Porcellus) Füchse, Schafe, Ziegen, Ratten, Mäuse und Fledermäuse angewandt, nicht etwa um die Zahl so einförmiger Versuche zu vervielfältigen, sondern bei Gelegenheit von Winter-

*) So ist es oft auch bei Mäusen (Pfaff a. a. O. S. 113.) und überhaupt fast bei allen sich sehr lebhaft bewegenden Thieren.

ſectionen, die zu andern Zwecken angeſtellt wurden. Am wichtigſten bleiben indeſs dem Phyſiologen die Erfahrungen, die man am Menſchen ſelbſt geſammelt, und welche ein neues Licht über die Verrichtungen mancher Organe verbreitet haben. So viel ich weiſs, bin ich der erſte geweſen, der es verſucht hat, Muskelbewegungen durch Entblöſsung der Nerven an ſich ſelbſt hervorzubringen. Die Folge dieſes Abſchnitts wird lehren, daſs ich durch den Gewinn an neuen Erfahrungen reichlich für die ſelbſt erregten Schmerzen belohnt worden bin. —

Alle Nervenwirkungen ſind gleichſam als das Reſultat einer zwieſachen Kraft, der Bewegungskraft, (welche Sömmering *) Spannkraft nennt) und der Empfindungskraft, der vis motoria und ſenſitiva zu betrachten. Dieſe Eintheilung iſt ſehr alt **) und überaus natürlich. Wenn es auch je erwieſen werden ſollte, daſs der Empfindung eine fibröſe Bewegung im Hirne reſpondire, ſo iſt die Fähigkeit, dieſe hervorzubringen, von dem Vermögen die Muskelfaſern zu verkürzen, doch weſentlich verſchieden. Haben die Nerven nicht aber auch eine chemiſche Wirkung ***) auf die Gefäſse

*) Hirnlehre, §. 187.

**) Schon Gaubius ſagt: „Duas itaque in ſolido nervo concipere facultates licet; alteram quaſi *ſentiendi*, qua ſtimuli actionem ſuo quodam modo percipit, alteram *movendi*, qua ſeſe contrahendo vim vi opponit ac repellit, veluti, quod quietis ſuae ſtatum turbat.“ *Inſtitut. Patholog.* 59. *p.* 73.

***) *Reil et Gautier de Irritabilitate*, 1793. *p.* 4.

der Abſonderung? Die Beantwortung dieſer Frage hängt von der des groſsen Problems ab, ob nicht alle chemiſche Veränderungen auf Bewegungen reducirt werden können, ein Problem, deſſen Auflöſung der ehrwürdige Genfer Weltweiſe Sage ſich in ſeiner Chymie mécanique und im Lucrece Neutonien am meiſten genähert hat. *) Wie vollends, wenn Spannung der Muskeln auch nur Folge chemiſcher Miſchungsverhältniſſe iſt, und wenn in dieſem Sinne Bewegung eben ſo auf Affinität, wie dieſe auf Bewegung zurückzuführen iſt?

Wir folgen in der Lehre vom Metallreize den zwiefachen Wirkungen der Empfindungs- und Spannkraft. Die Verſuche über die Empfindung müſſen mit groſser Vorſicht angeſtellt werden, da die Phantaſie und die erwartungsvolle Stimmung, mit welcher man zum Experimentiren ſchreitet, ſo leicht zu Täuſchungen führt. Da dieſelbe ohnedies auf etwas bloſs ſubjectivem beruhen, ſo wird jeder unpartheiiſche Beobachter am liebſten an ſich ſelbſt Erfahrungen ſammlen. Doch ſind Verſuche über die Sinne auch ſelbſt an Thieren ausführbar, die

*) Ich ſage ausdrücklich am meiſten genähert; denn an ſich iſt das Problem wahrſcheinlich unauflöslich. S. Kant's metaphyſ. Anfangsgründe der Naturwiſſenſchaft, 1787. S. 10 und 101. Möchte es doch in Deutſchland mehr Sitte ſeyn, den Scharfſinn junger Phyſiker durch Leſung der Sageſchen Schriften zu ſchärfen, nicht um die Corpuscularphiloſophie gefliſſentlich zu verbreiten, ſondern um ein Gebäude kennen zu lernen, welches in der Harmonie aller Theile von dem tiefen Genie ſeines Urhebers zeugt und zu den wichtigſten Erſcheinungen dieſes Jahrhunderts gehört.

durch das Spiel ihrer Gesichtsmuskeln deutliche Zeichen ihrer Empfindungen geben. So scheinen die Hunde überaus empfindlich für die Wirkungen des Metallreizes auf die Zungenwärzchen zu seyn, obgleich diese Wärzchen sich nicht durch ihre Länge, wie bei den Grasfressenden Thieren, auszeichnen. Ein sehr gutmüthiger, träger und grosser Hühnerhund liess sich mit unglaublicher Geduld Zink an den Gaumen legen. Bei dem Berühren mit der andern Zinkstange blieb er sehr ruhig. Kaum aber traf das Silber seine Zunge, so gab er die drolligsten Kennzeichen des Widerwillens durch convulsivisches Verzerren der Oberlippe und anhaltendes Lecken. Ja, das blosse Vorzeigen einer Zinkstange rief ihm lange nachher jene Geschmacksidee wieder hervor, indem sie ihn bis zum Zorn reizte.

Ich übergehe alles das, was in den verschiedenen Abhandlungen über den Galvanismus von dem Hunterschen Augenversuche und dem Voltaschen Zungenversuche gesagt ist, und begnüge mich auf einige neue Beobachtungen aufmerksam zu machen, welche von meinen Vorgängern zum Theil übersehen, zum Theil nur flüchtig angedeutet sind.

Die Blitzähnliche Erscheinung vor den Augen wird auf vierfache Art erregt, indem man entweder beide Augen, oder die Nasenhöhle und ein Auge, oder Zunge und Auge, oder Zunge und spongiöse Substanz der Oberzähne armirt. *) Der letz-

*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 143. 305. 322. und die dort citirten Schriftsteller. Gren's Journal, B. 7. S. 326.

tere Verſuch iſt unſtreitig der wichtigere darunter, da das Auge gar nicht dabei berührt wird, und zwei in die Mundhöhle genommene Metalle eine Lichterſcheinung hervorbringen. Die erſte Entdeckung und frühere Bekanntmachung deſſelben gehört Herrn George Hunter. Ein Zufall hatte mich ebenfalls darauf geleitet, ehe noch Fowler's Schrift in Deutſchland bekannt wurde.

Durch welche Nerven wird aber dieſe wunderſame Sympathie begründet? Wo iſt eine wirkliche Anaſtomoſe mit dem Geſichtsnerven ſelbſt? Ich glaube, daſs man hier keineswegs auf Rückwirkung des Hirns oder auf vermehrte Thätigkeit *) der Aderhautgefäſse und mechaniſche Reizung der Netzhaut, ſondern bloſs auf das allgemeine Geſetz der Zuleitung recurriren muſs, welches ich im 6ten Abſchnitt entwickelt habe. Der Naſenhöhlzweig (nervus narinus) giebt 1 bis 2 Blendungsnerven ab, welche feſt auf die Scheide des Sehnerven geheftet ſind, und läuft vorher ſelbſt queer über denſelben weg. Alles alſo, was den Nervus narinus (vom erſten Hauptaſt des fünften Hirnnerven) reizt, kann durch Zuleitung auf die Markhaut des Sehnerven fortgepflanzt werden, ſo gut als ein Schenkel zucket, man mag deſſen Nerven ſelbſt, oder ein leitendes Stück Muskelfleiſch berüh-

*) Pfaff a. a. O. S. 323. — Rückwirkung des Hirns würde übrigens jetzt, da Sömmering die groſse Entdeckung vom Urſprunge des fünften Paars nahe an der Wand der vierten Hirnhöhle bekannt gemacht hat, erklärbarer als ehemals ſeyn. Vom Organ der Seele, §. 21. Tafel II.

ren, welches an ihm anlieget. Der Nasenhöhlzweig hängt (nach Cotuni) regelmäfsig mit einem Faden des Nasalis superficialis inferior (des untern Hautnerven der Nase vom zweiten Hauptast des fünften Paars) zusammen. Da diese Anastomose aber nicht selten fehlt, *) so ist mehr noch auf die Vereinigung des Nervus narinus mit dem Antlitznerven (besonders mit dem jugalis quartus,) welche im Augenliedschliefser geschieht, zu rechnen. Dieser anastomosirt nun regelmäfsig mit dem untern Hautnerven der Nase, welcher, wie der vordere gröfsere Gaumnerve, ein Zweig des zweiten Hauptasts des fünften Nervenpaars ist. Liegt nun ein Metall zwischen der spongiösen Substanz der Oberzähne und Oberlippe, so ist leicht einzusehen, wie es jenen Gaumnerven (Nervus palatinus anterior major,) dessen innerer Zweig sich bis ans vordere Zahnfleisch der Schneidezähne verbreitet, reizen kann. Auch lehrt folgende Beobachtung, welche wichtige Rolle jener Nerv in dem Hunterschen Versuche spielt. Die blitzähnliche Erscheinung seh' ich erfolgen, wenn beide Metalle am Innern des Gaumens, besonders an der innern Naht des Oberkiefers anliegen. Warum? Weil gerade in diese Gegend der Gaumenhaut sich beide Zweige des vorderen gröfseren Gaumennerven verbreiten.

Liegt das Metall zwischen der Oberlippe und der spongiösen Substanz des Zahnfleisches, so wirkt hauptsächlich der zweite und dritte Oberlipp-

*) Sömmerring's Hirnlehre, S. 209.

nerve, welcher durch mehrere Fäden mit dem Antlitznerven (besonders dem facialis inferior tertius,) und mittels dieses mit dem auf dem Sehnerv gehefteten narinus (Nasenhöhlzweig) vereinigt ist. Bei mehreren Individuen hängt der zur Oberlippe herablaufende Nervus infraorbitalis unmittelbar mit dem infratrochlearis des Nasenhöhlzweigs zusammen. Aus diesen mannigfaltigen Anastomosen des Antlitznerven und fünften Hirnnerven, so wie aus der verschiedenen Dicke ihrer äusseren Bedeckungen läßt sich einigermaßen erklären, warum manchen Menschen der Hunterſche Versuch besser als andern gelingt.

Wo man die blitzähnliche Erscheinung und das Galvanisiren der Zunge anatomisch zu erklären sucht, finde ich immer eine Armatur von Muskeln und Nerven erwähnt; ja man ist verlegen, welchen Theil man als armirten Muskel betrachten soll. Zu diesen Verwirrungen hat die Gewohnheit, das Galvanische Experiment durch Verbindung einer Nerven- und Muskelbewaffnung anzustellen, geführt. Aber dasselbe glücket eben so gut, wenn ein Nerv in zwei verschiedenen Puncten armirt ist. Ist der Nerve vollends ein Sinnesnerve, so kommt wahrscheinlich dabei gar keine fibröse Bewegung ins Spiel, sondern die Reizung wird bis ins Seelenorgan fortgepflanzt und erregt unmittelbar die Empfindung, welche jenem specifiken Reize entspricht. Es mag daher der Zungennerve an feiner pinselartigen Verbreitung, und der Oberlippenner-

ve, *) oder dieſer und der Gaumennerve armirt werden, ſo ſind (nach obiger Entwickelung jenes wunderbaren Geflechtes) alle dieſe ſenſiblen Organe doch als ein einziger fortlaufender Zweig zu betrachten.

Perſonen, denen ein Auge zerſtöhrt und vertrocknet iſt, ſehen die blitzähnliche Erſcheinung deutlich in dem geſunden Auge. Verſuche mit Blindgebornen, deren Sehnerve vor und nach der Kreuzung **) wahrſcheinlich unverletzt iſt, fehlen bisher, und würden doch nicht unlehrreich ſeyn. Während eines Gewitters gelingt (wie ein hieſiger kenntniſsvoller Arzt, Herr von Schallern, zuerſt und ſehr richtig bemerkte,) das Hunterſche Experiment am ſtärkſten. Je näher das Gewitter heranrückt, je mehr der Dunſtkreis mit dem elektriſchen Fluidum geſchwängert iſt, deſto lebhaftere Blitze erregt der Metallreiz.

Zuſammenziehung, oder Erweiterung der Pupille habe ich, ſo wenig als Herr Pfaff, je beobachten können, und ich vermuthe ſelbſt, daſs

*) Der Zungennerve hängt wie der Oberlippennerve mit dem Antlitznerven und zwar durch die Chorda tympani zuſammen.

**) Vergl. Ueber die Durchkreuzung der Sehnerven, von Philipp Michaelis, 1790. Der Verfaſſer hat ſeitdem viele neue, die Decuſſation ganz beſtätigende Fälle beobachtet. — Wie verhalten ſich die Sehnerven in den Monoculis, welche bei Schafen vorkommen? und wovon das Naturaliencabinet der Academie zu Pavia ein ſo deutliches Exemplar beſitzt. Das Lamm hatte lange mit ſeinem einen Auge auf der Stirn gelebt und ſcharf geſehen.

Fowler's widerſprechende Verſuche ſich aus eben der Sympathie der Naſen- und Blendungsnerven erklären laſſen, welche bei hellem Lichte nieſen und beim Riechen an Salmiakgeiſt (beim Waſſerkopf) Erweiterung der Pupille erregt. Für Mitwirkung des freien Lichtes bei dieſem Galvaniſiren haben wir alſo noch gar keinen Beweis. Jedes Organ giebt die Erſcheinung, welche ſeiner Energie angemeſſen iſt. Ein gereizter Sehnerve kann daher nicht fibröſe Bewegung, ſondern nur Lichtempfindung hervorbringen, er mag vom galvaniſchen Fluidum, oder bloſs mechaniſch *) gereizt ſeyn. Ich beſinne mich ſelbſt bei einer unvorſichtigen Bereitung der oxygenirten Kochſalzſäure, wo meine Geruchsnerven bis zur Betäubung vom Sauerſtoffe gereizt wurden, lange einen blitzähnlichen leuchtenden Schein vor den Augen geſehen zu haben. Meine Pupille veränderte ſich dabei eben ſo wenig, als bei den unglücklichen Menſchen, welche ein Druck aufs Hirn ganze Reihen von Lichtern **) ſehen lieſs.

D. Monro zu Edinburg war ſo erregbar für den Metallreiz, daſs er aus der Naſe blutete, wenn

*) Marat's Feinde ſagten im Nationalconvente, daſs Blitze, die jener bei einer Ohrfeige geſehen, ihn zum Nachdenken über die Natur des Lichtes und zu ſeinem *Traité ſur le feu* veranlaſst hätten!

**) Auch mannichfaltige innere Reize bringen bei verſchloſſenen Augen Licht- und Farbenerſcheinungen hervor, deren Geſetze Herr Darwin mit unglaublichem Scharfſinne entdeckt hat. — Blitze beim Erwachen und Aufſchlagen der Augenlieder erklärt man aus einem elektriſchen Reiben der Augenwimpern, — eine Erklärung, die wohl mehr künſtlich als wahr iſt.

er Zink ganz leise in das Nasenloch schob und damit die Zungenarmatur berührte. *) Das Bluten fing immer erst mit dem Blitze an. Diese Erscheinung scheint mir in physiologischer Hinsicht lehrreich. Sie zeigt, wie die Nerven, wo sie die kleinen Blutgefäfse umschlingen, diese reizen und ihre Pulsation beschleunigen. Sie bestätigt, was grofse Zergliederer von den Wirkungen der Schaam und Freude aufs fünfte Paar der Nerven und auf den Antlitznerven behaupten.

Wenn man den Hunterschen Versuch oft hinter einander wiederholt, so kann man sich, was ich aus eigner Erfahrung weifs, temporäre Schwäche der Augen, wie nach grofser Anstrengung beim Lesen, und endlich Entzündung derselben zuziehen. Kann aber diese heftige Reizung selbst nicht in einigen pathologischen Fällen nützlich seyn? Boerhaave **) erzählt, dafs ein englischer Tonkünstler, dem eine gesprungene Violinseite das Auge traf, dadurch eine solche Schärfe des Gesichts erhielt, dafs er seitdem ohne Schmerz die feinste Schrift bei Nacht lesen konnte. Bei Personen, welche man ohne Rettung erblindet hält, möchte man daher immer den Metallreiz wagen. Ich würde, um das Galvanische Durchströmen zu vermehren, die ganze Zunge, den ganzen Gaumen, ja die ganze innere Mundhöhle mit wirksamen Metallen zu belegen rathen. Dann würden alle Zweige des fünften Paars und des Antlitznerven auf einmal wirken. Ist der Sehnerv noch

*) *Medical extracts, Vol. I. p.* 117.

**) *De morbis oculorum, Gött.* 1746. *p.* 132.

nicht ganz verdorret, so erhalten einige Fasern desselben vielleicht durch die Erschütterung so viel Reizbarkeit, dass sie die Functionen der fehlenden verrichten. Versuche dieser Art scheinen vielversprechend und wenigstens unschädlich. Von den wohlthätigen Wirkungen der Elektricität hat Herr Prof. Ellinger *) merkwürdige pathologische Fälle bekannt gemacht. Durch elektrische Bäder und positive Strahlenbüschel, welche auf die Augenlieder gerichtet wurden, heilte er einen grauen Staar, **) Augenentzündung, Lichtscheu, Eiterungen und einen Thränenfluss. Aus der specifiken Unerregbarkeit gewisser Organe gegen gewisse Reize lässt sich sehr leicht erklären, warum bei so vielen andern Augenkranken die Elektricität unwirksam war.

So wie man bei Bewaffnung des Zungen- und Gaumennerven den Sehnerven durch Zuleitung reizen kann, so habe ich durch eine umgekehrte Sympathie mittels des Sehnerven und Nasoocularis Zuckungen im Maule der Thiere hervorgebracht. Ich zergliederte bei einer Durchreise durch Leipzig mit Herrn Fischer, dem vortrefflichen Beschreiber der Schwimmblase, den Cyprinus Carpio. Wir armirten den Opticus mit Silber, und einen andern ausgezeichneten Nerven, der in die Augenhöhle tritt und Fäden abgiebt, die den Sehnerven berühren, (wahrscheinlich also ein

*) Voigt's Magazin für das Neueste aus der Physik, B. 9. St. 4. S. 175.

**) Ware heilte einen schwarzen Staar durch Elektricität. S. Merkwürdige Abhandl. der Londner medicin. Gesellschaft, B. 3. n. 14.

Nerve, der dem Naſo ocularis des erſten Hauptaſtes vom fünften Paare beim Menſchen entſpricht) mit Zink. So wie ſich beide Metalle berührten, entſtand ein heftiges Zucken der Oberkiefer. Ward hier das Galvaniſche Fluidum nicht vom Naſo ocularis auf den Maxillaris ſuperior oder zweiten Hauptaſt des fünften Paars geleitet? Bei einem Gänſekopfe, der ſeit 8 Minuten abgeſchnitten war, armirte ich die Zunge und das Weiſſe des Auges. Zu meinem Erſtaunen öffnete ſich der Schnabel $\frac{1}{4}$ Zoll weit und es entſtand ein ſchnatterndes convulſiviſches Klappern der Kinnladen. Wurden beide Metalle im Munde ſelbſt angelegt, ſo war die Bewegung nicht hervorzubringen. Es wäre der Mühe werth, den Lauf der Nerven an einem Gänſegeſichte ſorgfältig zu verfolgen, um das Problem zu löſen, warum der Voltaſche Blitzverſuch bei ganz ähnlicher Armirungsmethode nicht dieſelben Zuckungen in den Kiefern beim Menſchen erregt?

Ich komme nun zu dem Voltaſchen Zungenverſuche, welcher bereits vor 30 Jahren in Teutſchland angeſtellt wurde, und deſſen in der 1767 erſchienenen Nouvelle théorie des plaiſirs von Sulzer *) erwähnt iſt. Vielleicht hat man

*) P. 155. (Vergl. Lichtenberg's Taſchenkalender, 1794. S. 186. Pfaff a. a. O. S. 136. 312. und 321. Gren's Journal der Phyſik, H. 22. S. 66. u. 236. Aldini *de animali electricitate, p.* 14. Carradori, *lettera quinta ſull' elettricità animale diretta al Sig. Caval. Felice Fontana. Tabulae nevrologicae ad illuſtrandam hiſtoriam anat. cardiacorum nervorum auctore* Antonio Scarpa, *Ticini,* 1794. *p.* 16.)

ſchon ſeit Jahrhunderten einen ſäuerlichen Geſchmack empfunden, wenn man eine ſilberne Schnalle ſo in den Mund nahm, daſs der Rand derſelben die obere, der Dorn die untere Zungenfläche berührte. Vielleicht hat man ſeit eben der Zeit in chirurgiſchen Operationen bei Lancetten mit ſilbernen Griffen, oder Pincetten und Scheeren convulſiviſche Zuckungen bemerkt, ohne zu ahnden, daſs hier etwas ganz anders, als mechaniſche Reizung, wirke! Wie, wenn ein ſcharfſinniger Kopf, dem die Théorie des plaiſirs in die Hände fiel, von der Idee der freien Zungennerven auf den Verſuch mit entblöſsten Bewegungsnerven geleitet worden wäre, dann — dann wäre die groſse Entdeckung des Metallreizes noch in die ſchöne Epoche eines Haller, Franklin, Trembley, Camper und Buffon, in die Jugendjahre des groſsen Florentiners Felice Fontana gefallen. Ich bin weit davon entfernt, unſer Jahrzehend arm an unterſuchenden Köpfen zu nennen, aber was hätten unſere Zeitgenoſſen für Fortſchritte thun können, wenn wir mehr von jenen empfangen hätten, als wir der Nachwelt hinterlaſſen.

Herr Volta hat bei Bekanntmachung ſeiner Entdeckung zugleich auch eine Verſchiedenheit des erregten Geſchmacks, nach Verſchiedenheit der Armatur einen ſäuerlich-brennenden und einen alkaliſch-bittern angegeben. Wenn dieſer Unterſchied in der Natur auch nicht ſo beſtimmt iſt, als es jene Worte ausdrücken, ſo iſt er doch immer vorhanden und nicht in bloſser Abſtuffung der Stärke und Schwäche gegründet. Der Geſchmack, welcher

bei Belegung der Zungenſpitze mit Silber und der hintern Zungenfläche mit Zinn entſteht, hat, wenn das Organ nicht erregbar iſt, bisweilen die volle Bittere der Polygala amara. Merkwürdig iſt es, daſs bei dieſem Experimente auſser den Geſchmacksorganen zugleich auch, wie beim Genuſs heiſser Speiſen, das Gefühl afficirt wird. Die brennende Empfindung, welche eine breite Silberfläche unter und Zink über der Zunge erregt, iſt ſchlechterdings eine Erſcheinung des letztern Sinnes. Denn man bemerkt dies Brennen vollkommen in der Lippe, wenn man dieſe nebſt der Zunge armirt. Dagegen wird Kälte erregt, wenn man die hintere obere Fläche der Zunge mit Zink, die untere vordere mit Silber armirt, ja die Empfindung der Kälte nimmt zu, ſo wie man mit dem Zinke tiefer gegen die Zungenwurzel fortſchreitet. Setzt man das Galvaniſiren an dieſer Stelle lange fort, ſo erregt der Reiz eine Uebelkeit, welche bis zum Erbrechen vermehrt werden kann. Man glaube nicht, daſs dieſe Uebelkeit Folge des mechaniſchen Reizes ſey. Denn homogene Metalle kann man unter ähnlichen Umſtänden lange Zeit appliciren, ohne daſſelbe Gefühl zu erregen.

Dagegen habe ich ebenfalls mehrmals an mir ſelbſt erfahren, daſs homogene Metalle (bei erhöhter Reizempfänglichkeit der Organe) Sinnesnerven ſo gut, als Bewegungsnerven, afficiren. Man beſtreiche ſeine Zunge mit einer diluirten alkaliſchen Auflöſung (ſchwachem Oleum tartari per deliquium) oder oxygenirter Kochſalzſäure, ſo em-

pfindet man bei jedem Contacte der (vorher ganz unwirkſamen) homogenen Zinkſtange brennende Schläge in der ganzen Mundhöhle. Alle Perſonen, welche ſich entſchloſſen, dieſen Verſuch eben ſo anzuſtellen, haben mir die Richtigkeit meiner Beobachtung beſtätigt. Auch das Hunterſche Blitzexperiment gelingt mit homogenen Metallen, wenn man den Gaumen und die Oberlippe von innen mit der alkaliſchen Auflöſung benetzt. Ja, es iſt mir gelungen, bei Perſonen, welche wegen Unerregbarkeit der Organe mit Zink und Gold faſt gar keinen blitzähnlichen Schein ſahen, durch dieſe Benetzung ein lebhaftes Leuchten hervorzubringen. Unpartheiiſche Phyſiker werden in der Uebereinſtimmung ſo vieler Phänomene die Richtigkeit meiner Behauptung (S. oben den dritten Abſchnitt) von der Wirkſamkeit homogener Excitatoren, erkennen.

Wenn Zink die untere Zungenfläche bewaffnet und mit der trocknen Hand eine Silberplatte gegen den Zink gedrücket wird, ſo empfindet man keine Reize der Geſchmacksorgane. Die Hand iſolirt und die Erregbarkeit des Syſtems iſt nicht groſs genug, um hier (wie im Fall Fig. 9.) ohne Kette afficirt zu werden. Befeuchtet man die Hand, *) ſo iſt die Kette, durch die Verbindung des Arms mit dem Rumpfe, hergeſtellt, und nun tritt auch die Reizung ein. Selbſt der Hauchverſuch, oder das

*) Vergl. damit Herrn Volta's Verſuch, bei welchem Berührung der Zunge durch alkaliſche Lauge einen ſauren Geſchmack erregt. Gren's Neues Journal der Phyſ. B. 3. H. 4. S. 480.

Galvanifche Dampfelektrophor (f. oben den vierten Abfchnitt) gelingt bei dem Voltafchen Experimente. Man armire beide Zungenflächen mit homogenem Zinke, fo wird man (bei minderer Reizempfänglichkeit der Organe) nicht eher den fauren Gefchmack empfinden, als bis das Silber, welches zwifchen dem Zinke liegt, auf einer Seite mit Waffer benetzt wird. Steht das Silber auf beiden Seiten mit einem verdampfenden feuchten Stück Muskelfleifch in Berührung, fo verfchwindet die Reizung wieder.

Dafs bei allen diefen Verfuchen keine Zukkung der Zunge entfteht, beweifet vollkommen die alte Galenifche Behauptung, dafs das fünfte Nervenpaar (der dritte Hauptaft) zum Gefchmack, das neunte (lingualis medius) ausfchliefslich zur Bewegung der Zunge dient, eine Behauptung, welche Herr Scarpa neuerlichft in feinen Tafeln über die Herznerven (1794) durch viele pathologifche Fälle beftätigt hat. Als ich bei einem Kaninchen den Zungenfleifchnerven nahe am Zungenbein, wo beim Menfchen der Hyogloffus liegt, armirte, fah ich deutlich den vordern Theil der Zunge fich nach innen einziehen.

Wenn man die Schwerauflöslichkeit metallifcher Subftanzen im Speichel betrachtet, fo fcheint es auffallend, dafs alle Gattungen der Metalle fchon für fich die Gefchmacksnerven reizen, ja, fo fonderbar reizen, dafs man einen eignen Namen für diefe Art der Reizung erfunden hat. Wie wenn jeder metallifche Gefchmack überhaupt nur eine Folge des

Galva-

Galvanismus wäre, wenn die Berührung der Zungenwärzchen mit einem einzelnen Metalle schon ein schwaches Galvanisiren der Zunge wäre? Die Entdeckung (Fig. 9.), dass bei homogenen Metallen, selbst ohne kettenförmige Verbindung, Contractionen entstehen, macht diese Vorstellungsart weniger verwerflich. Auch berührt jede noch so kleine Münze, welche man in den Mund nimmt, mehrere Zungenwärzchen. Der dritte Hauptast des fünften Paars ist also eigentlich in mehreren Puncten (wie Fig. 5.) armirt.

Bei meinen Versuchen auf den Wunden des Schulterblattes hat sich gezeigt, dass der Metallreiz in wenigen Secunden die Absonderung einer scharfen, dunkelgefärbten serösen Feuchtigkeit bewirkte. Wie wenn der Voltasche Zungenversuch nur in so fern die Geschmacksorgane afficirte, als er jene Secretion in den Flocken veranlasste? Wie wenn wir nicht das Galvanische, oder elektrische Fluidum selbst, sondern nur den, durch die veränderte Thätigkeit (vita propria) der Gefässe abgesonderten Saft schmeckten?

Die freie Ausbreitung der Geruchsnerven, welche vom ersten und fünften Paare (ram. secund.) abstammen, die sympathischen Erscheinungen des Gesichts, Geruchs und Geschmackes, und die Analogie mit dem riechbaren elektrischen Fluidum liessen allerdings vermuthen, dass das Galvanisiren der Nasenhöhlen auch den Sinn des Geruchs afficiren müsse. Diese Vermuthung hat sich aber bisher kei-

neswegs *) beſtätigt. Zwar iſt es mir geglückt, durch eine Zinkſtange, welche man nur 2 Linien tief an die innere Zwiſchenwand der Naſenlöcher, und eine Silbermünze, welche man an die Zunge anlegt, bei jedesmaliger Berührung der Metalle einen ſonderbaren Kitzel, von Kälte begleitet, in der Naſe zu erregen. Mit Fortſetzung des Experiments entſteht Drücken im Kopfe und eine Neigung zum Nieſen. Durch homogene Metalle kann man ſich überzeugen, daſs dieſe Neigung ſchlechterdings nicht Folge eines mechaniſchen Reizes iſt. Aber eben ſo wenig gehört ſie zu den Phänomenen des Geruchs, da ſie bloſs den allgemein verbreiteten Sinn des Gefühls afficirt.

Ueber die Reizempfänglichkeit der Zahnhöhle haben Herr Robinſon und Hecker widerſprechende Erfahrungen **) geliefert. Ich ſelbſt muſs auf die Seite des erſtern treten. Ich hielt Zink an den Alveolus des hinterſten Backenzahns im Oberkiefer, wenige Minuten nachdem er nur herausgeriſſen war. Die Zunge war mit Silber armirt. Der Contact der Metalle erregte ein lebhaftes Pochen und Zucken im Gaumen, ſo wie Brennen in der Zahnhöhle. Dieſes Brennen und ein heftiger Speichelfluſs dauerte wohl zwei Minutenlang nach Aufhebung des Contacts fort. Ja! Gold und Zink brachten noch nach zwei Tagen ſchmerzhafte Empfindungen hervor und es wäre gewiſs leicht geweſen, die Reizung bis zur Entzündung fortzuſetzen.

*) Pfaff a. a. O. S. 147. und 213.

**) Pfaff S. 148.

Diefe Entzündung durch Anwendung des Metallreizes habe ich wirklich an einer Handwunde entftehen fehen. Als ich mit den obigen Verfuchen befchäftigt war, hatte ich mir durch einen heftigen Fall die Haut am Handgelenke, wo die Arterien frei liegen, abgefchunden. Diefe glückliche Gelegenheit zu Beobachtungen durfte nicht ungenützt vorbei gehen. Die Cuticula war weggeriffen, aber das Blut (welches mich bei andern vorfetzlich gemachten Incifionen am Fufse im Experimentiren gehindert hatte) flofs in geringer Menge. Ich armirte die Wunde mit Zink und berührte denfelben mittels einer grofsen Silbermünze. So lange der Contact der Metalle dauerte, empfand ich eine Spannung bis in die Fingerfpitzen herab, ein Zittern der Maus und ein brennendes Stechen in der ganzen Handfläche. Der Schmerz wurde deutlich ftechender, wenn der fcharfe Rand des Thalers und nicht die Fläche deffelben, den Zink berührte. Auch fah ich, durch den Reiz, den Zuflufs des Bluts fichtbar zunehmen. So wie diefes geronn, wirkte die Armirung fchwächer. Ich machte daher mit einem Secirmeffer feine Einfchnitte und nun brachte das mehrere Tage lang fortgefetzte Galvanifiren eine völlige Inflammation hervor.

So wie in dem vorerwähnten Experimente Empfindungs- und Spannkraft zugleich *) afficirt wurden, fo zeigte fich diefe vereinte Wirkung noch deutlicher bei den Rückenwunden, deren ich bereits in meinen phyfiologifchen Briefen an Herrn

*) Pfaff S. 299.

Blumenbach *) erwähnt habe. Nirgends häufen sich alle Erscheinungen des Galvanismus so an einander, als bei diesem Versuche. Ich liess mir, um eine recht grosse entblösste Hautfläche zu erhalten, zwei Canthariden von der Grösse eines Laubthalers in die Gegend der beiden Schulterblätter legen. Sie bedeckten genau den Musculus cucullaris und deltoides. Besonders lag die Wunde der rechten Seite mehr auf dem Deltamuskel, denn die Zuckungen, welche beim Galvanisiren entstanden, waren fast allein in diesem Muskel zu sehen. Als beide Blasen aufgeschnitten waren, quoll, wie gewöhnlich, die lymphatisch-seröse Feuchtigkeit ungefärbt herab. Wo sie den Rücken berührte und antrocknete, liess sie nichts, als einen schwachen Glanz zurück, der durch Abwaschen sogleich vernichtet wurde. Meine rechte Wunde liess ich nun mit einer Silberplatte bedecken; kaum war der Conductor von Zink genähert, so wurde, unter schmerzhaftem Brennen, neue Feuchtigkeit hervorgelockt. Diese Feuchtigkeit erschien aber, zum Erstaunen aller Umstehenden, nicht weiss und gutartig; nein, sie war in wenigen Secunden roth gefärbt und entzündete, wo sie herab lief, den Rücken mit blaurothen Striemen. Kein bösartiges Geschwür kann einen so scharfen schnellwirkenden Saft hervorbringen. Diese

*) Im ersten und dritten, S. Gren's neues Journal d. Physik, B. 2. S. 119. und B. 3. S. 166. Vergl. auch Scarpa *in Tab. nevrol. ad illustrandam hist. cardiacorum nervorum* 94. p. 6. Mündlichen Nachrichten zufolge hat einer meiner Jugendfreunde D. Schacht zu Utrecht ähnliche Versuche bei Blasenpflastern angestellt.

Erſcheinung war zu auffallend, um ſie nicht näher zu prüfen. Die Wunde meiner linken Schulter war noch mit ungefärbter Feuchtigkeit gefüllt. Herr von Schallern, der die Mühe übernahm, auf meinem Rücken zu experimentiren, fing das Galvaniſiren auch hier an. In vier Minuten waren heftiger Schmerz, Entzündung, Röthe und Striemen ebenfalls vorhanden *). Ich ſah, ſo ſorgfältig ich auch alles abwaſchen lieſs, mehrere Stunden lang, wie ein Gaſſenläufer aus.

Unter allem, was ich (bei meinem kurzen Aufenthalt in Pavia) Herrn Scarpa von meinen und meines Bruders galvaniſchen Verſuchen erzählte, war dem groſsen Phyſiologen nichts ſo auffallend, als dieſe Umwandlung der herbeigelockten lymphatiſch-ſeröſen Feuchtigkeit. Wo iſt ein Stimulus, ſagte er, der in wenigen Augenblicken die Natur der Gefäſse ſo abändert, der ſie ſtimmet, Säfte zu bereiten, welche bei der erſten Berührung des Oberhäutchens ſogleich Entzündung erregen und ihren Weg durch Stunden lang anhaltende Röthe bezeichnen? Sollte nicht Idioſynkraſie der Gefäſse, krankhafte Schärfe der Säfte, dieſs wunderſame Phänomen veranlaſst haben? Wurde die Röthe auch wirklich erſt durch die Anwendung des Metallreizes hervorgebracht? So wenig ich mir auch bei meinem obigen

*) Herr von Madai, ein junger Mann, der leider! den Wiſſenſchaften ſo früh entriſſen wurde, hat dieſe Verſuche in ſeiner Abhandl. über die Reize ſchön benutzt, S. Reil's Archiv d. Phyſiologie B, 1. H. 3. S. 90. Vergl. Hebenſtreit *Diſſ. de turgore vitali, Lipſ.* 95. §. 4. *p.* 14.

Verfahren die Möglichkeit einer Täuſchung denken konnte, ſo verſprach ich doch Herrn Scarpa, der geringen Unbequemlichkeit nicht zu achten und gleich nach meiner Rückkunft nach Deutſchland das Experiment an mir ſelbſt zu wiederholen. Ich habe mich dieſes Verſprechens erinnert und es im Herbſt 1795. erfüllt. Ich lieſs mir wieder zwei Blaſenpflaſter auf den Musculus cucullaris der rechten und linken Schulter legen. — Ich ziehe dieſen Ort aus vielfachen Gründen den Armwunden vor. Die Schulter- und Rückenmuskeln bieten eine groſse, ebene und bequeme Fläche dar, auf welcher man die Metalle ſicher appliciren (und wenn der Körper wagrecht liegt) Stunden lang, wie auf einem Tiſche, ruhig experimentiren kann. Dazu iſt es ſehr gut, daſs die leidende Perſon dem Galvaniſiren nicht ſelbſt zuſieht. Annäherung der Metalle, Vorrichtungen zum Verſuche ſpannen die Phantaſie, ſetzen innere Reize in Thätigkeit, welche das Urtheil über die Wirkung äuſserer Reize unſicher machen.—

Beide Blaſen wurden aufgeſchnitten, und die abgeſonderte Feuchtigkeit aufmerkſam unterſucht. Sie war ungefärbt bis das Galvaniſiren anfing. Nun erfolgte die Umänderung genau, wie bei dem erſten Experiment im Frühjahr 1795. Wo die Lymphe gegen die Bauchhöhle herab lief und von den Falten des Muskelfleiſches aufgehalten wurde, ward die entzündete Stelle zollgroſs. Drückte man ſie mit dem Finger, ſo traten die Blutkügelchen auf einige Secunden zurück und die Röthe verſchwand. Ich konnte den Finger in die Feuchtigkeit

tauchen und mir Figuren, oder Namenzüge auf der Oberhaut mahlen, die (trotz des Abwaſchens) Stunden lang blutroth gefärbt blieben. Ich verſuchte, die entzündeten Streifen mit kaltem Waſſer zu waſchen. Sie nahmen aber unter unſeren Augen an Intenſität der Farbe und Gröſse (bis 2 Quadratzoll) ſo unaufhaltſam zu, daſs die Erſcheinung dem Arzte und mir ſelbſt bedenklich wurde, und wir den Rücken (ſogleich ohne groſsen Erfolg) mit lauwarmer Milch beſtrichen. So wirkſam übrigens dieſer Saft war, ſo war die entzündliche Röthe, die er erregte, doch völlig ſchmerzenlos.

Man muſs ihn daher nicht mit dem verwechſeln, welcher beim Hüftweh (wenn man es nach Cotunni's Methode behandelt) bisweilen die Canthariden-blaſe durchfriſst *), und wo er die Haut berührt, ſie unter empfindlichem Brennen wund macht.

Wie wunderſam zeigt ſich nicht bei dieſem Verſuche der Bau der thieriſchen Materie! Ein feiner Stoff **), den Organen mitgetheilt, oder aus ihnen abgeſondert, ändert in wenigen Augenblicken ihre Natur ab und nun quellen Flüſſigkeiten hervor, welche in ihren Elementen anders gemiſcht, oder geformt ſind, als ſie es vor der Reizung waren. Jeder Stimulus ändert die eigentliche Thätigkeit (Energie) der Gefäſse ab. Das gereizte Organ ruft Erſcheinun-

*) Vogel's Handbuch der praktiſchen Arzneiwiſſenſchaft. 2te Ausgabe T. 2. S. 217.

**) Vergl. Reil's Archiv der Phyſiologie B. 1. H. 1. S. 94. und 118. beſonders aber Cullen's *Lectures on the Materia medica ed. 2. p. 6.*

gen hervor, welche nach Verſchiedenheit des Irritaments verſchieden ſind. In dem dädaliſchen Geflechte erregbarer Faſern zieht eine Veränderung die andere nach ſich, und auf dieſem Wege lernen wir wenigſtens die Möglichkeit einſehen, wie der einzelne Hauch eines Peſtkranken (das unwiegbare Atom eines gasförmigen Stoffes!) plötzliche Zerrüttung einer ganzen thieriſchen Maſchine hervorbringen kann. Herr Blumenbach *) hat das unverkennbare Verdienſt, durch ſeine Lehre von der vita propria der Gefäſse ein groſses Licht über dieſe Materie verbreitet zu haben. —

Da ich den Galvaniſchen Reiz an dem Alveolus eines ausgezogenen Zahnes, mehrern Handwunden und vier Blaſenpflaſtern an mir ſelbſt verſuchte, da dieſe Experimente bisweilen ¾ Stunden lang fortgeſetzt wurden, ſo bin ich vielleicht mehr, als irgend einer, im Stande die Empfindung zu ſchildern, welche dieſe Art der Reizung in entblöſsten Theilen hervorlocket. Schmerzhaft iſt ſie allerdings zu nennen und um ſo ſchmerzhafter, je erregbarer der Theil iſt, welcher galvaniſirt wird. Ich habe mehr, als einmal, die Beſtätigung des Satzes, daſs die Gröſse

*) S. deſſen neueſte Schrift *De vi vitali ſanguini neganda vita autem propria ſolidis quibusdam corporis humani partibus adferenda* 95. In der Stelle gegen Gautier wird die Idee der *ſpecific irritability* dem D. Blanc zu geſchrieben. Mir ſcheint ſie aber ſchon von Cullen deutlich entwickelt, S. *Lectures on the Materia medica ed.* 2. *p.* 198. Auch die Schrift des D. Mudge (*A radical and expeditious cure for a catarrhous cough*) welche ich mir noch nicht habe verſchaffen können, muſs manches über die ſpecifike Reizbarkeit enthalten.

der Reizung x gleich ist dem Product aus dem Stimulus y, und der Reizempfänglichkeit der Theile z (oder $x = yz$) recht eigentlich empfunden. Liefs ich meine Rückenwunden mit oxygenirter Kochsalzsäure, oder Oleum tartari per deliquium benetzen; so glaubte ich von Gold und Zink (den wirksamsten Excitatoren) gereizt zu werden, wenn der Arzt mich nur durch zwei verschiedene legirte Goldstücke galvanisirt hatte. Da y und z veränderliche Gröfsen sind; so mufs x sich gleich bleiben, wenn der eine Factor um so viel abnimmt, als der andere verstärkt wird.

Die Empfindung, welche der Metallreiz erregt, hat für mich auch nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit der des elektrischen Ausströmens. Es ist ein Schmerz sui generis, der nicht das knipsend-stechende, abgesetzte, durchdringende hat, was das elektrische Fluidum erwecket. Ich unterscheide darin heftiges Pochen, einen ordentlichen Druck mit anhaltendem Brennen verbunden. Diefs Brennen ist ungleich empfindlicher, wenn die Wunde mit einer Silberplatte armirt und von einer Zinkstange in wenigen Berührungspuncten gereizt wird, als wenn eine Zinkplatte auf der Wunde liegt, und man die silberne Pincette zur Verbindung braucht. Der Druck ist oft so heftig, dafs ich mit der geballten Faust auf die Schulter geschlagen zu werden glaubte, wenn alle Umstehenden versicherten, dafs man mich kaum mit den äufsersten Rändern der Metalle leise berühre. So wie matte Froschschenkel oft beim Anfange des Galvanisirens, gar nicht, und nach drei- oder viermaligem Contact der Excitatoren lebhaft

zucken, ſo habe ich ebenfalls deutlich an mir ſelbſt bemerkt, daſs die erſten Schläge nur dunkel empfunden werden, die folgenden vier bis ſechs aber lebhaft afficiren. Sollte der Stimulus ſelbſt die Erregbarkeit der Organe erhöhen, ſo daſs bei dem vierten Schlage zwar y ſich gleich bleibt, aber z zugenommen hat? Oder verändert ſich die Erregbarkeit nicht, und häuft ſich dagegen y oder der reizende Stoff in den Muskelfibern an? Ich halte, bei der leichten Verflüchtigung ſo feiner Reizmittel, den erſtern Fall für wahrſcheinlicher.

Bis zur Abſtumpfung meiner gereizten Nerven, durch fortgeſetzte Stimulation, habe ich es nie bringen können. Wenn das Galvaniſiren auch über $\frac{3}{4}$ Stunden lang wiederholt wurde, ſo blieb der Schmerz doch immer noch im Zunehmen. Noch am dritten Tage war die Wunde entzündet, und ich ſpürte deutlich den Unterſchied zwiſchen der mehr gereizten linken Schulter und der rechten. Während des Contacts der Metalle waren alle Hals- und Schulter-Muskeln in ſichtbaren wellenförmigen Bewegungen. Der Cucullaris ſchwoll mächtig auf, ſo daſs ſich ſeine Contractionen aufwärts bis ans Hinterhauptbein und die Stachelfortſätze des Rückenwirbelbeins fortpflanzten. Ja das Haar ſelbſt ſträubte ſich am Nacken.

Dieſe Reizung oberhalb der galvaniſirten Nerven (d. h. zwiſchen dem Puncte ihrer Armirung und ihrem Urſprunge aus dem Hirne) iſt überaus auffallend. Denn man nimmt allgemein an, daſs das galvaniſche Fluidum nur nach unten (vom Hirne ab-

wärts gegen die Extremitäten zu) wirke. Doch hat Herr Pfaff *) selbst an einem Frosche eine Beobachtung angestellt, die der meinigen analog ist.

Wenn das eine Metall die Canthariden-Wunde, das andere die unverletzte Oberhaut traf, so wurde — da die trockene Oberhaut der Thiere nicht leitet — weder Muskelbewegung noch schmerzhaftes Gefühl erwecket. Beide traten aber sogleich ein, als heterogene Metalle beide Wunden armirten und ein Eisendrath sie verband. Die Oberhaut bildete nun gleichsam eine 7—8 Zoll breite Brücke, unter welcher durch das Malpighische Netz die Zuleitung geschah. Eben so zuckten Froschschenkel auf meinem Rücken, wenn (F. 68.) Zink *m* auf der einen Wunde *u*, der Cruralnerv *n* auf der andern lag und ein silberner Conductor den Zink und die entblösste Haut nahe an *n* (doch ohne *n* selbst zu berühren) reizte. Dieser Fall ist dem F. 51. analog, nur war hier das leitende Medium ein belebter Stoff. Wenn die Metalle sich nicht unmittelbar berührten und ein Stückchen Muskelfleisch sie trennte, also in der Formel Nerv. *P. H p.* so entstand weder Muskelbewegung, noch Schmerz. Beide traten ein, als die Wunde mit der alkalischen Auflösung benezt und also die Reizbarkeit erhöht wurde. Auch der Hauchversuch Nerv. *P. H. p. P.* gelang vollkommen und die Contractionen des Cucullaris verschwanden augenblicklich, als (in Nerv. *P. H. p. H. P.*) beide Flächen des heterogenen Zwischenmetalls, *p*,

*) a. a. O. S. 149.

mit verdampfenden Stoffen belegt waren. Des Versuchs mit dem Eisendrathe, der mit meinen beiden Rückenwunden in Verbindung stand und mehreren Personen zugleich Lichterscheinungen und säuerlichen Geschmack auf der Zunge erregte, habe ich bereits oben im siebenten Abschnitte umständlich erwähnt.

Je mehr und je wichtigere Nerven von dem galvanischen Fluidum durchströmt werden, desto auffallender sind die Wirkungen der Reizung. Herr Achard, welcher mit einem besonderen Scharfsinne im Ersinnen von Experimenten begabt ist, hat zuerst am Menschen die Mundhöhle und den After mittels Zink und Silber verbunden und Schmerzen im Unterleibe, zunehmende Thätigkeit des Magens und Veränderung der Excremente erfolgen sehen. Allerdings hatte man so wichtige Folgen zu erwarten, da durch diese Application der Excitatoren der zweite Hauptast des fünften Paars, (Maxillaris superior) und der aus diesem, wie aus dem Glossopharyngeus, entstehende, grosse sympathische Nerv gleichzeitig gereizt wird.

Wem ist aber unbekannt, dass das Beckenstück des letzteren Nerven kleine Faden *) zum Mastdarm sendet, so wie das Cöliacische Nervengeflechte den grossen und kleinen Magenbogen umschlingt?

Eben diese Betrachtung, dass bei obigem Experimente die Mitleidenschaft aller Rumpfnerven erregt

*) Vergl. Walters Meisterwerk: *Tabulae nervorum thoracis* 83. *Tab. I. Fig. I.* 365. *f.* 2. 67. 69. 70.

wird, brachte mich auf die Idee, ob bei kleinen reizbaren Thieren nicht eine so heftige Art der Stimulation zur Wiedererweckung vom Scheintode genüzt werden könnte. Ich wählte Vögel zu dem Versuche aus, weil ich die Reizempfänglichkeit derselben für das galvanische Fluidum (welche ihrer Blutwärme proportional ist) aus Erfahrung kannte. Ich wartete bei einem sterbenden Hänfling die letzten sichtbaren Athemzüge ab.

Die Augen waren schon geschlossen, das Thierchen lag auf dem Rücken und mechanisches Prickeln mit einer Nadel am After brachte keine Spur einer Bewegung hervor. Ich eilte nun, ihm ein Zinkplättchen zwischen den Schnabel und Silber in den After zu stecken. Beide Metalle verband eine eiserne Kette und wie gross war mein Erstaunen, als der Hänfling im Moment des Contacts, die Augen öffnete, sich aufrichtete und mit den Flügeln schlug! Er athmete nun wieder 6—8 Minuten ungehindert, bis er von neuem umsank und ruhig starb.

An zwei Canarienvögeln ist mir ein ähnlicher Versuch gelungen und ich zweifle nicht, dass derselbe ein Mittel an die Hand giebt, Stubenvögel, welche ins Wasser gefallen und scheinbar todt sind, bleibend ins Leben zurück zu rufen. Die Methode ist gefahrlos, da keine künstliche Entblössung der Nerven dabei vorgeht; und wie sehnlichst wünscht man nicht oft die Wiederbelebung eines solchen Thierchens! Durch solche Entdeckungen kann die Physiologie einen Theil der grossen Schuld abtragen, welche die thierische Schöpfung

wegen so vieler (oft unnützer) Metzeleien an sie zu fordern hat!

Petit *) bemerkte schon zu Anfang dieses Jahrhunderts, dass bei Durchschneidung der sympathischen Nerven am Halse das Lichtloch verengt und das Auge getrübt wurde. Herr Arnemann hat diese Beobachtung bestätigt, und die Verbindung des vom Vidianus abstammenden tiefen Fadens mit dem Aste des sechsten Hirnnerven, so wie die Entstehung des sympathischen Nerven aus beiden, erklärt diese Erscheinung sehr fasslich. Auffallend war mir aber die Erfahrung, die ich mehrmals an mir selbst angestellt, dass bei dem Achardschen Versuche, wenn man das Silber etwas tief in den After hinauf schiebt, sich helle Blize vor beiden Augen zeigen. Ja! ich muss gestehen, dass keine andere Application der Metalle mir je dieses Licht in solcher Lebhaftigkeit gezeigt hat. Wer hätte wohl geahndet, dass man von dieser Seite her durch ein ganzes Labyrinth von anastomosirenden Nervenfasern die menschlichen Gesichtsorgane reizen könne! Auch zeigte sich hier abermals der seltene Fall einer galvanischen Wirkung gegen das Hirn zu. Die an dem Sehnerven anliegenden Ciliarnerven, auf deren Zusammenhang mit dem Narinus, Facialis, Nasalis superficialis inferior, Palatinus, Vidianus **) und Sympathicus es hier

*) *Memoires de l'Acad. des Sciences à Paris* 1727. *p.* 137.

**) Der Gaumennerven vereinigt sich nemlich mit den *Nasalibus super. posterioribus Nervi Vidiani.* Sömmering's Hirnlehre §. 230. S. 202.

ankommt, liegen ganz aufferhalb der Kette, welche die Metalle vom After zur Zunge bilden.

Wenn man einem lebendigen unverletzten Frosche mit einem seidenen Faden die Hinterschenkel zusammen bindet und ihn mit dem Steiss auf Zink setzt, so kann man ihn mit Zink im After reizen, ohne dass er sich merklich bewegt. Kaum aber berührt man ihn mit Silber, so sprengt er die Fäden und thut einen oft acht Zoll weiten Satz. Nichts übertrift die Wirksamkeit eines solchen galvanischen Zinklavements! Wenn man ein bequemes Mittel fände, eine grosse Fläche des Mastdarms beim Menschen zu armiren, so würde dasselbe unstreitig bei Ertrunkenen den Tobaksklystiren weit vorzuziehen seyn! Die Versuche, welche die Herren Gentili, Creve und Starck an amputirten menschlichen Extremitäten angestellt haben, sind bereits in Pfaff's Schrift *) gesammelt. Aber merkwürdiger, als alle diese scheint mir folgende Beobachtung des Herrn D. Grapengiesser, welche ein grosses Licht über die Reizung unwillkührlicher Muskeln verbreitet. Dieser vortrefliche Mann, dem ich die froheſten und lehrreichsten Stunden der Unterhaltung verdanke und von dessen eifrigem Studium der Natur die Physiologie und Pathologie viel zu erwarten hat, ist gegenwärtig auf einer Reise nach Italien, Frankreich und England begriffen. Bei seinem Aufenthalte in Berlin hatte ich das Vergnügen, ihn mit meinen neuen Versuchen über den Wechsel der Erregbarkeit in

*) a. a. O. S. 112. und Herrn Creve's neues lehrreiches Werk: Vom Metallreize 1796. S. 77 — 83.

thierischen Organen, genau bekannt zu machen. Er versprach auf dem Wege, welcher ihm viel versprechend schien, selbst fortzuarbeiten; und wie sehr er Wort gehalten, wird folgender Auszug eines Briefs an mich beweisen: „Unter den vielen medicinischen „Merkwürdigkeiten zu Dresden, giebt es im Mili„tärhospital einen Kranken, der besondere Aufmerk„samkeit verdient. Dieser Unglückliche hatte seit „vielen Jahren einen grossen Hodensackbruch. Zu„fällig klemmte sich derselbe ein; man behandelte „ihn mit erweichenden Umschlägen und es entstand „unter starker Eiterung im Grunde des Bruchsacks „ein Loch, aus welchem jetzt ein Theil der dicken „Gedärme, nemlich das Coecum und Colon „transversum und ein Stück des Flexus ilia„cus heraus hängt. Die Lage ist dazu noch umge„wandt, so dass die äussere Oberfläche der Einge„weide die innere geworden ist. Wenn der Mann „sizt, so hängen Colon und dünner Darm bis auf „die Knie herab und auf jeder Seite zeigt sich eine „Oefnung. Aus der einen kommt das Lavement „heraus, wenn er eines erhält, aus der andern der „Koth oder die unverdauten Speisen. Ohne Zeich„nung ist es schwer, sich einen deutlichen Begriff von „diesem wunderbaren Situs zu machen. Zwischen „dem Colon und dem dünnen Darme ist ein dicker „derber Ring zu sehen, welcher beide Theile genau „trennt und das ganze Convolut stark zusammen „schnürt. Wahrscheinlich ist dies die valvula „coli, welche durch das Umkehren aller Einge„weide (da ihr innerer Rand auch nach aussen kam)

sehr

„sehr ausgedehnt worden ist, und ihre Bildung in so „vielen (sieben) Jahren verlohren hat. Ich nahm „mir sogleich vor, die Wirkung des Galvanismus „an diesen Theilen zu versuchen. Der Kranke war „sehr bereitwillig dazu und die Experimente, welche „du so häufig an dir selbst angestellet hast, liessen „mich keine Art der Gefahr fürchten. Ich armirte „den einen Theil der Därme mit Silber und den an„dern mit Zink. Kaum waren beide Metalle im Con„tact, so wurde der motus peristalticus heftig „vermehrt. Mechanische Reizung brachte sehr lang„same und nur bei grosser Anstrengung sichtbare „Bewegungen hervor. Bei Anwendung des Metall„reizes hingegen folgten die Undulationen sehr „schnell und lebhaft auf einander. Der Kranke klagte „an der berührten Stelle über ein sonderbares Bren„nen. So wie bei deinen Rückenwunden die Secre„tion der lymphatisch serösen Feuchtigkeit vermehrt „wurde, so schien auch hier die Thätigkeit der „Schleimdrüsen und der aushauchenden Arterien „durch das Galvanisiren vermehrt zu seyn. Die Ab„sonderung des Därmesafts geschah in wenigen Au„genblicken so heftig, dass grosse Tropfen davon an „beiden Metallen herab liefen. Deiner neuesten Ver„suche über die Nervenwirkungen der Alkalien ein„gedenk, bestrich ich die Oberfläche des dünnen „Darms mit Oleum tartari per deliquium, „und zu meinem Erstaunen war nun, bei einerlei „Armatur, die wurmförmige Bewegung wohl sechs„fach verstärkt. Selbst das Brennen fühlte der Kranke „lebhafter, eine Erscheinung, die allein der erhöh-

„ten Reizempfänglichkeit zuzuſchreiben iſt. Denn „die Empfindung, welche die alkaliſche Solution „ohne Metallreiz für ſich erregte, war äuſserſt ſchwach „und vorüber gehend. Da du die Unthätigkeit, oder „Erſchlaffung des Magenmuskels gröſstentheils von „der deprimirenden Wirkung der Säure auf die Ma„gennerven herleiteſt, ſo hätte ich gern auch Ver„ſuche mit Säuren und andern unſchädlichen Sub„ſtanzen angeſtellt. Aber ich durfte die Gutmüthig„keit des unglücklichen Mannes nicht länger miſs„brauchen.“

Dieſe Erfahrungen, welche wir allein dem Beobachtungsgeiſte des Herrn Grapengieſſer verdanken, ſind in mehr, als einer Hinſicht überaus merkwürdig und lehrreich. Nie hat ein Phyſiologe daran gezweifelt, daſs die wurmförmige Bewegung der Därme unwillkührlich ſey und dennoch ſehen wir dieſelbe ganz dem Metallreiz unterworfen. Wie irrig ſind alſo die Behauptungen der Lombardiſchen Phyſiker, daſs nur der Willkühr unterworfene Muskeln Erſcheinungen des Galvanismus darſtellen können! *) Ferner lehrt jener Verſuch unwiderſprechlich, daſs der motus periſtalticus der Därme alleinige Folge der Nervenreizung iſt. Schon im Anfange des ſechſten Abſchnitts habe ich gezeigt, daſs der galvaniſche Stimulus nur durch Armatur der ſenſiblen Fiber wirkt und, wo der Metallreiz Veränderungen in der thieriſchen Ma-

*) Auch bei dem Helix pomatia war es mir ſchon früher geglückt, den Darmkanal wirkſam zu galvaniſiren. Vergl. auch Pfaff a. a. O. S. 181.

terie hervor bringt, bin ich daher berechtiget, dieselbe für eine nahe, oder entferntere Wirkung gereizter Nerven zu halten. Ich hebe diesen Satz um so ausdrücklicher aus, weil der grosse Haller seine Lehre von der eigenthümlichen (von der sensiblen Fiber unabhängigen) Muskelreizbarkeit hauptsächlich auf die wurmförmige Bewegung des dünnen und dicken Darms stützt. Warum will man über den schönen Bau der vier Darmhäute und ihre Faserschichten, das ansehnliche Netz der bis in die Zellstoffhaut zu verfolgenden (von den Coeliacischen Knoten und dem plexu mesenterico superiori abstammenden) zahlreichen Nerven aus dem Auge verlieren? Wie viele Nervenfäden läfst uns die Analogie nicht auf den Blutgefäfsen und in den gedoppelten Häuten der tiefen Saugadern *) der flockigen innersten Darmhaut vermuthen? Unausführbar ist es daher, wie es Haller fordert, den Darmkanal, remotis nervis zu reizen **); jedes mechanische Stechen in die Muskelschicht eines Eingeweides trift wahrscheinlich einen Nerven selbst, oder seinen sensiblen Wirkungskreis. Fibröse Bewegung ist das gemeinsame Resultat der Nerven und Muskelfaser, und die Frage: welcher von beiden sie ausschliefslich, oder hauptsächlich zukommt, ist der gleich: ob eine Saugpumpe eher des Stempels als des Ventils entbehren könne? Diese Behauptung wird noch da-

*) Vergl. Sömmering's Eingeweidelehre 96. S. 314. und Hirnlehre §. 192.

**) Grundrifs der Physiologie 88. S. 305. Vergl. auch Mayer's Beschreib. des menschl. Körpers B. 3. S. 44.

durch beſtätigt, daſs dieſelben chemiſchen Stoffe, welche die Thätigkeit der Eingeweide ſtimmen, gleiche Wirkung auf den Bewegungsmuskel äuſsern, wenn ſie äuſserlich mit den Bewegungsnerven in Berührung treten. Die Verſuche aber, welche ich in dieſer Rückſicht angeſtellt habe und welche einiges Licht auf die Verdauungsgeſchäfte werfen, kann ich erſt in einem folgenden Abſchnitte umſtändlich entwickeln.

Wenn viele Phyſiologen mit Unrecht dem Darmkanale die Empfänglichkeit für den galvaniſchen Reiz abſprechen, ſo fehlten ſie noch mehr, indem ſie dieſe Behauptung auf das Herz ausdehnten. Zu einer Zeit, wo das groſse Problem: ob ein ſo wichtiger unwillkührlicher Muskel eigene Nerven habe, oder ob dieſe nur den Gefäſsen zugehören, lebhaft beſtritten ward, zu einer ſolchen Zeit war jener Irrthum nicht ohne Nachtheil für die Fortſchritte der Phyſiologie. Herr Behrends *) ſtützte ſich in ſeiner vortrefflichen Abhandlung über die Herznerven hauptſächlich auf jene Unwirkſamkeit des galvaniſchen Reizes, und die Schnelligkeit mit welcher ſich ſeine Lehre verbreitete, zeugt für die Begierde des Publicums, die Unabhängigkeit der Reizbarkeit von der Senſibilität durch eine recht auffallende Thatſache bekräftigt zu ſehen. Unſerem Landsmanne, Herrn Schmuck, gebührt das Verdienſt, die Erregbarkeit des Herzens für das galvaniſche Fluidum zuerſt bemerkt zu haben. Er ſtellte ſeine Verſuche ſchon im October 1792, alſo

*) *Diſſ. qua demonſtratur cor nervis carere. Mog.* 1792.

fünf Monathe früher, als Fowler, an. Dagegen glückte es diesem zuerst, den Tact des Herzens zu verändern, wenn die Armatur nicht an dem Herzmuskel selbst, sondern bei warmblütigen Thieren bloss an dem Tarvagum (Stimmnerven) und Sympathicus anlagen. Die Herren Pfaff, Ludwig, Creve und Webster *) bestättigten die Schmucksche Entdeckung, indem sie ähnliche Versuche an Froschherzen anstellten. Da aber bei denselben die Muskelfasern immer unmittelbar von den Metallen berührt worden waren, so entstand aufs neue der Verdacht einer mechanischen Reizung, und eine so wichtige Thatsache schien allerdings einer neuen Unternehmung werth **). Ich habe zu diesem Zwecke seit zwei Jahren mit meinem ältern Bruder eine Reihe von Versuchen angestellt, deren Resultate (so Geduldprüfend auch die Arbeit an sich war) sich doch in wenige Zeilen zusammen drängen läfst. Die berühmten Physiologen unter deren Augen wir oft experi-

*) Pfaff S. 121. und in der philosophisch geordneten Abhandlung S. 181 — 198. Creve in *Klein de metallorum irritamento veram ad explorandam mortem* 1794. *p.* 14. (Gren's neues Journal der Physik 1795. B. 1. S. 59.) Ludwig *scriptor. nevrolog. minores select. Tom.* 4. *p.* 408. *exp.* 3. Webster Thatsachen über Verbindung des Magens mit dem Leben 1796. S. 4. Creve in der neuen Schrift. S. 96.

**) Auch Herrn Scarpa's Stillschweigen über den Einfluss des Galvanismus auf die Herznerven, musste zu jener Untersuchung anreizen. Wie mich der grosse Mann mündlich versicherte, waren ihm bis zum Sommer 1795. alle galvanische Versuche mit dem Herzen misslungen. — Fowler's Versuch mit dem Stimmnerven erklärt Valli für eine Lüge.

mentirten und welche alle Nebenumſtände prüften, ſichern uns vor dem Verdachte der Selbſttäuſchung.

Mein Bruder lieſs hintereinander einen Fuchs und zwei Kaninchen ſchlachten. An allen dreien wurde das Herz ſchnell heraus genommen und ein Nervenfaden daran ſoweit präparirt, daſs man ihn ohne das Herz zu berühren, armiren konnte. Hätte der Zink den Nerven, und das Silber den Muskel gereizt, ſo hätte der Verſuch nichts erwieſen, als daſs auch mechaniſche Berührung des Herzens Veränderungen der Pulſation hervorbringt.

Mein Bruder armirte daher blos die ſenſible Faſer und bei jedem Contacte der Metalle wurde der Tact der Herzſchläge ſichtbar verändert. Sie nahmen an Schnelligkeit und vorzüglich an Stärke und Höhe zu. Da dieſe Zunahme jedesmal erſt von dem Moment der Metallberührung am Nerven anhob, ſo folgt nach logiſchen Geſetzen daraus, daſs ſie mit jenem Contact in Cauſalverbindung ſteht. Wollte man einwenden, daſs das Silber den Nerven und dadurch unmittelbar das Herz erſchüttert habe und daſs jede Erſchütterung im Grunde eine mechaniſche Reizung ſey, ſo wird dieſer Zweifel durch den Gegenverſuch gehoben, daſs Berührung der Nerven mit Holz, oder mit einem einzelnen Metalle, keine Veränderung in der Pulſation hervor bringt. Bei allen drei Thieren war der Erfolg derſelbe. Warum aber iſt ſo vielen anderen Phyſikern dieſer einfache Verſuch miſslungen? Hierauf läſst ſich antworten, daſs zu jeder Reizung eine beſtimmte Reizempfänglichkeit der erregbaren Theile gehört, daſs es da-

her eben so sehr auf schnelle Präparirung der Theile, als auf die Nervenkraft des lebendigen Thieres selbst ankomme. Tausende von Fröschen werden nur bei kettenförmiger Verbindung der Metalle gereizt. Ist darum mein Versuch Fig. 9. weniger wahr? Aber auch noch andere Umstände, (wie mein Bruder sehr richtig in einem neueren Briefe an mich bemerkt) machen die Erscheinung verwickelter. Es ist unmöglich, ohne nicht jede Spur der Lebenskraft aus dem Organ entweichen zu lassen, den ganzen Plexus der Herznerven *) zu armiren. Man ist froh, wenn man in der Schnelligkeit nur einen oder zwei Faden sauber heraus präparirt hat. Dazu sind diese Fäden so dünn und fein, dass sie dem Metalle eine unendlich kleine Fläche darbieten. Kein Wunder daher, wenn ein Stimulus bisweilen nicht wirkt, der unter so ungünstigen Verhältnissen angebracht wird?

An dem Herzen der Frösche, Eidexen und Kröten, misslingen mir die galvanischen Versuche fast nie. Die beweisendste Methode, nach welcher ich sie anstelle, ist die, dass ich zwei, fünf bis sechs Linien lange Stücke Muskelfleisch, oder von einer andern leitenden Substanz (z. B. Morchel) nach zwei entgegengesetzten Richtungen an das Herz anlege. Diese beiden Stücke werden nun mit Zink und Silber armirt. Hatten die Pulsationen bereits vor 4 — 5 Minuten ganz aufgehört, so entstehen sie, bei dem jedesmali-

*) Diejenigen Versuche, in denen nicht Herznerven, sondern Gehirn und Rückenmark armirt werden, wie in dem 2ten, 3ten, 5ten und 6ten Experiment des Herrn Behrends, scheinen ganz unentscheidend zu seyn.

gen Contact der Metalle, augenblicklich wieder und dauern oft 2 — 3 Minuten unaufhaltsam fort. Ist die Muskelkraft bereits mehr geschwächt, so erfolgt durch das Durchströhmen des galvanischen Fluidums nur eine einzige Contraction. Experimentirt man an einem noch pulsirenden Herzen, so zähle man die Pulsationen in einer Minute. War ihre Anzahl z. B. 21, so werden in der folgenden Minute, wo das Herz galvanisirt wird, 38 oft 42, entstehen. Pulsirt das Herz so langsam, dass nur alle 25 Secunden ein Schlag erfolgt, so lasse man die Metalle sich den Augenblick nachher berühren, nachdem ein Schlag erfolgte. Man bemerkt dann unausbleiblich, dass 4 — 5 Pulsationen in 8 — 10 Secunden auf einander folgen. Was kann entscheidender seyn, als diese Versuche, in denen das Herz auf einer Glasplatte von allen Metallen entfernt bloss durch Zuleitung gereizt wird? Ja diese Erscheinungen sind denen an willkührlichen Muskeln so ganz analog, dass wie bei jenen, also auch beim Herzen, Contractionen auf den Metallreiz erfolgen, wenn mechanischer Druck und Kneifen, oft schon gar keine Veränderung in dem Organe hervorbringen. Bei dem Herzen einer Ratte glückte es mir, die zuleitenden Muskelstücke so zu verlängern, dass die Armaturen über zwei Zoll weit von denselben ablagen. Als es bereits ganz zu pulsiren aufgehört hatte, legte ich es mit einem ebenfalls ruhenden Froschherzen in Berührung und nun erweckte das galvanische Fluidum, indem es durch beide durchströmte, in beiden gleichzeitige Contractionen. So wie Fischherzen nach meinen Versuchen

am Reizempfänglichſten für die oxygenirte Kochſalzſäure ſind, ſo werden ſie auch vom Metallreize am lebhafteſten afficirt. Ich hebe aus meinen Collectaneen nur zwei Experimente heraus, welche ich mit meinem Freunde, Herrn Fiſcher, zu Leipzig anſtellte. Das Herz eines Cyprinus Carpio, war bereits ſo matt, daſs wir in 4 Minuten nur einen Schlag zählten. Mechaniſche Berührung beſchleunigte ſeine Pulſationen nicht. Ich galvaniſirte es durch Zuleitung (d. h. mittels angelegter Muskelſtücke) und von nun an folgten in der

1ſten	Minute	35	Schläge.
2ten	—	31	—
3ten	—	23	—
4ten	—	12	—
5ten	—	3	—

Eine abermalige Anwendung des Metallreizes vermehrte die Zahl der Pulſationen von 3 wieder bis 25, und wir unterhielten die Bewegungen ſo über eine Viertelſtunde lang. An dem Herzen des Cyprinus Tinca waren die Reſultate faſt eben ſo auffallend. Auch gehorchen die Muskelfaſern des Herzens nicht bloſs den wirkſamſten Metallen, wie Zink und Silber, Zink und Gold. Ich beſinne mich, im Frühling 1794 bei meinem Aufenthalte in Pohlen, Fiſche aus der Weichſel ſecirt zu haben, welche ſo erregbar waren, daſs ſelbſt Eiſen und Silber, ja Kupfer und Blei die Pulſationen ihres Herzens im Tacte veränderte.

Nach ſo vielfachen Verſuchen bleibt es alſo wohl keinem Zweifel unterworfen, daſs der Me-

tallreiz auf die willkührlichen und unwillkührlichen Muskeln, jedoch auf die lezteren in schwächerem Grade, wirkt. Ist es nun im Vorigen erwiesen, dass galvanische Erscheinungen nur mittels der sensiblen Fiber erweckt werden, so bestätigen auch zugleich jene Versuche den für die Physiologie so überaus wichtigen Satz: dass die Pulsationen des Herzens von Nerveneindrücken, modificirt werden. Da ich in diesem Theile meines Werkes die Gesetze des Galvanismus abgesondert vorzutragen bemühet bin, so übergehe ich hier Beweisgründe anderer Art, welche für diesen Satz zu zeugen scheinen. Ich werde unten einer Reihe chemischer Versuche mit pulsirenden Herzen erwähnen, welche jene Nervenwirkungen in ein helleres Licht setzen und in einem Streite, in dem man leider! mehr compilirt, als die Natur beobachtet hat, nicht unwillkommen seyn werden. Hier muss nur noch die Frage erörtert werden: warum, wenn ein Herz durch Zuleitung galvanisirt wird, die Reizung dieselbe bleibt, die zuleitenden Stücke Muskelfleisch mögen diesen oder jenen Theil des Herzens berühren?

Diese Frage lässt sich vielfach beantworten. Der Herznerven, welcher aus den drei Halsknoten und ersten Rückenknoten des Intercostalnerven und dem Vagus entspringen, sind gar nicht so wenige, als man gemeinhin glaubt. Diess lehren Anderschs Beschreibung, Sömmering's grosses anatomisches Werk und vor allen Scarpa's neue Tafeln über die Cardiaci und den Glossopha-

ryngaeus *). Der leztere hat die feinen und weichen Fäden an den Herzohren bei Ochſen und Pferden in der Subſtanz des Herzens ſelbſt bis zu ihrer dritten und vierten Vertheilung verfolgt. Wenn er die kleinen und harten Nerven von den Armmuskeln mit den groſsen Nerven der Augen vergleicht, ſo ſcheinen ihm die unwillkührlichen Muskeln faſt mehr Markſubſtanz, als die der Willkühr unterworfenen zu enthalten. Bei der Iſolirtheit und Unabhängigkeit, welche jene in der thieriſchen Maſchine behaupten, würde eine ſolche Vertheilung ſchon a priori vorher zu ſagen geweſen ſeyn, und die Anhäufung von Medullarſubſtanz in den cöliaciſchen Knoten, ſpricht für jene Behauptung. Wenn es groſse Phyſiologen nicht für unwahrſcheinlich halten, daſs jeder Bewegungsnerve bei ſeiner (ſogenannten) Inſertion in den Muskel ſich, nach Art des Opticus in der Retina, in zahlloſe Bündelchen ſpaltet und ſeine ſenſibeln Fäden zwiſchen die reizbaren des Muskels verflicht, ſollten die Cardiaci nicht eben ſo ihre weiche Maſſe **) zwiſchen

*) Vergl. ſchon Walter in *Memoires de l'Académie de Berlin* 1785. *p.* 58.

**) Ich fragte in meiner chemiſchen Pflanzenphyſiologie (*Flora Fribergenſis ſubterranea* p. 153.) „Warum muſs „die Materie, von der die Empfänglichkeit abhängt, „in weiſsen Fäden zuſammen gehäuft ſeyn? Ich höre „Niemand zweifeln, daſs Würmer, denen man die Ner„ven abſpricht, wirklich fühlen. Muſs denn aber, wenn „Würmer und Pflanzen ein Nervenfluidum führen, daſ„ſelbe in eignen Canälen eingeſchloſſen ſeyn?" Dieſe Idee führt Herr Scarpa in den Tabulis nevrologicis (1794.) ganz ähnlich aus, indem er ſagt: „Solche

die Muskelfafern des Herzens ergiefsen? Wenn daher die zuleitenden Stücke Muskelfleifch die Fläche des Herzens berühren; fo ift es höchft wahrfcheinlich, dafs fie mit einem Faden des Herzgeflechtes felbft in Contact ftehen.

Gefetzt aber auch in der ganzen Muskelfubftanz des Herzens, fey nur ein einziger Nervenfaden und diefer liege fern von den zuleitenden Körpern oder (falls die Metalle das Herz unmittelbar armiren) fern von diefem ab, fo mufs, den vorhin entwickelten Gefetzen des Galvanismus gemäfs, der Erfolg doch derfelbe feyn, als er fich bei dem unmittelbaren Contacte jenes Nervenfadens zeigen würde. Die Muskelfafern fowohl als die Knorpelfäden (textus cartilagineus) des Herzens find nicht blofs als feuchte Stoffe, fondern fchon wegen ihrer eigenthümlichen chemifchen Mifchung leitende Subftanzen. Der vorliegende Fall reducirt fich alfo blofs auf die oben erwähnten von mittelbarer Armirung. (Vergl. Fig. 51. und 68.). Auch die fenfibeln Wirkungskreife mögen hiebei (wie bei dem Problem über die Empfindlichkeit aller Puncte der Oberhaut) eine wichtige Rolle fpielen. Denn bei mehreren einfacherigen Fifchherzen habe ich bemerkt, dafs der

„Thiere, die reizbar find, ohne Nerven zu haben, find „entweder nicht genau genug unterfucht, oder fie fchei„nen eine gewiffe Nervenfubftanz, welche aber nicht Ner„venfaden bildet, fondern in die feinften Theile des Kör„pers verwebt ift, zu befitzen." Diefe Vorftellungsart verdient gewifs die Aufmerkfamkeit derer, welche fich mit Zootomie und Phyfiologia comparata befchäftigen.

Metallreiz heftiger wirkte, wenn die zuleitenden Subſtanzen an dem Urſprunge der groſsen Gefäſse, als wenn ſie an der Spitze des Herzens anlagen.

Zehnter Abſchnitt.

Urſachen der galvaniſchen Erſcheinungen. — Zu welchen Erwartungen die Unterſuchung derſelben berechtigt. — Elektriſche Flaſchentheorie der Bologner Schule. — Valli. — Ob die erregbaren Organe ſich bloſs leidend, für einen äuſsern Reiz empfänglich verhalten. — Eigenthümliche elektriſche Ladung der Metalle. — Volta's ſinnreiche Theorie über das, durch die Berührung von drei Stoffen geſtöhrte Gleichgewicht der Elektricität. — Erfahrungen, welche dieſe Theorie widerlegen. — Beweis, daſs der Stimulus in den Organen ſelbſt enthalten iſt, weil dieſe für ſich galvaniſche Erſcheinungen äuſsern. — Stuffenfolge der Bedingungen, unter denen ſich der Metallreiz bei abnehmender Reizempfänglichkeit noch wirkſam zeigt. — Des Verfaſſers Theorie von einem, in den Organen angehäuften Fluidum und deſſen Verſtärkung durch Hinderniſs. — Verſuch, alle Erklärungen auf conſtruirbare Begriffe zu reduciren. — Die neue Theorie ſchlieſst die Mitwirkung anderer Urſachen, z. B. den Einfluſs der eigenthümlichen Ladung der Metalle, ihrer Temperatur, die Zerſetzung von Flüſſigkeiten, nicht aus. — Ob die Annahme eines überſtrömenden Fluidums unbedingt nothwendig ſey. — Rückblick auf den Zuſtand unſrer atomiſtiſchen Naturlehre. — Verſuch einer rein dynamiſchen Erklärung. — Wie die unphiloſophiſche Annahme ſpecifik verſchiedener Materien unſchädlich und bei der jetzigen Lage der Wiſſenſchaften fruchtbar wird. — Sind galvaniſches und elektriſches Fluidum identiſch? — Neue Verſuche gegen die Identität. —

Ist das galvanische Fluidum eine Modification des elektrischen? — Zergliederung dieser Frage. — Uebersicht dessen, was wir von der chemischen Zusammensetzung der Elektricität wissen. — Es ist gar nicht erwiesen, dass die sogenannten elektrischen Fische elektrische Erscheinungen geben. — Verhältniss der magnetischen Kraft zu den sensiblen Organen. — Vielleicht verhalten sich galvanisches, elektrisches und magnetisches Fluidum, wie Blut, Milch und Pflanzensäfte gegen einander. — Welche Rolle die Feuchtigkeit, durch Verdampfung und Zersetzung, spielen kann. — Wirkung des Oxygens. — Zweifel gegen Herrn Creve's Erklärungen. — Besondere Wirkungen des Zinks. — Neue Versuche über die Wasserzersetzung bei Berührung heterogener Metalle. — Atmosphären der belebten Organe. — Muthmassungen darüber.

In den vorstehenden neun Abschnitten dieses physiologischen Werkes habe ich die Erscheinungen des Galvanismus in ihrem ganzen Umfange geschildert. Ich bin von den einfachern Bedingungen, unter denen sie eintreten, zu den zusammengesetzteren übergegangen. Ich habe mich bemüht, nicht bloss die inneren Verhältnisse der galvanischen Kette zu untersuchen, sondern auch die Wirkungen des Metallreizes auf die ganze organische (oder erregbare) Schöpfung zu betrachten. Wenn ich auch gleich dabei Gelegenheit fand, mannichfaltige chemische, zootomische und physiologische Bemerkungen einzustreuen, so habe ich mich dennoch sorgfältig gehütet, bis hieher eine Vermuthung über die Ursachen des Galvanismus und über die Rolle, welche bekannte Naturkräfte vielleicht dabei spielen, zu äussern. Ich habe mir vielmehr die

Pflicht aufgelegt, alle Thatſachen, welche ſich unmittelbar auf den Metallreiz beziehen, ſo iſolirt als möglich darzuſtellen, theils um zu zeigen, wie weit dieſer neue Zweig unſerer Erkenntniſs bereits ausgebildet iſt, theils um dem Urtheile des Leſers nicht durch erregbare Nebenideen vorzugreifen. Sollte daher dieſs Werk das Glück haben, (und welcher Experimentator ſchmeichelt ſich nicht mit dieſer Belohnung?) daſs es auf eine künftige Generation überginge, ſo wird jene Zuſammenſtellung reiner Thatſachen auch dann noch einiges Intereſſe erwecken, wenn Phyſik und Chemie bereits eine ganz andere Geſtalt angenommen haben.

Jetzt iſt es Zeit, die groſsen Erſcheinungen des Galvanismus in ihren Verhältniſſen zu andern Naturkräften zu betrachten. Wenn der Geognoſt die einzelnen Richtungen der Gebirgsketten und Thäler, die Schichtungen des Geſteins und ſeine Beſtandtheile mühſam erforſcht hat, tritt er auf eine Anhöhe, um von da aus den Zuſammenhang des Ganzen beſſer zu faſſen und über ſeine Bildung nachzudenken. Eben ſo müſſen auch wir uns jetzt auf einen höhern Standpunct erheben, um ſo vielfache Erfahrungen unter einen Geſichtspunct zu faſſen, und Einheit des Geſetzes zu ſuchen, wo alles ſich dem Geſetze zu entziehen ſcheint. Da wir eine gröſsere Maſſe von Thatſachen vor uns haben, als diejenigen achtungswerthen Männer, welche bisher über die Urſachen des Metallreizes ſpeculirten, ſo dürfen wir zwar hoffen, auf einem ſicherern Wege fortzuſchreiten. Doch müſſen wir nicht vergeſſen, daſs die ſogenannten Ge-

ſetze der empiriſchen Naturlehre auf einer Induction beruhen, von deren Vollſtändigkeit wir, da es an einem Criterium *) derſelben fehlt, nie apodiktiſch überzeugt ſeyn können. Unſere Bemühungen mögen daher unſere Erfahrungserkenntniſs auf noch ſo mannichfaltige Weiſe berichtigen und erweitern, ſo werden ſie dennoch nie zu den unerſchütterlichen Reſultaten führen, welche nur in Erfahrungswiſſenſchaften zu erwarten ſind.

Bevor man ſich an die Unterſuchung eines Problems wagt, iſt es nothwendig, das Problem ſelbſt genau zu beſtimmen. — Geſetze, wie ſie der fünfte Abſchnitt entwickelt, zählen die Bedingungen auf, unter denen eine Erſcheinung erfolgt, oder nicht erfolgt. Sie ſind allerdings die wichtigſten Grundpfeiler empiriſcher Wiſſenſchaften, ſie ſind faſt das einzige gewiſſe Ziel, wonach Chemie, Phyſik, oder Phyſiologie der organiſchen Stoffe hinſtreben können, aber ſie geben nicht das Verhältniſs an, aus welchem die Möglichkeit der Erſcheinung, d. i. ihr urſachlicher Zuſammenhang erkannt werden kann. Wir verlangen nicht bloſs zu wiſſen, ob galvaniſche Contractionen in Ketten von homogenen, oder heterogenen, von verdampfenden oder nicht verdampfenden Metallen eintreten, ſondern wir wollen das Gemeinſame aller dieſer Bedingungen heraus gehoben haben; wir wollen dargethan ſehen, warum zwiſchen zwei homogenen Metallen ein heterogenes gleich unwirkſam iſt, es mag ganz trocken, oder auf bei-

*) Newtonis *Philoſophiae naturalis principia lib. III.*

beiden Flächen benetzt seyn. Wir wollen also hier nicht auf Gesetze, sondern auf Ursachen der Erscheinungen geführt werden, die freilich ihrer Natur nach wieder Erscheinungen sind!

Diese Prüfung der Ursachen des Galvanismus, hat das Aehnliche mit allen Arbeiten der Art, dass sie mehr zur Bestreitung älterer Theorien, als zur Gründung einer neuen und sicheren hinleitet. Man werfe einen Blick auf die physikalischen Disciplinen, wie sie Herr Gehler in ihrem ganzen Umfange geschildert hat, und man erstaunt darüber, das Phänomen des Regenbogens, weil es auf construirbaren Begriffen beruht, allein vollständig erklärt zu sehen. Dennoch ist seit 2000 Jahren kein Versuch beschrieben worden, über den nicht zahlreiche Hypothesen aufgestellt sind; ja man hat selbst Erscheinungen erklärt, welche nie erfolgt und aus Muthwillen erdichtet wurden. Je inniger das Verkehr ist, in welchem dieselben mit den Wirkungen des Organismus und der Lebenskraft selbst stehen, desto undurchdringlicher ist das Dunkel, in welches die Ursachen gehüllt sind, desto freier aber auch der Spielraum, welcher dem Erfindungstriebe der Phantasie geöffnet wird. Kein Wunder daher, wenn der erste Beobachter, welcher einen Froschschenkel durch Anlegung von Metallen zucken sah, sogleich eine Theorie entwarf, welche der zweite Versuch widerlegte!

Das galvanische Phänomen ist ein Phänomen der Reizung. Gewisse Stoffe, in kettenförmige, oder anderweitige Verbindung mit erregbaren Organen ge-

bracht, veranlaſſen dieſe, aus dem Zuſtande der Ruhe in den der Thätigkeit überzugehen. Sie veranlaſſen die Muskelfaſer ſich zu verkürzen, die Nerven des Geſichts und Geſchmacks, die ihnen eigenthümlichen Empfindungen hervor zu bringen; ſie veranlaſſen die Gefaſse Säfte von verſchiedenartiger Miſchung zu bereiten und abzuſondern. Wo iſt der Reiz, Irritamentum, der alle dieſe Veränderungen hervorruft? Wird ein fremder reizender Stoff von aufsen her den Organen beigemiſcht? Wird aus ihnen ſelbſt einer ihrer Beſtandtheile abgeleitet und dadurch ihr Miſchungszuſtand modificiret? Oder bleibt ihre chemiſche Verbindung dieſelbe, und geht eine Veränderung der Form, und relativen Lage, durch mechaniſche Schwingung und Erſchütterung vor? Spielt eine uns ſchon bekannte Naturkraft, das elektriſche, oder magnetiſche Fluidum, der Lichtſtoff, das Oxygen, das Azote, oder der Wärmeſtoff, oder mehrere derſelben zugleich, oder einige durch den Einfluſs der Lebenskraft anders modificirte (verlarvte) Naturkräfte eine Rolle dabey? Dieſe und zahlloſe andere Fragen drängen ſich dem Beobachter galvaniſcher Erſcheinungen auf. Je unerkannter und räthſelhafter die Urſachen derſelben ſind, deſto gröſser iſt der Reiz, mit welchem ſie unſere Aufmerkſamkeit auf ſich ziehen und unſere Erwartungen ſpannen.

Faſt zwei Jahrzehende früher, als der groſse Phyſiologe zu Bologna die erſten Spuren des Metallreizes an ſeinem Gartengeländer beobachtete, hatte ein Mann, den Deutſchland unter ſeine vortrefflichſten Mathematiker zählet, gleichſam die Entdeckun-

gen geweissaget, welche gegenwärtig die Naturforscher der beiden Hemisphären *) beschäftigen. Die mannigfaltigen Aeusserungen natürlicher Elektricität, welche man an den thierischen Körpern beobachtet, leiteten Herrn Klügel **) auf die Idee, dass in den Nerven und Muskelfasern wohl entgegen gesetzte Elektricitäten angehäuft seyn möchten und dass durch Verbindungen derselben die Muskelbewegung hervor gebracht werden möchte. Eben diesen Begriff der Entladung abstrahirte Galvani aus seinen ersten Nervenversuchen. Sein Scharfblick liess ihn allerdings gleich sehen, dass wenn die Contractionen von einem durch ungleiche Vertheilung reizenden Fluidum abhängen, diess Fluidum in den erregbaren Organen selbst angehäuft seyn muss. Aber der Entdecker war zu voreilig in Bestimmung jener örtlichen Vertheilung. Er griff schnell zu der Analogie der Kleistischen Flasche, wiess der äussern Seite der Muskelfläche und den Nervenscheiden negative, der inneren und der Medullarsubstanz der Nerven posi-

*) Wirklich sind zu Calcutta galvanische Versuche an bengalischen Amphibien angestellet worden. Da einige Thiere der heissen Zone eine so ungeheure Muskel- und Nervenkraft besitzen, so lässt sich von jenem Unternehmen manches Nützliche erwarten. Wird z. B. bei der Muskelbewegung ein eigenes Fluidum abgesondert, so ist dasselbe bei jenen Thieren unstreitig leichter, als bei schwächern wahrzunehmen. Ich erinnere nur an den Versuch des Herrn Kühn mit der Batterie von 20 Fröschen, dessen ich im ersten Abschnitt erwähnt habe.

**) Gren's Journal der Physik H. 18. S. 408. Klügel's Encyclop. Th. I. S. 482. Ingenhouss Vermischte Schriften B. I. S. 29.

tive Elektricität an, und betrachtete die Muskelfasern als an einander gereihte Leidner Flaschen.

Einem Genie, dem seine Zeitgenossen eine so grosse Entdeckung verdanken, verzeiht man gerne ein solches theoretisches Luftgebäude. Ist der Weg zu einer Hypothese einmal gebahnt, so ist es bequem und anlockend auf demselben fortzuwandeln. Man ebnet ihn, nennt ihn den einzig geraden und richtigen, setzt Straf- und Warntafeln für die, welche ihn verlassen wollen, und entgeht durch allmählige Krümmungen den Hindernissen, die ihn abzuschneiden scheinen — So beruhigte man sich bis zu Galilaei's Zeiten bei dem Abscheu vor der Leere; so beruhigte man sich bis Herr Volta auftrat, mit der galvanischen Flaschentheorie. Kaum hatte dieser aber eine neue Bahn empfohlen, so boten die Bologner Physiker ihren ganzen Scharfsinn auf, um der ihrigen den Vorzug zu erhalten. Herr Aldini stellte eine lange Reihe der feinsten Versuche an, um die Analogie zwischen dem geladenen Muskel und der geladenen Flasche zu beweisen *). Schade nur, dass man, wie bei ähnlichen Versuchen so oft der Fall ist, bei den verwickelten Bedingungen stehen bleibt, statt die einfachen Grundpfeiler der neuen Theorie zu untersuchen.

Ich werde mich nicht dabei aufhalten, die Meinungen der Bologner Schule aufs neue zu entwikkeln. Herr Pfaff hat diess schon längst mit der ihm eignen Klarheit gethan und der Entwickelung eine

*) *De animali electricitate Diss. II.* 1794. *p.* 35—40.

gründliche Widerlegung beigefügt *). Auch beſtreiten ſchon die älteſten bekannten Verſuche jene Flaſchentheorie vollkommen. Gedenkt man aber der neuern, welche ich angeſtellt, z. B. der Fig. 9 — 12. ſo wird der Widerſpruch noch auffallender. Ein Nerv mit ſeiner Scheide verſehen, ruht auf einer Armatur von Zink; unter dem Theil des Nerven, wo die Trennung geſchehen iſt und die Medullarſubſtanz heraus quillt, liegt iſolirendes Glas, ſo daſs der Zink ſchlechterdings nur die eine äuſsere Fläche der ſenſiblen Fiber berührt. Ein anderes homogenes, oder heterogenes Metall *N.* tritt mit jener Armatur *M.* irgendwo, ſey es auch 8 Zoll weit vom Crural-Nerven ab, in Contact, ſo zucket der Schenkel, ohne daſs *N.* ſich auch nur von ferne dem Nerven, oder Muskel genähert hätte. Wo iſt bei dieſem einfachen Falle eine Zuleitung von der äuſseren und inneren Fläche? Wurde die Flaſche nicht entladen, indem der Crural-Nerv auf die Armatur *M.* gelegt ward? Wie wirkte das Metall *N.* auf die Entladung? In meinem Verſuche Fig. 51. iſt der Nerve mittelbar (durch Zuleitung) armirt. Die Contraction tritt ein, wenn bloſs der zuführende Stoff, nicht aber das erregbare Organ berührt wird. Wie kann die galvaniſche Hypotheſe dieſe Erſcheinung enträthſeln! Strömt aus der äuſſern und innern Fläche der Nerven $+ E$ und $- E$ in den leitenden Stoff *S* über, ſo muſs ja dort ſchon

*) a. a. O. S. 329—339. Vergl. auch Volta's zweiten Brief an Herrn Vaſſali, der den genialiſchen Mann lebhaft charakteriſirt. Gehler's Wörterbuch B. V. S. 290.

von ſelbſt die Entladung geſchehen? Wie kann alſo der ſilberne Bogen *p* als Entlader wirken, da er die Organe ſelbſt nirgends berührt?

Die Idee, daſs Muskeln und Nerven gleichſam Leidner Flaſchen vorſtellen, ſchien durch Hunters merkwürdige Zergliederung *) des Zitteraals aus Cayenne begünſtigt und Aerzte von Anſehen, wie Beddoes und Darwin **) führten ſie weiter aus. Der letztere ſuchte die Verkürzung einer Muskelfaſer ſogar durch einen analogen elektriſchen Verſuch zu erläutern. „Zwanzig ſehr kleine Leidner Fla„ſchen hängen in einer Reihe an feinen ſeidenen Fä„den in einer kleinen Entfernung von einander. Die „innere Ladung der einen Flaſche ſey poſitiv und die „andere negativ, wechſelsweiſe. Wenn nun eine „Communication gemacht wird von der innern Ober„fläche der erſten nach der äuſsern Oberfläche der „letzten in der Reihe, ſo werden ſie ſich alle einan„der nähern, und ſo die Linie in der ſie hängen, wie „eine Muskelfaſer verkürzen." So ſinnreich auch dieſs Experiment ausgedacht iſt, ſo geringe Analogie

*) *An account of the gymnotus electricus* in den *Phil. Transactions Vol.* 65. *P.* 2. *p.* 395.

**) *Medical extracts Vol. II. p.* 118—126. (Um Verwechslungen zu vermeiden, hole ich den vollſtändigen Titel dieſer Schrift hier nach: *Medical extracts, being a concentrated view of ſome late diſcoveries in Chimiſtry an the new theory and practice of phyſic, thereby introduced by a friend to improvements. Vol. I. London* 94. *Vol. II. on the nature of health with practical obſervations and the laws of the nervous and fibrous ſyſtems.* 95.) *Darwin Botanic Garden Cant. I. p.* 202. *Zoonomie Th. I. S.* 105.

zeigt es mit dem einfachen Muskelbau. Kürzer wäre es ja noch, ſich alle Muskelfaſern im Augenblicke der Turgescenz als poſitiv elektriſch, oder alſo nach einem Durchmeſſer ſich abſtoſsend, nach einem anderen ſich nähernd, zu denken. Aber ſind die irritablen Faſern denn wirklich parallellaufende, ſich nicht berührende Cylinder? Haben nicht Leeuwenhoek und Prochasca gezeigt, daſs die ſogenannten einfachen Muskelfaden des Herzens, der Harnblaſe, und des Schlundes äſtig und in einander verwebt ſind? Läuft nicht Zellſtoff nach allen Richtungen queer durch die Längenfaſern durch? Iſt die ganze Muskelſubſtanz, beſonders bei Kindern, nicht einem feuchten Gallerte gleich? Wo iſt alſo hier Vertheilung ungleichartiger Elektricitäten denkbar, wo faſt jedes Element von einem leitenden Stoffe umgeben iſt? Eben dieſe Schwierigkeit findet ſich bei dem Nerven von dem ein Theil der Subſtanz $+E$, ein anderer $-E$ leiten ſoll, eine Meinung, welche der, des groſsen Mainzer Zergliederers *) nahe kommt, nach welcher einer Portion Fäden die Spannkraft, einer andern das Empfindungsvermögen zugeſchrieben wird. Beſteht das Innere eines Nervenbündels nicht ebenfalls aus anaſtomoſirenden Strängen und erfolgt die Reizung des Muskels nicht, wenn man jenen Nervenbündel, der Länge nach, in die feinſten Fäden zerfaſert und einen dieſer Fäden armirt? Sollte man bei dieſer endloſen Theilung immer noch zwei heterogene Faſern zugleich

*) Sömmering's Hirnlehre 1791. S. 151.

faſſen, von denen die eine poſitiv, die andere negativ geladen iſt?

Wir verlaſſen demnach dieſe Flaſchentheorie, welche wohl eben ſo bald vergeſſen ſeyn möchte, als die mühſamen Berechnungen, welche Sauvages im Eſſai ſur la fievre über die Schnelligkeit der Lebensgeiſter angeſtellt hat. Galvani's Name wird dieſer Vergeſſenheit von ſelbſt entgehen. Ein kommendes Jahrhundert wird ſeine Entdeckungen benutzen, und wie ſich Herr Brandes ausdrückt *) „erkennen, daſs ihm und Harvey die „Phyſiologie in gleichem Maaſse die Grundpfeiler „ihres Gebäudes verdankt." Auch übergehe ich Valli's Theorien der thieriſchen Bewegungen, von welchen die frühere der galvaniſchen Hypotheſe ſehr analog, die letztere aber ſo verworren iſt, daſs ſie beinahe durch jeden Verſuch über den Metallreiz widerlegt wird **).

In dieſen Vorſtellungsarten hatte man den wirkſamen Stimulus immer in den erregbaren Organen ſelbſt geſucht. Wie, dachten andere Phyſiker, wenn dieſe Organe nur eine bloſs leidende Rolle dabei ſpielten, wenn der Reiz von den Metallen ſelbſt herrührte und der Nerv ſich dabei bloſs als elektroſkopiſche Subſtanz zeigte. In Deutſchland äuſſerte dieſe Idee zuerſt Herr Reil ***) und ſie ſchien

*) Verſuch über die Lebenskraft. Hannover 1795. S. 82.

**) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 339—343.

***) Gren's Journal der Phyſik B. 6. S. 402 und 411. Reil et Gautier *de Irritabilitate* 93. *p.* 133.

allerdings der damaligen geringen Anzahl von Erfahrungen, die man vor sich hatte, sehr angemessen zu seyn. Der älteste galvanische Versuch *), in dem ein Froschschenkel zuckte, wenn ein Metall seinen Nerven in der Nähe einer ausströmenden Elektrisirmaschine berührte, zeigte die grosse Empfindlichkeit der sensiblen Fiber für das elektrische Fluidum. Herr Reil machte ähnliche Erfahrungen an Menschen, welche sich einen Conductor auf das Armgelenk aufsetzten. Volta sah einen Muskel lebhaft erschüttert werden, wenn er ihm eine so schwache Ladung gab, dass sie kaum $\frac{1}{40}$ des kleinsten am Bennetschen Elektrometer bemerkbaren Grades ausmachte. Ja! wie gering ist der Antheil von Luftelektricität, welche bei fernem Gewitter nervenkranken Personen oft Angst und Leibweh verursacht? Die Herren Reil und Gren glaubten, dass durch Reibung der Metalle Elektricität frei gemacht und in die Nerven geleitet werden könnte. Die ältern Hemmerschen Versuche scheinen überdiess die Möglichkeit dieser Entbindung zu bestätigen **), und mehrere Physiologen fingen an, sie für die gemeinsame Ursache galvanischer Erscheinungen zu halten.

Bei den Fortschritten, welche wir dermalen in der Experimentalphysiologie gemacht haben, dürfen wir uns aber mit dieser Vorstellungsart schlechterdings nicht befriedigen. Herr Reil, welcher sie ehemals in Schutz nahm, hat sie selbst wiederum aufgegeben und dadurch gezeigt, wie sehr es ihm um

*) Gehler's Wörterbuch Th. V. S. 270.

**) Rozier *Journal de Physique* 1780. *Juillet.*

Thatſachen und nicht um Meinungen zu thun iſt. Wahr iſt es allerdings, daſs Metalle, auch wenn ſie nicht gerieben werden, ſich immerfort in einem Zuſtande ſchwacher Ladung befinden.

Herr Bennet hat intereſſante Erfahrungen hierüber mit ſeinem Duplicator geſammelt. Auch war dieſe Ladung wohl a priori zu vermuthen. So wie alle in das Luftmeer eingetauchte Subſtanzen, nach ihrer verſchiedenen Capacität für den Wärmeſtoff eine verſchiedene Menge deſſelben binden und einen ungleichen Ueberfluſs frei auf ihrer Oberfläche zurück laſſen, ſo müſſen Siegellack, Metalle und Holz (idioelektriſche Stoffe, Leiter und Halbleiter) bei der elektriſchen Ebbe und Fluth des Dunſtkreiſes, ebenfalls nach dem Grade ihrer Capacität mehr, oder weniger freien elektriſchen Stoff in ſich anhäufen. War der freie Wärmeſtoff ein Gegenſtand des Thermoſkops, ſo muſs das ungebundene elektriſche Fluidum eben ſo das Elektroſkop afficiren, oder in die Condenſatoren und Duplicatoren übergehen. Aus eben dieſem Zuſtande ſchwacher Ladung erklärt Herr Hube ſehr ſcharfſinnig auch das ſchon von Gerſten und du Fay *) beobachtete Factum, daſs der Thau von Metallplatten und belegten Glastafeln abgeſtoſsen, von unbelegten angezogen wird. Herr Lampadius **)

*) Hube über die Ausdünſtung und ihre Wirkung in der Atmoſphäre 1790. Cap. 35. Gerſten *Tentamen Syſtematis novi ad mutat. barometri ex natura elateris aërii demonſtrat.* 1733. Du Fay *ſur la Roſée* in den *Memoires de l'Academie de Paris pour l'an* 1763. *p.* 342.

**) Lampadius Verſuche über die Elektricität

welchem die Meteorologie lehrreiche Verſuche verdankt, hat zwar dieſe Erklärung beſtritten, weil nach ſeiner Erfahrung der Stanniol auch unbethaut blieb, wenn er im Graſe und alſo im Contact mit der Erde lag. Er glaubt, daſs das Metall, da es in leitender Verbindung ſtand, ſeine Elektricität nicht hätte erhalten und alſo auch keine elektriſche Repulſionskraft hätte ausüben können. Wenn aber auch alle in das Luftmeer eingeſenkte Stoffe ein unaufhorliches Beſtreben äuſsern, ſich in ein Gleichgewicht freier Wärme und freier Elektricität zu ſetzen, ſo folgt daraus doch wohl nicht, daſs bei den ewigen Hinderniſſen, welche die localen Veränderungen des Dunſtkreiſes jenem Beſtreben entgegen ſetzen, daſs, ſage ich, in jedem Augenblicke jenes Gleichgewicht wirklich erreicht ſey. Die Fluthen des Oceans ſuchen ebenfalls eine wagrechte Oberfläche und den

und Wärme der Atmoſphäre 1793. S. 64. Die Aehnlichkeit, welche zwiſchen gefrornen Fenſterſcheiben und den Lichtenbergiſchen Figuren auf dem Elektrophor ſtatt findet, lieſs mich vermuthen, daſs hiebei Elektricität im Spiele ſei. Ich lieſs deshalb bei meinem Aufenthalte in Freiberg Glasſcheiben mit Stanniol belegen, fand aber immer gleiche baumförmige und ſtrahlende Figuren auf den belegten und unbelegten Scheiben. Auch durch Dämpfe von verſchiedenen Säuren und alkaliſchen Stoffen, Vitrioläther und andere, welche anfroren, konnte ich die Formen nicht ändern. Herr Geheimerath von Göthe, der mit allen Theilen der Naturkunde ſo innigſt vertraut iſt, theilte mir die ſinnreiche Bemerkung mit, wie bei den metalliſchen Kryſtalliſationen, z. B. bei den Braunſtein-Dendriten auf dichtem Kalkſteine, die Zweige benachbarter Büſchel ſich ſelten berühren, ſondern wie ein leerer Raum zwiſchen ihnen bleibt, der wahrſcheinlich die Folge einer bei dem Anſchuſs wirkſamen abſtoſsenden Kraft iſt.

noch ſchlagen ſie ewig Wellen wie die Oberfläche des Luftmeers. Es iſt keinem Zweifel unterworfen, daſs ein iſolirtes Metall nicht mehr ± *E* aus dem Dunſtkreiſe aufnimmt, als iſolirtes Holz. Berühren ſich beide Stoffe, ſo ſucht das ± *E* ſich allerdings unter beide gleich zu vertheilen. Bleibt aber das Metall, welchem von ſeinem gröſseren Ueberſchuſse entzogen wird, von eben dem unerſchöpflichen elektriſchen Dunſtkreiſe umgeben, ſo nimmt es, vermöge ſeiner gröſseren Affinität zu dem elektriſchen Stoffe, denſelben aus der Luft wieder auf, indem es ihn dem Halbleiter abgiebt. Es bleibt alſo in jedem Momente in einem Zuſtande des Empfangens und Vertheilens und es ſcheint mir ſehr wahrſcheinlich, daſs eine Stannioltafel wenn ſie auch unmittelbar auf der leitenden Erde aufliegt, dennoch ſtärker geladen, als jene Erde iſt. Eben ſo wird, wenn ich mich auf die Analogie *) des Wärmeſtoffs ſtützen darf, eine Stange Eiſen, welche mit ihrem einen Ende in ſiedendem Waſſer liegt, dieſem zwar immerfort Wärmeſtoff zuleiten, aber dennoch eine höhere Temperatur als alle umgebende Stoffe behalten. So gewiſs es alſo auch iſt, daſs Metalle immerfort in einem Zuſtande ſtärkerer Ladung, als andere Stoffe ſich befinden, ſo wenig läſst ſich hieraus die galvaniſche Erſcheinung erklären. In

*) Wirklich iſt über den Wärmeſtoff ein ganz ähnlicher Streit zur Sprache gekommen. Man ſehe meine Vertheidigung des Berghauptmanns Wild gegen den Recenſenten des *Eſſai ſur la montagne ſalifère du gouvernement d'Aigle*, in der allg. Litter. Zeitung (Bergmänniſches Journal 1792. B. 2. S. 123.) Herr Wild hat ſich nachher ſelbſt faſt mit denſelben theoretiſchen Gründen gegen Herrn Langsdorf gerechtfertigt.

dem Monthly Review*) heiſst es freilich: „as Mr. Bennet has shewn by his doubler, that metals are „conſtantly in a ſtate of ſpontaneous electricity, we „impute to this the effects of the Galvanisme and we „conclude, that extraneous electricity is the ſole agent „concerned, who acts by ſtimulating the nervs, which „are thus made to perform their office and to „throw the muſcular fibres into action.“ Durch dieſen Ausſpruch haben ſich mehrere Phyſiker **) verleiten laſſen, den Organen bei dem Metallreize eine bloſse paſſive Stelle als elektroſkopiſchen Stoffen, zuzuſchreiben. Nähere Unterſuchung der Thatſachen widerlegt aber dieſen Irrthum. Ich habe im zweiten Abſchnitte (vergl. die Fig. 2. 3. 4. 5. 7.) gezeigt, daſs im Zuſtande höherer Reizempfänglichkeit Contractionen ohne alle Mitwirkung von Metallen und Kohlenſtoffhaltigen Subſtanzen erfolgen. Ich beuge den Schenkelmuskel eines Thiers gegen den entblöſsten ſympathiſchen Nerven, mit dem er noch organiſch verbunden iſt, und die ganze Maſchine wird convulſiviſch erſchüttert. Wo iſt hiebei die elektriſche Ladung und Entladung der Metalle im Spiel? Geſetzt aber auch, die Gegenwart derſelben wäre eine nothwendige Bedingung galvaniſcher Erſcheinungen, ge-

*) Auguſt 1793. p. 422. Pfaff S. 326.

**) Z. B. neuerlichſt Herr Yelin in ſeinem ſehr nützlichen Lehrbuch der Naturlehre 1796. B. 1. S. 410. §. 555. Aldini ſagt ſehr richtig: „Si enim a ſola metallorum „electricitate omnes ſunt contractiones, quam deformata „illa eſt animalis electricitatis ſpecies, quae cum primum „in animantium dominari corporibus crederetur, metallo„rum nunc mutuatae electricitati non ſine magno dede„core famularetur.“ *De animali electricitate, Diſſ. I.* §. 1.

ſetzt auch ſie erlitten bei dem Verſuche ſelbſt eine beträchtliche Reibung *), ſo lehren doch Cavallo's directe Erfahrungen, daſs das groſse Problem ſich keineswegs an die bekannten Wirkungen der Elektricität anreihen läſst. Dieſer ſcharfſinnige Phyſiker **) beſtimmte mit vieler Sorgfalt den kleinſten Grad der Ladung, durch welche noch Muskelbewegungen erregt werden können. Wenn man ein Elektrometer ſo ſchwach elektriſirt, daſs ſeine Kugeln $\frac{1}{20}$ eines Zolles divergiren, und dieſe geringe Menge von Elektricität auf ein Metall von 200 mal gröſserer Oberfläche, als die leitenden Theile des Elektrometers waren, vertheilt; ſo iſt dieſs Metall zu ſchwach geladen, um fibröſe Contractionen hervor zu bringen. Dennoch iſt die Elektricität, welche geriebene Metalle äuſsern, noch weit geringer, ja in vielen Fällen ſo unmerklich, daſs ſie allen Verdopplern und Condenſatoren entgeht. Die äuſsere, aus dem Metalle ausſtrömende Elektricität kann alſo nicht Urſach der problematiſchen Erſcheinung ſeyn. Ich habe ſelbſt mehrmals (bei reizbaren Fröſchen) Glasröhren mit Flánell gerieben, und ſie augenblicklich darauf an die Nervenarmatur gehalten. Ich ſah nie die geringſte Bewegung entſtehen, wenn gleich das Bennetſche Elektrometer noch 8 Minuten nachher Reſte der Ladung in der Glasröhre andeutete.

*) Dieſe Reibung, oder unmittelbare Berührung harter Kettenglieder iſt aber zur Erregunng von Contractionen gar nicht erforderlich. S. den Anfang des ſiebenten Abſchnittes.

**) *Cavallo's complete treatiſe on electricity, Vol. 3. containing the diſcoveries made since the third edition* 1795 *p.* 130.

Anlockender und mehr umfaſſend, als alle bisher genannte Vorſtellungsarten, iſt die von Aleſſandro Volta aufgeſtellte Theorie vom geſtörten Gleichgewichte der Elektricität. Von dem Genie ihres Erfinders, ſeinem philoſophiſchen Beobachtungsgeiſte, ſeiner bewundernswürdigen Fertigkeit im Experimentiren war ſolch ein Werk zu erwarten. Eine Hypotheſe, welche die vielen ältern Erſcheinungen unter einen Geſichtspunct faſst und erklärt, verdient ausgezeichnete Achtung; eine Hypotheſe aber, welche auch ſpätere Entdeckungen mit gleicher Leichtigkeit enträthſelt, erweckt gerechtes Erſtaunen. Es iſt mir eine angenehme Pflicht, dieſelbe hier in ihrer einfachen Gröſse darzuſtellen, nicht nur weil ſie bisher in deutſchen Schriften ſehr unvollſtändig *) und verworren vorgetragen worden iſt, ſondern auch, weil ich lange Zeit ſelbſt von ihrer Untrüglichkeit überzeugt war. Meine neuern Beobachtungen zwingen mich, als Gegner des Herrn Volta aufzutreten. Ich werde mich dabei der Beſcheidendenheit des Ausdrucks bedienen, welche mir gegen ihn geziemt und ich ſetze ein ſo gränzenloſes Vertrauen in den Charakter dieſes Mannes, dem die Wahrheit über alles theuer iſt, daſs ich mir die Beſorgniſs nicht erlaube, durch jenen Widerſpruch ſeine Zuneigung zu mir gemindert zu ſehen.

Gleich nachdem Galvani im Jahr 1791 ſeinen berühmten Commentar über den Muskelreiz herausgab, äuſserte Herr Volta die Idee, daſs das ganze

*) Pfaff S. 344. 349 — 370. Gehler's Wörterbuch B. 5. S. 290 und 1044. Gren's Journal B. 7. S. 316.

räthſelhafte Phänomen auf einer ungleichen Vertheilung des elektriſchen Fluidums beruhe. Seine Unterſuchung der Galvaniſchen Kettenglieder und ihrer relativen Lage gegen einander, von der allein das Gelingen oder Nichtgelingen des Experiments abhängt, (ſ. oben den ſechſten Abſchnitt) beſtätigte ihn darin. Demnach geſtand *) er im Jahr 1793, nach genauerer Prüfung aller Thatſachen mehrere zu finden, welche ſich auf eine von aufsen hinzu geleitete Elektricität nicht reduciren lieſsen und auf ein eigenthümliches unbekanntes, in der ſenſibeln Fiber angehäuftes Fluidum hin zu deuten ſchienen. „So eingeſchränkt, ſagt er ausdrücklich, „auch die Zahl jener Thatſachen iſt, ſo „wird ſie mir doch überzeugend und beweiſet für „eine thieriſche Elektricität.“ Bald darauf im Jahre 1794 glaubte er auch dieſe Annahmen in eine allgemeine Regel bringen zu können. Die feinen Verſuche, deren er in dem zweiten Briefe an Herrn Vaſſali gedenkt, und andere, welche ich während meines Aufenthalts in Italien im neuen Journal der Phyſik **) beſchrieben, überzeugten ihn von der Unumſtöſslichkeit ſeiner Theorie, und alle Ausſichten, die Lehre von den Nervenwirkungen durch die Phänomene des Galvanismus bereichert zu ſehen, ſchienen plötzlich zu verſchwinden.

Der Hauptſatz der Voltaiſchen Theorie iſt bisher ſo ausgedrückt worden, als würde das $\pm E$ aus den feuchten Organen durch die anliegenden Metalle ver-

*) *Philoſ. Transactions for the year* 1793. *P.* 1. *n.* 1. *p.* 42.

**) B. 2. H. 4. (1795) S. 472.

verdrängt und zurück geſtoſsen. Wer kann mit dieſen Worten einen beſtimmten Begriff verknüpfen? Ich theile Herrn Volta's Vorſtellungsart ſo mit, als ich ſie aus einem noch ungedruckten an Sir Joſeph Banks gerichteten Italiäniſchen Briefe (welchen er mir zu Como vorlas und mündlich erläuterte) aufgefaſst habe. — Alle feſte und flüſſige Stoffe unſeres Erdkörpers haben nach Verſchiedenheit ihrer Ziehkraft zur Elektricität mehr, oder weniger davon eingeſogen. Sie ſind daher alle in einem Zuſtande ſchwacher, aber ungleicher Ladung. Wenn ſie ſich berühren, ſtreben ſie ſich einander ins Gleichgewicht zu ſetzen, aber vor der Berührung iſt das $\pm E$ in dem einen mehr, in dem andern weniger angehäuft. Die feuchten andern Stoffe (Leiter der zweiten Claſſe) ſtrömen weniger E aus, als die Metalle (Leiter der erſten Claſſe) auch unter den heterogenen Metallen iſt ein Unterſchied der Stärke, doch wird derſelbe mehr in Vergleichung mit den Körpern der zweiten Claſſe bemerkbar. Die Ladungen der Metalle ſind, wenn man ſie mit ſich ſelbſt vergleicht, faſt gleich, wenigſtens wird ihre Differenz, wo ſie im Contact ſtehen, in der Theorie nicht beachtet. Wenn nur zwei Stoffe, einer der erſten und einer der zweiten Claſſe einander berühren, ſo kann keine freie Circulation des elektriſchen Fluidums Statt finden.

Wenn (Fig. 69.) der feuchte thieriſche Stoff a an dem homogenen Metalle b anliegt, ſo ſtrömt a aus beiden Enden $\pm E$ mit einer Kraft $= 2$ und b aus beiden Enden mit einer Kraft $= 5$ aus. Demnach iſt

kein Grund vorhanden, warum der Strom mehr so hin —> als so hin <— sich richten sollte. Bei *r* und *s* ist Gleichgewicht der Kräfte. Bei Berührung von mehr als zwei Stoffen der ersten und zweiten Classe wird das elektrische Fluidum gezwungen nach einer Seite zu circuliren. Stehen Fig. 70. drei Substanzen, Zink *b*, Silber *c* und ein feuchter Körper *a*, in kettenförmigem Contacte unter einander und strömt das Silber mit einer Kraft = 3, der Zink = 5, und *a* = 2 aus, so wird der elektrische Strohm von *a* nach *b* durch *c* hin, also so —> herum durchbrechen. Denn die beiden Metalle bei *t* halten sich (ohngefähr) das Gleichgewicht und ihre Differenz wird = 0 betrachtet, dem feuchten Körper stehen aber ungleiche Potenzen entgegen. Bei *v* wirkt das Silber mit einer Kraft = 3, bei *x* der Zink mit einer Kraft = 5. Also muss das circulirende Fluidum gegen *a*, *v*, *c*, *t* hin seinen Weg nehmen. Hätten wir empfindliche Elektrometer genug, um den schwächsten augenblicklichen Durchgang der *E* anzuzeigen, so würde uns der sinnliche Augenschein überführen, dass eine solche, durch gestöhrtes Gleichgewicht hervorgebrachte elektrische Strömung Statt findet, wenn man einen nassen Schwamm mit heterogenen Metallen armirt, die unter einander im Contacte stehen. Aber unsre Werkzeuge sind zu grob um in der todten Materie solche Veränderungen anzudeuten. Die beliebte thierische Faser ist das einzige feine Elektroskop, welches uns davon belehrt, liegt daher ein sensibles Organ, z. B. ein Froschschenkel, an der Stelle von *a*, so muss es

durch das Durchſtrömen der *E* zu einer Muskelbewegung gereizt werden.

Aus dieſen einfachen Sätzen erklärt Herr Volta die relative Folge der Kettenglieder, welche zur Erweckung galvaniſcher Erſcheinungen erforderlich iſt. Wenn ein Froſch, deſſen obere und untere Extremitäten nur noch durch die ſympathiſchen Nerven zuſammen hangen und in zwei Waſſergläſer eingetaucht ſind, durch einen homogenen ſilbernen Bogen gereizt wird, ſo bleibt die ganze Maſchine in Ruhe. Es iſt der Fall Fig. 69. Die Kräfte bei *r* und *s* ſtehen im Gleichgewichte. Wird (Fig. 71.) das eine Ende des Bogens *b*, mit Seife *c*, beſtrichen, ſo erfolgt augenblicklich Bewegung. Die Seife ſtöhrt das Gleichgewicht, da ſie eine Ladung hat, welche von der des Froſchkörpers verſchieden iſt. Der Kraft = 3, welche aus *b* ausſtrömt, ſteht nemlich auf einer Seite eine Kraft = 2, auf der andern eine = 1 entgegen. Folglich muſs der Strom durch *c* und *a* nach *b* hin durchbrechen. Werden hingegen beide Enden *b* mit Seife *c* und *d* (Fig. 72.) beſtrichen, ſo verkündigt die Theorie ſelbſt die Ruhe vorher, welche das Experiment wirklich beſtätigt. Denn bei *b* und *d*, *b* und *c*, *a* und *d*, und *a* und *c*, iſt ein vollkommenes Gleichgewicht der Kräfte. Es iſt in Fig. 72, ſo wenig als in Fig. 69. ein Grund vorhanden, warum die *E* mehr durch *d* und *a* nach *c*, als durch *c* und *a* nach *d* circuliren ſollte. Mit eben der Leichtigkeit iſt der Erfolg meines Hauchverſuchs (Nerv. *P. p. H. P.*) auf dieſe Hypotheſe zu reduciren. In der Kette Fig. 73. druckt *a* das ſenſible Organ, *b* und *b* Zink, *c* Silber

aus. Die Contraction erfolgt nicht eher, als bis die eine Fläche des einzigen heterogenen Metalls *c* mit einer verdampfenden Feuchtigkeit *d* benezt ist. Warum? weil ohne *d* alle Stoffe von gleichen Kräften balancirt sind und erst bei *d*, ein ungleicher Widerstand eintritt. Der Zink *b* setzt demselben eine Kraft = 5, das Silber eine = 3 entgegen, also muss der elektrische Strom von *b* aus durch *d*, *c* und *b*, nach *a* hin durchbrechen. Werden beide Flächen benetzt (Fig. 74.) so ist augenblicklich das allgemeine Gleichgewicht wieder hergestellt. Denn nun steht dem Strohm aus *b* durch *d*, ein gleicher aus *e* entgegen. Auch hatte ich wirklich, ehe ich noch mit der Voltaischen Vorstellungsart bekannt war, die Formel $\underbrace{\text{Nerv. } P. H. p. H. P.}$ bei minder lebhaften Individuen durch die Erfahrung bereits negativ befunden.

So sinnreich aber auch diese Theorie vom gestöhrten Gleichgewichte der *E* unter mehr als drei Stoffen an sich ist, so leicht sie sich auch auf viele von andern Physikern bekannt gemachte Erfahrungen anwenden lässt, so wird sie dennoch durch eine nicht minder grosse Anzahl von neueren Versuchen, welche ich seit zwei Jahren angestellt habe, vollkommen widerlegt. Alle theoretischen Sätze unserer Physik und Chemie beruhen auf Induction, oder analogischen Schlüssen. Sind die Thatsachen nicht vollständig gesammelt, so ist die Theorie selbst noch schwankend und eine einzige neue Erfahrung kann, wenn die Einfachheit der Bedingungen vor dem Irthume bewahrt, das ganze theoretische Lehrgebäude stürzen.

Ich könnte zuerſt beweiſen, daſs wenn ein Fluidum in der galvaniſchen Kette circulirt, es von dem elektriſchen weſentlich verſchieden ſeyn müſſe, da es von ganz anderen Stoffen als dieſes iſolirt wird. Dieſer Einwendung würde aber dadurch entgegnet, daſs man jene Identität ſelbſt aufgäbe, und ſich bloſs auf die nicht zu läugnende groſse Analogie beider Stoffe beriefe. Ich übergehe daher hier die Thatſachen, welche ſich auf die Natur des galvaniſchen Fluidums beziehen, und behalte mir vor, ſie am Ende des Abſchnitts einzeln vorzutragen. In unbezweifeltem Widerſpruche mit der Voltaiſchen Theorie ſtehen dagegen folgende Thatſachen:

1) Die Entdeckung, welche ich am 20ten Nov. 1794. gemacht (S. den dritten Abſchnitt Fig. 9. 10. 11. 12. und 13. 14.) beweiſet, daſs galvaniſche Erſcheinungen auch ohne alle kettenförmige Verbindung der wirkenden Stoffe eintreten. Wenn das Metall *M* den Nerven armirt und *M* ſelbſt, (oder ein, mit ihm in leitendem Zuſammenhange ſtehender, entfernter Körper) von einem andern Metalle *N* berührt wird, ſo wird der Nerv gereizt.

Bei ſehr lebhaften Individuen äuſsert ſich der Effect dieſes Reizes durch ſichtbare Muskelbewegung, bei minder erregbaren entgeht die Veränderung, welche die Organe erleiden, unſerer Wahrnehmung. Sind z.B. (Fig. 13.) die beiden Froſchſchenkel *a* und *b*, von ungleicher Reizempfänglichkeit, ſo wird nur der erregbarere zucken, wenn *M* von *N* berührt wird. Wo iſt hiebei (und beſonders nach dem zuſammengeſetzten Gegenverſuche (Fig. 12. *a*.) eine Circulation

des elektrifchen Fluidums, wie fie jene Theorie annimmt, denkbar?

2) Eben diefe Theorie widerftreitet nach Fig. 69. die Möglichkeit einer Contraction bei Berührung von zwei Stoffen. Ich erinnere an meine Verfuche mit homogenen Metallen, die im 3ten Abfchnitte umftändlich entwickelt find. Die fenfible und irritable Fiber (Fig. 16.) treten mit einer homogenen metallifchen Flüffigkeit in Contact, und es erfolgt die lebhafteftе Erfchütterung. Ich erinnere an den einfachen Fall Fig. 4. Man fchneide, bei lebhaften Individuen, ein Stück *x* vom Cruralnerven ab und fchiebe daffelbe mittels einer Glasröhre an feinen Cruralnerven und den Muskel, in welchen er inferirt ift, an. Bei der Berührung entfteht fogleich die Contraction des Schenkels. Hier find fchlechterdings nur zwei heterogene Stoffe, Nerv und Muskel, im Spiele. Eben fo in Fig. 2, wo *x*, y und *z*, alle drei Stücke homogenen Muskelfleifches find. Ja! ich habe gezeigt, dafs galvanifche Erfcheinungen erfolgen ohne alle Mitwirkung getrennter Stoffe, blofs indem man den rothen, gar nicht tendinöfen Lendenmuskel eines Frofches gegen den Ifchiadnerven zurückbeugt. Hier befteht die Kette aus blofs organifch verbundenen Theilen mit dem Ifchiadnerven und dem Lendenmuskel, zu dem er herab läuft.

3) Aber felbft noch gewöhnlichere leicht nachzuahmende Verfuche widerlegen die Hypothefe vom geftöhrten Gleichgewichte der Elektricität. Die Formel Nerv. *P. H. p.* ift, zum Beifpiel, bei den meiften, nur nicht ganz matten Thieren pofitiv. Wenig-

ſtens treten die Contractionen ſogleich ein, wenn man den Nerv mit oxygenirter Kochſalzſäure zu höherer Reizempfänglichkeit erhebt, oder erregbare Organe an die Stelle der unerregbaren legt. Eben dieſe Formel ſollte aber nach Herrn Volta's Theorie einen negativen Erfolg zeigen. Wenn in Fig. 1. (wie ich die Verſuche, der Einfachheit der Bedingungen wegen, mehrmals angeſtellt) *a* ein abgeſchnittenes Stück des Cruralnerven und der ſilberne Conductor in Berührung mit dem Cruralnerven ſelbſt iſt, ſo wird der Strom zu beiden Seiten von gleichen Kräften balancirt. Man werfe einen Blick auf Fig. 75. wo *e* den inſerirten Cruralnerven *a*, das getrennte Stück davon und *b* und *d* die Excitatoren bedeuten, und man überſieht mit einem Blicke, daſs die Wirbel-Hypotheſe einen Zuſtand der Ruhe gebietet, in welchen die Natur ſich nicht einzwängen läſst.

4) Eben ſo ſteht der Verſuch mit der doppelten Hauchbelegung im Widerſpruche mit jener Hypotheſe. Bei ſehr erregbaren Organen erfolgt eine Contraction, das heterogene Metall, welches zwiſchen zwei homogenen liegt, mag auf einer, oder auf beiden Flächen mit verdampfenden Flüſſigkeiten benetzt ſeyn. (ſ. oben im fünften Abſchnitt n. 10. Fig. 23.) Dieſer gleichmäſsige Erfolg bei ſo verſchiedener Dispoſition der Kettenglieder wäre aber unmöglich, wenn die Lehre vom Uebergewichte der ſtreitenden Ströme gegründet iſt. Man vergleiche die Conſtructionen in Fig. 73 und 74.

So glänzend demnach auch die Ausſichten waren, welche eine Erklärungsart gewährte, die faſt alles auf

eine Vernunfterkenntnifs durch Conftruction der Begriffe zu reduciren fchien, fo fehen wir uns dennoch genöthigt, diefelbe aufzugeben, da fie mit der jetzigen Mafse neuerer Erfahrungen keinesweges übereinftimmt. Die Naturwiffenfchaft ift, fo reich an halben Erklärungen, dafs es Gewinn genug ift, ihre Zahl zu vermindern. Was wird den Fortfchritten derfelben hinderlicher feyn, was legt dem Unterfuchungsgeifte ftärkere Feffeln an, als der einfchläfernde Wahn, vollendet zu haben, wo noch nicht die Hälfte des Wegs zurück gelegt ift?

Bei den Erklärungen phyfifcher Erfcheinungen kann man fich ein dreifaches Ziel des Beftrebens vorfetzen, von denen das eine entfernter, als das andere liegt. Der letzte Zweck jeder wiffenfchaftlichen Naturlehre ift der, die Begriffe von beftimmten Naturdingen zu conftruiren, oder ihre innere Möglichkeit durch Anwendung der Mathematik anfchaulich zu machen. Diefen Zweck hat Newton nur in Erklärung des Regenbogens, in der Lehre von der Gravitation der Himmelskörper, Sage und Prevoft in der Lehre vom Magnetismus, Mayer in der vom Wärmeftoffe, Coulomb einigermaafsen in der Theorie der elektrifchen Materie erreicht. Unendlich wenig Phänomene der äufseren Sinnenwelt find aber einer folchen Anwendung fähig und bei den meiften mufs man fich begnügen, fie auf allgemeine Erfahrungsgefetze, die weder ein Bewufstfeyn ihrer Nothwendigkeit bei fich führen, noch eine Darftellung a priori in der Anfchauung erlauben, fyftematifch zu reduciren. Auf diefem Puncte ftehen wir

z. B. in der Lehre von Zerſetzung der Stoffe durch wechſelſeitige Verwandſchaft, von Bildung der Säuren und Verkalkung der Metalle. Erſt, wenn es gelingen ſollte, chemiſche Wirkungen der Materie auf conſtruirbare Begriffe zurück zu führen und dynamiſch zu vollenden, was der tieffinnige Verfaſſer der Chymie mécanique atomiſtiſch begonnen hat, dann erſt dürfen wir hoffen, auch jene Lehren unter einen höhern Geſichtspunct ſtellen zu können, und ſie zu dem Grade apodiktiſcher Gewiſsheit zu erheben, zu welcher die Theorie der Gravitation ſeit einem Jahrhunderte gelangt iſt. Bis dahin bleiben wir bei empiriſchen Geſetzen ſtehen, „die einige „Unzufriedenheit*) zurücklaſſen, weil man von ihnen „keine Gründe a priori anzuführen im Stande iſt."

Leider können wir bei den meiſten Gegenſtänden unſerer naturhiſtoriſchen, oder phyſikaliſchen Erkenntniſs auch nicht einmal bis zu dieſen Geſetzen hinaufſteigen. Die Urſachen der Luftelektricität, des Steigens und Fallens des Barometers, die der Erdbeben und vulcaniſchen Exploſionen ſind nicht mit der Vollſtändigkeit darzuſtellen, als ſich die Gründe anführen laſſen, warum ein Gemenge von Mittelſalzen ſich gegenſeitig zerlegt. Bei jenen ſo verwickelten Erſcheinungen können wir nicht auf eine Übereinſtimmung mit allen anderen Erſcheinungen der Sinnenwelt, auf eine Einſicht in den einfachen Mechanismus treibender Kräfte rechnen, wir müſſen uns begnügen, wenn wir einige neuere

*) Metaphyſ. Anfangsgründe der Naturwiſſenſchaft, 1787. Vorrede.

Erfahrungen an einige frühere anpaſſen, wenn wir den cauſalen Zuſammenhang einiger Wirkungen einſehen, anderes ahnden lernen; ja wir müſſen, falls wir einmal eine ſcheinbar gültige allgemeine Erklärungsformel aufgefunden zu haben glauben, nie zu beobachten nachlaſſen, da die beſondere Naturwiſſenſchaft keine abſolute Vollſtändigkeit der Objecte kennt, und da in der unendlichen Mannigfaltigkeit von Anſchauungen, welche jede Erſcheinung darbietet, noch manche enthalten ſeyn kann, welche jene Erklärungsformel umſtöſst. Finden wir uns bis jetzt in den meteorologiſchen Speculationen genöthigt, auf Vereinfachung der Begriffe und vollſtändige Erklärungen Verzicht zu thun, ſo dürfen wir mit noch minder geſpannten Erwartungen uns dem Schauplatze organiſcher Kräfte nähern. Wir treten hier nicht nur in eine Sphäre, in der die feinſten, faſt jeder Wahrnehmung entgehenden Stoffe die gröſsten Wirkungen hervorbringen, in der es überall an älteren genauern Beobachtungen fehlt, an welche die neuen anzuknüpfen wären; ſondern wir ſehen auch in der eben ſo permanenten, als unbegreiflichen Einwirkung des Immateriellen auf die Körperwelt eine neue Schwierigkeit ſich erheben. Jahrhunderte werden vergehen, ehe die Phyſiologie belebter Geſchöpfe ſich auch nur des Lichtes wird freuen können, in welchem uns die Kräfte der todten Materie längſt ſchon erſchienen.

Ich habe meiner Widerlegung der Voltaſchen Theorie dieſe Betrachtungen folgen laſſen, um durch

dieſelben den Geſichtspunct feſtzuſtellen, aus welchem ich die letzte Hälfte dieſes Abſchnitts beurtheilt wiſſen möchte. Ich ſtehe im Begriff mich ſelbſt an die Erklärung des Metallreizes und ſeiner Wirkung auf die Muskelfaſer zu wagen. Ich maſse es mir nicht an, ſo verwickelte und zugleich auch ſo einfache *) Erſcheinungen auf ein Princip zurück führen zu wollen, welches die Lehre vom geſtöhrten Gleichgewichte der Elektricität erſetzen könnte, ſondern ich begnüge mich dieſelben mit andern Erfahrungen aus der Sinnenwelt zu vergleichen, auf ihre Übereinſtimmung aufmerkſam zu machen, und überhaupt den Weg zu zeigen, auf welchem (bei der jetzigen Lage unſrer Naturerkenntniſs) der Gewinn einer vollſtändigen Erklärung künftig zu erwarten ſeyn möchte. Philoſophiſche Naturforſcher, welche zu unterſcheiden wiſſen, was in einer rationalen, oder (auf Mathematik gegründeten) empiriſchen Naturlehre, und was in bloſs ſyſtematiſchen Künſten, wie Chemie und Phyſiologie ſind, zu erwarten ſteht, werden dieſen beſcheidneren Gang meiner Unterſuchung nicht miſsbilligen. Es iſt unſchädlicher, ſelbſt erweisbare Sätze als Vermuthungen darzuſtellen, als dieſe in das Gewand von jenen einzukleiden.

Das auffallendſte und wichtigſte, welches aus meinen Verſuchen (S. den zweyten Abſchnitt) zu folgen ſcheint, iſt der Schluſs, daſs der Stimulus in dem Galvaniſchen Phaenomene, in den erregbaren Organen ſelbſt liegt, und daſs

*) Man vergleiche den Hauchverſuch und den Fall Fig. 9.

die Metalle ſowohl, als andere Stoffe, welche bisweilen als Glieder der Galvaniſchen Kette auftreten, eine bloſse ſecondäre Rolle dabei ſpielen. Im Zuſtande erhöhter Reizempfänglichkeit erfolgen Contractionen, wenn Muskel und Nerv, (die noch organiſch mit einander verbunden ſind,) ohne Darzwischenkunft eines dritten Körpers, ſich leiſe berühren.*) Metalle, oder Kohlenſtoffhaltige Subſtanzen ſind nur dann nothwendige Bedingungen der Erſcheinungen, wenn die Erregbarkeit der Organe bereits gemindert iſt. Sie ſcheinen daher den Stimulus zu verſtärken, nicht aber ihn weſentlich zu begründen. Die verſchiedene Beſchaffenheit der Gasarten, welche die thieriſchen Theile berühren, wirken nur auf die Incitabilität derſelben. Das galvaniſche Experiment ſelbſt gelingt im kohlenſauren Gas, wie im Sauerſtoffgas, im luftdünnen Raume, wie im luftvollen. (S. den achten Abſchnitt.) Nur beim Oele habe ich bemerkt, daſs die Zuckungen länger dauern, wenn die Organe unter ſeiner Oberfläche, als wenn ſie im Waſſer, oder in freier Luft liegen. Hierbei finde ich den merkwürdigen Umſtand, daſs es nur auf die Lage der Organe ſelbſt, keinesweges aber auf andere Glieder der Kette ankömmt. Die lange Dauer der Contractionen iſt gleich auffallend, die Metalle mögen gröſstentheils auſserhalb dem Oele, oder gänzlich in daſſelbe ver-

*) Dieſer Verſuch widerſpricht ſelbſt der Pfaffiſchen Theorie, nach welcher der Stimulus zwar in den Metallen liegt, aber dieſem erſt durch die belebte reagirende thieriſche Materie entlockt werden kann. Pfaff. a. a. O. S. 384.

ſenkt ſeyn. Scheint daraus nicht zu folgen, daſs, falls hier Elektricität, oder wenigſtens ein derſelben verwandter Stoff im Spiele iſt, daſs dieſer, ſage ich, im Zuſtande der Ruhe in den Nerven und Muskeln ſelbſt angehäuft bleibt, und nur im Augenblicke der Reizung in Umtrieb geſetzt wird. Strömte derſelbe immer fort (wie die Voltaſche Theorie angiebt) durch die Metalle durch, ſo würde die Iſolirung der letztern eben ſo nöthig, als die der Organe ſelbſt ſeyn.

Was aus dem Nerven ausgeht, ſcheint reizend auf ihn zu wirken, wenn es in denselben zurückkehrt. Das iſt der allgemeinſte Ausdruck galvaniſcher Bedingungen, ein Ausdruck, welcher den einfachen Fall, wo man den Lendenmuskel gegen den Iſchiadnerven zurückbeugt, eben ſo gut, als den zuſammengeſetzten Fig. 33. unter ſich begreift. Wie, und wodurch dieſe Circulation erregt wird, halte ich für ein Problem, an deſſen vollſtändige Auflöſung ſich nur der wagen kann, der nicht die Mannigfaltigkeit der galvaniſchen Verſuche kennt, der nicht die Tafel vor Augen hat, welche ich im fünften Abſchnitte geliefert habe. Für einzelne Fälle iſt es leicht durch Annahme poſitiver und negativer Fluiden, oder durch das aufgehobene Gleichgewicht in der Vertheilung eines einzelnen, Erklärungsformeln zu finden. Das Experiment ohne Kette (Fig. 9—14.) z. B. ſcheint, wie mich ein groſser Phyſiolog erinnert, begreiflich, wenn man nicht (wie in der Voltaſchen Theorie) eine circulirende, ſondern eine oscilli-

rende, alſo ebenfalls in ſich rückkehrende Bewegung, annimmt. Man ſetze die Energie des Nerven = 6, die des Zinks = 16. Im Augenblicke des Contacts wird ihre Capacität ſich ändern, der Nerv wird von dem Zinke etwas empfangen, und das Gleichgewicht wird hergeſtellt ſeyn, wenn beide Stoffe die Kraft = 22 unter ſich vertheilen. Wird nun der Zink mit Holz, oder einer anderer iſolirende Subſtanz berührt, ſo entzieht ihm dieſe nichts, und die Anhäufung bleibt dieſelbe. Kaum aber tritt ein anderes Metall *N* mit *M* (Fig. 9.) in Contact, ſo wird daſſelbe entweder etwas an *M* abgeben, oder demselben von ſeiner Kraft rauben. *N* ſtöhrt alſo das Gleichgewicht von *M* und *P*. Die Summe ihrer Ladung wird nicht mehr = 22 bleiben, und dieſs Zu- oder Ausſtrömen in oder aus dem Nerven wird als Stimulus auf ihn wirken.

Dieſe Erklärung paſst aber nicht einmal auf den Fall, für den ſie erſonnen iſt. Bringt eine Veränderung der Capacität, oder vielmehr eine Vermehrung und Verminderung der, im Nerven angehäuften Kraft *y* eine Muskelcontraction hervor, ſo frägt es ſich, warum dieſelbe nicht ſchon erfolgt, indem der Zink *M* zum erſtenmal die Organe berührt? warum die zweyte Stöhrung durch den Contact von *M* und *N* erſt wirkſam iſt? Wenn *M* und *N* beides Zinkſtangen ſind (wie in meinen Verſuchen bisweilen der Fall war) ſo muſs die Anhäufung des unbekannten Stoffes *y*, durch das, vom Nerven ſo heterogene *M* doch wohl mehr als durch das, mit *M* homogene, *N* geſtöhrt werden! Ja man nehme ſelbſt an, da hier nicht

mit gereinigtem Queckſilber experimentirt *) wird, daſs zwei Zinkſtangen in Miſchung, Geſtalt und Temperatur verſchieden ſind, ſo wäre es doch ſehr kühn, *M* und *N* heterogener als *M* und den Nerven zu halten. Wo endlich bleibt der Begriff der Stöhrung, im Fall Fig. 3. wo der Leiter *a*, von dem Cruralnerven ſelbſt abgelöſt iſt? Ich berühre *t* mit einem Metalle, der Schenkel bleibt in Ruhe. Dieſe Ruhe verſchwindet, ſo bald *s* an *t* und *s* geſchoben wird. Die Ableitung durch ein Metall ſollte doch wohl wirkſamer ſeyn, als die Veränderung, welche ein mit *t* homogener thieriſcher Theil im Contacte mit andern thieriſchen Theilen hervorbringen kann?

Partielle Contractionen laſſen ſich auch aus den Begriffen von entgegengeſetzten Fluiden hernehmen. Man denke ſich einen Nerven, der von der Muskelfaſer durch eine dünne iſolirende Schicht getrennt iſt. Hat derſelbe eine poſitive Ladung, ſo wird er, durch Vertheilung, in dem Muskel, welcher in ſeinem Wirkungskreiſe liegt — *E* erwekken. Contraction, oder fibröſe Erſchütterung kann nur erfolgen, wenn entweder die Willenskraft ſo viel + *E* aus dem Hirne in den Nerven ableitet, bis die iſolirende Schicht durchbrochen wird und die Explosion, wie in einer überladenen Kleiſtiſchen Fla-

*) Mit Queckſilber hat der Verſuch ohne Kette noch nie geglückt. Wenn (F. 16.) bloſs der Nerv *m* eingetaucht war, ſo erfolgte nie eine Contraction, wenn neues Queckſilber zum alten gegoſſen ward. Sollte man einmal auf ſo erregbare Thiere ſtoſsen, daſs ſie auch dadurch gereizt würden, ſo ſteht zu vermuthen, daſs der bloſse Contact von *m* und *r* auch wirken würde.

ſche von ſelbſt erfolgt, oder wenn durch eine leitende Subſtanz *x* (Fig. 4.) das + *E* des Nerven mit dem — *E* des Muskels verbunden wird. Nach dieſer Vorſtellungsart wird das — *E* durch das + *E* erzeugt, nach dieſer bedarf es nur der Annahme einer *E*, nicht zweier, wie in der Theorie der Bologner Phyſiker. Aber die Verſuche Fig. 9-14 und die ältern, wo bloſs Nerven in zweien Puncten armirt werden (Fig. 8. *r*) ſtürzen leider! das neue Lehrgebäude über den Haufen. Nimmt man an, in den ſenſiblen und irritablen Organen ſey nur + oder — *E* angehäuft, das + *E* werde aber durch den Uebergang von einem thieriſchen Theile in ein Metall und von dieſem in ein heterogenes Metall in — *E* verwandelt, ſo erklärt ſich der gewöhnliche Verſuch Fig. 8. ſehr faſslich. Vom Nerven geht + *E* aus, im Zink wird es in — *E*, im Silber in + *E* und im Muskel in — *E* verwandelt. Es kehrt demnach als — *E* in die Organe zurück und erregt mit dem dort angehäuften + *E* eine Exploſion. Iſt *r* ſelbſt Zink, wie bei homogenen Armaturen, ſo erfolgt Ruhe. Denn das aus *t* ausſtrömende — *E* bleibt — *E* bei dem Uebergange in *s* und wird + *E* im Muskel. Es kehrt alſo gleichnamig in den Schenkel zurück. Ich habe lange in dem Wahne geſtanden, in dieſer Erklärungsformel etwas wahres aufgefunden zu haben. Fortgeſetzte Verſuche haben mich aber von meinem Irthume überzeugt. Ich erinnere bloſs an den Verſuch Fig. 1. der poſitiv iſt, der ſilberne Bogen mag unmittelbar das Muskelfleiſch *a* berühren, oder es mag ſie abermals ein Zinkplättchen

tren-

trennen, d. h. wenn ich die Reihen in Zeichen ausdrücke:

$$\underbrace{\text{Nerv. } P.\ H.\ p.}$$

oder

$$\underbrace{\text{Nerv. } P.\ H.\ P.\ p.}$$

Nach obiger Hypothese können aber beide Arten der Verkettung nicht gleiche Resultate geben. In der erstern folgt

$$\underbrace{+\,.\,-\,.\,+\,.\,-\,.\,+}\,.$$

in der letzteren

$$\underbrace{+\,.\,-\,.\,+\,.\,-\,.\,+\,.\,-}$$

auf einander. Hier also sind ungleichnamige, dort gleichnamige Elektricitäten.

Auffallend ist es, wie man in dem jetzigen Jahrzehend geneigt ist, alle physische Erscheinungen auf den Begriff der Polarität, oder entgegengesetzter Stoffe zu reduciren. Die neue Theorie vom männlichen und weiblichen Brennstoff ist ganz auf eine solche Reduction gegründet, und Herr Voigt*) erklärt den Galvanischen Versuch durch eine Paarung der männlichen und weiblichen Elektricität. Schade, dass wir uns bei solchen Vorstellungsarten auf eine Analogie beziehen, die ein nicht minder unerklärtes Factum involvirt! Wir wissen, dass $+E$ durch Vertheilung $-E$ erregt; wir wissen, dass ein schwarzes seidenes Band, gegen ein weisses gerieben, von diesem angezogen wird;

*) Versuch einer neuen Theorie des Feuers und der Verbrennung 1793. S. 361. eine Schrift, die wegen einiger wichtigen neuen Versuche, die sie enthält, weniger vernachlässiget zu werden verdiente.

durch welche chemiſche Modification aber ſich die poſitiv-elektriſche Materie von der negativen unterſcheidet, davon ahnden wir heute nicht mehr, als man zu Du Fay's und Watſon's Zeiten ahnden durfte. Der Grund, warum man dennoch in der Theorie von der Elektricität, von dem Magnetismus und ſelbſt in der Phyſiologie, ſo gern auf Begriffe der Polarität zurück geht, ſcheint mir in dem dunklen Streben zu liegen, qualitative Verhältniſſe auf quantitative zu reduciren, oder Mathematik auf chemiſche Wirkungen anzuwenden. Herr Lichtenberg hat durch Einführung der Zeichen $\pm E$ und $\pm M$ dieſe Anwendung glücklich zu Stande gebracht. Die verwickelten elektriſchen und magnetiſchen Aufgaben vereinfachen ſich jetzt, wie analytiſche Formeln, aber man vergiſst bei der Arbeit, daſs man mit unbekannten Gröſsen (x und y) zu thun hat!

Einige meiner Verſuche z. B. der Fig. 51. und 47. ſcheinen ſelbſt der Vorſtellung eines circulirenden Fluidums gänzlich zu widerſprechen. Dieſer Widerſpruch iſt aber (wie mich neuere Erfahrungen gelehrt) nur ſcheinbar. In Fig. 51. liegt n allerdings auſserhalb der Kette mps. Es fragt ſich alſo, wie ein in derſelben in Umlauf geſetzter Stoff ſeine Wirkung auf den Nerven ausdehnen könne? Ich habe in dieſer Hinſicht vergleichende elektriſche Verſuche angeſtellt und finde auch bei dieſen, wo die Circulation des $\pm E$ unbezweifelt iſt, Wirkungen auſserhalb der leitenden Kette. Die Hand empfindet freilich keinen Schlag, wenn ſie den Eiſendrath, welcher die äuſsere und innere Fläche der Kleiſtiſchen gela-

denen Flasche verbindet, irgendwo, mittels eines Metallstabes, berührt. Man nehme aber das feinste Elektroskop, welches wir kennen, (und welches nur ein wesentliches, wenn gleich oft zu ersetzendes Stück eines elektrischen Apparats zu seyn scheint) einen wohl präparirten Froschnerven, und lege diesen (Fig. 76.) dergestalt in die leitende Kette, dass der Theil *ab* selbst ein Kettenglied ausmacht, *b c d* aber sammt dem Schenkel aufserhalb dem Strome liegt. Man zerschneide darauf den Cruralnerven in *c* und entferne die beiden Enden *c* und *d* eine Linie weit von einander. So oft nun die *E* sich durch Entladung der Flasche ins Gleichgewicht setzt, erfolgt die Muskularcontraction des Schenkels. Ich habe diesen Versuch, der mir neu und nicht uninteressant zu seyn scheint, auch so wiederholt, dass das Nervenstück *ab* nicht selbst in der Kette lag, sondern (Fig. 77.) mit einem Metallstäbchen, *p*, in Berührung stand. Der Erfolg blieb derselbe. Wenn man beide Fälle Fig. 76. und 77. unpartheiisch prüft, so überzeugt man sich, dass hier nicht die Wirkung reizender Atmosphären eintritt, sondern dass sich die elektrische Erschütterung auch noch auf *p* und *abc* ausdehnt. So wie also in Fig. 77. der Nerv *a* aus dem Metalle *p* Elektricität empfängt, eben so kann auch Fig. 76. aus dem Nervenende *c* Elektricität nach *d* hin, ausströmen. Die Anwendung beider Erfahrungen auf Fig. 51. ist von selbst klar und bedarf keiner weitern Ausführung.

Ist im Zustande erhöhter Erregbarkeit der Organe die einfache Berührung des Muskels und Nervens zur Hervorbringung galvanischer Erscheinun-

gen hinlänglich, so entsteht die Frage, warum ist bei minderer Erregbarkeit die Zuleitung durch metallische Stoffe nothwendig, wie wirken diese letztern bei Verstärkung des Reizes? Wir bemerken bestimmte Grade, eine bestimmte Stufenfolge der Bedingungen, unter denen sich der Metallreiz bei sehr lebhaften, minder erregbaren und trägen Individuen wirksam zeigt. Wenn ich das, was ich an mehrern hundert Thieren beobachtet, auf ein einzelnes zurückführen darf, so würden den verschiedenen Epochen der Reizempfänglichkeit etwa folgende Verkettungen respondiren. Die Contraction erfolgt im erstern Grade: ohne Kette, Fig. 9—14; im zweiten Grade: indem sich die mit Muskelfleisch bewickelte Pincette dem Nerven aus der Ferne nahet, Fig. 65; im dritten Grade: indem man organisch verbundene Theile unmittelbar in Berührung setzt; im vierten Grade: bei Zuleitung durch thierische Theile, Fig. 2—5; im fünften Grade: durch ganz homogene Metalle, oder Kohlenstoffhaltige Substanzen, Fig. 16—17; im sechsten Grade: durch heterogene Metalle, welche sich nicht unmittelbar berühren, Fig. 1; im siebenten Grade: durch homogene Metalle, zwischen welchen ein heterogenes liegt, welches auf beiden Flächen mit verdampfenden Flüssigkeiten belegt ist; im achten Grade: durch eine Kette, mit welcher das sensible Organ nur mittelbar und nicht als Glied in Verbindung steht, Fig. 51; im neunten Grade: durch heterogene Metalle welche sich unmittelbar berühren, Fig. 8; im zehnten Grade: durch homogene Metalle und ein heterogenes, wel-

ches auf einer Fläche mit verdampfenden Stoffen belegt ist (Hauchversuch); im eilften Grade: durch auf einander Schlagen der heterogenen Metalle; im zwölften Grade: durch Verbindung der Nervenarmatur und des Muskels, nicht der Nervenarmatur und der Nerven; im dreizehnten Grade: wenn erst der Muskel und dann die Nervenarmatur berührt wird, d. h. wenn die Kette sich vom Muskel aus schliefst; im vierzehnten Grade: wenn das Nervenstück zwischen der Armatur und dem Muskel frei durch die Luft geht, und nicht der Muskel selbst an dem Metalle anliegt; im funfzehnten Grade: wenn man den matten Nerven auf seiner Armatur ausspannt, oder ihn in die Länge dehnt; im sechszehnten Grade: wenn der Schenkel aufgeschnitten und von dem silbernen Leiter ein entblöfster Nerv selbst berührt wird.

Wer sich viel mit den Erscheinungen des Galvanismus beschäftiget hat, wird, wie ich mir schmeichle, die Wahrheit jener Schilderung nicht verkennen. In den ersten vier Graden mag ich gefehlt haben. Künftige Beobachter werden vielleicht den zweiten zum ersten und diesen zum dritten machen. Die Natur der Versuche liefs hier bisher keine gröfsere Bestimmtheit zu. Wer aber ein Thier behandelt, welches auf dem vierten, oder fünften Grade der Reizempfänglichkeit steht, wird dasselbe in mehreren Stunden, mit abnehmender Lebenskraft die ganze beschriebene Scale durchlaufen sehen. Er wird sich davon überzeugen, wenn er zuletzt die Metalle erschütternd berühren, den Schenkelmuskel von der

Nervenarmatur entfernen, den Leiter auf den Muskel zuerſt auffetzen und endlich den Nerven anſpannen muſs, um den matten Organen noch eine ſchwache Contraction abzugewinnen.

Auf die chemiſche Natur der Excitatoren habe ich in jener Tafel gar keine Rückſicht genommen, weil dieſelbe von andern Phyſikern weitlauftig genug entwickelt iſt, und mir die hier geſchilderten Verhältniſſe weniger beobachtet und doch ungleich intereſſanter ſchienen. Soll je das groſse Problem des Galvanismus vollkommen gelöſet werden, ſo muſs dieſe Auflöſung zugleich den Grund enthalten, warum die Bedingungen der letztern Grade einen wirkſamern Reiz, als die der erſten hervor bringen. Liegt nun, wie ich erwieſen zu haben glaube, der wirkſame Stimulus in den erregbaren Organen ſelbſt, und iſt unmittelbare wechſelſeitige Berührung derſelben hinlänglich, um galvaniſche Erſcheinungen hervor zu locken, ſo können fremdartige Stoffe, welche die Leitung vom Nerv zum Nerv (oder Muskel) bilden, dem überſtrömenden Fluidum entweder Hinderniſſe in den Weg legen, oder daſſelbe frei durch laſſen. Ich vermuthe, daſs auf der Stärke dieſer Hinderniſſe das ganze Phänomen der ſogenannten Excitationskraft beruht. Wir ſehen, um an eine analoge Erſcheinung zu erinnern, daſs die elektriſche Materie ſtärker wirkt, wenn die Leitung durch Halbleiter unterbrochen iſt, als wenn ſie aus bloſs vollkommenen Leitern beſteht. Ich habe reines Schieſspulver durch eine geladene Kleiſtiſche Flaſche nicht eher entzünden können, als bis ich feuchtes Holz, oder

Kork mit demſelben in Berührung brachte und die ± *E* durch Eiſendrath und jene unvollkommene Leiter durchſchlagen lieſs. Eine naſſe Schnur ſoll dieſelben Dienſte verrichten *) und Herr D. Eimbke, dem wir trefliche Verſuche über den Phosphor verdanken, verſicherte mich, daſs eine einzelne Flaſche bei Verkalkung des Goldes wie eine kleine Batterie wirke, wenn die Verbindungskette durch Halbleiter unterbrochen iſt. Die zerſchmetternden Wirkungen, welche der Blitz bisweilen im menſchlichen Körper zurück läſst, ſcheinen mir ebenfalls auf dieſem Phänomene, auf ein Ueberfahren der *E* aus Knochen (als vollkommenen Leitern) in Muskelfleiſch (als Halbleiter) und nicht auf einem Ueberſpringen aus Endſpitzen zu beruhen. Sollte nun nicht die Stärke des galvaniſchen Fluidums (deſſen Analogie mit dem elektriſchen wir gleich umſtändlicher abhandeln wollen) auf ähnliche Weiſe bei ſeinem Durchgange durch leitende Stoffe modificirt werden? Sollte es nicht, indem es aus dem vollkommenen Leiter in den Halbleiter übergeht, in dieſem ſich ſo lange anhäufen, bis es das Hindernifs überwältigen und mit vermehrter Stärke **) durchbrechen kann? Dieſe Vermuthung würde ſchon a priori nicht unwahrſcheinlich ſeyn, wenn ſie auch nicht durch die vorbeſchriebene elektriſche Erfahrung unterſtützt würde.

Ich vermuthe, daſs das galvaniſche Fluidum, welches in den thieriſchen Theilen angehäuft iſt, leich-

*) Yelin's Naturlehre B. 1. S. 389. Voigt a. a. O. S. 314. Pfaff S. 355. in der Note.

**) Joh. Aldini *de animali electricitate* 1794. *p.* 40.

ter durch thierische Theile, als durch Metalle, leichter durch zwei homogene Metalle, als durch heterogene strömt. Je heterogener die Metalle selbst sind, desto stärker muss die Wirkung seyn, weil die Grösse der Wirkung in gleichem Verhältnisse mit den Hindernissen wächst. Aus diesem Gesetze lässt sich einigermassen erklären, warum, wenn die unmittelbare Berührung des Muskels und Nerven Fig. 6. oder das Zurückbeugen eines Nerven gegen sich selbst (Fig. 78.) keine Contraction erregt, dieselbe sogleich eintritt, wenn (Fig. 2—5.) thierische Stoffe die Kette zwischen dem irritablen und sensiblen Organe, oder zwischen zwei Puncten von diesem bilden. Was aus dem Nerven (Fig. 5.) bei *r* ausströmt, findet ein Hindernis, indem es durch *x*, *y* und *z* nach *s* zurück kehrt. Es häuft sich in der Kette an, bis es stark genug nach *s* durchzubrechen sucht. Wären hingegen *x*, *y* und *z* (Fig. 2. *y*, *z* und *x*) absolut vollkommene Leiter, und strömte das galvanische Fluidum ohne allen Aufenthalt frei durch sie durch, so würde keine Reizung erfolgen. Mit abnehmender Reizempfänglichkeit der Organe muss ein metallischer Bogen an die Stelle des thierischen Leiters *x* (Fig. 3.) gelegt werden. Die Kraft, welche das galvanische Fluidum (ich bezeichne es mit dem Buchstaben *G*) im Augenblicke des Durchbruchs in *s* ausübt, wird nemlich um so grösser seyn, je grösser das Hindernis ist, welches dasselbe im Leiter findet, je später diess Hindernis überwältigt wird und je grösser die Menge des in den Nerven rückkehrenden *G* ist. In der Zeit *T* häuft sich weniger von jenem Fluidum

an, als in der Zeit $n\ T$, und die Ladung der Organe wird im Moment des Durchbruchs im erftern Falle n mal kleiner, als im letztern feyn. Was nun von G den Organen entzogen wird, ift im Leiter angehäuft und die Differenz in der Gröfse der Wirkung ift um n Theile verfchieden.

Nach diefer Vorftellungsart bleibt der Werth von n veränderlich, wie die leitende Kette felbft, und es bedarf keiner fernern Erklärung, wie heterogene Metalle und zwar völlig ungleichartige (als Gold und Silber, Zink und Nickel) wirkfamer als homogene, oder gleichartigere (als Gold und Silber, Arfenik und Kobalt) find. Die fogenannte Excitationskraft diefer Stoffe fcheint mir nemlich allein auf dem Verhältnifse ihrer Aneinanderreihung, auf der Schwierigkeit zu beruhen, welche das galvanifche Fluidum findet, um von einem in den andern überzugehen. Auffallend fchien es z. B. dafs bei minderer Erregbarkeit der Fall Fig. 1. negativ ift und dafs der Erfolg fogleich pofitiv wird, fobald (wie Fig. 28.) noch ein Metall c unter dem Muskelfleifche liegt; oder fobald (wie Fig. 79.) die Metalle m und l fich irgendwo in der Mitte der Kette unmittelbar berühren. Die Leichtigkeit, mit welcher das Fluidum G vom Nerven durch einen homogenen metallifchen Bogen in den Muskel ftrömt *) (Fig. 16.) läfst mich vermuthen, dafs daffelbe weniger Hinderniffe bei feinem Uebergange aus einem Metalle in einen thierifchen Stoff, als aus einem Metalle in ein heterogenes findet. Kein Wun-

*) — eine Leichtigkeit, von der das Ausbleiben aller Contractionen fo oft die Folge ift.

der daher, dafs erft die Anhäufungen in *a*, *c* (Fig. 28.) und *l*, *m*, (Fig. 79.) dem Strome Kraft genug geben, die Organe zu ftimuliren.

Ich bin weit davon entfernt, diefe Theorie für eine vollftändige Erklärungsformel auszugeben; doch kann ich der Hoffnung nicht entfagen, dem Wefen des Galvanismus dadurch um einige Schritte näher gerückt zu feyn. Meine Vorftellungsart von einem in den Organen angehäuften Fluidum, von einer Verftärkung des Stroms durch Hindernifs ift von der, welche andere Phyfiker geäufsert haben, fo verfchieden, dafs fie den Einwendungen, welche jene treffen, gänzlich entgeht. Sie beruht auf der Analogie von Thatfachen, die eben fo einfach, als unzweideutig find. Dennoch glaube ich keinesweges das ganze Problem der Excitationskraft aufgelöfet zu haben. Verwickelte Erfcheinungen konnen mehr als eine Urfache haben, und es ift immer Gewinn genug, eine davon zu errathen.

Ich halte es für erwiefen, dafs in den erregbaren Organen, fo lange fie erregbar find, ein gewiffes Fluidum enhalten ift; ich glaube, dafs daffelbe im natürlichen Zuftande der Theile in dem Muskel und Nerven in ungleicher Menge angehäuft ift, fo dafs Muskel und Nerv gleichfam als ungleich geladen zu betrachten find. Diefe Ungleichheit ift bei der organifchen Verbindung der fenfiblen und irritablen Fafern fehr wohl denkbar, wenn man erwägt, dafs hier von belebten Theilen die Rede ift. In dem Nerven und Muskel geht nemlich eine continuirliche

Mifchung und Zerfetzung von Stoffen vor, und da diefer chemifche Lebensprocefs in jedem Organe anders modificirt ift, da das galvanifche Fluidum ein Hauptagens dabei zu feyn fcheint; fo folgt daraus von felbft, dafs in jedem Zeittheilchen eine mehr, oder minder ungleiche Vertheilung von G im Nerven und Muskel ftatt finden kann. Auf eine ähnliche Weife werden zwei fich berührende tropfbare Fluiden z. B. Oel und Waffer immerdar eine ungleiche Quantität freier Wärme am Thermofkop zeigen, wenn in beiden unaufhörliche Niederfchläge erfolgten, das heifst, wenn fich durch den Uebergang flüffiger Maffen zum feften Zuftande immer der Wärmeftoff in ihnen entbindet. Das Gleichgewicht kann nicht erfolgen, da beide Flüffigkeiten eigenthümliche Quellen von Wärmeftoff in fich enthalten. Wird die Spitze eines Nerven (Fig. 78.) mittels ifolirender Körper gegen fich felbft zurück gebogen, fo wird keine Reizung erfolgen, weil der Theil *ab* eine ähnliche Ladung, (das heifst, Anhäufung des Fluidums G) als der Theil *cd* hat.

Eben diefer Zuftand der Ruhe äufsert fich, wenn man den Bauch eines Frofches öffnet und den Schenkel gegen die entblöfsten, aber mit leitenden thierifchen Theilen umgebenen, in ihrer natürlichen Lage befindlichen Ifchiadnerven zurückbeugt. Durch diefes Zurückbeugen kann keine Reizung bewirkt werden. Ein Muskel tritt dadurch blofs mit einem Nerven in Contact, mit dem er fchon an dem Infertionspuncte organifch verbunden ift. Waren die natürlichen Ladungen beider Organe fo

verſchieden, daſs gewaltſame Entladungen daraus erfolgen könnten, ſo würden dieſelben ſich ſchon durch Contractionen äuſsern, wenn man die Maſchine ſich ſelbſt überlieſse, da die Inſertion des Nerven eine leitende Verbindung darbietet. Aus der vorhergegangenen Ruhe läſst ſich alſo ſchlieſsen, daſs auch das Zurückbeugen des Schenkels das Gleichgewicht nicht mehr, als die organiſche Verbindung ſtören kann.

Andere Verhältniſſe treten ein, wenn man die Iſchiadnerven ſo präparirt, daſs ſie frei durch die Luft gehen. Nun bringt das vorige Experiment ſogleich eine fibröſe Erſchütterung hervor. Denn wenn (Fig. 80.) in der belebten Nervenfaſer, *cab*, in dem frei präparirten Theile, *ab*, und dem in Muskelfleiſch eingehüllten, *ac*, in gleichen Zeiten gleiche Mengen von *G* organiſch abgeſondert werden, ſo muſs *ab* doch ſtärker geladen ſeyn, als *ca*. Jener Theil iſt nemlich durch Luft iſolirt, dieſer von leitenden Stoffen umgeben. In jenen bleibt das galvaniſche Fluidum angehäuft, dieſen wird es in jedem Augenblicke geraubt. In den erſten Minuten nach Entblöſsung der friſchen Nerven iſt alſo die Differenz der Ladung bei *b* und im Muskel ſehr verſchieden. Wird daher in dieſer Zeit der Schenkel gegen den Nerven zurück gebogen, ſo muſs eine Entladung folgen. Bleibt der Nerv länger entblöſst, ſo hört jene beträchtliche Differenz der Muskel- und Nervenladung auf. Der iſolirte und überladene Theil, *ab*, gibt nemlich nach und nach von ſeinem *G* an *ac* und an den Muskel *ab*, und geſchieht der Verſuch

ſpäter, ſo kann demnach keine Reizung erfolgen. Mit dieſer Theorie ſtimmt die Erfahrung vollkommen überein. Je entfernter das entblöſste und iſolirte Nervenſtück, *ab*, von dem Muskel iſt, der gegen ihn zurück gebeugt werden ſoll, deſto ſpäter wird das Gleichgewicht durch die organiſche Verbindung hergeſtellt werden können, deſto längere Zeit beſteht alſo auch die groſse Differenz zwiſchen der Muskel- und Nervenladung. Hierin ſcheint mir der Grund zu liegen, warum der Verſuch (Fig. 6.) der Contact eines Muskels mit dem nächſten Theile ſeiner Nerven noch nie, wie der Verſuch mit dem Iſchiadnerven geglückt iſt. Ruht der Nerve auf einer untergelegten Zinkplatte, ſo bringt das Zurückbeugen abermals keine fibröſe Erſchütterung hervor. Warum? Weil der Zink *G* ableitet und die erforderliche Differenz der Ladung nicht eintritt.

Dieſe Vorſtellungsart, auf welche die einfachſte Erfahrung gleichſam von ſelbſt hinführt, eröffnet der Nerven-Phyſiologie und Pathologie ein neues Feld der Unterſuchung. Statt daſs die Voltaſche die thieriſchen Organe als todte Maſse (wie feuchte Schwammſtücke, oder Bindfaden) betrachtet, ſo ſchildert uns jene die Erſcheinungen des Galvanismus als eigentliche Wirkungen der Vitalität. Sie zeigt uns die Möglichkeit, wie die Willenskraft durch eben das Medium Muskelbewegung hervor bringt, durch welches der Metallreiz wirkt. Geht nehmlich gleichzeitig mit der Idee des Willens, in der thieriſchen Maſchine ein Proceſs vor, durch welchen entweder

im Bewegungs-Nerven ſelbſt mehr Fluidum *G* abgeſondert, oder in denſelben aus dem Hirne geleitet wird; ſo wird der inſerirte Muskel durch Mittheilung davon empfangen und ſeine Contraction wird mehr, oder minder heftig ſeyn, je nachdem das Maaſs mehr, oder minder überſchritten wird. Dauert die Abſonderung im Nerven (oder Hirne) wie bei anhaltendem Drucke fort, ſo wird die Annäherung der Elemente, oder die Verkürzung der Längenfaſer (die Turgescenz) permanent ſeyn. Strömt hingegen nicht anhaltend neues *G* aus dem Nerven in den Muskel, ſo wird das empfangene *G* wieder gebunden (oder verflüchtigt) und die Elemente treten wieder aus einander, das heiſst, die Fiber erſchlafft.

Das Phänomen der Turgescenz (oder der Verkürzung der Längenfaſer) läſst ſich als Folge einer chemiſchen Miſchungsveränderung, als Folge einer ſich ungehindert äuſsernden Attractionskraft betrachten. Ich werde am Schluſſe dieſes Werks eine groſse Anzahl chemiſcher Verſuche erzählen, welche dieſen Satz zu begründen ſcheinen. Hier iſt es genug, ihn nur mit wenigen Worten anzudeuten. Die verſchiedenen Elemente der Muskelfiber (Phosphor, Kalkerde, Bittererde, Kohlenſtoff, Azote, Hydrogen und Oxygen) haben wie alle irdiſche Subſtanzen, eine Neigung, ſich inniger mit einander zu verbinden, oder näher an einander zu rücken. Da jedes Element eine beſondere Ziehkraft nicht nur gegen ein gleichartiges, ſondern auch gegen ungleichartige äuſſert; da ferner dieſe Kraft durch räumliche Entfernung der Theile und durch Mitwirkung des Wärme-

ſtoffs, der Elektricität, vielleicht auch des Lichtſtoffs modificiret wird; ſo entſteht daraus eine Summe von zuſammengeſetzten Kräften, die ſich gegenſeitig beſchränken und von deren Selbſtbeſchränkung der jedesmalige ſchlaffere, oder verkürztere (härtere) Zuſtand der Muskelfaſer abhängt. So oft alſo eine Miſchungsveränderung in derſelben vorgeht, ſey es, daſs alte Stoffe abgeſchieden werden, welche der Ziehkraft anderer entgegen wirkten, oder daſs neue anneigende Stoffe ſich zu miſchen; ſo müſſen die Elemente näher aneinander rücken und die Längenfaſer muſs ſich verkürzen. Wer mit den chemiſchen Veränderungen in der unorganiſchen Natur nur einigermaſsen bekannt iſt, wird ſich an hundert analoge Fälle erinnern. Wir ſehen chemiſche Affinitäten nur bei einer beſtimmten Beimiſchung von Kohlenſäure, nur unter einer beſtimmten Temperatur (Anhäufung des Wärmeſtoffs) wirken. Wie viel mannigfaltiger müſſen die Bedingungen ſeyn, welche bei den zuſammengeſetzten, geſpannten Affinitätsverhältniſſen der thieriſchen Materie eintreten!

Da viele Erfahrungen lehren, daſs durch Muskelbewegung Oxygen abgeſchieden und latent gemacht, oder das Blut entſäuert wird, und da das galvaniſche Fluidum das Hauptagens bei der Muskelbewegung iſt; ſo vermuthe ich, einen ähnlichen Zuſammenhang zwiſchen jenem Fluidum und dem Sauerſtoffe, als zwiſchen dem letzteren und der Elektricität. Ich vermuthe, daſs durch Zumiſchung von *G* die Verbindung des Hydrogens und Azo-

tes *) mit dem Oxygen befördert wird, und dafs diese Elemente der Fiber dadurch näher aneinander rükken, etwa wie der elektrische Funke luftförmig ausgedehnte, von einander entfernte Substanzen Sauerstoff und Stickstoff, oder Sauerstoff und Wasserstoff in tropfbare Salpetersäure und tropfbares Wasser zusammen drängt. Die Verkürzung der Fiber kann indefs nur momentan seyn, da die oxydirten Elemente, welche durch das galvanische Fluidum sich genähert haben, organisch abgeschieden werden und ihre Stelle durch neues Oxygen, Azote und Hydrogen ersetzt wird. Auf jede Contraction folgt daher Erschlaffung.

Nach dieser Vorstellungsart wird Stärke und Schwäche der fibrösen Erschütterung mannigfach modificirt. Je gröfser die Menge der Stoffe x und z ist, welche durch Beimischung von G ihren Aggregatzustand ändern, desto stärker wird die plötzliche Contraction seyn. Da in der Muskelfaser so gut, als in der Nervenfaser, aber in geringerer Quantität, G abgesondert, oder hervorgebracht wird, so gehen, auch ohne Einwirkung der Nerven, in den Muskeln, von selbst jene Veränderungen des Aggregatzustandes von x und z vor. Sie geschehen allmälig, und sind zu unbeträchtlich, um Contractionen zu

*) Ich hätte statt des Hydrogens und Azotes eben so gut den Kohlenstoff, oder Phosphor, oder alle diese Substanzen zugleich nennen können. Ich rede an mehreren Stellen dieses Abschnitts nur deshalb bestimmt, weil unter der beständigen Enumeration möglicher Fälle die Deutlichkeit und der Zusammenhang leidet.

zu erregen. Sie beſtimmen bloſs den perpetuirlicheren Zuſtand der Härte und Weiche, der Conſiſtenz, den Ton der Fiber, der bei verſchiedenen Individuen ſo verſchieden iſt. Setzen wir nun die Menge von G, welche aus dem Nerven plötzlich in den Muskel ſtrömt, als eine beſtändige Gröſse = r, ſo wird dieſs r eine ſtärkere Muskelbewegung erregen, wenn es viel, eine ſchwächere, wenn es wenig noch unverbundenes y und z einer Muskel antrift. Hieraus wird erklärbar, wie die Abnahme von G im Muskel eben ſo wichtige Folgen nach ſich ziehen kann, als die abſolute Zunahme von G im Nerven oder Hirne.

Die Urſachen einer krankhaften Muskelbewegung ſind demnach ſehr complicirt. Bei unwillkührlichen krampfhaften Zuſammenziehungen kann der Grund im Muskel, oder im Nerven, oder in beiden zugleich liegen. Wird nemlich in dem krankhaften Nerven auf einmal (ohne reſpondirende Idee in der Seele) zu viel G abgeſondert, ſo ſtrömt es von ſelbſt in die Muskelfaſer, und erregt eine Erſchütterung. Iſt in der Miſchung der Muskelfaſer eine ſolche Veränderung vorgegangen, daſs in derſelben von Zeit zu Zeit weniger G als gewöhnlich, abgeſchieden wird, ſo muſs eine Entladung aus dem Nerven erfolgen, falls in ſolchen Momenten die Differenz des Fluidums in beiden Organen beträchtlich z.B. $\triangleright q$ iſt. Endlich können auch, in gewiſſen pathologiſchen Fällen, die Elemente der Längenfaſer ſelbſt durch Zumiſchung anneigender Stoffe ihre Affinitätsverhältniſſe ſo abändern, daſs die An-

näherung ſchon bei einer Anhäufung von G (Temperatur) kleiner, als y, etwa $> \frac{q}{n}$ vor ſich geht. Bei der ſchrecklichen Kinderkrankheit *), einer Art der Chorea, bei welcher der Patient keinen Theil ſeines Leibes in Ruhe laſſen kann, mögen mehrere dieſer Urſachen zugleich wirken. Auch zeigt ſich hiebei recht deutlich die Exiſtenz jenes regſamen, bei ſeiner ſchnellen Anhäufung ſo furchtbaren Fluidums G. Werden dem Kinde die Beine feſt zuſammengebunden, ſo nehmen die Bewegungen der Arme und die Verzerrungen der Geſichtsmuskeln zu. Da die Contractionen gehindert ſind, ſo wird das Fluidum nicht verzehrt, oder latent gemacht; es ſtrömt alſo in andere Theile, und erregt dort oft ſchmerzhafte Reizungen. Von der Gefühlſchwäche, welche nach der willkührlichen Muskelbewegung ſowohl, als nach den krampfhaften Entladungen zurückbleibt, rede ich hier nicht, da ich unten darauf zurückkomme. Muskelschwäche und gehinderte Muskelbewegung kann auf ähnliche Art in dem krampfhaften Zuſtande des ſenſiblen, oder irritablen Organs gegründet ſeyn. Der Nerve (oder das Hirn) kann entweder nicht die gehörige Menge von G abſondern, um die Temperatur $> q$ zu erreichen, oder die Elemente der Fiber können ſo modificirt ſeyn, daſs ſie eine weit höhere unerreichbare Temperatur z. B. eine $> q^n$ verlangen, um ihrer Anziehungskraft

*) Hufeland's Bemerkungen über Kinderkrankheiten, S. 62. Schäffer in der Salzburg. med. chirurg. Zeitung 1793. Beilage zu Nro. 92. Pfündel im Journal der praktiſchen Heilkunde B. 2. St. 2. S. 243. und beſonders 252.

gegenseitig zu folgen, oder der Muskel kann endlich selbst so viel G absondern, dass der Nerv die Differenz $\triangleright q$ nicht erreichen, und daher kein unverbundenes y und z antreffen kann. Der letztere Fall mag oft bei gelähmten und dabei nicht nur schlaffen, sondern sogar entzündeten harten Muskeln statt finden. Wie einseitig würde man die Natur thierischer Kräfte beurtheilen, wenn man solche pathologische Zustände einer einfachen Sthenie und Asthenie der Nerven zuschreiben wollte! Doch, ich kehre zu meinen Erklärungen des Galvanismus zurück.

Wird ein metallischer Bogen *v* (Fig. 7.) an zwei Puncte eines entblössten Nerven *r* und *s* angeschoben, so werden die metallischen Theile dieses Bogens eine Anziehung gegen das im Nerven angehäufte Fluidum G ausüben. Das Fluidum wird, dieser Ziehkraft folgend, bei *r* und *s* austreten, um in *v* einzudringen. Diesem Eindringen stellen sich Hindernisse in den Weg, die Theile des Bogens um *v*, welche noch nicht vom G durchdrungen sind, fahren fort, auf das Fluidum, aus der Entfernung zu wirken, dasselbe häuft sich demnach in *m* und *n*, wie vor einem Damme, an. Durch diese Anhäufung würde nicht nur das Nervenstück *r t s*, sondern auch der inserirte Muskel *l* in einen Zustand des Mangels, in einen Zustand — G gesetzt werden, wenn die vitalen Actionen nicht diesen Mangel augenblicklich wieder ersetzten. Geschieht nun an einem Puncte *n*, oder *m* (wo zufällig das Hindernifs am überwindlichsten ist,) der Durchbruch des Stromes, so kehrt das im Bogen angehäufte + G in den Nerven und

Muskel zurück. Dadurch werden beide Organe auf einmal wieder erhalten, was ſie verloren. Wird aber dadurch die abſolute Anhäufung von G im Muskel, das Maaſs, über welches nur der Aggregatzuſtand der Elemente x z merklich ſich ändert, überſchritten? Allerdings, denn während der Anhäufung des Fluidums im Bogen, geht die vitale Abſonderung deſſelben in den Organen fort, und nach dem Durchbruch (wenn man die durchbrechende Menge $= r$ ſetzt) wird die Temperatur der Organe nicht mehr $= q$, ſondern $= q + r$ ſeyn.

Auf eine ähnliche Weiſe läſst ſich die Möglichkeit des Verſuchs Fig. 9. oder der Reizung ohne Kette einſehen. Das Galvaniſche Fluidum ſtrömt mit ziemlicher Leichtigkeit aus dem Nerven in das eine*) Metall M, mit Schwierigkeit aus einem Metalle in ein anderes, nicht ganz homogenes ein. Nach dem Contacte von M und N zieht N neues G an. Dieſes G wird dem Nerven durch den Muskel, dieſem aber durch die organiſche Abſonderung erſetzt. Bei t entſteht eine Anhäufung von G, weil das Fluidum ein Hinderniſs findet, aus einem Metalle in das andere einzuſtrömen. Da die Maſſe von N (man erinnere ſich an die Analogie der Gravitation,) fortfährt, aus der Entfernung auf das in M befindliche

*) Ich ſage mit Vorbedacht, mit ziemlicher Leichtigkeit; denn ſelbſt ein ſehr geringes Hinderniſs kann eine Anhäufung veranlaſſen, die ſtark genug ſeyn kann, wirkſam zu reizen. Daher iſt es ſehr denkbar, daſs die oben angegebenen Verſuche, in denen der Nerv allein eine Quecksilberfläche berührt, nur einmal wirkſam angeſtellt werden.

G zu wirken, ſo muſs ſich dieſes in höherem Maaſse in *t*, in minderem in *M* vermehren. Geſchieht nun der Durchbruch, ſo wird das in *t* angehäufte Fluidum hinlänglich ſeyn, um *N* gleichſam zu ſättigen; das in *M* angehäufte ſtrömt, von keiner Kraft mehr gezogen, in den Nerven, und aus dieſem in den Muskel zurück, wo es die Temperatur *q* vermehrt.

Hat *G* einmal ſeinen Weg durch den Bogen *m r n* (Fig. 7.) gebahnt, ſo ſtrömt es ohne Hindernifs durch denſelben durch, ſo lange die einzelnen Theile des Fluidums ſich aufeinander folgen. Es können demnach, ſo lange die Kette geſchloſſen iſt, keine Reizungen erfolgen. Wird aber die eine Seite des Bogens *n* vom Nerven entfernt, und zum zweitenmale an *s* herangebracht, ſo wird ein neues Hindernifs im Ueberſtrömen aus dem Metalle in den Nerven bei *s*, und durch dieſes eine neue Muskelerſchütterung veranlaſst werden. Eben ſo bleibt der Schenkel (Fig. 9.) in Ruhe, bis auf *N* ein neues Metall *o* aufgeſetzt wird. Denn *M* und *N* waren nun einmal von *G* durchdrungen, und erſt das noch undurchdrungene Metall *o*, welches ſich mit *G* zu ſättigen ſtrebt, kann einen plötzlichen Durchbruch nach *O*, und ein Zurückſtrömen in *P* veranlaſſen. Wird aber, wenn die Kette geſchloſſen, und der Schenkel in Ruhe iſt, ein anderes dem Muskelleiter homogenes Metall zwiſchen die Nervenarmatur *n* und dem Muskel geſchoben, ſo wird jene Ruhe nicht unterbrochen. Das Fluidum findet nemlich keinen Widerſtand, um von dem neuen Leiter durch die, ſchon mit *G* durchdrungene Nervenarmatur zu

ſtrömen. — Wird die geſchloſſene Kette geöffnet, und (Fig. 7.) der Leiter *n* vom Nerven entfernt, ſo entſteht bei der Entfernung bisweilen eine Contraction. Sobald ſich nemlich eine dünne Luftſchicht zwiſchen *n* und *s* drängt, ſo ſtrömt aus der Spitze etwas *G* aus, und dieſs *G* wird vom Nerven aufgenommen. Vergleiche den Verſuch Fig. 65.

Warum nach dieſer Vorſtellungsart von Verſtärkung durch Hinderniſs, mit abnehmender Lebenskraft, Metalle, ſtatt thieriſcher Theile, heterogene, ſtatt homogener gebraucht werden müſſen, habe ich ſchon oben erläutert. Nur der Hauchverſuch und die mit ihm zuſammenhängenden Verſuche werden hier noch eine beſondere Aufmerkſamkeit verdienen. Die Ketten:

1) Nerv. *P. p. P.* oder Nerv. *P. p. P. p. P.*
2) Nerv. *P. H. p. H. P.* und
3) Nerv. *P. H. P.*

ſind bei geringer Reizempfänglichkeit der Theile negativ, dagegen erfolgen Muskelerſchütterungen in den Ketten:

4) Nerv. *P. H. p. P.* und
5) Nerv. *P. p. P. p.*

Die Urſachen dieſer Phänomene ſcheinen mir folgende zu ſeyn. In *n* 2 und 3 iſt das Hinderniſs, welches die Kette dem Fluidum entgegenſetzt, ſehr geringe, da es nicht unmittelbar zwiſchen heterogenen Metallen circulirt, ſondern von einem Metalle in thieriſche Theile mit Leichtigkeit übergeht. In

n 4 und 5 wird das Durchſtrömen genugſam gehindert, und die Anhäufung vor dem Durchbruche wird groſs genug ſeyn, um auch bei der ſchwächſten Erregbarkeit noch Muskelbewegungen zu erwecken. In der Kette *n* 1 kommen zwar ebenſalls, wie in *n* 5, aneinander gränzende heterogene Metalle vor; aber in den homogenen Metallen *P P*, welche an den Organen anliegen, ſcheint mir der Grund zu liegen, warum in *n* 1 die Zeit der Anhäufung kürzer, oder das Hinderniſs geringer, als in *n* 5 ſeyn muſs. Im letztern wird das Fluidum nicht mit gleicher Leichtigkeit aus dem Nerven durch *p* nach *P*, als durch *P* nach *p* ſtrömen. Je ſpäter der Strom von *p* her, dem von *P* kommenden entgegenwirket, deſto länger wird die zwiſchen beiden liegende Maſſe von *G* undurchdrungen bleiben, oder deſto länger wird ſie ihre Ziehkraft in der Entfernung ausüben. Rückt aber in *n* 1 der Strom von beiden Seiten der Kette faſt mit gleicher Schnelligkeit gegen die Mitte zu, ſo wird, da dann alle Theile der Leitung ſchneller von *G* durchdrungen werden, die Anhäufung von *G* weit geringer, ja bei minderer Erregbarkeit der Organe zu gering ſeyn, um eine Contraction des Muskels hervorzubringen. Die Annahme, daſs ein Fluidum leichter von einem Stoffe *p* nach *P*, als von *P* nach *p* gelangen kann, iſt nicht bloſs hypothetiſch, ſondern auf Analogie gegründet. Indem ich über die Modification experimentirte, welche die Elektricität bei ihrem Durchgange durch verſchiedene Leiter erleidet, führte mich ein Zufall auf folgende Erfahrung. Die Blätt-

chen eines Bennetschen Elektroskops entfernen sich gleich weit von einander, man mag das $\pm E$ erst durch Zink, und dann durch Silber, oder umgekehrt, hineinleiten. Wie irrig würde man deshalb auf Gleichheit der elektrischen Wirkung schliefsen. Man bediene sich eines feinern Elektroskops, der freien Zungenwärzchen, und lasse die E aus dem Conductor durch beide Metalle, so in dieselbe einströmen, dafs einmal der Zink und einmal das Silber die Zunge unmittelbar berührt, so wird man die erste Reizung ungleich stärker als die letzte empfinden! — Noch mufs ich erläuteren, warum die so ähnlichen Ketten:

$\underbrace{\text{Nerv. } P.\, p.\, P.}$ und $\underbrace{\text{Nerv. } P.\, H.\, p.\, P.}$

ungleich wirken. Auch hier ergiebt sich der Grund aus der einfachen Idee der Leitung. In der erstern Kette übt der mittlere Theil des Bogens p nach beiden Seiten gleiche Ziehkraft aus, weil Metall an Metall gränzt. In der zweiten Kette wird die Ziehkraft auf der einen Fläche durch H gemindert. Der eine Strom rückt also langsamer, als der andere an; der eine kommt dem andern weniger zu Hülfe, der mittlere Theil des Bogens bleibt länger undurchdrungen, und das gröfsere Hindernifs mufs die gröfsere Explosion veranlassen.

Aus diesen Betrachtungen über die Wirkung fremdartiger (leitender und halbleitender) Stoffe auf das galvanische Fluidum folgt: dafs die Contractionen erfolgen, wenn auch (Fig. 7.) der Strom von s und der von r zu gleicher Zeit durchbrechen, und

dafs das Strömen so <— oder so —> hin, hier gar keine nothwendige Bedingung ift. Gefchähe nemlich der Durchbruch von beiden Seiten zugleich und hielten fich die beiden Ströme in *v* auch wirklich das Gleichgewicht, fo mufs doch eine Muskelbewegung erfolgen. Denn da das, einmal von *G* durchdrungene Metall aufhört aus der Entfernung zu wirken, fo wird das vor dem Durchbruche bei *m* und *n* angehäufte *G* gröfstentheils in den Nerven zurückftrömen und die Temperatur *y* vermehren. Nach welcher Seite hin aber diefs Zurückftrömen gefchieht, ift ganz gleichgültig. Genug dafs die Quantität *y* überfliegen wird. — Um endlich der Einwendung zu begegnen, dafs alles im Leiter angehäufte *G* auch nachmals zu feiner Sättigung in ihm gebunden bleibe, werfe man einen Blick auf Fig. 81. Wenn das Fluidum bereits von *m* bis *o* und von *n* bis *p* vorgerückt und bei *o* und *p* angehäuft ift, fo fährt der mittlere undurchdrungene Theil *ovp* fort, feine Ziehkraft nicht blofs auf *o* und *p* fondern auch bis *q* und *r* und *m* und *n* auszuüben. Ein Magnet wird in *v* zu gleicher Zeit auf Eifen in *q* wirken, wenn ihm auch noch fo viel magnetifche Nadeln in *o* nahe find. Ein mit + *E* geladener Conductor wird negativ geladene Körper in *q* und *m* anziehen, wenn ihm auch ähnliche in *o* näher find. Gefchieht nun endlich der Durchbruch des Fluidums *G*, fo wird der Theil *ovp* von *G* durchdrungen. Zu diefer Durchdringung braucht nur ein kleiner Theil von dem, in *o* und *p* angehäuften verwandt zu werden. Die Ziehkraft, welche *ovp* in feinem vorigen Zuftande ausübte, fällt nun weg und alles in *o*, *q*, *m*, *p*,

r und *n* überſchüſſige *G* kehrt in den Nerven zurück *).

Wenn ich den verſchiedenen Erfolg der Ketten Nerv. *P. p. P.* und Nerv. *P. p. P. p.* durch den Unterſchied erkläre, daſs in der erſteren der eine Strom dem andern früher, als in der zweiten entgegen kommt, ſo ſtütze ich mich hierbei, auſser der Wahrſcheinlichkeit, welche in der Sache ſelbſt liegt, auch noch auf einen beſondern Verſuch. Iſt in der zweiten Kette *P* und *p* wirklich ungleich, *p* aber ein noch beſſerer Leiter als *P*, ſo wird die Contraction eben ſo gut, als in der erſten Kette, ausbleiben. Man ſetze z. B. für *P* und *p* Silber und Gold, ſo erfolgt Ruhe. Die Leitungskraft dieſer beiden Metalle iſt, wie andere Verſuche lehren, ſich entweder ſehr gleich, oder (da ein einfacher homogener Bogen von Gold früher aufhört zu wirken, als ein ſilberner) Gold iſt wahrſcheinlich ein noch vollkommenerer Leiter als Silber. In dem erſtern Falle ſind die Ketten Nerv. *P. p. P.* und Nerv. *P. p. P. p.* identiſch; in dem zweiten rücket der Strom, welcher vom Golde herkommt, dem andern noch früher und weiter entgegen, als wenn *P* und *p* homogen wären. Der Durchbruch muſs alſo noch früher erfolgen und die Reizung noch ſchwächer, als in der erſten Verket-

*) Sollen die Verſuche mit der Kleiſtiſchen Flaſche eben ſo genau zergliedert werden, ſo bedeute *np* und *mo* vollkommene Leiter, *po* aber einen Halbleiter, die + *E* wird nun auf einmal bis *p*, die — *E* bis *o* gelangen. Der Durchbruch durch *o p* ſelbſt iſt ebenfalls Folge einer *actio in diſtans*, deren Möglichkeit metaphyſiſch erwieſen iſt. Vergl. Kant's Anfangsgründe der Naturw. S. 59.

tung seyn. Dass es bei diesem Entgegenrücken der Ströme gar nicht auf die absolute Länge der Leitungen ankommt, bedarf keiner Erinnerung. Eine gröfsere Masse wird einen längern Weg vorlegen, aber auch eine gröfsere Ziehkraft ausüben.

Ich habe im vorigen darauf aufmerksam gemacht, dafs wenn (Fig. 7.) der Strom von beiden Seiten *n* und *m* zugleich nach *v* hin durchbricht, alles überschüssige *G* auch von beiden Seiten wiederum in den Nerven zurück fliefsen würde. Ist hingegen das eine Ende des Bogens, z. B. *n*, ein besserer Leiter als *m*, und ist, wenn der Durchbruch geschieht, der Strom von *n* aus bereits weiter, als der von *m* her vorgerückt, so ist es denkbar, dafs der erstere vom letzteren überwältigt wird und dafs nun das überschüssige *G* nur von einer Seite her zurückkehrt. Im ersteren Falle wird also alles *G* in einen Punct der erregbaren Organe concentrirt, im zweiten wird es auf zwei Puncte vertheilt. Liegen diese beiden Puncte nahe neben einander, so wird die Wirkung, wie bei einem seyn, weil alles empfangene *G* sich so schnell concentriret. Je entfernter aber die Puncte sind, desto schwächer wird sich die Reizung zeigen. Durch diese Betrachtungen erklärt sich einigermaafsen der schöne Versuch des Herrn Volta, bei welchem die beiden Frosch-Extremitäten in zwei Weingläsern liegen und der silberne Bogen, an beiden Enden, bald mit einer Säure, bald mit zwei verschiedenen bestrichen wird. Sind (Fig. 82.) die Säuren *m* und *n* völlig gleich, so wird der Durchbruch zugleich ge-

ſchehen, das galvaniſche Fluidum, welches ſich in *v* gleichſam begegnet, oder ſtauet, wird zu beiden Seiten, nach *m* und *n*, in die Organe zurück flieſsen. Dieſe Quantität von *G*, welche aus *m* ausſtrömt, ſey $= x$, die aus $n = z$. Die Temperatur der untern Extremität nimmt alſo bei dieſem Verſuche nur um *z* zu. Iſt der Bogen *v* hingegen in zwei verſchiedene Säuren *m* und *n* getaucht, ſo überwindet der Strom von einer Seite zuerſt das Hinderniſs; der durch *m* früher durchbrechende reiſst den, von *n* her kommenden mit ſich fort, und nun empfängt die untere Extremität nicht mehr *z*, ſondern $z + x$. Aus dieſem plötzlichen Eindringen einer gröſsern Menge von *G* wird die ſtärkere Reizung ſehr erklärbar. Ja dieſelbe würde gleich ſtark bleiben, wenn bei der beſchriebenen Vorrichtung die zwei Einſtrömungspuncte auch noch ſo nahe an einander lägen. Jede Extremität iſt nemlich in Waſſer getaucht und bei gleichen Stoffen *m* und *n* würde von dem *z*, welches der Nerv empfangen hätte, unter ſolcher Ableitung, ſchwerlich viel nach den organiſch verbundenen Theilen im andern Glaſe übergegangen ſeyn.

Die Frage, ob im natürlichen Zuſtande der Muskel mehr galvaniſches Fluidum als der Nerv enthalte, ſcheint nicht allgemein beantwortet werden zu können, da es ihr an Beſtimmtheit fehlt. In dem Augenblicke, da die Willenskraft eine Muskelbewegung hervor bringt, halte ich die Ladung der Nerven für ſtärker, da denn mehr *G* in denſelben erzeugt oder aus dem Hirne in ihn geleitet wird. Iſt aber die Entladung (ſey es willkührliche, oder krampfhafte)

geſchehen, ſo hört jene ſtarke Anhäufung auf. Wird ein Theil der Nerven frei heraus präparirt, ſo daſs er von der Luft, einem iſolirenden Medium, berührt wird, *) ſo nimmt die Ladung dieſes Theils wieder zu, weil (Fig 80.) in *a b* und *c a* gleichviel *G* durch den Vitalitätsproceſs abgeſondert, aber in *a b* weniger abgeleitet wird. Dieſes Uebergewicht der Ladung im Nerven erhält ſich auch in der Folge. Zwar bleibt es nicht ſo groſs, als es in den erſten Minuten nach der Entblöſsung war, weil die Nervenfaſer nach und nach durch ihre organiſche Verbindung von ihrem *G* an den Muskel abgiebt. Das völlige Gleichgewicht wird aber nie hergeſtellt, da die Iſolation in jedem Augenblicke zu wirken fortfährt, und ſich dagegen der Muskel gar noch in einem perpetuirlichen Zuſtande der Verdampfung befindet. Dieſer Unterſchied der Ladung äuſsert ſich ſehr auffallend bei Schlieſsung der Kette. Fängt man dieſelbe (Fig. 84. und 83.) vom Muskel zu ſchlieſsen an, ſo iſt die Contraction heftiger, als wenn Fig. 85. das Silber *N* erſt die Nervenarmatur *M* und dann den Schenkel berührt. In den erſten beiden Fällen geſchieht nemlich der Durchbruch vom ſchwächer geladenen Muskel her, alſo dauert die Anhäufung länger, und der Effect iſt gröſser, als im letzten Falle, wo der ſtärkere Strom ſchneller durchbricht. Wegen Relation der Begriffe von Kraft und Hinderniſs kann man die Kraft als gleich, und die Hinderniſſe als verſchieden betrachten.

*) Auch der elektriſche Zitterfiſch wirkt viermal ſtärker in der Luft, als im Waſſer.

Aus der ungleichen Ladung des Muskels und Nerven wird auch erklärbar, warum es nicht gleichgültig für den Effect ist, wie *P* und *p* an den Organen vertheilt sind, ob Silber, oder Zink in der Kette Nerv. *P*. *p*. am Muskel anliegt. Strömt nemlich das galvanische Fluidum leichter in ein Metall, als in ein anderes, leichter in *P* als *p* ein, so muss das Hindernis und also auch die Reizung grösser seyn, wenn *p* und nicht *P* dem aus dem Nerven strömenden schwächern *G* entgegen steht.

Die verschiedene Masse der Leitung modificirt ebenfalls die Stärke der Contractionen. Länge des Bogens, oder Breite desselben, wo er die Organe nicht berührt, sind gleichgültige Bedingungen. Die längere Kette wird zwar mehr *G* anhäufen, weil der undurchdrungene mittlere Theil desto grösser bleibt und desto stärker zieht. Die Zeit, in der die Anhäufung geschieht, wird aber auch um so kürzer seyn, da auf einem Puncte um so mehr *G* concentrirt wird, und daher der Durchbruch desto schneller geschieht. Die Quantität *G*, welche zur Sättigung des metallischen Bogens gehört, oder welche nach geschehenem Durchbruche in ihm verweilt, ist nemlich unveränderlich, nicht aber die, welche das gegebene Hindernis überwältigt, Eine kleinere Kraft kann, vortheilhaft angewandt, eine Wirkung thun, welche die einer grössern übertrift. Die Hindernisse, (Fig. 81.) welche in *q* und *o* sind, werden z. B. schwerer überwunden werden, wenn die getheilten Kräfte *y* und *z* gegen *q* und *o* pressen, als wenn auch nur ihre halbe

Summe $\frac{1}{2}$ $(y + z)$ auf q allein wirkt. Es ist sehr denkbar, dass bei dem plötzlichen Durchbruch durch q dann auch o nachgiebt.

Wenn die grössere Masse, oder Fläche des Leiters, wie Fig. 81. und Fig. 89. an dem Muskel selbst anliegt, so treten ganz andere Verhältnisse ein. Angenommen auch, dass in Fig. 81. 86. 87. und 89. der Durchbruch zu gleichen Zeiten, und bei gleicher Anhäufung von G im Bogen geschieht, so muss die Reizung in den beiden letzten Fällen doch stärker, als in den beiden ersten seyn. Hier strömt nemlich nach dem Durchbruch das Fluidum durch mehr Berührungspuncte, also auf einmal in grösserer Menge, in den Muskel zurück, als in Fig. 81, wo es die Rückkehr durch weniger Puncte nimmt. Im letztern empfängt z. B. der Muskel im ersten Momente nach Ueberwindung des Hindernisses nur eine Quantität $\frac{z}{n}$, wenn er in Fig. 89. und 87. eine Quantität z empfängt. Eine plötzlich erhöhte Temperatur muss eine stärkere Veränderung nach sich ziehen, als eine allmählig erhöhte. Ja nimmt man auf den Verlust x Rücksicht, welchen die Leitung selbst durch Verdunstung auf der Oberfläche leidet, so ist einzusehen, dass, wenn auch in jedem von n Momenten ein Quantum $= \frac{z}{n}$ einströmt, dasselbe doch nie die Grösse z, sondern $z - x$ betragen wird. Das x wächst aber mit der Feinheit der Spitze m, (Fig. 81.) welche die Schnelligkeit der Rückkehr von G modificirt. Die Erfahrung bestätigt auch hier die Theorie; denn bei mat-

ten Individuen ist die Breite der Muskelarmatur den Contractionen sehr günstig. Die Gröfse der Nervenarmatur wirkt unmerklicher, denn da der Durchbruch in Fig. 89. und 88. wo in der ersteren die gröfsere Fläche gegen den Muskel, in der letztern gegen den Nerven gerichtet ist, der Durchbruch von g her, oder durch den stärkern Strom aus dem Nerven geschieht, so ist leicht einzusehen, dafs es nicht gleichgültig ist, an welchem Ende des Bogens die breite Berührungsfläche liegt.

Der Umstand, dafs Schlagen der Metalle, oder Erschütterung derselben den Effect bei mattern Individuen befördert, scheint ebenfalls mit dieser Theorie vereinbar. Mechanische Schwingung der Theile kann leicht dem Fluidum ein neues Hindernifs, sie zu durchströmen, setzen. Dieses Hindernifs kann selbst chemische Ursachen haben; denn wir sehen den Wärmestoff, den magnetischen und elektrischen Stoff durch Erschütterung frei werden!

Da endlich während der Anhäufung des Galvanischen Fluidums im Leiter die belebten Nerv- und Muskelfasern fortfahren, diese ihre eigenthümliche thierische Flüssigkeit organisch abzusondern, so folgt hieraus unmittelbar, dafs dieses Secretionsvermögen desto häufiger in Thätigkeit gesetzt werden mufs, je öfter der Galvanische Versuch angestellt, oder durch Galvanische Leiter die belebte Materie gleichsam ausgepumpt wird. Kein Wunder daher, dafs bei dieser unnatürlichen Anstrengung die galvanisirten Froschschenkel früher als andere gleich präparirte in Fäulnifs übergehen.

Ich

Ich wiederhole am Schlufse diefer Erklärungen die Hauptfätze diefer Theorie, welche auf einfachen statifchen Begriffen von Anziehung, Stofs, Hindernifs, Gefchwindigkeit und Kraft beruht und fich von andern Vorftellungsarten auch dadurch unterfcheidet, dafs fie die Möglichkeit zeigt, wie einerlei Verkettungen bald pofitive, bald negative Refultate geben können.

1) Der Zuftand der Muskelfafer, in Hinficht auf Erfchlaffung, oder Verkürzung, wird durch die Ziehkraft, Affinität, beftimmt, welche die Elemente der Fafer gegen einander äufsern.

2) Jede Mifchungsveränderung, welche in den Organen vorgeht, modificirt diefe Ziehkraft. Eine plötzlich eintretende Modification derfelben bringt die Erfcheinung der Contraction hervor.

3) In der belebten Nerven- und Muskelfafer wird ein Fluidum abgefondert, welches, da beide Fafern organifch mit einander verbunden find, aus jener in diefe überftrömen kann.

4) Diefs plötzliche Ueberftrömen bei ungleicher Anhäufung verändert die Ziehkraft der Elemente, und ift eine Haupturfach fibröfer Erfchütterung.

5) Bei der willkührlichen Muskelbewegung fcheint gleichzeitig mit der Idee des Willens die organifche Abfonderung jenes Fluidums im Hirne, oder Nerven, plötzlich vermehrt zu werden und eine Entladung, oder ein plötzliches Ueberftrömen in den Muskel zu veranlaffen.

6) Wird ein Nerv so frei heraus präparirt, dass er von einem isolirenden Medium, Luft, umgeben ist, so wird seine Ladung dadurch vermehrt und ihre Differenz von der des Muskels kann = y seyn. Nach einiger Zeit nimmt diess y ab, weil der Nerv in den Muskel inserirt ist und sich allmälig mit ihm ins Gleichgewicht zu setzen strebt.

7) Wird daher vor der Abnahme von y, ehe das Gleichgewicht wieder hergestellt ist, der Muskel mit dem Nerven in Contact gebracht, so muss eine Contraction erfolgen, und sie wird um so heftiger seyn, je entfernter der Muskel vom Nerven liegt.

8) Macht man eine leitende Verbindung von einem Puncte des Nerven zu dem andern, so wird das galvanische Fluidum, vom Leiter angezogen, durchzuströmen sich bestreben; da es aber Hindernisse zu überwältigen findet, sich anhäufen. Während dieser Anhäufung fährt die Lebenskraft fort, in dem Organe neues G abzusondern. Wenn demnach der Durchbruch geschieht und das angehäufte G zurückströmt, so muss dadurch plötzliche Ueberladung und Contraction entstehen.

9) Je grösser die Hindernisse sind und je später der Durchbruch geschieht, desto wirksamer muss derselbe seyn. Das galvanische Fluidum scheint leicht in thierische Stoffe, schwerer in metallische, am schwersten aus einem Metalle in ein heterogenes überzuströmen. Sollen demnach

bei minderer Reizempfänglichkeit die Muskelbewegungen eben so lebhaft, als bei höherer eintreten; so müssen die leitenden Kettenglieder so disponirt seyn, dass die Hindernisse für den Durchbruch des Fluidums zunehmen.

10) Da jede Verbindungskette an zwei Puncten mit den Organen communiciret, so entstehen zwei Strome in entgegengesetzter Richtung. Sind dieselben völlig, oder ziemlich gleich, so ist der Effect der Reizung schwächer, weil ein Strom dem andern entgegeneilt, das Metall früher durchdrungen wird, und der Durchbruch früher eintritt.

11) Ist der eine Strom um vieles schwächer, als der andere, so wird er nicht blos diesem langsamer zur Unterstützung voreilen, und dadurch den Effect mehren, sondern er wird auch, wenn endlich der verspätete Durchbruch geschieht, von jenen mit fortgerissen werden, wodurch die Reizung mehr auf einen Punct concentrirt wird.

12) Alle diese angegebenen mechanischen Verhältnisse schliessen die Coexistenz anderer mitwirkender, chemischer Ursachen nicht aus; es ist mir vielmehr höchst wahrscheinlich, dass diese, z.B. die eigenthümliche elektrische Ladung der Metalle, ihre Temperatur, ihr Einfluss auf die Verdampfung und selbst auf Zersetzung tropfbarer Flüssigkeiten, die Hindernisse modificiren, welche das galvanische Fluidum zu einem gewaltsamen Durchbruch veranlassen.

Wer mit dem Zuſtande der Chemie und Phyſik gründlich bekannt iſt, wird ſich nicht wundern, wenn die Theorie bei ſo wenigen Datis Lücken übrig läſst, welche erſt durch die künftigen Fortſchritte unſerer Erkenntniſs in mehreren Wiſſenſchaften ausgefüllt werden können. Ich ſchmeichle mir daher, daſs die Vorſtellungsart, auf welche ich ſo verwickelte Erſcheinungen zu reduciren geſucht habe, ſtatt den Wahn der Vollendung zu verbreiten und durch dieſen von neueren Unterſuchungen abzumahnen, vielmehr zu denſelben hinleiten und die groſse Bahn, welche noch zu durchlaufen vor uns liegt, in hellerem Lichte darſtellen ſoll.

Um die Aufmerkſamkeit auf die bisher entwickelten Gegenſtände nicht noch mehr zu theilen, habe ich mich bisher des Ausdrucks: Galvaniſches Fluidum, bedient, ohne etwas über ſeine Natur und ſeine Verhältniſſe zu andern längſt bekannten Stoffen zu beſtimmen. Jetzt iſt es Zeit, auch dieſe zu unterſuchen. Die Frage, ob die Erſcheinungen des Metallreizes überhaupt auf ein überſtrömendes, ſich zumiſchendes, durchbrechendes Fluidum hindeuten, oder ob dieſelben nicht Kräften, die aus der Ferne wirken, durchdringenden Kräften (im Gegenſatz der Flächenkräfte) zugeſchrieben werden können, würde zwar die Exiſtenz jenes Problems ſelbſt untergraben. Sie gehört aber zu den ſkeptiſchen Fragen, deren apodiktiſche Beantwortung der Phyſik bisher unmöglich war, zu den Aufgaben, ob Licht und Wärme, Stoffe oder Wirkungen der Be-

wegung ſind. Ich kenne die metaphyſiſchen Schwierigkeiten, in welche man ſich bei Annahme ſo vieler Arten von Materie verwickelt; ich kenne die Frage, welcher Stoff den Wärmeſtoff ausdehnt, wenn man den Zuſtand der Flüſſigkeit und Starrheit nicht den eigenthümlichen Attractions- und Repulſionskräften der Materie zuſchreibt, ja dem Wärmeſtoffe allein eine Expanſivkraft, der Luft eine bloſs abgeleitete nicht urſprüngliche Elaſticität (willkührlich) beilegt; ich bin überzeugt, daſs unſere ſogenannte Heterogeneität der Elemente nur auf einem verſchiedenen Zuſtand einer und derſelben Materie beruht: aber ich glaube, daſs bis jetzt die Naturwiſſenſchaft dabei gewinnt, wenn man, wo man chemiſche Miſchungsveränderungen vorgehen ſieht, auf den Beitritt eigener Materien ſchlieſst.

Wenn die glänzende Epoche je eintreten ſollte, in welcher chemiſche Wirkungen auf dynamiſche Geſetze und die ſpecifiſche Verſchiedenheit der Materien, auf die Verſchiedenheit in der Verbindung der urſprünglichen Kräfte der Zurückſtoſsung und Anziehung, zurückgebracht werden; ſo wird es dem künftigen Reformator leicht ſeyn, auf einmal aufzuklären, was jetzt im einzelnen nur neues Dunkel erzeugen würde. So lange reden wir von Magnet- Licht- und Wärmeſtoff, wie der Analytiker mit unbekannten Gröſsen rechnet. Nur müſſen wir uns erinnern, daſs die Exiſtenz jener Stoffe nicht wie die des ponderablen Bleis und Zinnes erwieſen iſt, und daſs es vielleicht eben ſo wenig einen Lichtſtoff, als einen Schallſtoff giebt. Nur müſſen wir uns hüten, wo dynami-

ſche Klarheit längſt herrſcht, wie in der Newtonianiſchen Lehre von der Gravitation, Schritte zurück zu thun und über die Möglichkeit eines Schwerſtoffs zu ſtreiten, eben als könne eine Materie ohne Gravität, oder urſprüngliche Elaſticität gedacht *) werden.

Die Frage alſo: ob bei den galvaniſchen Erſcheinungen ein Fluidum überſtrömt? ob die Veränderung, welche im Augenblicke der Contraction im Muskel vorgeht, einer Miſchungsveränderung zuzuſchreiben iſt? kann hier eben ſo wenig beantwortet werden, als die: ob bei der Ausdehnung eines erwärmten Metalls Wärmeſtoff ſich den metalliſchen Theilen beimiſcht? oder ob nicht vielmehr die Wärme die Anziehungskraft der Materie ſo mindert, daſs die urſprüngliche Elaſticität derſelben, ihre eigenthümliche Zurückſtoſsungskraft, dadurch wirkſamer wird? Wenn wir neue Erfahrungen mit ältern vergleichen und das, was ihnen Gemeinſames zukommt, heraus heben wollen, ſo müſſen wir die neuern nicht in einen Geſichtspunct ſtellen, aus dem wir die ältern noch nie betrachteten. Dynamiſch würde ich die Erſcheinungen des Galvanismus betrachten, wenn ich der Materie des Nerven eine durchdringende Kraft zuſchriebe, welche durch die metalliſche Leitung dergeſtalt auf die entfernte Muskelfaſer wirke, daſs die urſprüngliche Expanſivkraft derſelben gemin-

*) Vergl. Met. Anfangsgründe der Naturwiſſenſchaft S. 71. (auch S. 94. und 100.) und dagegen Gren's Journal der Phyſik Band VII. und Langsdorf's neue Schrift vom Wärmeſtoff.

dert würde. Diefe Verminderung würde der urfprünglichen Anziehungskraft der Muskularfubftanz das Uebergewicht geben, und das Refultat diefes aufgehobenen Gleichgewichts wäre der Zuftand der Contraction. Sollte diefe dynamifche Erklärung nur einigermafsen vollftändig feyn, fo müfste fie zugleich Gründe angeben, wie die Anlegung von Metallen jene Veränderung der Expanfivkraft plötzlich veranlaffen, wie die Materie der Nerven anders durch Metalle, anders durch feuchte thierifche Subftanzen wirken, wie diefe Wirkung nur auf eine fo kurze Dauer eingefchränkt feyn kann. Diefe Gründe nun dürfen nicht die Annahme fpecifik verfchiedener Materien vorausfetzen, fie müffen wieder auf die einfache Störung ziehender und treibender Kräfte hindeuten. Wer wird es wagen, bei der dermaligen Lage unfrer phyfikalifchen Erkenntnifs, folchen Forderungen ein Genüge zu leiften! Dem vorfichtigen Naturforfcher ift es genug, den Weg kenntlich zu machen, der noch unbetreten neben dem feinigen herläuft und der mit diefem zu einem Ziele *) führt!

*) Ich fage mit Bedacht zu einem Ziele, denn wenn gleich in meiner oben entwickelten Theorie von einem eigenen überftrömenden Fluidum die Rede ift, fo bezeichnet das Wort: Galvanifcher Stoff, doch nichts mehr, als die unbekannte Urfache der Erfcheinung. Gefetzt alfo, es giebt weder einen elektrifchen, noch einen magnetifchen, noch einen galvanifchen, noch einen Licht- und Wärme-erzeugenden Stoff, fo behält jene Theorie, da fie auf conftruirbaren Begriffen beruht, doch ihren Sinn. Wäre z. B. das *agens* bei dem galvanifchen Experimente eine beftimmte Schwingung der ponderablen Materie, fo ift es fehr denkbar, dafs diefe Schwingung durch andere Körper fortgepflanzt, oder gehemmt, ja durch

Auch haben, ohne jenen ſpeculativen Streitpunct zu berühren, alle Phyſiker, welche bisher über die Urſachen des Metallreizes theoretiſirten, die Nothwendigkeit gefühlt, ſeine Wirkungen einem überſtrömenden, ſich mittheilenden Stoffe zuzuſchreiben. Nur in der Beſtimmung der Natur jenes Stoffs ſind ſie bisher ſehr uneinig geweſen. Galvani, Valli, Aldini, Volta, Vaſſali, Corradori und Darwin hielten ihn mit dem elektriſchen Fluidum identiſch; Fowler, Cavallo und Creve ſuchten dieſe Identität zu widerlegen. So wenig die Gründe, welche die letztern, beſonders Herr Creve, anführt, mich überzeugen, ſo wenig kann ich an das Daſeyn eines elektriſchen Stoffes glauben. Da es in der Phyſik, wie in der Naturbeſchreibung *) unendlich wichtig iſt, Subſtanzen ſo lange durch verſchie-

temporäre Hemmung an Intenſität der ſtoſsenden Kraft vermehrt wird. Was oben von Leitung der Kettenglieder, von Verſtärkung des Stroms durch Hinderniſs geſagt iſt, läſst ſich daher leicht phoronomiſch überſetzen. Auch die Frage, ob Galvanismus und Elektricität identiſch ſind, behält ihren Sinn wenn auch keine eigenen materiellen Subſtrata in den galvaniſchen und elektriſchen Erſcheinungen wirken. Es iſt denkbar, daſs eine Art der ſchwingenden Bewegung x, den Eindruck des Lichts, eine andere y, den Eindruck der Wärme, eine dritte z, (die aus beiden Bewegungen zuſammengeſetzt iſt) die gleichzeitigen Wirkungen des Lichts und der Wärme (Elektricität?) hervorbringt. Wie niederſchlagend wäre in der That auch die Betrachtung, daſs alle bisherigen Speculationen über Capacität und Leitungskraft der Körper für den Wärmeſtoff entbehrlich würden, ſobald erwieſen werden könnte, daſs Erwärmung ohne den Beitritt einer eigenen Materie geſchähe!

*) Schrank's Bairiſche Flora, B. I. S. 38.

dene Benennungen zu unterſcheiden, bis ihre Gleichartigkeit apodiktiſch erwieſen iſt, ſo bediente ich mich bisher des Ausdrucks: Galvaniſches Fluidum. Der vielleicht ſich empfehlendere Name: Nervenfluidum, würde zu dem Miſsverſtändniſſe Anlaſs gegeben haben, als wäre jene thieriſche Flüſsigkeit der ſenſiblen Fiber allein eigen. Zu dieſer Annahme ſind wir aber durch keine Erfahrung berechtigt, und ich halte es für einen Vorzug der Theorie, welche ich oben aufgeſtellt, daſs ſie auf die Exiſtenz eines Stoffs hinweiſt, der dem Nerven ſowohl, als dem Muskel eigenthümlich iſt, und durch ſeine plötzliche Anhäufung fibröſe Erſchütterungen und Empfindungen zugleich erregen kann. Jene Theorie läſst es dazu noch unentſchieden, welcher Natur die überſtrömende Flüſsigkeit iſt, ja ſie bleibt, in ſofern ſie auf conſtruirbaren Begriffen beruht, gleich feſt gegründet, der circulirende Stoff mag dem Wärmeſtoffe, oder dem Lichtſtoffe, oder dem Oxygen, oder dem Azote, oder der Elektricität verwandt ſeyn.

Um das nicht zu wiederholen, was der Fleiſs anderer Schriftſteller bereits über dieſen Gegenſtand geſammlet hat, *) zähle ich bloſs die Gründe auf, welche mir für die wahrſcheinliche Identität des galvaniſchen und elektriſchen Fluidums zu ſprechen ſcheinen. Ich kann ſie nur auf vier reduciren.

*) Aldini l. c. p. 2. 38. 41. Gren's Journal B. 7. S. 69. und B. 8. S. 310. Pfaff a. a. O. S. 200. 306 — 324. 370. 374 und 390.

1) Bei heftigen Muskelbewegungen zeigt der thierische Körper deutliche Spuren freier Elektricität. Ich erinnere bloſs an die Beiſpiele der Madame de Seval, der Lady Baltimore, des Carlo Gonzaga, Herzogs von Mantua, und des Theodorichs (des Vaters des Viſigothiſchen Königs,) welcher im Gehen Feuer ſprühte. *) Bei ſenſibler Schwäche, welche durch Anſtrengung im Denken entſteht, beim Kopfweh z. B. ſtrömen die Haare bisweilen E aus. Sie ſträuben ſich und ſinken, wenn man ſie mit metalliſchen Stoffen berührt. Selbſt das plötzliche Sträuben beim Schreck ſcheint ein elektriſches Phänomen zu ſeyn, da es aus anatomiſchen Gründen wohl ſchwerlich als Turgeſcenz durch einſtrömende Flüſſigkeit (wie Prochasca das Schwellen des Muskels erklärt) zu betrachten iſt.

2) Das galvaniſche Fluidum wird, wie das elektriſche, durch Glas, Oel, Harz und Siegellack iſolirt, und durch metalliſche kohlenſtoffhaltige und mit Waſſer befeuchtete Stoffe geleitet. Elektriſche Schläge folgen ſichtbar dem Laufe der ſenſiblen Faſer. **)

*) Kühn über die Wunderhand des Gr. von Thun, S. 6. 9. *Tiſſot maladie des nerfs*, *T.* 1. *P. II. p.* 385. Gren's Journal, B. 6. H. 18. S. 412. Von den Lichtenbergiſchen Figuren auf dem Rücken eines, vom Blitz getroffenen, S. Mayer in Theden's Neuen Bemerkungen zur Wundarzneikunſt, Th. 3, S. 166. *Rozier Journal de Phyſique*, 1793. *p.* 293.

**) Man behauptet auch, daſs ein erwärmter Turmalin lebhaft die ſenſible Faſer anziehe und abſtoſse. Ich habe das

3) Der Geſchmack, welchen das Voltaſche Zungenexperiment mittels des Metallreizes hervorlockt, iſt dem, welchen einſtrömende Elektricität erregt, ſehr analog. Ja, Herr Abilgaard *) hat ſogar die ſcharfſinnige Bemerkung gemacht, daſs zwiſchen Wirkung poſitiver und negativer Elektricität ein eben ſo auffallender Unterſchied iſt, als wenn man beide Zungenflächen mit Zink und Silber armirt und die Armaturen verwechſelt.

4) Das galvaniſche Fluidum ſtimmt auch dann mit dem elektriſchen überein, daſs es, wenn alle andere Stimuli längſt unwirkſam ſind, noch wie dieſes den Nerven zur Contrahirung der Muskelfaſer reizt.

Wenn ich auch nicht durch eigne Verſuche in den Stand geſetzt worden wäre, eben ſo wichtige Gründe gegen die Identität der Stoffe *E* und *G* anzuführen, ſo würde mich doch ſchon die Vorſicht

Experiment wiederholt angeſtellt, aber gefunden, daſs der Nerv ſich dabei wie jeder andere leichte Körper verhalte. Möchte man doch richtig ſehen, ehe man beſchriebe!

*) Dieſer ſcharfſinnige Phyſiolog ſchrieb mir am 15. Sept. 1795. aus Koppenhagen:

„Wenn ſie mit dem verſchiedenen Geſchmacke der „entgegengeſetzten Elektricitäten bekannt ſind, ſo „werden ſie finden, daſs wenn ſie die Zunge mit Zink „und Gold, oder mit Blei und Gold, oder mit Zink „und Silber, oder mit Blei und Silber armiren, daſs „Zink oder Blei allemal + *E*, und daſs Gold oder „Silber — *E* bekommen. Ich habe dieſe Bemerkung „dem D. Pfaff, ehe er nach Italien ging, mitgetheilt, „und er fand ſie richtig."

gegen jene Analogien mifstrauifch machen. Gefetzt auch, dafs bei jeder Muskelbewegung *E* fichtbar auf Elektrofkope reagirend entbunden würde, fo folgte hieraus nach logifchen Regeln noch keineswegs, dafs das, was die Contraction veranlaffe, aus dem Nerven überftröme, *E* felbft fey. Ein unausbleiblich concomitirender Umftand ift allerdings eine Grund enthaltende Bedingung, wenn er der Erfcheinung felbft vorausgeht. Wie kann aber bei inftantaneen Wirkungen Urfach und Folge unterfchieden werden. Wir wiffen, dafs *E* wie Wärmeftoff und magnetifches Fluidum durch mechanifche Erfchütterung und Reiben frei gemacht wird. Wie alfo, wenn *E* zu den Elementen der Muskelfafer gehörte und durch die Contraction ausgefchieden würde? Dann könnte die fibröfe Erfchütterung durch ganz heterogene Stoffe, Oxygen, Azote, u. f. f. erregt werden, und diefe Stoffe hingen mit der elektrifchen Erfcheinung nur mittelbar zufammen. Wie, wenn durch diefelbe Mifchungsveränderung, welche die Contraction veranlafst, Oxygen mit Phosphor zur Phosphorfäure, Phosphor mit Azote zum gephosphorten Stinkftoff und andere Elemente α, β, γ . . . zur Bildung des elektrifchen Fluidums zufammentäten? Ich hebe von vielen möglichen Fällen nur einzelne Beifpiele heraus. Für die Phyfiologie ift es wichtig, felbft diefe möglichen Erfcheinungen kennen zu lernen, weil ohne diefelben die grofsen Proceffe in den geheimen Werkftätten des Organismus nur einfeitig beurtheilt werden können!

Die Analogie, welche von dem Geſchmake hergenommen wird, iſt noch minder entſcheidend. Specifiſch verſchiedene Stoffe können ähnliche Eindrücke auf die Sinnorgane machen. Wenn der Vorſtellung von einem Geſchmacke eine Miſchungsveränderung in den Geſchmacknerven ſelbſt entſpricht, ſo iſt es ſehr denkbar, daſs die heterogenſten Subſtanzen, als Stimuli, ähnliche Veränderungen hervorrufen. Was in der Seele wahrgenommen wird, kann nur ein Proceſs ſeyn, der in dem thieriſchen Körper ſelbſt vorgeht. Nach den Vorſtellungen der gröbern Corpuscularphiloſophie (welche leider! noch ſo vielen Lehrbüchern der Phyſiologie und Naturlehre verborgen zum Grunde liegt,) iſt freilich jeder Materie eine eigene Grundgeſtalt eigen, und homogene Metalle ſind gleichartig geformt. Nach dieſen Vorſtellungen erregen viele eckige ſcharfkantige Theile einen ſcharfen, ſtumpfkantige, einen milden Geſchmack. Wie unhaltbar findet man aber dieſe Theorie, wenn man die Natur der flüssigen Stoffe erwägt, welche ſchlechterdings nicht als Aggregate kleiner, ſtarrer (feſter) Körperchen betrachtet werden dürfen! *) Wie unbefriedi-

*) Met. Anfangsgründe der Naturwiſſenſchaft, S. 89. 96. Ich fürchte nicht durch die beſtändige Rückſicht, welche ich auf dieſes Meiſterwerk nehme, den Leſer zu ermüden. Wer lieber bei den Erſcheinungen ſelbſt ſtehen bleibt, und feinere Zerlegungen der Begriffe ſcheut, wird ein Paar Blätter leicht überſchlagen. Wer gern weiter hinaufſteigt, dem wird jene ſtete Rückſicht auf Kant's Naturwiſſenſchaft ohnedies angenehm ſeyn. Da ich wünſchte gründlich zu verfahren, konnte ich mich nicht nach der Laune zweier Partheyen richten,

gend ist nicht die Reduction aller Nerven-Eindrücke auf mechanische Schwingung gespannter Saiten! Form und chemische Mischung der Elemente wirken gewiss gleichzeitig zur Erregung sinnlicher Eindrücke, so wie der Process selbst, (die Veränderung) welcher im Nerven erregt wird, und der die Seele percipirt, das gleichzeitige Resultat mechanischer Kräfte ist. Wo eine Materie wirkt, kann ich mir sie nur als mit allen ihren Eigenschaften wirksam denken. Nenne ich nun die Veränderung, welcher eine bestimmte Geschmacksidee respondirt y, und die Stoffe, welche dabei wirken, und als Grundhaltende Bedingungen zu betrachten sind, α, β, γ, so wird jene Veränderung eintreten, wenn der Stimulus zu zwei in dem Organe schon enthaltenen Stoffen den dritten zumischt, α zu β und γ, oder γ zu α und β, oder β zu α und γ. Dieses rohe Beispiel, welches auch auf andere Sinneseindrücke auszudehnen ist, zeigt 1) wie drei heterogene schmeckbare Substanzen einerlei, oder ähnliche Geschmacksempfindungen erregen können, 2) wie diese Empfindungen, bei einem Stimulus, nach Beschaffenheit des Organs verschieden, und 3) wie ein vorhergehender Geschmackseindruck den darauf folgenden fast gänzlich unwirksam machen kann.

von der die eine „die Vernunft auf dem Polster dunkler „Qualitäten zur Ruhe bringt," „die andere a priori ent„wickeln will," was nur durch Beobachtung, Experi„mente und Anwendung der Mathematik auf äussere „Erscheinungen, aufgefunden wird."

Wenn man nemlich auf die zahllose Verschiedenheit der Verbindungen, welche bei vier und fünf Stoffen nach dem Verhältnisse ihrer gegenseitigen Umhüllungen möglich sind, Rücksicht nimmt, so wird es denkbar, dass alle Geschmacksempfindungen, deren wir fähig sind, vielleicht auf dem Ineinanderwirken derselben vier bis fünf Substanzen (Oxygen, Azote, Phosphor, Wasserstoff, Kalkerde) beruhn. Hängt nun die Stärke eines Geschmacks von der Menge der zersetzten Elemente ab, so ist es erklärbar, warum, wenn der erstere Stimulus der sensiblen Fiber, z. B. viel Azote entzogen hat, der zweite, bei dem das Azote wieder eine Rolle spielt, unwirksamer seyn muss. Ist hingegen eine beträchtliche Zwischenzeit zwischen den beiden Eindrücken, so wird der fehlende Stoff durch die organischen Kräfte wieder ersetzt, und Milch ist dann auch nach der heftigsten Säure wieder schmeckbar. So lassen sich sinnliche Erscheinungen sinnlich erklären, ohne auf Gegenwirkungen des innern Sinnes, und sein geheimnissvolles Verkehr mit der materiellen Welt zu recurriren.

Noch weniger, als die Aehnlichkeit der Geschmacksempfindung für die Identität des elektrischen und galvanischen Fluidums entscheidet, darf die blitzartige Erscheinung im Hunterschen Versuche dafür angeführt werden. Das Lichtsehen ist etwas ganz subjectives, und beweist noch gar nicht das Daseyn eines freien Lichtstoffs. Man vergleiche die Beobachtungen über die mechanische Reizung der Seh-

nerven,*) und über die Sympathie bei der Wirkung des Oxygens auf die Geruchsnerven in dem neunten Abschnitte. — Auf diesen letzteren Nerven, der für die elektrische Ausströmung sehr empfänglich ist, äussert der Galvanismus gar keinen specifiken Reiz. Franklin hat zuerst beobachtet, dass Thiere, oder auch einzelne Glieder von Thieren, deren Irritabilität durch heftige elektrische Schläge vernichtet, oder durch wiederholt erzwungene Contractionen erschöpft worden ist, schnell in Fäulniss übergehen. Eben diese Erfahrung habe ich mehrmals beim Galvanisiren der thierischen Materie gemacht. Froschschenkel, auf welche der Metallreiz lange gewirkt hat, faulen mehrere Tage früher,**) als andere, welche ungalvanisirt blieben. Bei dem weichen gallertartigen Körper der verlarvten Frösche (gyrini) ist der Unterschied am auffallendsten. Dennoch beweist diese Beobachtung nichts für die Identität des galvanischen und elektrischen Fluidums. Heftige Gifte, besonders Vipern- und Ticunnagift wirken eben so auf die Beschleunigung der Fäulniss, und wer würde darum auf die Gegenwart eines Stoffes in so heterogenen Reizmitteln schliessen!

Unter

*) Mechanische Erschütterung bringt Lichterscheinungen hervor. Der Geruch- und Geschmacksnerve wird nicht dadurch afficirt, das heisst, die diesen Sinneswerkzeugen eigenthümlichen Wirkungen werden nicht durch mechanische Reizung hervorgerufen.

**) Durch ein Missverständniss heisst es in Gehler's Wörterbuch B. V. der Metallreiz schützt vor der Fäulniss.

Unter den oben angeführten vier Gründen bleibt alſo der einzig bedeutende der, welcher von der Gleichheit der Leitungen hergenommen iſt. Neuere Verſuche haben mich aber auch hier auf wichtige Unterſchiede zwiſchen *E* und *G* geleitet.

1) Knochen, alte, wohlgetrocknete, und gebleichte, ſind eben ſo gute, zum Theil beſsre Leiter der Elektricität, als die Metalle, dagegen iſoliren ſie das galvaniſche Fluidum wie Glas und Siegellack. —

Auf die Leitungskraft der Knochen hat mich zuerſt der mir unbekannte Verfaſſer der Schrift vom Dualismus *) in der Elektricitätslehre aufmerkſam gemacht. Selbſt ſpätere Lehrbücher der Phyſik ſetzen ſie unter idioelektriſche und höchſtens halbleitende Subſtanzen, und ich wundere mich, daſs jene Entdeckung in ſieben Jahren nicht bekannter geworden iſt. Ich habe eine Reihe von vergleichenden Verſuchen über die Leitungskraft von feuchtem Holze, dichtem Kalkſteine und Menſchenknochen angeſtellt, welche folgende Refultate gaben. Eine wohlgetrocknete und gebleichte maxilla inferior, welche bereits 20 Jahr in einer oſteologiſchen Sammlung auf-

*) Reviſion der vorzüglichſten Schwierigkeiten in der Lehre von der Elektricität, beſonders ſoviel ſie den Dualismus betrift 1789. S. 131. Vergleiche auch den Recenſenten von Faulwetter's Grundſätzen der Elektricitätslehre 1793. in der allgem. Litteraturzeitung 1796. Nr. 134. S. 236. Körper, welche viel Phosphor enthalten, ſind ſehr geneigt, viel Elektricität zu verſchlucken.

bewahrt war, wurde an eine Kleiſtiſche Flaſche ſo angelegt, daſs ihre beiden flügelartigen Fortſätze an der äuſsern und innern Belegung anlagen. Bei dieser Verbindung war es mir unmöglich, die Flaſche je zu laden, ja die *E* ſtrömte ſo vollkommen von dem proceſſus coronoideus des einen Flügels in den des anderen über, daſs meine Hand, wenn ſie poſitive und negative Fläche zugleich berührte, auch nicht eine Spur von Ladung empfand. Dieſe Verhältniſſe blieben dieſelben, wenn ich den Unterkieſer auf dem Ofen auch noch ſo abtrocknete, daſs vor Wärme er kaum zu halten war. Feuchtes Holz ſchwächte anfangs den Effect, bei fortgeſetztem Umdrehen der Scheibe wurde die Fläche aber dennoch vollkommen geladen. Das Einſtrömen in die innere Fläche war zu ſchnell, als daſs der unvollkommene Leiter das Gleichgewicht eben ſo ſchnell hätte herſtellen können. Dichter Kalkſtein und ein verſteintes Ammonshorn wirkten völlig wie Siegellack und Glas. Die Flaſche wurde gleich geſchwind geladen, beide Foſſilien mochten an derſelben angebracht ſeyn, oder nicht. Eine Perſon, die auf dem Iſolatorium ſtand, wurde wechſelsweiſe durch Metall und Knochen mit dem geladenen Conductor verbunden. In beiden Fällen ſprühte ſie gleich ſtarke Funken. Bei feuchtem Holze waren dieſelben ſehr ſchwach, und beim Kalkſteine fehlten ſie ganz. Ich habe mich mehrmals überzeugt, daſs Knochen ſogar noch beſſer, als metalliſche Subſtanzen leiten; denn wenn die Scheibe einer kleinen elektriſchen Maſchine ſo ſchwache Wirkung thut, daſs die iſolirte

Perſon keine Funken giebt, wenn ſie mit einem Metallſtab auf dem Conductor ruht, ſo werden dieſelben ſogleich ſichtbar, wenn man den Metallſtab gegen einen Schenkelknochen umtauſcht. Auch fühle ich ſtechendere Schläge, wenn ich auf dem Iſolatorio durch einen Knochen, als wenn ich mittels eines metallnen Leiters mit dem Conductor verbunden bin. Zwiſchen der Leitungskraft in den Knochen verſchiedener Säugthiere, in dem Schmelz der Zähne und der ſchwammigten Diploë des Bruſtbeins, in den flachen Knochen und den Röhrenknochen habe ich bis jetzt noch keinen Unterſchied auffinden können, ſo gewiſs ich auch von ſeinem Daſeyn überzeugt bin. Die Aeuſserung des oben in der Note angeführten Recenſenten und die Aehnlichkeit des Geruchs, welche berühmte Phyſiker zwiſchen der elektriſchen Materie und der Phosphorſäure beobachtet haben wollen, lieſs mich die Frage unterſuchen: ob phosphorſaure Kalkerde überhaupt leitend ſey? Ich nahm einen ſchönen Apatitkryſtall, und verband die innere und äuſsere Belegung einer Kleiſtiſchen Flaſche mittels einer metallnen Kette, welche durch jenen Kryſtall unterbrochen war. Die Flaſche wurde eben ſo ſchnell geladen, als wenn jene Ableitung gar nicht geweſen wäre, und auch in andern Verſuchen zeigte ſich der Apatit als vollkommen iſolirende Subſtanz. Nach dieſer Erfahrung erſcheint jene Leitungskraft der Knochen noch auffallender. Die Subſtantia vitrea der Zähne iſt gewiſs als eine faſt reine gephosphorte oder phosphorsaure Kalkerde zu

betrachten, und der thierische Gluten, welcher in andern Knochentheilen stark angehäuft ist, ja selbst bei der längsten Austrocknung übrig bleibt, sollte die Leitungskraft eher mindern, als mehren. Phosphor, Kalkerde, Kohlenstoff, Wasserstoff, Azote und etwas Sauerstoff sind die Elemente, aus welchen das Knochengerüste aufgeführt ist. Welchem derselben darf man jene Erscheinungen zuschreiben? Gewiss keinem einzelnen, sondern der organischen Aneinanderreihung aller. Relative Lage der Theile bestimmt die elektrische Leitungskraft gewiss nicht minder, als ihr chemisches Mischungsverhältniss. Es ist sehr denkbar, dass ein Fossil, welches alle Bestandtheile, nur nicht die organische Textur eines Knochens hätte, dennoch vollkommen isolirend bliebe.

Auch der Demant, welcher, wie jede Steinart, bei den galvanischen Versuchen isolirt, wird für einen Leiter der Elektricität ausgegeben. Herr Comus *) hat diese Entdeckung bekannt gemacht, welche bei der grossen Leitungskraft der Holzkohle

*) *Le diamant a une propriété très singulière et qu'on ne connait qu'à cette seule substance. Il est électrique par frottement et conduit parfaitement l'électricité. C'est Mr. Comus qui a découvert cette propriété. Description méthodique des minéraux par le Prince de Gallitzin* 1792. *p.* 119. Idioelektricität und Leitungskraft schliessen sich im Allgemeinen nicht aus. Alle Stoffe scheinen idioelektrisch zu seyn; nur hindert bei vielen die Leitungskraft, die Beobachtung jener frei gemachten und so schnell zerstreuten Elektricität. *Herbert Theoria phaenom. electricorum* 1778. *p.* 15.

und der wahrſcheinlichen Exiſtenz des Carbons im Demant jeden Chemiſten intereſſiren muſs. Im veſten Vertrauen auf ihre Richtigkeit, elektriſirte ich eine Kleiſtiſche Flaſche, in dem eine metallne Kette (durch einen orientaliſchen Demant) von 2 Linien Länge unterbrochen) die innere und äuſsere Belegung verband. Ich war überzeugt, daſs die Flaſche, wie bei dem obigen Verſuche mit Knochen ungeladen bleiben würde, und unterſuchte ihren Zuſtand unbefangen mit zwei Fingern der rechten Hand. Ein heftiger Schlag überzeugte mich aber von der iſolirenden Eigenſchaft des Demanten. Auch in andern Verſuchen verhielt ſich derſelbe völlig wie Zirkon, Bergkryſtall und Siegellack, und ich zweifle ſehr, daſs es Abänderungen gebe, welche die vom Herrn Comus und dem Fürſten von Gallitzin angegebene Eigenſchaften haben.

2) Der luftverdünnte Raum leitet die ſchwächſten Grade der Elektricität, nicht aber das galvaniſche Fluidum. — Ich ſage mit Fleiſs luftdünne, nicht luftleere Räume. Schon Beccaria *) hatte beobachtet, daſs eine geringere Luftverdünnung mehr, als eine ſtärkere, die *E* in der Glaskugel zerſtreue. Aber George Adams hat unwiderſprechlich dargethan, daſs ein vollkommenes Vacuum völlig iſolirt. „*There can be little „doubt, of the non conducting power of a perfect vacuum, „and this fact is ſtill more ſtrongly confirmed by the phae„nomenon, which appear, upon the admiſſion of a very „minute particle of air into the inſide of the gage. In*

*) *Eletricismo artificiale* §. 411.

„*this case the whole becomes immediately luminous upon the*
„*slightest application of electricity and a charge takes place,*
„*which continues to grow more, and more powerful in pro-*
„*portion as fresh air is admitted, till the density of the*
„*conducting medium arrives at its maximum.* *) Hieher gehören auch die leuchtenden Erscheinungen im Torricellischen Vacuum des Barometers, von denen ich an einem andern Orte (in meinem zweiten Briefe an Herrn Pictet, *sur la Nature de la lumière et ses combinaisons chymiques*) umständlicher gehandelt habe. Das galvanische Fluidum wird vom luftvollen sowohl, als vom luftdünnen Raume isolirt. **)

3) Die Flamme ist der vollkommenste Leiter der Elektricität und isolirt das galvanische Fluidum. — Schon der Engländer Miles, welcher 1745 zuerst die elektrischen Feuerbüschel sah, bemerkte die Leitungsfähigkeit des Rauches und der Flamme. Bennet benutzte dieselbe, um kleine Quantitäten von Luftelektricität dadurch in sein Elektroskop zu leiten. Herr Volta findet dass sein Strohhalmelektrometer 2 bis 3 mal stärkere

*) *Essay on electricity. Third edition* 1787. *supplem. p. LXXV.*

**) In dieser isolirenden Eigenschaft der atmosphärischen Luft scheint die einfache Ursach zu liegen, warum ein sehr erregbares Organ, wenn sein Nerve frisch entblösst ist, oft in den ersten Minuten nach der Nervenentblösung, sich selbst überlassen, Convulsionen erleidet. Der entblösste Nerventheil ist nemlich durch die Entblösung selbst überladen, weil ihm durch die Luft weniger galvanisches Fluidum, als dem unentblössten durch das Muskelfleisch, entzogen wird.

Zeichen der *E* giebt, wenn ein brennender Schwefelfaden auf der Spitze deſſelben ſteckt, als wenn dieſe Spitze ſelbſt auf die ſchwachgeladene Luftſchicht wirkt *). Ich vermuthe, daſs dieſs für den practiſchen Meteorologen ſo nutzbare und wichtige Phänomen auf der vereinten Leitungsfähigkeit des heiſsen, luftdünnen Raumes, der Dämpfe und der Kohle beruht. Doch ſcheint die Luftverdünnung und Wärme dabei die weſentlichſte Rolle zu ſpielen. Denn ich habe gefunden, daſs die Flamme des Phosphors eben ſo gut als die eines Oeltochts leitet. Alle effluvia der Flammen, welche wir kennen, beſtehen aus Licht- und Wärmeſtoff, aus noch unzerſetzten, verkohlten, mechaniſch fortgeriſſenen Theilen des brennenden Körpers, aus Waſſerdampf (welcher groſsentheils aus Oxygen, und Hydrogen neu erzeugt iſt) aus Kohlenſäure, Oeldampf, unvollkommener Schwefelſäure, Phosphorſäure, oder andern zuſammen geſetzten Thier- und Pflanzenſäuren. Alle dieſe Subſtanzen ſind in einer luftverdünnten und an Sauerſtoff armen Atmoſphäre eingehüllt, welche ſich noch 3—4 Zoll über der letzten leuchtenden Schicht

*) Bennet in *Philoſ. Transact. Vol.* 77. *P. II. p.* 290. Leipziger Sammlung zur Phyſik und Naturgeſchichte B. 4. S. 431. Volta in den meteorol. Briefen S. 112. Das häufige Einſchlagen des Blitzes in Schornſteine rührt gewiſs oft mehr von der aus ihnen aufſteigenden Rauchſäule, als von ihrer eigenen geringen Höhe her. — Was Miles ſchon 1746 wuſste, wird von Herrn Heinrich 1789 wieder als problematiſch bezweifelt. S. deſſen Preisſchrift über das Schieſsen bei Gewittern in den Neuen Phil. Abh. der Bairiſchen Akademie B. V. n. 1.

leitend verhält. Wenn ich eine Glasröhre oder Siegellack auf Flanell reibe, so ist augenblicklich alle dadurch erregte *E* vernichtet, wenn ich 3—4 Zoll Höhe mit dem idioelektrischen Stoff über einer Flamme von Oeltocht, Wachslicht, brennbarer Luft, Schwefel oder Phosphor (mit diesen fünf Substanzen habe ich experimentirt) weg fahre. Eben so leitend ist der Rauch eines ausgeblasenen Lichts. Ganz anders ist es mit dem galvanischen Fluidum. Man isolire ein Wachslicht dadurch, dass man es auf Glas oder Schwefel klebt, und verbinde zwei Glieder der galvanischen Kette, da wo sie eine schmale Luftschicht trennt, durch eine Lichtflamme. Der Metallreiz bleibt eben so unwirksam, als wenn Siegellack oder Glas die Verbindung machte. Die Contraction der Muskeln oder die Geschmacksempfindung tritt erst ein, wenn die Metalle sich in der Flamme oder aufserhalb derselben unmittelbar berühren *). Man wende nicht ein, dass bei dem Brennen einer Substanz feste Stoffe in einen dampf- oder gasförmigen Zustand übergehen, dass bei diesem Uebergange *E* unaufhörlich gebunden **) und abgeführt werde und dass der Metallreiz also darum unwirksam sey, weil das galvanische Fluidum, wie das elektrische, in die Flamme ein-

*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 57.

**) Sauffure *Voyage dans les Alpes Vol. 3. p. 345.* Wenn man an einem brennenden Wachslichte Kohlenstaub in das geschmolzene Wachs wirft, welches den Tocht umgiebt, so sieht man die leichten Körper unaufhörlich in gradlinigter Bewegung an den Tocht heran und von ihm zurück schwimmen. Hemmer und andere Physiker halten dies für ein elektrisches Anziehen und Abstofsen. Entsteht die Erscheinung aber nicht vielmehr daher, dass

ſtröme, aber durch dieſelbe ſo abſorbirt werde, daſs nichts davon in den andern Theil der metalliſchen Kette überſtrömen könne. Gegen dieſe Einwendung zeugen mannichfaltige Erfahrungen. Würde die $\pm E$ welche die Flamme empfängt, ſo unaufhaltſam wieder durch dieſelbe zerſtreut, ſo würde ſie ſich auf Bennet's und Volta's Elektroſkop ganz anders verhalten. Die kleinſten Quanta von E welche kaum $\frac{1}{300}$ eines Voltaſchen Grades betragen, würden dann warlich nicht in die Strohhalme oder in die Goldblättchen übergehen, ſondern eben ſo ſchnell verjagt, als geſammelt werden. Ferner, wird das galvaniſche Fluidum durch Fuſs lange Gefäſse mit kochendem Waſſer wirkſam durchgeleitet, ohne daſs die metallnen Kettenglieder darinn in unmittelbarem Contact ſtehen. Sollte nun eine ſo groſse verdampfende Fläche nicht mehr E binden, als das kleine Flämmchen brennbarer Luft, welches aus einer Barometerröhre herausbrennt? Dazu zeigen alle galvaniſchen Verſuche, daſs das Ueberſtrömen des problematiſchen Stoffes nicht gehindert wird, wenn breite und tiefe Waſſerbehälter es fortleiten. Die Iſolation des galvaniſchen Fluidums durch die Flamme

das flüſſige Wachs, auf deſſen Oberfläche der Kohlenſtaub ſchwimmt, von den Haarröhrchen des Tochts, die dazu noch luftverdünnt ſind, angezogen wird. Die Stäubchen fahren daher gegen den Tocht zu ſichtbar bergan und fallen durch eigene Schwere gegen den Rand des Lichtes, der ebenfalls erhoben iſt, zurück. Hieraus wird, ohne Annahme der Elektricität, die Entſtehung einer in ſich rückkehrenden geradlinigten Bewegung denkbar.

kann alſo auch nicht als Folge der Ableitung betrachtet werden.

4) Heiſses Glas leitet vollkommen die Elektricität und iſolirt bei den galvaniſchen Verſuchen. Wärmeſtoff macht alle Körper empfänglicher für die Elektricität. Warme Luft leitet leichter als kalte *), ein heiſses Metall beſſer als ein kaltes. Ich habe Erze, die kaum als Halbleiter wirkten, dadurch zu vollkommenen Leitern der Elektricität gemacht, daſs ich ſie erhitzte. Mit der Erkaltung verlohren ſie an Leitungskraft. Idioelektriſche Subſtanzen werden leitend, wenn man ſie erglüht. Herr Valli hat eben dieſs von dem galvaniſchen Fluidum behauptet. Der Verſuch muſs aber nur a priori angeſtellt ſeyn, denn weder Herrn Pfaff **), noch mir, hat es je glücken wollen, den Metallreiz wirken zu ſehen, wenn rothglühendes, auch noch ſo dünnes Glas, brennendes Siegellack, heiſser Schwefel oder geſchmolzener Bernſtein die Verbindungskette der Armaturen unterbrach.

Nach dieſen Betrachtungen gewinnt die ſo voreilig angenommene Identität zwiſchen Elektricität und galvaniſchem Fluidum eine ganz andere Geſtalt. Wir ſehen, daſs viele Stoffe beiden als gemeinſchaftliche Leiter dienen, daſs aber gerade die vollkommenſten elektriſchen Conductoren, wie Knochen, Flamme und luftverdünnte Räume, als Iſo-

*) Dieſer Satz iſt für die Lehre von der Luftelektricität bei Winterfroſt und Sonnenwärme wichtig. Vergl. Achard's Chym. phyſ. Schriften 1780. S. 263.

**) a. a. O. S. 56.

latoren bei den galvanischen Versuchen wirken *). Gleichartig sind also beide Stoffe, *E* und *G*, gewiss nicht. Aber wie, wenn der letztere, das galvanische Fluidum, eine Modification des erstern **) wäre?

Es ist allerdings denkbar, dass die Elektricität von andern Stoffen umhüllt, auch anderen Gesetzen folge, als sie ohne diese Umhüllung folgen würde. Dringen wir aber tiefer in die Natur der Kräfte ein, so müssen wir jene Frage abermals zurück nehmen, weil wir einsehen, dass sie nicht besser gefasst ist, als die: ob das Wasserstoffgas eine Modification der atmosphärischen Luft ist? Die Elektricität ist, wie Herr Deluc längst schon mit Recht behauptet hat, kein einfacher, sondern, gleich der

*) Auch die relative Leitungskraft der verschiedenen Metalle für die *E* stimmt nicht mit ihrem Verhalten bei den Erscheinungen des Galvanismus überein, wie schon Herr Pfaff S. 216. gezeigt hat.

**) Herr de la Roche führt diese Idee in seiner Zergliederung der sensiblen Functionen sehr sinnreich aus. „Newton, sagt er, hat zuerst behauptet, dass es eine sehr „subtile und elastische Flüssigkeit giebt, die im ganzen „Weltraume verbreitet ist, mit grosser Leichtigkeit alle „Körper durchdringt und geschickt ist, sich mit den Ele„menten zu verbinden, sie zu modificiren und von ihnen „modificirt zu werden. Diese Flüssigkeit mit dem Glase „verbunden und in Bewegung gesetzt, bringt die elektri„sche Erscheinung hervor; mit dem Eisen verknüpft, „giebt sie die Erscheinungen des Magnets und durch die „Modification, welche sie durch ihre Verbindung mit der „markigen Substanz des Gehirns erleidet, wird sie das „wesentlich wirkende Mittel aller Thätigkeiten in der „thierischen Oekonomie" Reil's Archiv der Physiologie B. 1. St. 1. S. 182.

atmosphärischen Luft, eine zusammengesetzte Flüssigkeit. Einige ihrer Bestandtheile sind erwiesen, andere lassen sich vermuthen. Nach Gren (das heisst nach dem System, welches dieser Chemist im Jahr 1793 aufstellte) sind Brennstoff und Säure; nach Lichtenberg Wärmestoff, Sauerstoff und Wasserstoff; nach Lampadius *) Wärmestoff, Phlogiston, Licht und eine phosphorartige Grundlage in dem elektrischen Fluidum enthalten. Ich glaube, dass es viel zu früh ist, die Elemente desselben anzugeben, da wenige elektrische Versuche von der Einfachheit sind, dass sie zu bestimmten Resultaten führen können.

Die Elektricität scheint als eine schwache Säure zu wirken. Ich liess heftige Schläge der Kleistischen Flasche durch die Blumenkrone der Vergissmeinnicht (Myosotis scorpioides) gehen und sah die himmelblauen Blumenblätter sich plötzlich ziegelroth **) färben. Der Versuch gelang oft nur an zwei petalis einer Corolle; die andern blieben ungeändert. Priftley sah Lakmustinctur bei durchströmender Elektricität sich plötzlich röthen. Hieraus folgt aber so wenig, als aus dem Geruch oder Geschmack, dass in der Elektricität etwas Säure ähn-

*) Gren's Grundriss der Naturlehre 1793. §. 1046. Lichtenberg in Erxleben's Anfangsgründen der Naturlehre, 6te Auflage, Vorrede S. XXXI. Lampadius Versuch über die Elektricität der Atmosphäre, Cap. 2.

**) Ist dieser Versuch neu oder sind nicht ähnliche in einer alten Schrift von Krüger (deren Herr Gehler im Wörterb. I. S. 750. erwähnt, und welche ich mir noch nicht habe verschaffen können) enthalten?

liches enthalten sey. Haben Priftley und ich nicht in der atmosphärischen Luft experimentirt, also unter sehr zusammengesetzten Bedingungen? Muss nicht, bei jedem elektrischen Schlage, sich Azote mit Oxygen verbinden und eine Salpetersäure niederschlagen, die jene Erscheinungen hervorbringen kann? Priftley's und meine Versuche sollten in reinem brennbaren Gas wiederholt werden. Der letztere wäre aber auch dann noch vieldeutig. Die Farbenänderung geht in einem belebten Organ vor. So wie die erste blaue Färbung des Blumenblatts das Resultat eines organisch chemischen Processes, das Resultat einer besonderen Absonderung und Enthüllung ist, so kann auch die plötzliche Farbenveränderung Folge der vegetabilischen Lebenskraft selbst seyn. In den Pflanzensäften ist unleugbar Kohlen-Wasser- und Sauerstoff enthalten. Wie also, wenn der elektrische Schlag die Röthung des Blattes blofs dadurch veranlafste, dafs er als Reizmittel auf die erregbaren Organe wirkte, die vita propria derselben umänderte und sie veranlafste, die ihnen eigenthümlichen Stoffe anders zu mischen? Dann wären die Materialien zur Säurebildung (acidification) in den Gefäfsen selbst gegenwärtig, und weder das elektrische Fluidum, noch die umgebende Atmosphäre brauchte sie zu enthalten. Eben so liefse sich auch der saure Geschmack beim Einströmen der Elektricität in die Zunge erklären. Stickstoff und Sauerstoff sind in den thierischen Organen unaufhörlich enthalten. Die einströmende Elektricität kann ihre plötzliche chemische Verbindung zu einer schwa-

chen Salpeterſäure veranlaſſen, und die Empfindung der Säure kann eine Folge jener Verbindung ſeyn. Bei dem Phosphorgeruch, welchen die Elektricität verbreitet, iſt ebenfalls zu bemerken, daſs wir ihn bisher nur in dem atmosphäriſchen Luftgemenge beobachtet haben, und daſs wir weder die verſchiedenen chemiſchen Verbindungen von Azote und Oxygen, noch die verſchiedenen Gerüche kennen, welche ſie bei verſchiedenen Graden der Sättigung verbreiten. Die Annahme einer Säure in der Elektricität iſt alſo gar nicht auf reinen Erfahrungen gegründet.

Das elektriſche Fluidum iſt bei ſeinem Durchgange durch jede irreſpirable, d.h. Sauerſtoffleere Gasart leuchtend. Es enthält demnach gebundenen Lichtſtoff. Ob es denſelben aus der Lebensluft aufnimmt und ſich zueignet, bleibt unentſchieden, bis man mit iſolirten (etwa durch ein Uhrwerk bewegten) Elektriſirmaſchienen in Sauerſtoffleeren Gasarten experimentiren wird. Was läſst ſich überhaupt über den Lichtſtoff beſtimmen, deſſen Exiſtenz als eigene materielle Baſis noch ſo problematiſch iſt! Das Nichtleuchten der völlig luftleeren Barometer ſcheint indeſs für die Mitwirkung der Lebensluft bei Zuſammenſetzung des elektriſchen Stoffes zu zeugen! Achard ſah geſchmolzenen Schwefel durch elektriſche Schläge alkaliſch werden. Wenn man bedenkt, daſs ſelbſt die fixen Alkalien zuſammengeſetzt ſind, ſo wird dieſer Verſuch erklärbar ohne + *E* für eine Säure und — *E* für ein Alkali zu halten. Aus

einer feuchten *) atmosphärischen Luft kann durch das Spiel zusammengesetzter Affinitäten Stickstoff und Wasserstoff abgeschieden und zu einem Laugensalze verbunden werden.

Elektrische Schläge machen etwas Wärmestoff frei, weil sie durch Zersetzung der Atmosphäre einige Gasarten dem tropfbar flüssigen Zustande näher bringen. **) Das Steigen der Thermometer in dem elektrischen Strome, (welches zuerst Adams bemerkte,) rührt aber aus einer andern Ursach, aus dem in dem *E* selbst enthaltenen Wärmestoff her, da die Thermometer in der verdünnten Luft weit höher als in der verdickten, in jener in 16 Minuten von 45° F. bis 154½° F. in dieser von 60° F. bis 102° F. steigen. Das Strömen der Elektricität durch Alkohol, Schwefeläther, Terpenthinöl, Krausemünzöl und Kampfer geleitet, erzeugt Wasserstoffgas, durch reines und kohlensaures Ammoniac, Wasserstoff- und Stickgas. Der grosse Harlemer Experimentator, dem sowohl Physik als Physiologie belebter Stoffe die wichtigsten Entdeckungen verdankt, hat über diese Gegenstände die überzeugendsten Versuche angestellt. ***)

*) Wenn *E* durch Wasser schlägt, wird sehr oft Wasserstoff nur allein entbunden. Das Oxygen tritt an irgend eine feste acidifiable Base, die es in der Nähe findet. Van Marum *Première continuation des expériences électr.* p. 198. Gren's N. Journal B. 3. H. 1. S. 14. in der Note.

**) *Van Marum Continuation des expériences electriques*, 1787. *p.* 180.

***) Gren's N. Journal a. a. O. S. 1 — 17.

Je vollkommener ein Körper die Elektricität leitet, desto mehr Wärmestoff wird aus demselben frei. Degenklingen schmilzt der Blitz in luftdichten Scheiden. Dagegen bemerke ich bei der Butter einen sehr unvollkommenen Halbleiter, fast gar keine Erweichung, wenn ich Schläge der Kleistischen Flasche durchführe. Das Zünden durch Elektricität beruht bloss auf einer plötzlichen Erhöhung der Temperatur, in der die säurungsfähige Grundlage eine stärkere Ziehkraft zum Sauerstoff ausüben kann. Der durch schwache Elektricität beförderte Umlauf der Säfte in organischen Substanzen, die vermehrte Lebensthätigkeit derselben, so wie die gänzliche Erschöpfung der Fiber durch heftige Entladungen, wird ebenfalls durch die Wirkungen des Wärmestoffs erklärbar. Während dass neue elektrische Materie sich erzeugt, wird Wärmestoff gebunden und Kälte erzeugt. Deshalb wird die Luftelektricität bei kalter Witterung meist stärker, als bei warmer, befunden. Kühlung nach dem Gewitter kann entstehen, weil nach der grossen Zerlegung der elektrischen Materie neue Materie gebildet wird.

Reine Lebensluft und reines Stickgas werden durch *E* nicht verändert. Das Verkalken des Amalgams am Kissen wird mit Unrecht, als ein Beweis für das Daseyn des Sauerstoffs oder eine Säure im Oxygen angeführt. Alle unsere Kissen sind mit der sauerstoffhaltigen atmosphärischen Luft in Berührung, und das blosse Reiben kann, wie das Schütteln der Quecksilberkalke lehrt, (auch ohne auf den Wärmestoff in der *E* Rücksicht zu nehmen,) die Verbindung

des

des Metalls mit dem Oxygen der Atmosphäre befördern. Wichtiger sind die Versuche des Duc de Chaulnes und des Herrn Charles über das Verkalken der Metalle in irrespirablen, sauerstoffleeren Gasarten. Der Umstand, dass bei dem Verkalken in atmosphärischer Luft eine jedesmalige Absorption *) der Lebensluft bemerkt wird, spricht allerdings gegen die Wahrscheinlichkeit, dass die *E* selbst das Oxygen zur Oxydation hergeben solle. Aber Herr Charles hat nicht so genaue Rücksicht auf die Menge der Lebensluft genommen, welche bei seinen Versuchen noch in den irrespirablen Gasarten verborgen bleiben konnte, dass diese Materie schlechterdings einer neuen Prüfung unterworfen werden muss. Ich hoffe dieselbe bei mehrerer Musse selbst zu unternehmen, und die Gasarten, wie ich es bei meiner Arbeit über das Leuchten des faulen Holzes gethan, durch Phosphor zu reinigen. — Wasserstoff scheint in der *E* nicht enthalten zu seyn, wenigstens erzeugt sich Wasser erst in einem Gemisch von Sauer- und Wasserstoffgas.

In den vorstehenden Sätzen ist alles zusammengedrängt, was wir uns bis hieher von den chemischen Eigenschaften und Bestandtheilen des elektrischen Fluidums zu wissen rühmen. Wir sehen daraus, dass man sehr unlogisch manches in demselben enthalten glaubt, was den umgebenden Medien zugehört, und nur mittels der *E* aus diesen ausge-

*) Bei edeln, so wie bei unedeln Metallen, wie Herr Schmidt in Giessen erwiesen hat. Gren's N. Journ. B. 1. H. 4. S. 372.

ſchieden wird. Wir ſehen, daſs man dieſe als zu der Claſſe gasförmiger Stoffe gehörig betrachten könne, und daſs ſie unter dieſen die groſste Maſſe gebundenen Wärmeſtoffs enthält. Es iſt möglich, aber nicht nothwendig, daſs ſie auſser dem Licht- und Wärmeſtoff auch noch andere vielleicht ganz unbekannte Materien (x und y) enthalte; es iſt möglich und ſelbſt wahrſcheinlich, daſs die poſitive E eine andere qualitative oder quantitative Miſchung, als die negative, habe. Es iſt aber auch denkbar, daſs es ſo wenig einen elektriſchen, als einen Wärme- und Lichtſtoff gebe, und daſs die bekannten ponderablen Baſen unter gewiſſen Umſtänden die Erſcheinungen erzeugen, welche ſich unſern Sinnen, als Elektricität, Licht oder Wärme darſtellen. *) Ueber dieſs alles iſt ſchwer zu entſcheiden, da wir die E nur immer im Augenblick ihrer Zerſetzung oder Decompoſition wahrnehmen, und ſie weder abgeſondert darſtellen noch mit der Wage verfolgen können.

Die Frage, ob das galvaniſche Fluidum eine Modification des elektriſchen ſey, hat demnach nicht mehr Sinn, als die: ob ein unbekanntes Gemenge von Luftarten eine Modification eines anderen unbekannten Gemenges ſey? Beiden kann Wär-

*) Dies ſchrieb ich nieder, ehe mir Herrn Scheerer's Nachträge zu den Grundzügen der neuen chemiſchen Theorie 1796 in die Hände fiel, ein Werk, welches ſich eben ſo ſehr durch den philoſophiſchen Gang der Unterſuchung, als durch muſterhafte Gründlichkeit auszeichnet, und in welchem unſere Vorſtellungsarten vom Licht- und Wärmeſtoff ſcharfſinnig berichtiget ſind.

me- oder Lichtſtoff gemein ſeyn, jedem kann eine eigene, von allen anderen Elementen verſchiedene Baſis zukommen; ja, es iſt ſehr denkbar, daſs das galvaniſche Fluidum nicht, wie die Elektricität zuſammengeſetzt, ſondern einfach ſey. Dem Wärmeſtoff iſt dieſes ohnedies eben ſo nahe, wo nicht näher, als der Elektricität verwandt. Man berufe ſich auf die Verſuche mit den ſogenannten elektriſchen Fiſchen, deren wir jetzt fünf kennen: Silurus electricus, Raja Torpedo, Gymnotus electricus, Tetrodon? Paterſonii und Trichiurus indicus. Es iſt noch gar nicht erwieſen, daſs hier Elektricität im Spiel ſey. Man unterſuche die Facta, die Spallanzani, Walſh und Ingenhouſs geliefert haben, und man wird finden, daſs die Materie, durch welche jene Fiſche wirken, in eben das Dunkel gehüllt iſt, über welches wir bei den galvaniſchen Verſuchen klagen. Herr Kuhn hat bei dieſen, wenigſtens einigemal, ein Elektroſkop afficirt geſehen. Bei den Zitterfiſchen war eine ſolche Erſcheinung nie zu beobachten. Anziehen oder Abſtoſsen von Fäden, Mittheilung an iſolirte Menſchen oder Kleiſtiſche Flaſchen iſt nie bemerkt worden. *) Alle Naturforſcher leugnen auch die Exiſtenz eines überſtrömenden Funkens; nur Walſh und Bayon **) haben denſelben am Gymnotus

*) *Memorie di matematica e fiſica della Società italiana, T. II. p.* 603.

**) Ingenhouſs vermiſchte Schriften, Th. I. S. 31. *Rozier Journal de Phyſique*, 1776. *Oct.* — Wenn mehrere Menſchen eine Kette bilden, deren äuſsere Glieder Kopf und Schwanz des Zitterfiſches berühren, ſo ent-

electricus bemerkt. Wenn man aber bedenkt, dafs die heftigften Entladungen jener Thiere ohne alle Lichtentbindung vor fich gehen, fo wird man geneigt zu glauben, dafs diefelbe keine wefentliche Bedingung fey, und dafs fie in den von Walfh und Bayon bemerkten Fällen nur Nebenwirkungen der angeftrengten Organe zuzufchreiben find. Vielleicht habe ich bei einem künftigen Aufenthalte in füdlichen Ländern Gelegenheit zu unterfuchen, ob thierifche Knochen den aus der Raja Torpedo ausftrömenden Stoff wie den galvanifchen ifoliren oder wie den elektrifchen fortleiten? Alles was durch Metalle geleitet und durch Glas ifolirt wird, darf nicht geradezu für elektrifches Fluidum ausgegeben werden.

Auch auf die Analogie der Nervenkraft mit dem Magnetismus, welche fchon Herr Wrisberg im Jahr 1766. öffentlich vertheidigte,*) und für die (laut anderen) auch der Eifengehalt des thierifchen Körpers zu fprechen fcheint, ift man in neueren Zeiten zurückgekommen. Allerdings fprechen neuere Erfahrungen für die Wirkungen der magnetifchen

ftehen ganz unwillkührliche Entladungen, wie Herr Gehler erwiefen hat. S. Wörterbuch, B. 4. S. 878. Diefe Erfcheinung ift einer galvanifchen ganz analog, und die Erfchütterung, welche die leitende Kette empfindet, mufs uns nicht irre machen, da auch das galvanifche Fluidum bei feinem Durchgange die Sinnesnerven afficirt. Sollten die Schläge, welche der Fifch bei der blofsen Berührung mit Einer Hand giebt, nicht auch unwillkührlich, und meinen Verfuchen ohne Kette Fig. 9. analog feyn?

*) Haller's Grundrifs der Phys. S. 287. Note 106. Sömmering's Hirnlehre, §. 202. Note 9.

Kraft auf die belebte und erregbare Faser. Ich beziehe mich nicht auf Mesmer's Charlatanerien *) oder auf die fabelhaften, leider! von achtungswerthen Schriftstellern nachgeschriebenen Erzählungen des D. Schilling, **) sondern auf die Thatsachen, welche ein berühmter Genfer Arzt ***) bekannt gemacht hat. Was aber in den galvanischen Versuchen circulirt, kann schlechterdings nicht

*) *Rapport des Commissaires chargés de l'examen du magnetisme animal* 1784. Wenn aber auch Mesmer's und Anderer Manipulationen feiner Betrug sind, so folgt daraus noch gar nicht, dass alles Manipuliren physisch unwirksam sey, vielmehr müssen Herrn Pezold's Dresdner Versuche bei Naturforschern, die nicht gewohnt sind, facta von sich zu stossen, um Hypothesen aufzunehmen, die grösste Aufmerksamkeit erregen. Es wäre zu wünschen, dass ein Magnetiseur, während der Action, pulsirende Herzen oder frisch präparirte Nerven eines Thieres zu berühren versuchte. Der Naturphilosoph muss alle Erscheinungen in Verbindung setzen; durch diese Verbindung allein schon tritt er den Ursachen näher.

**) Magnete sollen dem *Gymnotus electric.* seine erschütternde Kraft rauben, Eisenfeilspäne sollen sie ihm wieder geben u. s. w. *Nouv. Mém. de l'Académie de Berlin* 1770. *p.* 68. *Ingenhouss, Spallanzani, Walsh und Beerenbrock* haben diese Fabel längst widerlegt. (Ingenhouss Verm. Schr. Th. I. S. 413. *Spallanzani Lettera al Marchese Luchesini in den Opuscoli scelti di Milano* 1783. *p.* 85.) Dennoch heisst es in Gmelin's neuer Ausgabe des *Syst. Natur. T. I. P.* 3. *p.* 1138 noch: *Gymnot. electricus vi electrica dotatus magnetis ope turbanda et tollenda!*

***) *De la Roche* in der *Analyse des fonctions du système nerveux Tom. II.* 1778. übersetzt von Merzdorf 1794. Auch Herr Hufeland sah den Magnet beim Magenkrampf und Zahnweh wirksam.

magnetiſches Fluidum ſelbſt ſeyn, da dieſes weder durch Luftſchichten noch durch Glasſcheiben iſolirt werden würde. Auch hat der groſse Phyſiologe Herr Kielmeyer dieſe Identität nie behauptet, wie ihm in Gehlers Wörterbuch (B. 5. S. 293.) Schuld gegeben wird. Es iſt eine Polarität denkbar, die von der magnetiſchen unendlich verſchieden iſt. Beim Veitstanze werden die angeſchwollenen Muskeln erſchlafft, wenn man ſie mit einer Eiſenſtange berührt. Andere Metalle, auſser dem Eiſen, fand Herr Scheerer (zu Wien) ſo unwirkſam, als Glas und Siegellack. Dieſe Entdeckung iſt ſehr wichtig. Dürfen wir aber unmittelbar daraus ſchlieſsen, daſs es magnetiſche Kraft ſelbſt iſt, welche den Muskel bewegt?

Vielleicht aber ſind galvaniſches, elektriſches und magnetiſches Fluidum verwandt und verſchieden, wie thieriſches Blut, Milch und Pflanzenſaft. Die formende und miſchende Natur ſetzt aus wenigen Urſtoffen Materien zuſammen, welche die wunderbarſte Mannichfaltigkeit von den Erſcheinungen darbieten. Jahrtauſende muſsten vergehen, ehe die Menſchen den groſsen Aſſimiliationsproceſs, die Umwandlung vegetabiliſcher Materie in thieriſche, mit der Klarheit und Gründlichkeit einſehen lernten, als ſie uns Herr Fourcroy in ſeiner Philoſophie chymique geſchildert hat. Vielleicht wird eine Zeit kommen, in der wir mit eben der Klarheit erkennen werden, durch welche Nahrungsmittel die Anhäufung des galvaniſchen Fluidums in der Nerven- und Muskelſubſtanz vermehrt oder vermindert

wird. Vielleicht endlich ſind die Urſachen der galvaniſchen, elektriſchen und magnetiſchen Erſcheinungen nicht in eigenen Stoffen, ſondern in beſtimmten Verhältniſſen der ponderablen Beſtandtheile des Thierkörpers gegründet, in Verhältniſſen aber, die analoge Bedingungen voraussetzen, und durch Verſchiedenheit der Nutrition modificirt werden?

So unbekannt wir indeſs bis jetzt auch über die Natur der Urſache ſind, welche fibröſe Erſchütterungen veranlaſst, ſo iſt die Klage dennoch ſehr ungerecht, daſs wir ſeit des Koiſchen Meiſters Zeiten in dieſer Materie um nichts vorgerückt ſind. Dieſe Klage iſt denen verzeihlich, welche das Neuere verachten, um ſich dadurch das Anſehen zu geben, als wenn ſie das Aeltere kennten. Wer den Fortſchritten der Phyſiologie belebter Thier- und Pflanzenſtoffe gefolgt iſt, den darf ich laut auffordern, das, was der groſse Haller über die ſogenannten Lebensgeiſter geſammelt hat, *) mit dem zu vergleichen, was wir am Schlüſſe dieſes Jahrhunderts davon wiſſen. Wer konnte vormals nur die Möglichkeit faſſen, daſs die unmittelbare Berührung eines Muskels mit ſeinem inferirten Nerven eine Muskular-Contraction erregen, oder daſs man aus den Organen viele hundert und tauſend Fuſs weit die thieriſche Flüſſigkeit ableiten **) kann, von welcher die fibröſe

*) Groſse Phyſiologie, B. 4. S. 563—618.

**) Phyſiker, welche die Circulation eines eignen elektriſchen, magnetiſchen oder galvaniſchen Stoffs bezweifeln, werden dieſe Stelle alſo überſetzen: wer konnte vormals die Möglichkeit faſſen, wie ein entblöſster Nerv viele hundert Fuſs weit von ſich Veränderungen hervor-

Bewegung abhängt? Wer konnte vormals die Aehnlichkeit oder Verschiedenheit zwischen dem elektrischen und sogenannten Nervenfluidum mit dem Detail untersuchen, als es in diesen Blättern geschehen ist? Doch wir verweilen nicht selbstgefällig bei dem, was in diesem Jahrzehend geleistet ist, und wenden nützlicher unsern Blick auf die reiche Erndte, die noch vor uns liegt, und die wir auf dem Weg des Experimentirens und der Beobachtung grossen Theils erringen werden.

Ich habe bereits oben bei der Entwicklung meiner dynamischen Theorie über die Erscheinungen des Galvanismus bemerkt, dass dieselbe nicht nur die Coexistenz mitwirkender chemischer Ursachen nicht ausschliesset, sondern, dass ich es vielmehr für sehr wahrscheinlich halte, dass die eigenthümliche elektrische Ladung der Metalle ihre Temperatur, ihr Einfluss auf Verdampfung und Zersetzung tropfbarer und luftförmiger Flüssigkeiten die Hindernisse modificirt, welche den Durchbruch jener wirksamen thierischen Materie verstärken. Hier ist der Ort, wo ich diese Behauptung näher entwickeln, das heisst, sie an andere, zum Theil wenig beachtete Erscheinungen anreihen muss. — Die Wirkung einer Dampfbelegung auf einer Fläche des Leiters lässt sich allerdings, wie S. 397. gezeigt ist, auf die Be-

bringen kann, wie in dem Experimente, wo die Zungenwarzen afficirt werden, wenn sie irgendwo einen Eisendrath berühren, der die Kette zwischen einem Nerven und Muskel bildet.

griffe von Widerſtand und Gegendruck reduciren. Dieſe Reduction gewinnt dadurch an Wahrſcheinlichkeit, weil ſie die Möglichkeit zeigt, wie die Ketten Nerv. *P. H. p. P.* und Nerv. *P. H. p. H. P.* bei erhöhter Reizempfänglichkeit beide poſitiv ſeyn können. Sollte aber die Feuchtigkeit hiebei nicht noch eine andere Rolle ſpielen, als die der ſchnellern Zuleitung?

Schon Volta und Cavallo hatten entdeckt, daſs Waſſerdampf, welcher aus beſprützten glühenden Kohlen aufſteigt, poſitiv iſt. Daraus war übereilt geſchloſſen worden, daſs bei allen Verdampfungen der Zuſtand der Körper, auf welchen dieſelben vorgingen, negativ ſey. *) Der groſse Genfer Naturforſcher hat durch eine Reihe hinreichender und feiner Verſuche dieſen Irrthum widerlegt. Herr von Sauſſure fand, daſs die poſitive und negative Ladung des Dampfes durch die Natur der Fläche, welche die Verdampfung erregt, modificirt werde. **) Eiſen und Kupfer, in Berührung mit Waſſer, Alkohol oder Aether, zeigten

*) *Rozier Journ. de Phys.* 1783. *Août.*

**) *Sauſſure Voyage dans les Alpes, Vol.* 3. *p.* 315 — 345. Auf die Verdampfung ſelbſt hat die Verſchiedenheit der Metalle einen Einfluſs, deſſen Geſetze noch gar nicht gehörig erörtert ſind. Auf Eiſen und Kupfer zu gleichen Temperaturen erhitzt, verdampfen in gleichen Zeiten nicht gleiche Waſſermaſſen. Hierauf gründet ſich die Charlatanerie der Bader, welche die Güte der Raſirmeſſer nach der Schnelligkeit beurtheilen, mit der der ausgehauchte Waſſerdampf auf der Klinge verdampfet. Die verſchiedene Kohlung des Eiſens beſtimmt dieſe Schnelligkeit.

meift + *E*, Silber und gebrannter Thon meift — *E*. Wenn das erhitzte Silber einmal + *E* gab, fo fchien es, als käme diefe *E* von einer fremdartigen Beimifchung her; denn als der filberne Tiegel mit Salzgeift ausgefiedet ward, blieb die *E* immer negativ. Diefe Entdeckung ift in der That überaus wichtig, und als fie Sauffure bekannt machte, ahndete er gewifs nicht, dafs fie je einmal mit der Irritabilität der Muskelfafer in Beziehung gefetzt werden könnte. Als ich den Verfuch über den unmittelbaren Contact organifch verbundener Theile noch nicht angeftellt hatte, und die Erfcheinung des Galvanismus einer äufseren Urfache zuzufchreiben geneigt war, glaubte ich in jener Sauffurefchen Entdeckung den Hauptfchlüffel des gefuchten Problems gefunden zu haben. Wenn zweierlei Metalle, dachte ich, Kupfer und Silber, z. B. an den feuchten Organen anliegen, fo wird die thierifche Feuchtigkeit an den Metallen verdampfen, und verfchiedenartige Elektricitäten erwecken. Freilich hat Herr von Sauffure diefelben nur bei 80° R. und nie bei minderen Temperaturen bemerkt, aber wie fchwach und unvollkommen find unfere todten Elektrofkope gegen die leife Erregbarkeit eines thierifchen Organs. Was eine heftige Verdampfung im Grofsen hervorbringt, mufs auch die fchwächfte im Kleinen bewirken. Jede Armatur erweckt alfo eine eigne *E*, und die Verbindung derfelben, der pofitiven und negativen veranlafst eine Explofion, welche als äufserer Stimulus auf die Organe wirkt. Die verfchiedene Excitationsfähigkeit der Leiter kann, fchlofs ich

weiter, darauf beruhen, dafs die Metalle eine mehr oder minder ſtarke Ladung durch die Verdampfung empfangen. Nach den Genfer Verſuchen ſchienen die edeln Metalle, Thon und andere Stoffe, welche das Waſſer verdampfen, ohne es zu zerſetzen, eine negative; diejenigen Metalle, welche bei der Verdampfung Waſſerſtoffgas erzeugen, eine poſitive Elektricität hervorzubringen. Die erſteren treten in einen negativen Zuſtand, weil ſie ihr eigenes + *E* zur Bildung des Dampfes hergeben; den andern wird dies + *E* durch das, bei der Waſſerzerlegung entbundene elektriſche Fluidum reichlich erſetzt. *) Dieſe Betrachtungen ſchienen mir zu erklären, warum ſich Zink und Silber, Blei und Gold ſo wirkſam bei dem Metallreiz äufsern. Gold und Silber geben als verdampfende Flächen — *E*. Mit Zink und Blei ſind noch keine Verſuche angeſtellt; aber aus der Leichtigkeit, mit welcher beide das Waſſer zerlegen, iſt zu vermuthen, dafs ſie (wie Eiſen und Kupfer) + *E* geben. Homogene Metalle können bei gröſserer Erregbarkeit der Organe Contractionen erregen. Denn es ſcheint unmöglich, beide Schenkel des Leiters zugleich anzulegen. Entſteht nun in dem früher angelegten, während der Verdampfung + *E*, ſo wird dadurch im andern Schenkel (vermöge der bekannten Geſetze) der entgegengeſetzte Pol, — *E* erwecket. Tritt nun dieſer negativ geladene auch in Contact, und erzeugt die Verdampfung in ihm + *E*, ſo wird eine ſchwache Explofion zwiſchen + *E* und — *E* erfolgen. Iſt das Organ für

*) a. a. O. S. 338.

diefe aber nicht empfänglich, fo mufs auch alle fibröfe Erfchütterung ausbleiben, denn in den Ketten Nerv. *P. P.* oder Nerv. *P. p. P.* liegen blofs homogene Metalle an den verdampfungsfähigen Organen, und zwifchen gleichnahmigen Elektricitäten ift keine Entladung denkbar. Wird das heterogene Zwifchenmittel *p*, aber auf einer Fläche behaucht, fo wird auf diefem — *E* (oder + *E*) erzeugt, wenn *P*, und *P.* + *E* (oder — *E*) haben. Der Hauchverfuch Nerv. *P. H. p. P.* mufs alfo, nach diefer Dampftheorie, allerdings die fibröfe Erfchütterung verkündigen, welche die Erfahrung beftätigt. Wenn es gegründet ift, dafs die Erdftöfse bei vulkanifchen Explofionen von einem Wafferfturz in den glühenden Crater und einer ungeheuern Maffe dadurch entbundener Elektricität herrühren, fo fchien es auffallend, dafs einerlei Kraft den Erdkörper, und die zarte Muskelfafer der Naide erfchüttert!

Diefe Ideen, welche die Lefung der Sauffurefchen Alpenreife in mir erweckte, und welche während meines Aufenthalts in Bex und St. Pierre (am Fufse des Bernhards) mich aufs angenehmfte befchäftigten, eilte ich meinen Genfer Freunden mitzutheilen. Sie freuten fich mit mir über die glänzende Ausficht, welche zur Löfung des galvanifchen Problems geöfnet fchien, und zu welcher fo einfache Thatfachen gleichfam von felbft hinführten. Herr von Sauffure warnte mich indefs (und warum follte ich der edeln Selbftverläugnung und Wahrheitsliebe des grofsen Mannes nicht erwähnen?)

ſeinen eignen Verſuchen nicht zu unbedingt zu trauen; er rieth mir, ſelbſt zu experimentiren und alle Facta aufs neue zu vergleichen.

Dieſe neue Reviſion überführte mich von meinem Irrthume noch ehe ich zu dem Experimentiren ſelbſt ſchreiten konnte. Wenn Waſſer auf Kohle verdampft, ſo entſteht, trotz der Waſſerzerſetzung (welche gewiſs heftiger als beim Zink iſt) nicht poſitive, ſondern ſtets negative Elektricität. Und gerade dieſe Kohle giebt mit dem auch negativen Silber heftigere Contractionen als mit dem Eiſen. Ferner glücken die galvaniſchen Verſuche vollkommen unter Waſſer und Oel. Wo iſt hier, wo alle Organe und Metalle verſenkt ſind, der Begriff von Verdampfung auch nur denkbar. Auf eine Theorie alſo, die allein oder hauptſachlich auf den elektriſchen Zuſtand der Leiter in Berührung mit evaporabeln Subſtanzen beruht, muſs man Verzicht thun.

Wenn aber auch die galvaniſchen Erſcheinungen in vielen Fallen eintreten, in denen keine Verdampfung wirkſam iſt, ſo kann dieſelbe doch in vielen anderen Fällen eine wichtige Nebenrolle ſpielen. Es iſt ſehr denkbar, daſs nicht bloſs der oben erwieſene perpetuirliche Ladungszuſtand trockner Metalle die Hinderniſſe modificirt, welche ſich dem galvaniſchen Fluidum bei ſeinem Durchgange entgegen ſtellen, ſondern daſs auch dieſe Hinderniſſe durch die Verdampfungen an den feuchten Metallen vermehrt oder vermindert werden. Es iſt denkbar, daſs der Durchbruch in der Kette

Nerv. *P. H. p. P.* nicht blos darum ſpäter (und alſo heftiger) als in Nerv. *P. p. P.* geſchieht, weil in jener die Ziehkraft des mittleren Theils der Leitung *p* (gegen *P* und *P*) durch *H* gemindert wird, und der eine Strom alſo langſamer dem andern zu Hülfe kommt, ſondern auch, weil durch die feuchte Belegung des heterogenen Metalls, *p*, eine Elektricität erregt wird, welche der *E* der ſchon durchdrungenen Armaturen mit *P* und *P*. entgegen geſetzt iſt.

Aber auch ohne Verdampfung kann die chemiſche Zerſetzung thieriſcher Lymphe durch die Leiter einen weſentlichen Einfluſs auf den Durchbruch des galvaniſchen Fluidums haben. Auffallend iſt es allerdings, daſs gerade die Stoffe, welche eine ſo genaue Affinität zum Sauerſtoff äuſsern und daher alle Sauerſtoffhaltige tropfbare Flüſſigkeiten ſo leicht zerſetzen, wie metalliſche und kohlenſtoffhaltige Subſtanzen, eine wichtige Rolle unter den Excitatoren ſpielen. Einige Phyſiker haben hierinnen die Auflöſung des ganzen galvaniſchen Syſtems zu finden geglaubt. Herr Fabbroni zu Florenz ſchreibt in einem Brief an Herrn von Crell *): „Ich habe mich überzeugt, „daſs die Erſcheinungen des Galvanismus von einer „bloſs chemiſchen Kraft herrühren, welche die trock„nen und kalten (?) Metalle wechſelſeitig ausüben, „um den Feuchtigkeitsſtoff und die thieriſche Lymphe „wechſelſeitig zu zerſetzen." Herr Creve hat ähnliche Ideen in dem 14ten Stück des Journals der Erfindungen und Widerſprüche in der Arzneiwiſſen-

*) Chemiſche Annalen 1795. St. 12. S. 503.

ſchaft *) angekündigt. Er glaubt die wahre Natur des Metallreizes entdeckt zu haben und behauptet: „daſs vermittelſt zweier mit einander verbundenen „Metalle, oder eines Metalls und der Kohle, das ent„weder den Nerven oder den Muskel umgebende „Waſſer in einer gewiſſen Menge zerſetzt werde, in„dem der das Waſſer zum Theil bildende Sauerſtoff „wegen der nahen Verwandſchaft zu den Metallen „und dem Kohlenſtoff, ſich vom Waſſerſtoff losreiſst. „Dieſe Zerſetzung geſchieht zwar an dem unmittel„bar die Metalle berührenden Theile des Waſſers, „wirkt aber in einem entfernten Kreiſe." Herr Creve hat „eine ähnliche Erſcheinung oft bei ſeinem Früh„ſtück wahrgenommen. Warf er ein Stück Zucker „in ſein einfaches Theewaſſer, überlieſs er daſſelbe „eine Zeitlang ſeiner Auflöſung und berührte er dann „die Oberfläche des Theewaſſers mit der Zungen„ſpitze ſo empfand er keinen ſüſsen Geſchmack, je „näher er aber mit der Zungenſpitze dem Zucker kam, „deſto lebhafter empfand er Stuffenweiſe den ſüſsen „Zuckergeſchmack!" Er verſichert uns, daſs die Chemie, Phyſiologie und praktiſche Heilkunde die wichtigſten Aufſchlüſſe von dieſer Entdeckung der Natur des Metallreizes zu erwarten habe. Selbſt auf die angewandte Mathematik ſoll ſich ihr wohlthätiger Einfluſs erſtrecken. „Was „(ſagt Herr Creve,) wird nicht die Hydraulik ge„winnen, wenn wir den Einfluſs metallener Röhren „auf das Waſſer in einige Erwägung bringen?" Laut

*) S. 130. Vergl. Medic. chirur. Zeitung, Salzb. 1796. B. 1.

dem 18ten Stücke der medicinisch-chirurgischen Zeitung *) glaubt er nun nicht mehr, dass das Hydrogen für sich die belebten Nervenfasern afficire; er zweifelt nicht mehr daran, dass bei dem Galvanisiren das elektrische Fluidum in Umtrieb gesetzt werde; sondern er behauptet vielmehr: „dass bei der Anlegung „der Metalle an die thierischen Theile zuförderst ein „chemischer Process Statt habe, bei welchem die „zwei Metalle das Wasser in seine nächsten Bestand„theile zerlegen, zu gleicher Zeit eine Quantität „Wärmestoff noch hinzuleiten, der sich mit dem, „während der Zerlegung des Wassers frei geworde„nen vereint. Der Sauerstoff verbindet sich sodann „mit dem Metall und der Wasserstoff mit dem Wär„mestoff; es entsteht aus der Verbindung der letzteren „ein elektrisches Wesen, welches als Product „des Processes eigentlich die nächste Ursach des Me„tallreizes ist. Gardini hat bewiesen, dass das „elektrische Feuer aus Wasserstoff und Wärmestoff „zusammengesetzt sey."

Ich erstaune in der That, wie Herr Creve in diesen Ideen die Auflösung des grossen Problems finden kann. Ich will ihm zugeben, (was ich mit den Herren Van Marum, Volta, Lichtenberg, Fourcroy, Cavendish und so vielen andern grossen Physikern für sehr unerwiesen halte,) dass das elektrische Fluidum ein feines Wasserstoffgas sey; ich will zugeben, dass ein Metall bei jeder Temperatur das Vermögen habe Wasser augenblicklich zu zersetzen;

*) Von 1797. St. 18. S. 324.

ſetzen; ich will zugeben, daſs in der Medullarſubſtanz des Nerven, wo ſie die Armatur berührt, wirkliches Waſſer und zwar in Menge zugegen ſey — und bei allen dieſen Annahmen weiſs ich mir die einfachſten galvaniſchen Verſuche nicht zu erklären, die Verſuche ohne Metall und Kohlen, mit bloſsen Leitern von thieriſchen Theilen. Man trennt ein Stück vom Schenkelnerven eines recht erregbaren Froſches, und ſchiebt daſſelbe mittels einer Glasröhre zwiſchen den Nerven und ſeinen Muskel. Es erfolgen lebhafte Contractionen. Dieſe Beobachtung habe ich nicht allein oder zuerſt gemacht. Sie iſt den Herren Galvani, Volta, und Aldini längſt bekannt geweſen. Wodurch wird denn hier das Waſſer zerſetzt? Noch mehr: man nehme an, daſs auch alle feuchte Stoffe, ein getrenntes Nervenſtück z. B. oder naſſer Bindfaden die Fähigkeit haben das Waſſer zu zerſetzen; wie iſt es wahrſcheinlich, daſs ein Atom von frei gewordenem Hydrogen, ein Minimum von Elektricität kräftige Muskularerſchütterungen errege, während daſs eine unendlich beträchtlichere Quantität künſtlich erregter Elektricität, (die einer geriebenen Stange Siegellack oder einer geriebenen Glasröhre) in die Organe geleitet, keine Spur einer Bewegung hervorbringt?

So unwahrſcheinlich es demnach auch iſt, daſs plötzlich freigewordenes Hydrogen die Urſach der galvaniſchen Contractionen ſey, ſo gegründet iſt die Vermuthung, daſs chemiſche Veränderungen, welche der Contact der Metalle mit verſchiedenen Flüſſigkeiten hervorbringt, den Durchbruch des Fluidums

G modificiren können. Was nicht Hauptbedingung einer Erscheinung ist, kann doch als Nebenbedingung eine wichtige Rolle spielen. Jede leise Oxydirung der Leiter, jede Umhüllung desselben durch Sauerstoff mindert (wie im sechsten Abschnitt gezeigt ist,) ihre Leitungskraft. Nimmt man also an, dass bei dem Hauchversuche

$$\underbrace{\text{Nerv. } P. H. p. P.}$$

Wasser zerlegt werde, so kann diese Zerlegung auf dreifache Weise wirken. Die Metalle *P* und *p* können durch eine geringe Verkalkung dem durchströmenden *G* neue Hindernisse entgegensetzen, oder ihre Leitungsfähigkeit kann durch eine plötzliche Erkältung (als Folge der Verdampfung und chemische Zersetzung) gemindert werden, oder die, bei der Zersetzung vom Wasser, vom flüssigen Ammoniak und vom Alkohol frei werdende Stoffe, (Hydrogen, Azote und Kohlenstoff) können sich dem ihnen vielleicht verwandten galvanischen Fluidum beimischen und demselben seinen Durchgang erschweren oder erleichtern. Ja, die blosse Erwärmung und Erkältung eines Metalls, ohne alle Mitwirkung feuchter Stoffe, erregt schon eine *E*, welche Herr Vassali *) an einem Elektrometer (das die Ladung von $\frac{1}{700}$ Gran Schwefel misst) beobachtet hat. In so feinen Materien muss man auch unwesentlich scheinende Umstände nicht übergehen.

Ueberhaupt deuten einzelne Erfahrungen auf ein unbekanntes Verkehr zwischen Elektricität und

*) Hrn. v. Crell's chemische Annalen, S. 1795. S. 518.

Waſſer, oder Elektricität und Lebensluft. Cuthbertſon hat entdeckt, daſs eine Kleiſtiſche Flaſche ſtärker geladen wird, wenn man den unbelegten Theil derſelben mit Dampf beſchlagen läſst. *) Eine poſitiv elektriſche Atmosphäre wird nach Read's Verſuchen **) negativ, wenn durch athmende Thiere oder Fäulungsproceſſe der Sauerſtoff daraus abgeſchieden wird. Stehen dieſe Verhältniſſe, über die es noch an abgeänderten Verſuchen fehlt, mit meinem Hauchexperiment in Verbindung?

Wenn der Verſtand um die Urſachen räthſelhafter Erſcheinungen verlegen und durch lange Gewohnheit noch nicht in eine träge Gleichgültigkeit verfallen iſt, ſo greift er gleichſam ſpielend zu den entfernteſten Analogien, um aus ihnen Licht über das ſtreitige Problem zu ziehen. Manipulation, Thouvenel's Erz- und Waſſerſucher, das Drehen vom entblöſsten Degen auf zwei Fingerſpitzen, das Kreiſen eines an einem hanſenen Faden aufgehangenen Schweſelkieſes über metallenen Platten waren nie ſo ernſthafte Gegenſtände des Nachdenkens, als ſeitdem die galvaniſchen Verſuche von Italien her zu uns kamen. Was man vormals Ruthengehen nannte, belegt man jetzt mit dem feineren und empfehlenderen Namen unterirdiſche Elektrometrie. Weit davon entfernt, von dem Speculiren

*) *Allgemeene Eegenſchappen van de Electricität, tot Amſteld.* 1782 — 1794 im dritten Theil. — Göttinger Taſchenbuch, 1796. S. 183.

**) *Phil. Transact. for the year,* 1794. *P. II. p.* 266.

über Dinge abzumahnen, deren Daseyn eben so schwer zu erweisen als ihre Unmöglichkeit schwer zu bestreiten ist, wünsche ich nur, dass man unpartheiisch und vorurtheilfrei experimentire, abgeänderte Versuche wiederhole und alle Nebenumstände betrachte. *) Es ist gewiss, dass auch die kleinste Masse von Materie in den grössten Entfernungen auf andere Materie wirkt; gewiss, dass durch das Anzünden einer Fackel die Temperatur des ganzen Luftkreises abgeändert wird; gewiss, dass Wasser, welche in grosser Tiefe fliessen, durch ein Minimum von Dämpfen die Natur der darüber stehenden Luftschicht modificiren — ob aber die Veränderungen, welche jene Ursachen bewirken, gross genug sind, um von menschlichen Organen **) empfunden zu werden, diess können wir nicht entscheiden, da es kein abso-

*) Durch welche Kraft wirken einige Schlangenarten durch blosses Ansehen auf das Nervensystem anderer Thiere? Aus den Thatsachen, die Herr Vaillant in seiner neuen Reise bekannt gemacht, sieht man, dass die bisherigen Erklärungen, welche von giftigen Ausdünstungen oder betäubendem Schrecken hergenommen wurden, nicht befriedigend sind. Menschen verlieren ihre Muskelkraft, wenn die Augen der Schlange auf sie geheftet sind, ohne dass sie das Thier selbst sehen. S. die Geschichte eines Offiziers auf Ceylan in Le Vaillant's Neue Reisen in das Innere von Afrika, 1796. B. 1. S. 84.

**) Der Abt Giraud Soulavie glaubte sogar Beziehungen zwischen dem Charakter der Menschen und den Gebirgsarten, auf denen sie wohnen, zu bemerken. In Basaltreichen Gegenden ist das Volk zu religiösen und politischen Revolutionen sehr geneigt. Vergleiche meine Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein, 1790. S. 20.

lutes Maafs für das Maximum der Erregbarkeit giebt. Die Thatfachen, welche von Herrn Thouvenel's Wundermann, der ein dreifaches lebendiges Hydrofkop, Anthrakofkop und Metallofkop vorftellte, bekannt geworden find, müffen, wenn man fie zergliedert, gerechtes Erftaunen *) erregen. Wenn man bedenkt, dafs Pennet unter den Augen der Grafen Gazola und Niccolo da Rio, des Abts Olivi von Chioggia, der Profefforen Toaldo, Gallini und Mandruzzato operirte, fo kann man fich (auch ohne das Vertrauen, welches Thouvenel's liebenswürdiger Charakter einflöfsen könnte,) den Gedanken nicht erlauben, die günftigen Verfuche einer feinen Betrügerei, oder dem blofsen Zufall zuzufchreiben. Herr Fortis fagt hierüber fehr wahr: „*fe un numero di fatti affirma-*
„*tivi circoftanziati e garantiti da perfone fuperiori ad ogni*
„*accezione non bafta a ftabilire irremovibilmente la teoria*
„*del Sig. Thouvenel, poiché ha pur un numero di fatti*
„*negativi a fronte, dee però baftare a far fi, che tutti*
„*coloro, che afpirano alla qualificazione di fenfati*
„*uomini, ceffino dal declamare contro di effa fragionando,*
„*e più ancora dell abandonarfi a quell' irrifione che non e*
„*mai figlia del vero fapere ch' é mai fempre creanzato e*

*) *Réfumé fur les expér. d'Electrometrie fouterraine faites en Italie et dans les Alpes depuis* 1789 — 1792, *Brescia* 1793. *Experienze efeguite da Pennet in Verona nel mefe di Giuglio* 1793. *per D. Ramanzini. Lettera del Sign. Abate Spallanzani fu gli fperimenti a Fierenze* 1791. *Lettera del Abate Alberto Fortis fu gli fperim. di Pennet nel regno di Napoli, nella Romagna e fullo ftato Veneto.*

„*modesta in conseguenza del conoscere d'essere assai cir-*
„*costritto. Una prudente sospensione, uno*
„*zelo discreto, ed ingenuo per lo scoprimento*
„*della verità e per la difesa di essa e quanto conviene ai*
„*dotti ed agli onesti in sifatti casi.*" Das Experiment mit dem Schwefelkiese setze ich in eine Classe mit dem über das Drehen des Degengefäfses, welches zwei Menschen halten, und das ein dritter (in dessen Atmosphäre jene stehen) durch das Reiben der Hand auf der entblofsten Brust sich bald rechts, bald links zu wenden zwingt. Wiederholte Versuche haben mich überzeugt, beides bis jetzt für Täuschung zu halten. Der Degen dreht sich oft, ohne dafs man sich einer Bewegung bewufst ist, oder ohne dafs die dritte Person zu reiben angefangen hat. Er wendet sich im Drehen um, wenn er, der Theorie nach, die entgegengesetzte Richtung nehmen sollte. Bei der Glätte der Berührungsfläche, dem Zittern in den Fingerspitzen zweier Menschen, deren Aufmerksamkeit gespannt ist, bei zufälligen Luftbewegungen ist kein reines und höchstens ein negatives Resultat zu erlangen. Ich habe, wie es der Graf Fantuzzi vorschreibt, Schwefelkieswürfel an seidne oder hanfene Fäden gehangen, und über Platten von edeln Metallen und Holztafeln kreisen lassen. Wenn mir die Augen verbunden waren, so versicherten alle Anwesende, dafs der Würfel durch das untergelegte Metall in seiner Ruhe nicht gestöhrt werde. Aber leider! mag wohl ich und alle, die mit mir das italienische Experiment wiederholten, zu der Gattung von Menschen gehören, die von der Natur so ver-

wahrlofet ſind, daſs die edeln Metalle nicht reizend genug auf ſie wirken.*)

Ich komme auf Erſcheinungen zurück, die in der Wahrnehmung weniger zweifelhaft ſind, und die allerdings mit dem Galvanismus zuſammen zu hängen ſcheinen. Wenn wir aufmerkſam auf die Zuſammenſetzung galvaniſcher Ketten ſind, ſo ſehen wir, daſs die Berührung verſchiedenartiger Metalle eine der wichtigſten Rollen dabei ſpielt. Wirkt, dachte ich oft, dieſes Verhältniſs bloſs dadurch, daſs es den Strom des Fluidums G aufhält, und eine

*) „*Uno ſperimento aveva dimoſtrato al Signor Conte „Marco Fantuzzi (Cavaliere Ravignano) eſiſtere delle „diſpoſizioni particolari in differenti individui, che „ſembrano negate del tutto alla maggior „parte. Jo non conosceva l'azione dei metalli ſu la „pyrite di ferro, tenuta da un uomo penzoloni appeſa „ad un filo, a non gran diſtanza dalla particolare loro „atmosfera. Jo l'ho veduta la prima volta a Gualdo „dove anche l'ho provata in perſona mia*" (der Abt Fortis ſchreibt an Spallanzani) „*Chiudete in uno „de' tiratoj del voſtro ſcrittojo, ſotto quanto più „groſſa e doppia tavola volete, una ſomma d'oro o „d'argento, o lavori di tali ſoſtanze, che abbiano qual- „che volume. Abbiate appeſo ad un filo di lino, „canape o ſeta (colla lana non l'ho ancor provata) una „di quelle pyrite cubiche, che volgarmento ſon dette „Pietre degl' Incas; e il filo ſia per eſempio lungo due „piedi. Tenetevi discoſto dallo ſcrittojo, per non „toccarlo con alcuna parte della perſona; e portate ſu „la parte di eſſo, che copre i prezioſi metalli, la „voſtra pyrite appeſa, tenendone il filo fra il pollice „e l'indice. Poco ſtarà che, ſe avete l'opportuna „diſpoſizione, la pyrite incomincerà o a girare, „formando un cerchio ſempre crescente, o ad oscillare „formando una ſtrettiſſima eliſſe. In mano mia fà „queſt' ultimo effetto; in mano al Conte Fantuzzi*

Anhäufung veranlaſst, oder ſollte nicht dieſer Contact irgend eine Veränderung in den unbelebten unorganiſchen Stoffen hervorbringen? Ein Freund, deſſen Scharfſinn und ausgebreitete Gelehrſamkeit ich ſchon ehemals benutzt, D. Aſh aus Oxford hat mich der Beantwortung dieſer Frage näher gebracht. „Meine ganze Aufmerkſamkeit, ſchrieb er „mir am 10. April 1796. iſt ſeit einiger Zeit auf die „Metalle ſelbſt gerichtet. Ich wünſchte den Ver„änderungen auf die Spur zu kommen, welche „durch die Berührung gleichartiger oder ungleich-

„*descrive un cerchio, che dal diametro d'un pollice „giunge progreſſivamente a quello di due piedi. Se dal „tenerla ſopra i metalli la trasportarete ſu d'una „pietra, ſu d'un libro o ſu d'un legno, o ſe farete „togliere eſſi metalli del luogo loro, i circoli della „pyrite ſi andranno e reſtringendo, e a poco a poco „eſſa ritornerá alla ſuá immobile perpendicolaritá. „Lo ſteſſo vedrete accadere ſe nel momento che girá „più violentemente, vi metterete in communicazione „collo ſcrittojo, appoggiandovi un ginocchio o la „mano, overo facendo, che qualche altra perſona in „contatto con voi ve l'appoggia. La pyrite gira anche „ſu i cumuli metallici ſcoperti e particolaremente ſulla „arena marziale nera. Troverete molte perſone „fra le mani delle quali la pyrite non ſi „muove punto, e quaſi diviſe in egual nu„mero quelle, fra le mani delle quali ſá i „due diverſi movimenti, che v'ho accennato.*" *Fortis l. c. p.* 11. Ich habe dieſe ganze Stelle wörtlich abdrucken laſſen, weil ich in mehreren Briefen um nähere Nachricht über die Anſtellungsart des Verſuchs befragt worden bin. Bei meinem vorigjährigen Aufenthalte in den Euganeiſchen Gebirgen konnte ich leider! von dem Abte ſelbſt, da er ſeine *Villa* zu *Galzignano* verlaſſen hatte, keine nähere Auskunft erhalten.

„artiger Metalle hervorgebracht werden. Aus einigen Verſuchen ſcheint es mir mehr als wahrſcheinlich zu ſeyn, daſs ſich in den Metallen, die die gröſste galvaniſche Wirkſamkeit zeigen, eine bemerkbare chemische Miſchungsveränderung ereignet. „Legen Sie zwei homogene Zinkplatten mit Waſſer befeuchtet aufeinander, ſo daſs ſie ſich in ſo vielen Puncten als möglich berühren, ſo werden Sie, wenn die Stoffe recht gleichartig ſind, äuſserſt wenige Wirkung bemerken. Legen Sie aber auf die nemliche Art Zink und Silber zuſammen, und Sie werden bald ſehen, daſs ſie einen ſtarken Effect auf einander hervorbringen. Der Zink ſcheint ſich zu oxydiren, und die ganze Oberfläche der angefeuchteten Silberplatte iſt mit einem feinen weiſsen Staube (Zinkkalk) bedeckt. Blei und Queckſilber wirken eben ſo ſtark auf einander, ſo wie auch Eiſen und Kupfer."

Dieſe Entdeckung, welche ich Herrn Ash verdanke, iſt in jeder Rückſicht überaus merkwürdig. Zwar hatte (gegen Waſſerberg*) ſchon Laſſone die Zerlegung des Waſſers durch Zink beobachtet. Er übergoſs friſche Zinkfeile mit deſtillirtem Waſſer in einer faſt ganz gefüllten wohl verſtopften Flaſche, und bemerkte gleichzeitige Entſtehung von Zinkkalk

*) *Inſtitut. chemicae* §. 1702. Laſſone in Crell's chem. Journ. Th. 3. S. 170. aus den *Mémoires de Paris* von 1792. p. 380. Gren ſagt: „das Waſſer löſst auch nichts „von ihm auf, doch verdienen Laſſone's Erfahrungen „hierüber weitere Prüfung." Handbuch der Chemie Th. 3. 1795. §. 3221.

und Entbindung häufiger Blasen. Aber Lassone ahndete nicht, wie sehr diese Verhältnisse von dem Contact zweier verschiedenartiger Metalle abhängen. Ich bin noch damit beschäftigt, die Experimente des D. Ash zu vervielfältigen, und habe bis jetzt folgende Resultate erhalten: Wenn man eine befeuchtete Zinkplatte auf einen flachen silbernen Präsentirteller legt, so entstehen, wenn das Wasser etwa 12° R. hat, in 4 bis 5 Stunden deutliche Spuren einer Wasserzersetzung. Um die Zinkplatte legt sich ein Rand von weissem Zinkkalk, der genau den Umrissen des Metalls parallel läuft. Wenn dieses an dem einen Ende breiter als an dem anderen ist, so zeigt der Kalkbeschlag (und hat er auch einen Durchmesser von einem halben Zoll) dieselbe Ungleichheit. Es scheint demnach, als wenn der schon gebildete Zinkkalk von dem neu entstehenden, von dem Metall abfallenden, leise weggeschoben werde. Während der Oxydation bemerkte ich bisweilen Luftblasen aufsteigen. Die Analogie mit anderen verwandten Erscheinungen läfst vermuthen, dafs diese Blasen inflammable Luft sind, welche aus dem, in seine gasförmige Bestandtheile zerlegten Wasser entsteht. Die Menge derselben, welche ich in eine Glasröhre steigen liefs, war bisher zu klein, um entscheidende directe Versuche zu machen. Das Azote (welches mit wenigem Sauerstoffgas verbunden, die Zwischenräume des Wassers ausfüllt) mischt sich ohnedies mit jenem Hydrogen, und die Chemie kennt noch kein Mittel, Stickstoffluft und Wasserstoff-

luft von einander zu trennen. *) Wenn ich mit gemeinem Waſſer arbeitete, fand ich, wie Herr Ash, den Zinkkalk mit Salzſäure ſchwach aufbrauſend. Bei deſtillirtem Waſſer wurde dieſs Aufbrauſen anfangs gar nicht wahrgenommen, ſondern zeigte ſich erſt, wenn das Pulver Tagelang der Atmosphäre ausgeſetzt war. Der Zinkkalk ſcheint demnach (wie das oxydirte Blei) Kohlenſäure aus dem gemeinen Waſſer, und nachher aus der Luft, an ſich zu ziehen.

Um Gegenverſuche über die gegenſeitige Wirkung der Metalle bei ihrem Contacte anzuſtellen, legte ich nicht Zink auf Zink, ſondern Zink auf feuchtes Glas. Alle obige Erſcheinungen erfolgten, nur ſpäter und ſchwächer. Nach 20 Stunden verhielt ſich die Menge des oxydirten Zinks auf dem Glaſe zu der auf dem Silber = 1 : 3. Haben aber dieſe Phänomene etwas mit denen des Galvanismus gemein? Laſſen ſie auf eine beſondere Kraft ſchlieſsen, welche durch den Contact zweier heterogener Metalle in Umtrieb geſetzt wird? Dieſe Fragen ſind für jetzt noch ſehr ſchwer zu beantworten, da ſie iſolirte Thatſachen betreffen, „*des pierres d'attente*,

*) Ich glaube, daſs man dieſes Mittel in einem elektriſchen Apparate, der dem Voltaiſchen Eudiometer ähnlich wäre, finden könnte. Man lieſse Sauerſtoffgas, welches durch Phosphor gereinigt wäre, zu dem Luftgemenge, und wöge das ſpecifiſche Gewicht des durch die *E.* niedergeſchlagenen salpeterſauren Waſſers. An einem andern Orte, wo ich von Zerlegung der Luftgemenge handle, werde ich auf dieſen Gegenſtand zurückkommen.

(wie sie Herr Pictet nennt,) *que les physiciens posent „ça & là dans leurs travaux & qui trouveront un jour leur „place.*" Es ist sehr denkbar, dass die Wasserzersetzung nicht bloss durch die Ziehkraft des sich verkalkenden Metalls zum Sauerstoff, sondern auch durch die Temperatur desselben, seine Form und elektrische Ladung, modificirt wird. Ueberall, wo Stoffe ihren Cohäsionszustand verändern, erstarren oder flüssig werden, wird elektrisches Fluidum gebunden oder entbunden. Wenn also die grössere Menge des entstandenen Zinkkalks auf dem Silber von der Menge der dabei rege gewordenen *E.* herrührte, so könnte das Experiment allerdings auf etwas hindeuten, was mit dem Galvanismus in naher Beziehung stände. Eben die Ursache, welche bei der Wasserzersetzung als ein so wichtiges chemisches Agens wirkte, könnte auch den Durchbruch des galvanischen Fluidums und die Natur der feuchten Leiter modificiren.

Aber so lange noch andere Erklärungsarten möglich sind, welche auf längst bekannte Naturkräfte hinweisen, darf man nicht allein zu unbekannten Wirkungen seine Zuflucht nehmen. Sollte jenes merkwürdige Experiment sich nicht auf eine zusammengesetzte Verwandschaft gründen? Das Silber hat unter jeder Temperatur einige Ziehkraft zum Sauerstoff. Liegt nun eine dünne Wasserschicht zwischen dem Zink und Silberplättchen, so sind die Ziehkräfte beider Metalle thätig, dieselbe zu zerlegen. Wir kennen mehrere Fälle aus der Experimentalchemie, in denen zwei heterogene Stoffe

leichter, als einer einen dritten in ſeine Beſtandtheile auflöſen. Kein Wunder daher, daſs Zink auf Zink, oder Zink auf Glas weniger Waſſer zerlegt, als der Contact heterogener Metalle. So wie das Silber auf die Oxydirung des Zinks wirkt, ſo wirkt auch dieſer auf die Verkalkung des Silbers. Das letztere läuft nicht nur pfauenſchweifig an, ſondern man kann auch wahren Silberkalk davon abſchaben. Hiebei iſt aber ſehr auffallend, daſs die Veränderung des Silbers ſich nicht unter dem Zinkkalk, ſondern erſt da findet, wo dieſer aufhört, alſo oft ½ Zoll weit vom reguliniſchen Zink entfernt. Auf dieſen letztern Umſtand hat mich Herr Gödeking aufmerkſam gemacht, ein kenntniſsvoller Chemiſt, mit dem ich eine weitläuftige Arbeit über Auflöſung des Phosphors in Stickgas gemeinſchaftlich unternommen.

Die Bemerkung, daſs der Zink in Vergleich mit anderen Excitatoren eine ſo wichtige Rolle bei den galvaniſchen Verſuchen ſpielt, hat die Phyſiker veranlaſst, über die Unterſchiede dieſes Metalls von andern Metallen nachzuſinnen. Unter den vielfachen Verhältniſſen, welche ſich bei dieſer Unterſuchung darbieten, ſcheint keines in ſo unmittelbarer Beziehung mit den Erſcheinungen der thieriſchen Materie zu ſtehen, als die Heilkraft des Zinks bei Nervenübeln. Gaubius *) kaufte das *arcanum* der *Luna*

*) *Brunnemann de Praecip. Zinci calcibus, Lipſiae* 1796. *p.* 24. Sammlung auserleſener Abhandlungen zum Gebrauch praktiſch. Aerzte, B. 5. S. 234. B. 9. S. 350.

fixata von einem Amsterdammer Charlatan, Namens Ludemann, und wenn es auch nachmals unter den Händen einiger grofsen Aerzte nicht fortgefahren hat, eben so auffallend kräftig zu wirken, so hat es doch seinen Ruhm noch nicht ganz eingebüfst. *) Ich will nicht daran erinnern, dafs andere Metalle, welche bei den galvanischen Versuchen keine ausgezeichnete Stelle behaupten, wie Arsénik und Quecksilber, weit mächtiger auf die sensible Fiber als Zinkkalk wirken. Die Betrachtung allein, dafs Zink und Gold, Graphit und Platina fast eben so wirksame Excitatoren, als Zink und Silber sind, entfernt die Idee von einem Zusammenhange zwischen dem Zink als Nervenmittel, und dem Zink als Leiter des Galvanismus.

Ist das galvanische Fluidum einer Thiergattung wesentlich von dem einer andern verschieden? Es wäre voreilig, diese kühne Frage in eine Classe mit denen über die Schnelligkeit des Nervensaftes und dem Durchmesser der (hypothetisch erfabelten) Markkügelchen zu setzen. Ich erinnere an die Versuche, deren ich im siebenten Abschnitte dieses Werks erwähnt habe. Ein eiserner Draht, welcher die entblöfsten und armirten Nerven meines Rückens verband, reizte die Geschmacksorgane mehrerer

*) Herr Richter sagt in seinen classischen Med. Chirurg. Bemerkungen, B. 1. S. 136. „Die Flores Zinci „habe ich, bei epileptischen Zufällen, einigemal ohne „Nutzen, einigemal aber auch mit einem auffallend „glücklichen Erfolg gebraucht. Ich bin aber nicht im „Stande, die Fälle zum voraus zu bestimmen, in wel„chen diefs Mittel wirksam oder unwirksam ist."

Perſonen, welche denſelben über ihre Zunge wegſtreichen lieſsen. Dieſer Reiz erfolgte nie, wenn der Verſuch bei Froſchnerven unter denſelben Bedingungen wiederholt ward. Liegt nicht der Grund dieſer Verſchiedenheit darinn, daſs menſchliche Organe leichter von einem Fluidum afficirt werden, daſs aus einem warmblütigen, als von einem, das aus einem kaltblütigen Körper ausſtrömt? Iſt es nicht denkbar, daſs, ſo wie alle thieriſche Flüſſigkeiten in den verſchiedenen Gattungen verſchieden ſind, daſs ſo auch der feine Stoff, welcher in den Nerven und Muskeln angehäuft iſt, und durch deſſen Beimiſchung oder Entziehung ſich die andern Elemente der Längenfaſer (ihren chemiſchen Ziehkräften folgend) verkürzen, daſs dieſer feine Stoff, ſag' ich, ebenfalls in verſchiedenen Thiergattungen, ja in einer Species nach Verhältniſs des Geſchlechts, des Alters und der Lebensart verſchieden ſey? Wären die Wirkungen, welche das galvaniſche Fluidum (bei ſeinem Strömen durch leitende Ketten) auf unbelebte Stoffe äuſsert, nicht aller Wahrnehmung entzogen, ſo hätten wir Mittel in Händen, jene Verhältniſſe auszuſpähen. Aber leider! bringt daſſelbe bei ſeinem Umlaufe nur in erregbaren (Sinnes) Organen bemerkbare Veränderungen hervor, und dieſen feinen Werkzeugen iſt zu ſolchen Prüfungen wenig zu trauen, da die Stärke der Reizung nicht von dem Stimulus allein, ſondern zugleich von der Erregbarkeit der Faſer abhängt.

Iſt das galvaniſche Fluidum als ein feines Gas zu betrachten? Dieſe Frage iſt nicht ganz beſtimmt.

Setzt man das Wefen einer Gasart in der Expanfion durch Wärmeftoff, fo find die Sonnenftrahlen (wenn man mit Herrn Leonhardi den Wärmeftoff als *fluide déferent* der Lichtbafis betrachtet) und das elektrifche Fluidum, feit van Marum's Entdeckung, allerdings als Gasarten zu betrachten. Gedenkt man aber an den Unterfchied zwifchen wiegbaren und unwiegbaren, fperrbaren und unfperrbaren Flüffigkeiten, fo wird der Abftand der Elektricität des Sonnenlichts und des Magnetismus von den ausfchliefslich fogenannteu Gasarten fehr auffallend. Die magnetifche Materie durchftrömt jede Subftanz, ihre Dichtigkeit mag noch fo beträchtlich feyn. Eben fo unfperrbar ift der Wärmeftoff und die Elektricität. Wird die letztere auch nicht durch Glas fortgeleitet, fo wirkt fie doch durch das Glas durch, indem fie jenfeits deffelben entgegengefetzte elektrifche Pole erregt. In diefer Unfperrbarkeit liegt der Grund, warum wir fo felten genaue Verfuche über die feinen Stoffe anftellen können. Wir experimentiren ftets unter unbeftimmten Bedingungen, in einer Atmosphäre, aus der von allen Seiten zuftrömt, was wir uns auszufchliefsen bemühen. Wafferftoffgas, Lebensluft, Stickgas werden dagegen (zum Glück für die analytifche Scheidekunft) durch Glas gefperrt; ja aus den bisherigen Erfahrungen dürfen wir fogar als gewifs annehmen, dafs die ifolirten Bafen der Gasarten, Hydrogen, Oxygen und Azote für fich mit dem das Glas durchdringenden Licht- und Wärmeftoff nicht mit fortgeriffen werden. Die Experimente, welche ich im fiebenten Abfchnitt (Fig. 62.) ent-

entwickelt, lehren, dafs das galvanifche Fluidum keine Aehnlichkeit mit den Gasarten, fondern vielmehr mit den durchdringenderen, unfperrbaren, feineren *) Stoffen zeigt. Trennt man die reizenden und fenfiblen Atmosphären zerfchnittener Nerven durch eine dünne Metallplatte, (Zinnfolie) fo ftrömt das galvanifche Fluidum in den Muskel ungehindert über. Stehen die Nervenenden durch untergelegte Glasftäbe frei, in der Luft fchwebend, einander gegenüber, fo ftört jede Glastafel die Communication.

Diefe Thatfachen fetzen es aufser Zweifel, dafs man das Unterbinden eines Nerven fich keineswegs wie das Unterbinden eines Gefäfses denken darf. Wenn eine tropfbare, oder gasformige Flüffigkeit in dem fenfiblen Syfteme circulirte, fo müfste fie in der That fehr grober Art feyn, wenn fie durch ein Band, welches ohnedies nur auf der Oberfläche wirkt, in ihrem Laufe gehemmt werden könnte. **) Denken

*) Ich nenne, wie andere Phyfiker, die Elektricität einen feineren Stoff, als Luft. Diefer bildliche Ausdruck ift unfchädlich, aber uneigentlich. Merkwürdig in Hinficht auf den Sprachgebrauch ift er deshalb, weil er abermals von dem Beftreben des finnlichen Menfchen zeugt, chemifche Begriffe auf atomiftifch-mechanifche zu reduciren, und alles durch die Zwifchenräume *(vacuum diffeminatum)* und *corpuscula* zu erklären.

**) Ich erinnere hiebei an den merkwürdigen Fall eines epileptifchen 12 jährigen Knaben, welchen Herr D. Pfündel mit Kupferfalmiak heilte. Hier find die Worte diefes aufmerkfamen Beobachters: „Der Kranke fpührte, „dafs (vor jedem Anfalle) in der Mitte des rechten „Fufses, da wo die Wade aufhört, eine warme laue „Empfindung in die Höhe fteige, die im Schenkel einen

wir uns aber das galvanische Fluidum als gewissen Leitern folgend, so bleibt der Effect des Unterbindens eben so räthselhaft, da das Band die Leitung keineswegs unterbricht, ja selbst seiner Natur nach (als feuchtes Haar oder Seide) nicht isolirend ist. Ich gestehe, dass ich in der Erklärung physiologischer Erscheinungen kaum eine gröfsere Schwierigkeit kenne, als diese Aufgabe. Ein untergebundener Nerve kann (man vergleiche die Versuche im siebenten Abschnitte) selbst oberhalb des Bandes wirksam gereizt werden, wenn die Armatur dem Bande nahe liegt, und der Theil des Nerven zwischen dem Bande und dem Muskel, nicht

„kurzen Stillstand zu machen schiene, dann plötzlich „in den Unterleib führe, wo ihn eine starke Aengstlich„keit befalle; nun bekomme er Herzklopfen, und als„bald steige es ihm wie heifses Wasser in den Kopf, und „er verliere die Besinnung. Die *aura epileptica* wäre „vor jedem Paroxysmo merklich geworden. Ich ver„ordnete, dass der Knabe ein breites Band über „dem rechten Knie mit einer Schlinge anlegen sollte, „und sobald er merke, dass die *aura epileptica* im Ent„stehen wäre, sollte er das Band, so fest als möglich, „zusammenziehen, um den Fortgang derselben dadurch „zu hemmen. Dies that auch allezeit vortreffliche „Dienste. Denn, wenn er aufmerksam war, so „konnte er den Anfall immer dadurch ver„hindern; wenn aber die Empfindung einmal bis in „den Schenkel gedrungen war, dann war der Anfall „nicht mehr aufzuhalten. Durch das Unterdrücken „des Paroxysmus war aber der Kranke den ganzen Tag „matter, als ihn der wirkliche Anfall selbst machte, „und anstatt dass derselbe sonst 8 bis 14 Tage ausblieb, „so kehrte jetzt die *aura epileptica* viel „häufiger, manchmal alle 2 Tage, ja einmal in ei„nem Tage zweimal, zurück." Hufeland's Journal der Heilkunde, B. 2. S. 280.

mit leitenden Subſtanzen umwickelt iſt. Erſt, wenn dieſe Einhüllung erfolgt, hemmt die Unterbindung den Reiz ober- und unterhalb dem Bande, und dann zwar ſo plötzlich, daſs dieſe Hemmung gar nicht durch Ableitung (Mangel an Iſolation) erklärt werden kann. Ich erlaube mir bis jetzt keine Vermuthung über dieſes Problem.

Was in dem Nerven angehäuft iſt, und durch ſeinen Uebergang in die Muskelfaſer eine chemiſche Miſchungsveränderung und Annäherung der Theile veranlaſst, braucht (wie ich oben gezeigt) keineswegs weder in dem Nerven, noch in dem Hirnmarke, deſſen verlängerte Zweige jene ſind, allein excernirt zu werden. Es ſcheint mir vielmehr ſehr wahrſcheinlich, daſs die Flüſſigkeit G in allen thieriſchen Theilen, (deren Miſchung wenigſtens in qualitativen Verhältniſſen ſich ſo ähnlich iſt,) zugegen ſey; es ſcheint mir wahrſcheinlich, daſs es (wie die elektriſche Materie, Blut und Milch) aus Elementen zuſammengeſetzt ſey, welche einzeln eine wichtige Rolle in der unorganiſchen Natur ſpielen. Auch lehren die Erfahrungen Fig. 37. 62. 63. 65., daſs alle thieriſche Subſtanzen, Nerven ſowohl als Muskelfleiſch, unter gewiſſen Bedingungen aus der Entfernung *) wirken können. Dieſe Wirkung iſt nun auf eine zweifache Weiſe denkbar, entweder ſo, daſs feine Stoffe jenen Wirkungskreis, deren Gröſse ich auf $\frac{5}{4}$ bis 1 Linie Durchmeſſer beſtimmt habe, ausfüllen, oder ſo, daſs

*) *Reil Exercitationum Anatomicarum fascicul. I. p. 28.*

die Elemente der thierischen Materie ihre Wirkung in die Ferne (*actio in distans*) in diesem Raume äussern.*) Die Analogie anderer Erscheinungen der Körperwelt sprechen für den ersteren Fall. Wir sehen nicht bloss die ungeheuern Massen von Materie, die in sogenannte Weltkörper geballt sind, in eigene und verschiedenartige Dunstkreise eingehüllt, sondern auch alle irdische Stoffe stören die Lichtstrahlen, welche in ihre Nähe kommen, in ihrem gradlinigen Wege, und diese Beugung (*Diffractio luminis*) scheint, nach Mairan's und Du Toures Untersuchungen auf Atmosphären hinzudeuten, welche jeden Körper umgeben. Die Dunstbläschen der Wolken, über welche wir den Herren Kratzenstein und Saussure so scharfsinnige Beobachtungen verdanken, rollen auf der Oberfläche tropfbarer Flüssigkeiten hin, ohne sie zu berühren. Der unbekannte Stoff, (Elektricität, oder brennbares Gas?) der sie ausfüllt, macht wahrscheinlich auch ihre Atmosphäre aus. Jeder irdische Körper bildet durch seine anziehende Kraft**) eine

*) Eigentlich involviren beide Fälle eine Wirkung *in distans*, die nicht bloss dynamisch construirbar, sondern nothwendig anzunehmen ist. „Ein jedes Ding im Raume „wirkt auf ein anderes, nur an einem Orte, wo das „Wirkende nicht ist. Denn sollte es an demselben „Orte, wo es selbst ist, wirken; so würde das Ding, „worauf es wirkt, gar nicht ausser ihm seyn; denn die„ses Ausserhalb bedeutet die Gegenwart in einem „Orte, darinn das andere nicht ist." Kant's Metaph. Anfangsgr. der Naturw. S. 62.

**) Langsdorf Abhandl. über die Wärmelehre. 1796. S. 72.

eigne Schicht verdichteter Luft um sich her. Das elektrische Abstossen entsteht ebenfalls durch Anhäufung der Elektricität um die geladenen Körper, und wie jeder materielle Theil in eine eigene Atmosphäre von Wärmestoff eingehüllt ist, hat Herr Mayer in seiner Abhandlung über die Repulsivkraft *) gezeigt. Ich kann nicht umhin, diesen Abschnitt mit einigen Ideen zu schliessen, welche jener grosse Mathematiker in einem Briefe an mich gleichsam flüchtig hinwarf. „Wie, wenn jeder Körper in der Natur mit einer eignen Atmosphäre „umgeben wäre, wenn Muskel, Nerven und Metalle besondere Atmosphären von feinen, und vielleicht unbekannten Stoffen um sich hätten? Was „muss geschehen, wenn diese sich begegnen, und „sich gegenseitig zersetzen? Ohne Zweifel, was unserem Körper begegnen würde, wenn er in die „Atmosphäre eines andern Körpers käme, und beide „Atmosphären sich gegen einander zersetzten, — „heftige Explosionen und Erschütterungen in ihm. „Gleichartige Atmosphären erhalten vielleicht gegenseitige Ruhe. Ich wage die Anwendung nicht auf „erregbare thierische Organe, wenn sie sich diesem, „oder jenem Körper nahen. Atmosphären von „Wärmestoff haben alle Stoffe ohnehin. Dass die „Metalle von feinen Substanzen umgeben sind, „zeigt ihr specifiker Geruch. Viele grosse Naturwirkungen mögen von diesen feinen Materien, „welche um alle Körper angehäuft sind, für welche

*) Gren's Journal der Physik, B. 7. S. 211.

„unſere Sinnenwerkzeuge aber zu ſchwach ſcheinen, „abhängen. Die Thiere haben hierin vieles vor „dem Menſchen voraus. Lichtenberg ſagt ſehr „ſinnreich, daſs ſich eine Hundsnaſe für Oxygen „und Hydrogen wie für Trüffeln müſste abrichten „laſſen."

Ende des erſten Bandes.

Nachträge.

Zum dritten Abſchnitte: Der merkwürdige Verſuch, Contractionen zu erregen, ohne alle kettenförmige Verbindung der Excitatoren (Fig. 9.) iſt in den letzten Tagen des Merzes 1797. meinem Freunde, dem älteren Herrn Keutſch (aus St. Thomas in Weſtindien) geglückt. Dieſer treffliche junge Mann, welcher die feinſten anatomiſchen und phyſiologiſchen Kenntniſſe mit einander verbindet, und deſſen Beobachtungen ich in der Folge noch öfter anführen werde, hatte einen ſehr lang präparirten Iſchiadnerven mit Zink armirt. Kaum berührte er den Zink allein mit einer Silbermünze, ſo entſtanden, ohne irgend eine mögliche Nebenleitung nach dem Muskel, in dieſem die heftigſten und anhaltendſten Zuckungen. Die Entfernung vom Nerven, in der die Berührung der beiden Metalle geſchah, wurde wieder dabei als gleichgültig befunden. —

Als die vorſtehenden zehen Abſchnitte dieſes Werks bereits abgedruckt waren, kam mir erſt der an mich gerichtete phyſiologiſche Brief des Herrn D. Philipp Michaelis, welcher in Gren's

Neuem Journ. der Phys. B. 4. H. 1. S. 9. abgedruckt ist, zu Gesichte. Was konnte interessanter für mich seyn, als meine Versuche durch solch einen Experimentator geprüft, bestätigt, berichtigt und erweitert zu sehen. Herr Michaelis besorgt, dass bei dem Versuche ohne Kette (Fig. 9.) die Täuschung statt finden könne, dass nicht ein Nervenast, sondern mehrere zugleich, armirt gewesen wären, und dass die Armatur *M* demnach eine Kette zwischen jenen Aesten gebildet habe. Ich erinnere daher ausdrücklich, dass ich nur einen unzerfleischten Nerven, von vollkommen gebändertem Ansehen, herauspräparirt hatte, und dass das Muskelfleisch sammt den andern Nervenfäden weit von der Armatur entfernt lagen. Wollte man aber auch jenen einen Nerven als zwei, und *M* als den Leiter zwischen beiden betrachten, so ist nicht abzusehen, warum *N* (welches dann nur erschütternd wirkte) nicht gleich wirksam war, es mochte ein Metall, oder Siegellack seyn. Der mühsame Versuch Fig. 12. *a* endlich, wo die Berührung von *N* und *P* wohl wohl keine Erschütterung in *M* hervorbringen konnte, widerlegt jene Voraussetzung noch mehr. — Dies zur Erläuterung einer wichtigen Thatsache, und nicht gegen die Aeusserungen meines Freundes, der sich selbst so bescheiden über das Gelingen und Nicht-Gelingen von Versuchen äussert.

Zum siebenten Abschnitte: Herr Michaelis hat den Versuch, nach welchem das galvanische Fluidum nur wenn es von menschlichen Organen, nicht wenn es von Froschorganen ausgeht, die

Zun-

Zungennerven reizt, anſehnlich erweitert. Gren's Neues Journ. B. 4. S. 13. — Er glaubt, daſs bei Zerſchneidung der Nerven und dem Reizen durch ſenſible Wirkungskreiſe die Täuſchung obwalte, daſs die Feuchtigkeit des Glaſes eine Leitung zwiſchen den zerſchnittenen Nervenſtücken mache, a. a. O. S. 25. Ich geſtehe, daſs ich ebenfalls alles dieſer Täuſchung zuſchreiben würde, wenn mich nicht die Verſuche, welche ich oben S. 82 — 86. und am Ende des ſiebenten Abſchnitts (Fig. 37. und 65.) erzählt habe, vollkommen überzeugten, daſs die thieriſche Materie eine Kraft hat, aus der Entfernung zu wirken. Wie konnte in dieſen Fällen eine feuchte Zuleitung ſtatt finden, da ich 1 bis $\frac{5}{4}$ Linien weit von dem Muskel entfernt blieb, und mit meinen Augen die freie Luftſchicht erkannte, welche den Muskel von der Pincette trennte? Daſs ich nicht zufälliges Zittern in den Organen mit kräftigen Contractionen verwechſelte, davor ſchützte mich die lange Dauer des Verſuchs. Die Zuckungen erfolgten jedesmal, und nur dann, wenn ich den bewickelten Arm der Pincette den Organen näherte. Wie war hier Täuschung möglich?

Ueber den Fall, wo ein erregbarer Nerve mittelbar, d. h. dadurch armirt iſt, daſs er auf einem anderen armirten, erregbaren Nerven aufliegt, hat Herr Michaelis eben ſo neue als ſinnreiche Verſuche angeſtellt. S. deſſen Brief an mich S. 10.

Zum achten Abſchnitte: Die Abhandlung des Herrn Wells iſt ſeitdem in den philoſophiſchen Transactionen wirklich erſchienen, und auch bereits

im 4ten Heft von Gren's Neuem Journal für 1797. abgedruckt worden. Ich sehe mit besonderem Wohlgefallen daraus, dass es Herrn Wells, wie mir, geglückt ist, einem Metalle die Kraft des andern durch blosse Berührung mitzutheilen. Diese Kraft erhielt sich bisweilen einen ganzen Tag hindurch. So bestätigen sich Entdeckungen, denen man anfangs (weil sie so selten gelingen, und weil sie mit andern Naturerscheinungen so gar nicht übereinstimmen,) fast allen Glauben zu versagen geneigt ist. — Auch den Einfluss der Feuchtigkeit auf die Excitationskraft der Metalle hat Herr Wells fast zu derselben Zeit in England bemerkt, als ich ihn in Deutschland bekannt machte. Auf die Grosse der benetzten Fläche kommt es indess dabei gar nicht an, wie der englische Physiker glaubt Eine feine Belegung mit Hauch wirkt wie die eines dicken Wassertropfens. Auch ist Herrn Wells die für die Gesetze des Galvanismus so wichtige Bemerkung entgangen, dass bei minder reizbaren Individuen nur in der Kette $\underbrace{\text{Nerv. } P.\, p.\, H.\, P.}$ nicht aber in der $\underbrace{\text{Nerv. } P.\, H.\, p.\, H.\, P.}$ eine Contraction erfolgt. Die erste Entdeckung von der Excitationsfähigkeit der Kohle, welche sich Herr Wells selbst zuschreibt, ist übrigens von Herrn Volta.

Zum neunten Abschnitte: Ueber den Versuch mit Belegung der Zungennerven, vergleiche Michaelis Brief an mich a. a. O. S. 16. Die Erfahrung, dass der Hunterische Blitzversuch sehr viel besser gelingt, wenn die Atmosphäre mit Elektricität überladen ist, (z. B. bei nahem Gewitter)

wird durch analoge Thatſachen beſtätigt, a. a. O. S. 19. Ich vermuthe, daſs auch gerade ſchon deshalb im Merz, April und Mai alle galvaniſche Erſcheinungen ſichtbarer und auffallender ſind, weil nach Herrn Heller's neuen Beobachtungen (a. a. O. 75.) die Elektricität des Dunſtkreiſes bei uns in dieſen Monaten ſo unendlich ſtärker, als im Sommer iſt.

Den Verſuch, den ich bei Fliegenpflaſtern auf meinem Rücken anſtellte, hat Herr Michaelis glücklich wiederholt. Die Umwandlung der Säfte erfolgte ebenfalls, die lymphatisch-ſeröſe Feuchtigkeit wurde roth gefärbt, aber nur in der Nähe der Wunde gelang es meinem Freunde, mit jener Feuchtigkeit bleibende Züge zu mahlen, a. a. O. S. 21. Die ſchmerzhafte eiternde Geſchwulſt, welche bei dem Experimente erfolgte, muſs aber bei künftiger Wiederholung deſſelben vorſichtig machen.

Zum zehnten Abſchnitte: Eine weitere Ausführung der Voltaiſchen Theorie, beſonders über Richtung des galvaniſchen Stromes unter 8 und 9 Gliedern der erſten und zweiten Claſſe, ſ. in Gren's Neuem Journ. B. 4. H. 1. S. 107. Die dort Tab. II. als negativ geſchilderten Fälle Fig. 3—7. und 10. ſind es gerade, welche ich und jetzt viele meiner Freunde, mit denen ich experimentire, bei ſehr lebhaften Individuen als poſitiv, d. h. als Reiz-involvirend befunden haben. Herr Volta ſagt zwar apodiktiſch: (S. 109.) „es iſt ſchlechterdings nöthig, „daſs zwei verſchiedene Metalle, oder Leiter der „erſten Claſſe, unmittelbar mit einander in Berührung „ſind, während ſie mit ihren gegenüber ſtehenden

„Enden Leiter der zweiten Claſſe berühren." Aber nach Verſuchen, die ich noch vor wenigen Stunden mit aus dem Winterſchlaf erweckten Fröſchen wiederholt, muſs ich dem groſsen Phyſiker aufs neue hierin widerſprechen. Wenn ich einen Cruralnerven *a* mit Zink armire, und dieſe Armatur nicht unmittelbar mit Silber berühre, ſondern, wenn zwiſchen dem Zinke und Silber ein zweiter eben ſo friſcher Cruralnerve *b* lag: ſo ſah ich in der Kette:

Nerv *a* — Zink — Nerv *b* — Silber.

den mit *a* organiſch verbundenen Muskel convulſiviſch erſchüttert werden. Hier ſcheinen mir doch beide Metalle zu beiden Seiten von gleichen Kräften balancirt zu ſeyn! Eben ſo war es, wenn ich ſtatt *b* ein Stück Muskelfleiſch nahm, welches von dem Schenkel *a* ſelbſt abgeſchnitten war, und wenn das Silber nun nicht den Nerven *a*, ſondern den Schenkel berührte. Herrn Volta's Fig. 10. drückt endlich die Abänderung meines Hauchverſuchs aus, wo das einzige heterogene Metall auf beiden Flächen mit feuchten Stoffen in Berührung iſt, die Kette Nerv *P. H. p. H. P.* welche nach der Voltaiſchen Theorie negativ ſeyn ſoll. Ich versichere aber aufs feierlichſte, daſs, wenn *H* und *H* auch ganz gleichartig, z.B. Stücke einer Froſchleber waren, die Erſchütterung erfolgte, ſo lange die Organe noch ihre höchſte (nicht künſtlich erregte) Reizbarkeit hatten. Von den Verſuchen mit bloſs organiſch verbundenen Theilen, ohne Metall und Kohle, von den Erſcheinungen beim Zurückbeugen des Schenkels gegen den Ischiadnerven ſagt Herr Volta

S. 126. „dafs fie mit Unrecht fo viel Auffehen mach-
„ten. Sie beruhen ebenfalls auf der Wirkung dreier
„verfchiedener Stoffe. Das Blut, der tendinöfe
„Theil des m. gaftrocnemius, und die Nerven fpielten
„die Hauptrolle dabei." Ich habe aber diefen Ver-
fuch glücken fehen, wenn kein Blut am Ifchiadner-
ven fichtbar war, und nicht der m. gaftrocnemius,
fondern die fleifchige, untendinöfe Lende den Con-
tact machte. Hier fchienen mir eben fo gewifs nur
zwei Kettenglieder vorhanden, als bei den Ver-
fuchen mit der fpiegelhellen Fläche des trocknen
Queckfilbers. Man ift hier mit dem Streite über He-
terogeneität zu einer Grenze der Feinheit gelangt, in
der aller gründliche Streit aufhört. Im Muskel-
fleifche find Muskelfafern, Gefäfse und Zellftoff, im
Nerven ift die Markfubftanz, von dem zufammen-
gefetzten von Herrn Reil fo mufterhaft befchriebe-
nen Neurilema zu unterfcheiden. In der organi-
fchen Natur ift bis zum kleinften Atom alles ungleich-
artig. Der Phantafie bleibt alfo hier ein weiter
Spielraum geöfnet, und ich würde es nie unterneh-
men, gegen die Möglichkeit, dafs faft alle galva-
nifche Erfcheinungen auf eine Kette von mehr als
drei Stoffen reduciret werden können, zu ftreiten.
Blofse Möglichkeiten entfcheiden hier aber nicht,
und feitdem mir der Verfuch, ohne alle ketten-
förmige Verbindung der Excitatoren (Fig. 9.
meiner Tafeln) geglückt ift, ein Verfuch, der jenem
vortrefflichen Phyfiker noch unbekannt zu feyn
fcheint, feit diefer Epoche hat die Vermuthung,
dafs der Grund der grofsen Erfcheinung nicht in der

kettenförmigen Verbindung der Glieder allein liegen, an Wahrscheinlichkeit unendlich gewonnen. Ich bestreite Herrn Volta's Theorie, weil ich es für überaus wichtig halte, eine Untersuchung nicht eher für beendigt, ein Problem nicht eher für gelöset zu halten, als bis die Uebereinstimmung aller Thatsachen erwiesen ist. Welche Theorie aber auch die Oberhand gewinnen mag, so wird Herrn Volta immer das grosse Verdienst bleiben, die Lehre vom Galvanismus mit den wichtigsten Entdeckungen bereichert, und diesen Gegenstand mit einem Scharfsinne angegriffen zu haben, welcher ihm die allgemeine Bewunderung seiner Zeitgenossen erregen muss. Seine Briefe an Herrn Vassali haben uns auf eine neue elektrische Thatsache, auf das Strömen der Elektricität aus schwach geladenen Körpern aufmerksam gemacht. Diess Strömen hat er sogar jetzt an Nicholson's Duplicator (a. a. O. S. 128.) erwiesen. Bei der unmittelbaren Berührung von Zink und Silber entsteht eine Anhäufung der *E.* im Zinne auf Kosten des Silbers, eine Anhäufung, die der Duplicator angiebt, die aber „freilich sehr gering, und „weit unter dem Puncte ist, der nöthig wäre, sich an „dem zartesten Elektrometer durch Zeichen zu er„kennen zu geben." — Dieses Minimum von Elektricität soll nun, als äusserer Reiz, auf die Organe wirken, während die künstlich durch Reiben erregte Elektricität, wenn sie so stark ist, dass sie das gemeinste Elektrometer divergiren macht, in den Nerven geleitet, keine Spur von Muskularerschütterung hervorbringt. So interessant demnach auch der

Beweis von dem Daſeyn jenes Minimums von Elektricität in den ſich berührenden Metallen iſt, ſo wenig darf man wohl (falls auch nicht andere Gründe dagegen ſtritten) nach logiſchen Regeln die galvaniſchen Erſcheinungen jener kleinen Urſache zuſchreiben. Dieſer Schluſs gewinnt noch dadurch an Stärke, daſs wenn die ungleichartigen Metalle ſich nicht unmittelbar berührten, ſondern durch feuchte Stoffe in Verbindung waren, oder wenn gar nur bloſse Leiter der zweiten Claſſe (thieriſche Theile) die Kette bildeten, der Duplicator (a. a. O. S. 134.) gar keine Elektricität angab. War demnach dieſelbe dennoch vorhanden, ſo muſs ſie ſo ſchwach ſeyn, daſs ſelbſt der Duplicator ſie nicht anzeigt, und dies 0,0000...01. von Elektricität ſoll die kräftigen Convulſionen hervorbringen, welche z. B. entſtehen, wenn ein Froſchnerv und ſein Muskel durch ein abgeſchnittenes Stück Nerv verbunden werden? —

Man hat gegen meinen Verſuch über die Wirkung der *E.* auſserhalb der Verbindungskette die Einwendung gemacht, ob nicht die Kette Ausſtrömungen und Stralenbüſchel veranlaſſe, welche den Froſchnerven afficiren? Ich habe deſshalb das Experiment ſogleich dergeſtalt wiederholt, daſs der Nerv nicht in der Nähe einer Kette, ſondern eines runden glatten Stabes lag, durch welchen ± *E* durchfuhr. Die Reizung des Froſchſchenkels blieb dieſelbe, und es iſt demnach gewiſs, daſs die Entladung der Kleiſtiſchen Flaſche eine Explosion veranlaſst, welche auch auſserhalb der Verbindungskette Veränderungen hervorbringt.

Folgende Bücher sind bei Heinrich August Rottmann zu haben.

Anmerkungen (antiphlog.) der Herren Morveau, Lavoſier etc. zu Kirvans Abhandlung über das Phlogiſton, 8. 18 gr.

Anleitung, kurze, für die Wundärzte auf dem platten Lande, wie ſolche bei der Cur der innerlichen Krankheiten unter den Menſchen verfahren ſollen, 8. 8 gr.

Annulus Platonis, oder phyſ. chim. Erklärung der Natur, nach ihrer Entſtehung, Erhaltung und Zerſtörung, von einer Geſellſchaft ächter Naturforſcher aufs neue völlig umgearbeitet, und mit wichtigen Anmerkungen herausgegeben, gr. 8. mit Kupf. 1 thlr. 8 gr.

Buchholz (Samuel) Verſuch einer Geſchichte der Churmark Brandenburg, von der erſten Erſcheinung der deutſchen Seenonen, bis auf jetzige Zeiten, 6 Bände, gr. 4. 15 thlr.

Der 5te und 6te Band iſt auch ohne die Urkunden unter den Titel gedruckt: Neueſte Preuſsiſche Brandenburgiſche Geſchichte, gr. 4. 1r und 2r Theil, 5 thlr. 4 gr.

Entwurf eines allgemeinen Geſetzbuchs für die Königl. Preuſs. Staaten. gr. 8. 6 Abtheilungen complet, 6 thlr, 2 gr.

Fiſcher (F. C. J.) über die Probenächte der deutſchen Bauermädchen, 8. 8 gr.

Franklins (Benj.) Jugendjahre, von ihm ſelbſt für ſeinen Sohn beſchrieben, und überſetzt von Bürger, 8. 15 gr.

Geſchichte Aramena, eine Syriſche Geſchichte ganz für unſere Zeiten umgearbeitet, von S. A. 3 Theile, 2 thlr. 12 gr.

— einiger Eſel, oder Fortſetzung des Lebens und Meinungen John Bunkels, 3 Bände, 8. 2 thlr

Hertzberg (Hr. Graf v.) ſämmtliche Abhandlungen, welche in der Königl. Akademie der Wiſſenſchaften zu Berlin im Jahre 1780. bis 1791. vorgeleſen, mit den ſehr ähnlichen Portrait des Verfaſſers, von D. Berger, gr. 8. 2 thlr. 6 gr.

Humboldt, flora fribergenſis prodromus, exhibens plantas quasdam cryptogamicas, praeſertim ſubterraneas, cum icon. acri, inc. 4. maj. 1 thl. 16 gr.

Jugels (J. G.) Phyſica ſubterranea, oder Bewegungskraft der elementiſchen Wirkungen, die auf uns in unſerm mineraliſchen Erdboden verrichtet werden, nach einer 46jährigen Naturforſchung zuſammen getragen, gr. 8. 1 thlr. 8 gr.

Kraufens (G. L.) Künſt- und Luſtgärtners, wie auch Mitgliedes der Geſellſchaft der ſchönen Wiſſenſchaften zu Budiſſin, 50jähriger erfahrungsmäſsiger Unterricht von der Gärtnerey, gr. 8. 2 thlr.

Menſch, der, überſetzt aus dem A. der N. gr. 8. 1 thl.

Plutachs Biographien mit Anmerk. des Herrn G. B. von Schirach, compl. 8 Theile, Schreibpapier 12 thlr.

De Quincy, Auszug der Kriegsgeſchichte Ludwig XIV. mit 14 Tabellen erläutert, und mit nöthigen Kupfern verſehen, auf Befehl des Königs durch G. A. v. Clair überſ. 2 Theile, gr. 4. 4 thlr.

Reden im Menſchenton vom Verfaſſer der Menſchenfreuden, 3 Theile, 1 thlr. 12 gr.

Schilderungen vortreflicher Menſchen, 8. 16 gr.

Tempel der Gerechtigkeit, eine moral. Geſch. 8. 2 Th. 1 thlr.

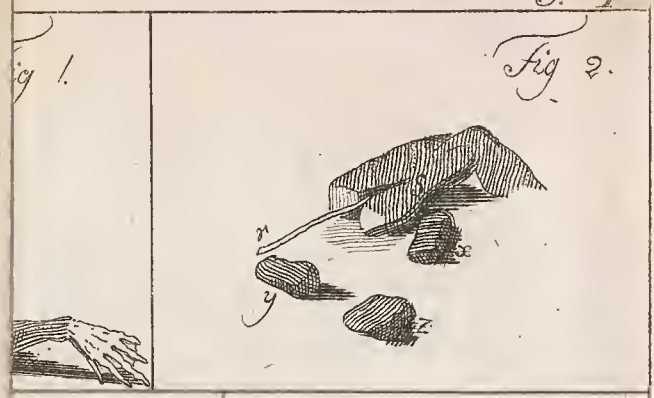


Fig 1.
Fig 2.
r
x
y
z

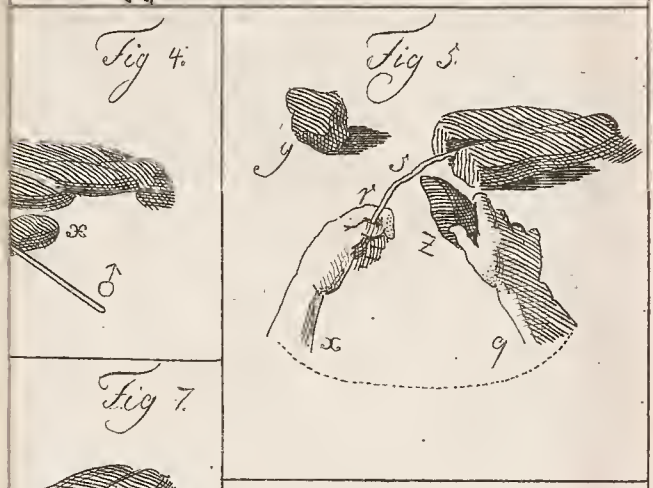


Fig 4.
x
Fig 5.
y
s
r
z
x
q

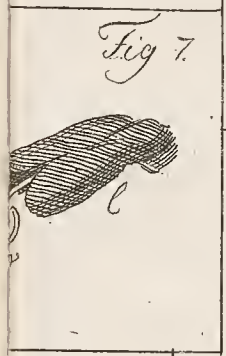


Fig 7.
l

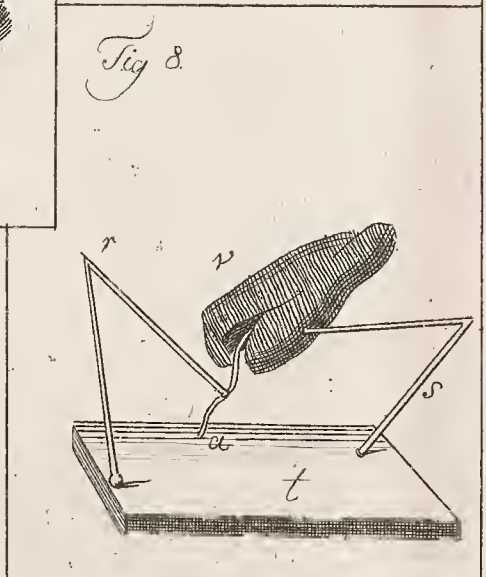


Fig 8.
r
v
s
a
t

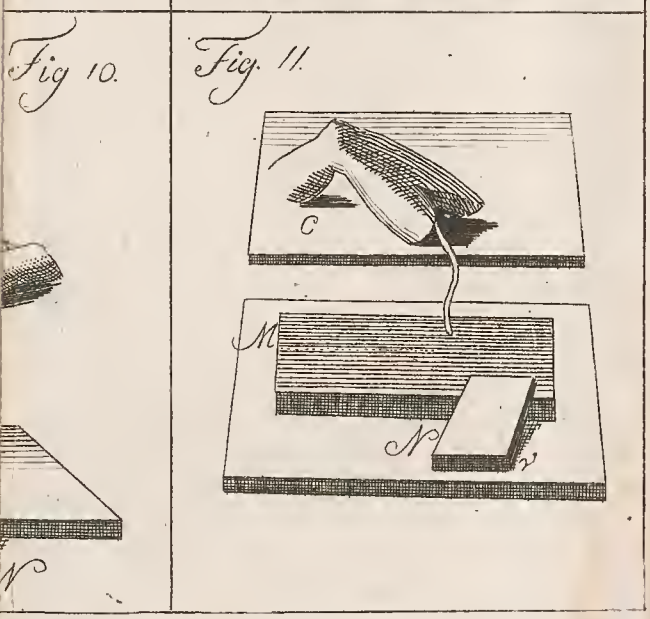


Fig 10.
Fig. 11.
c
M
N
v

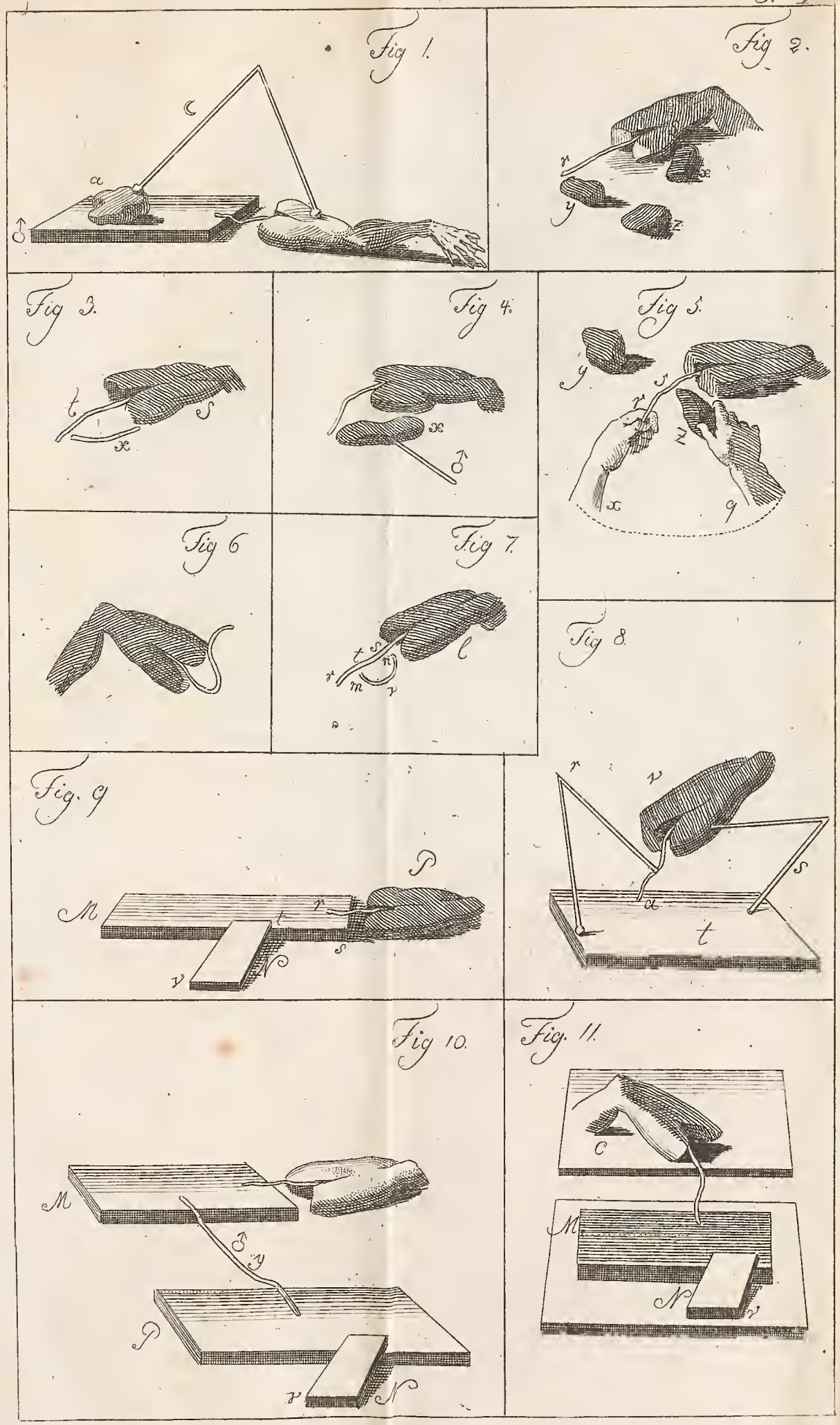


Fig 1.
Fig 2.
Fig 3.
Fig 4.
Fig 5.
Fig 6
Fig 7.
Fig 8.
Fig. 9
Fig 10.
Fig. 11.

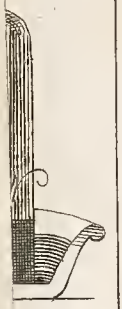


Fig 12. b.

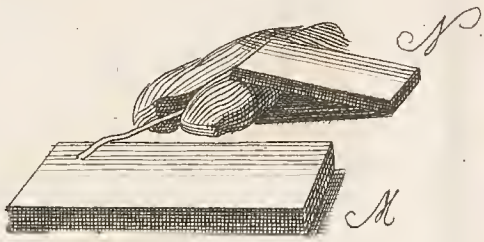
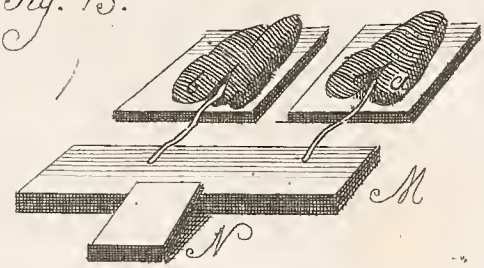
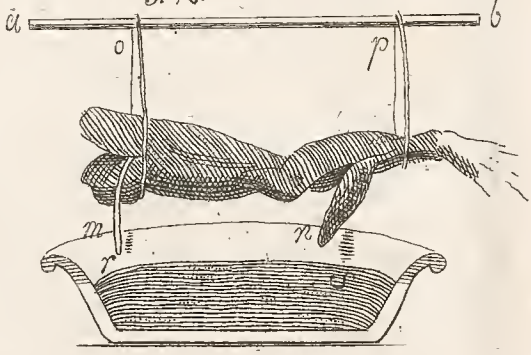


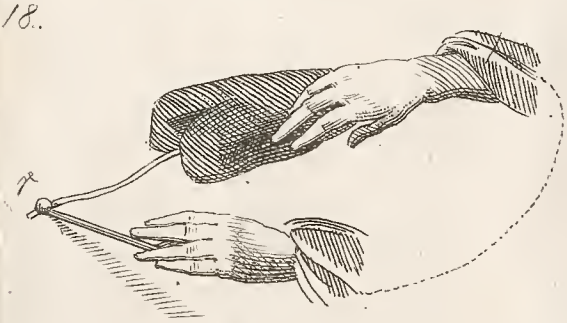
Fig. 13.



T. 16.



18.



19.

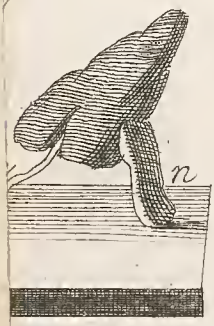


Fig. 20.

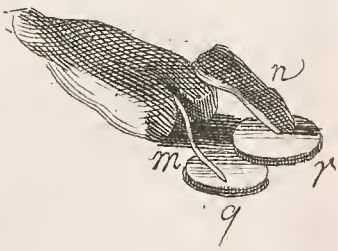


Fig 12. a.

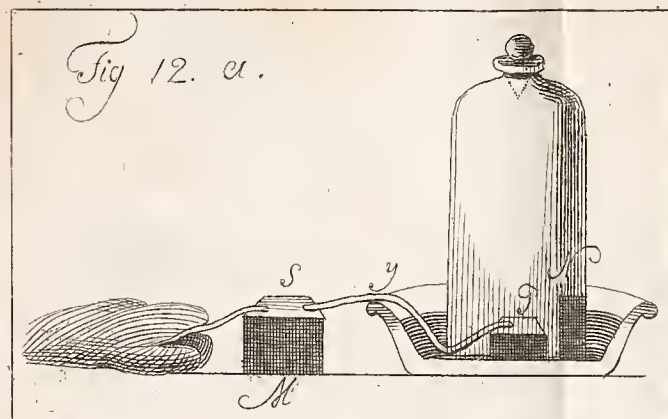


Fig 12. b.

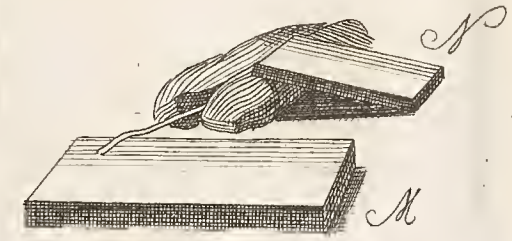


Fig. 14.

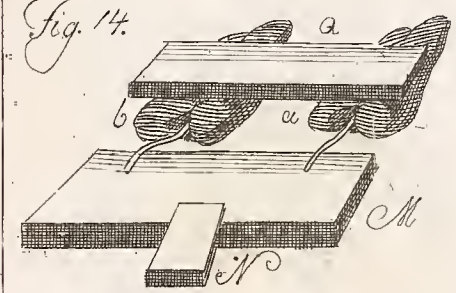


Fig. 13.

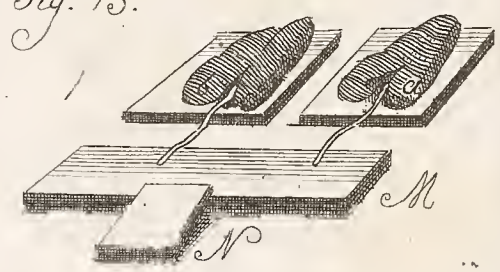
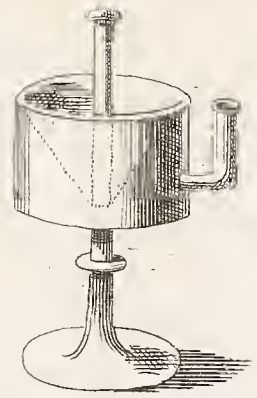


Fig. 15.



T. 16.

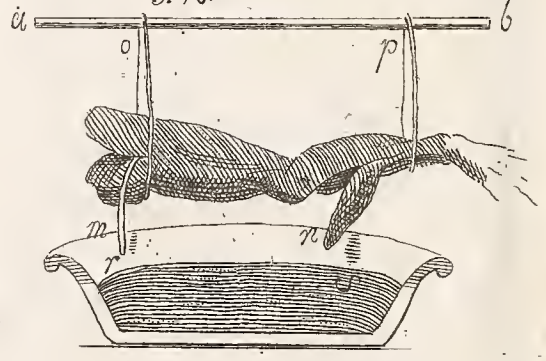


Fig. 17.

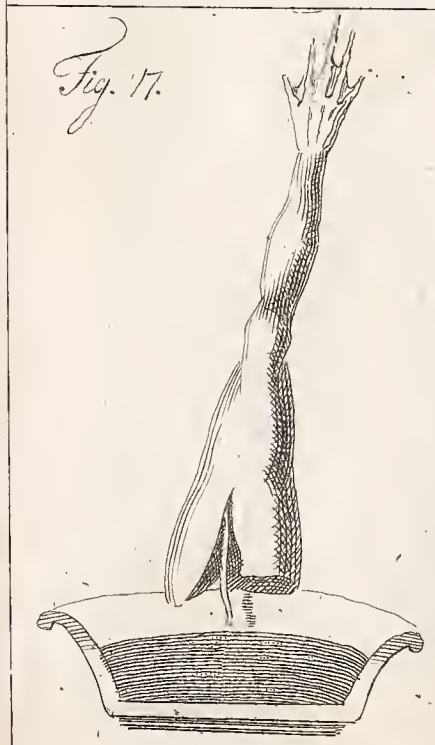


Fig. 18.

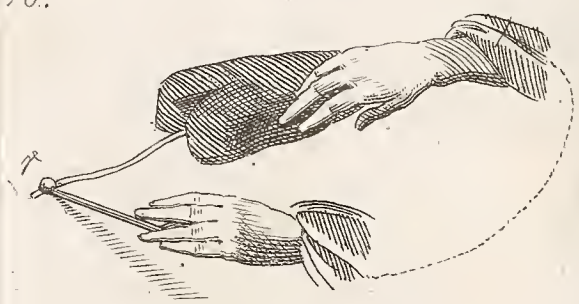


Fig. 19.

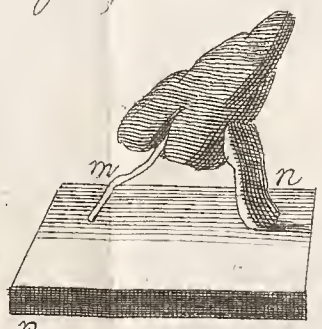


Fig. 20.

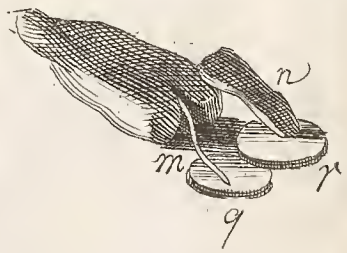
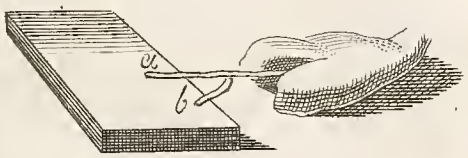


Fig. 22.



23. Fig. 24.

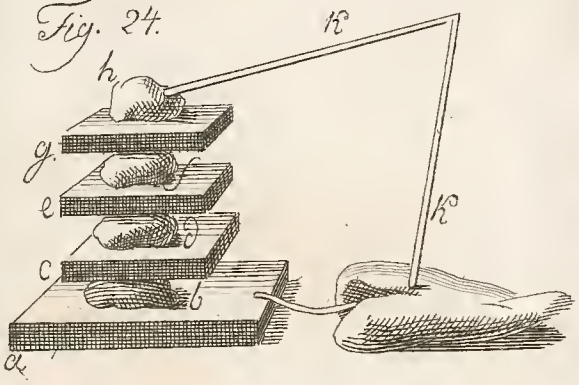


Fig. 26.

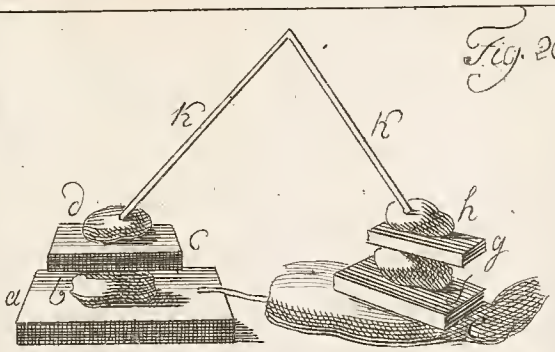


Fig. 28.

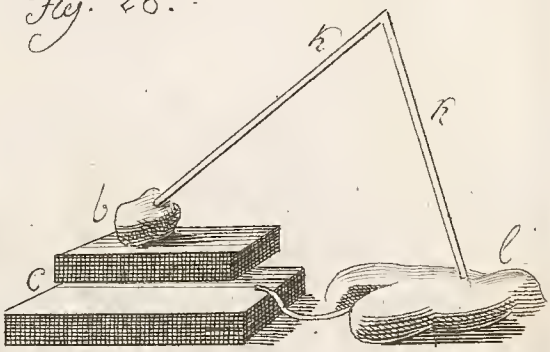


Fig. 30.

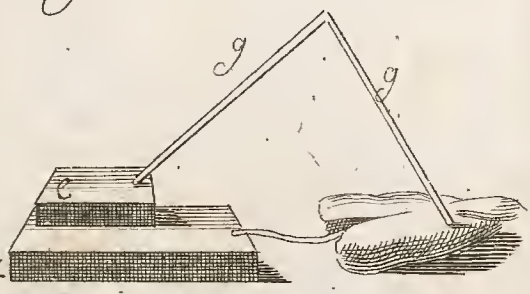


Fig. 21.

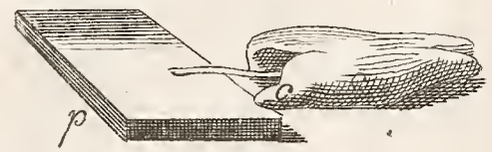


Fig. 22.

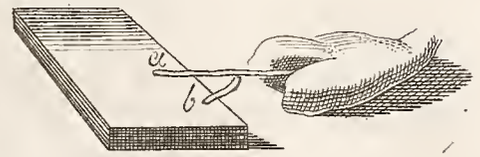


Fig. 23.

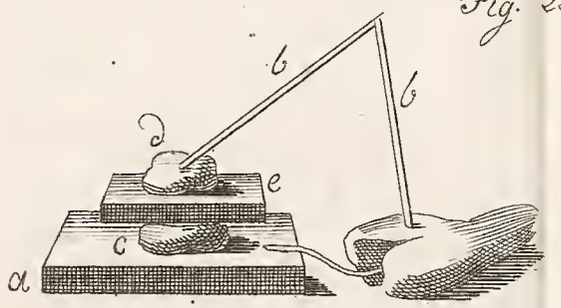


Fig. 24.

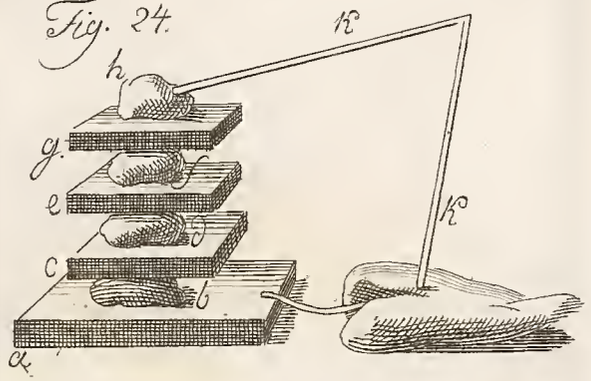


Fig. 25.

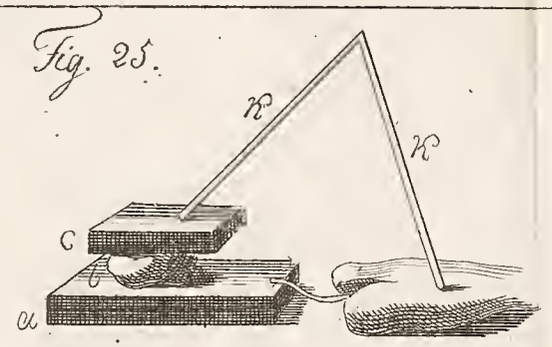


Fig. 26.

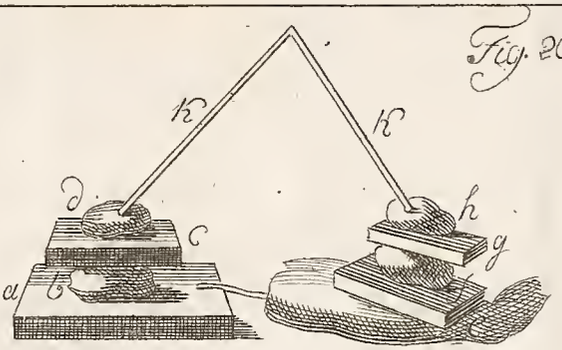


Fig. 27.

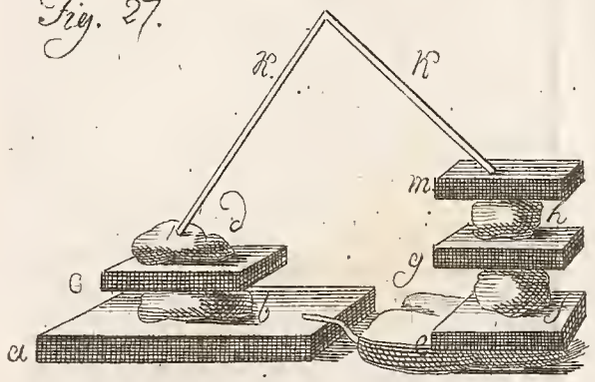


Fig. 28.

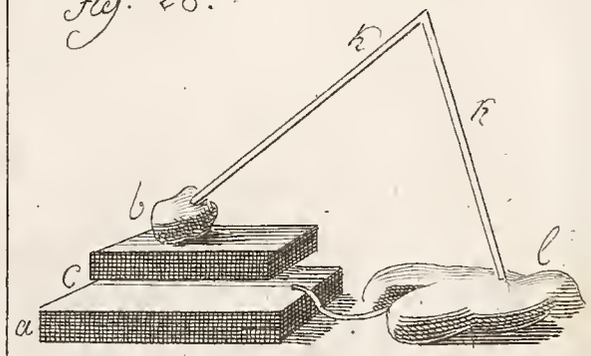


Fig. 29.

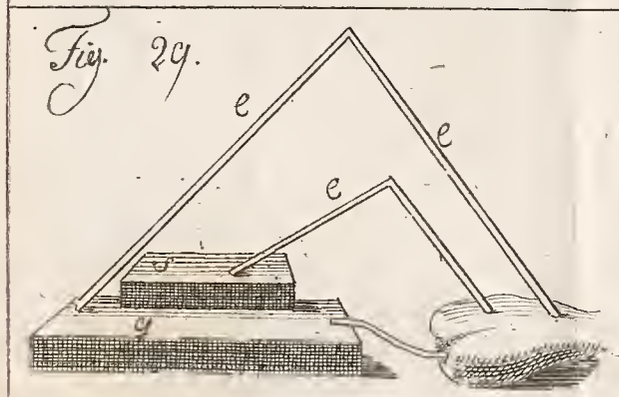
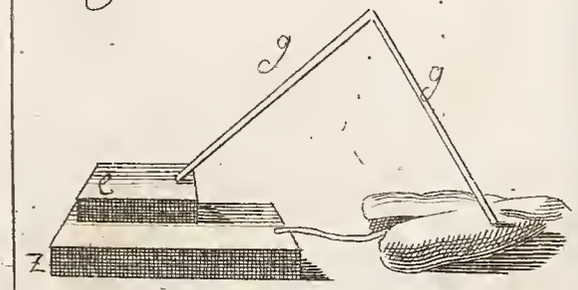


Fig. 30.



F. 32.

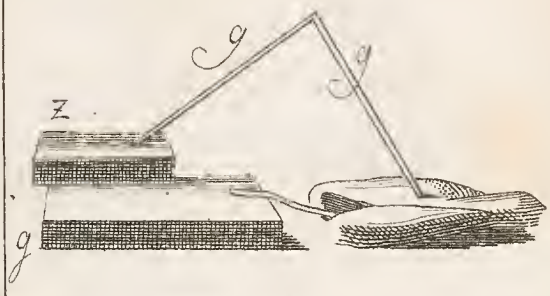


Fig. 34.

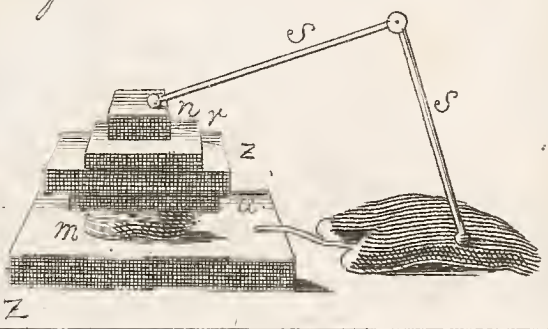


Fig. 36.

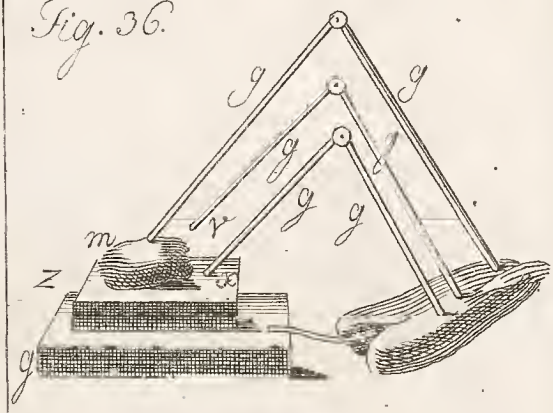
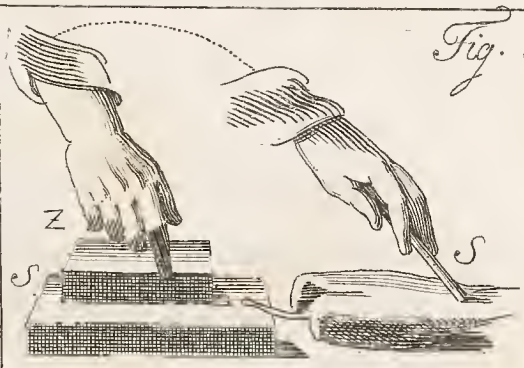
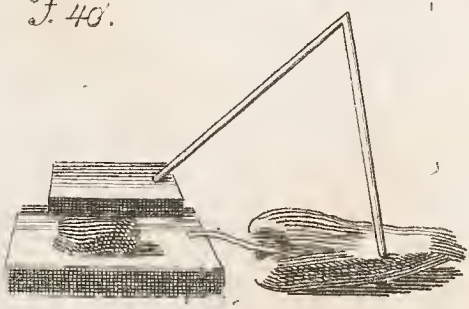


Fig. 38.



.39.

F. 40.



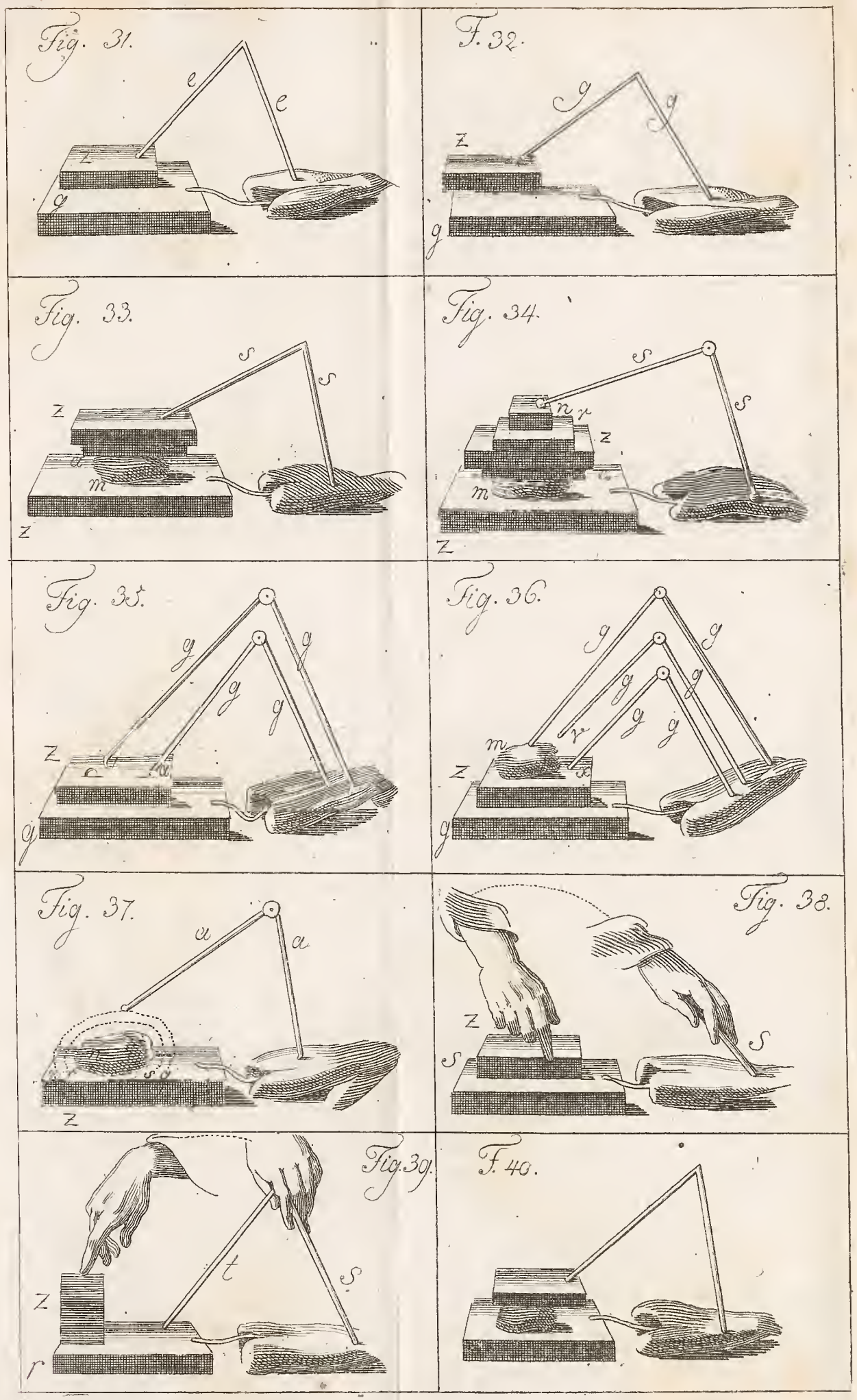


Fig. 31.
e
e
z
g
F. 32.
g
g
z
g
Fig. 33.
s
s
z
a
m
z
Fig. 34.
s
s
n
r
z
m
z
Fig. 35.
g
g
g
g
z
r
x
g
Fig. 36.
g
g
g
g
g
g
m
r
z
x
g
Fig. 37.
a
a
s
z
Fig. 38.
z
s
s
Fig. 39.
t
s
z
r
F. 40.

Fig. 42.

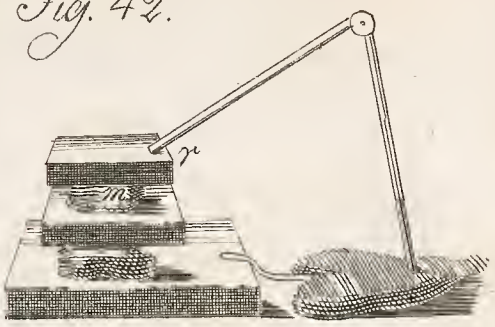


Fig. 44.

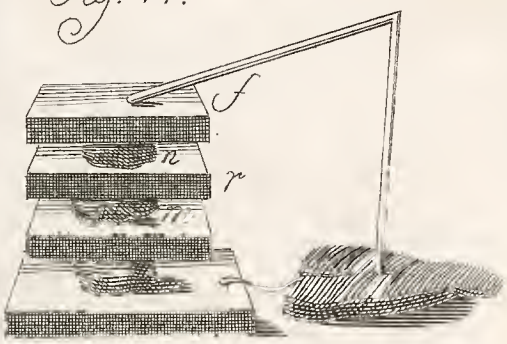


Fig. 46.

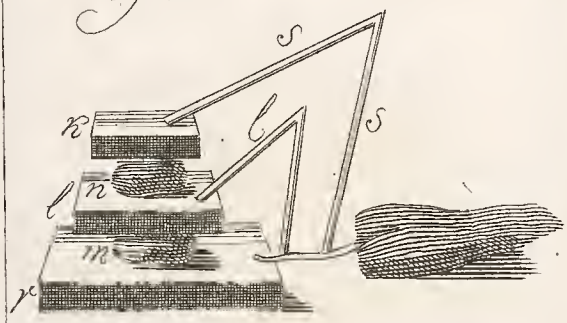


Fig. 48.

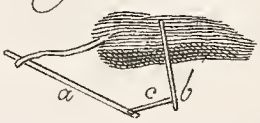


Fig. 49.

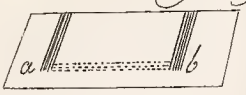


Fig. 50.

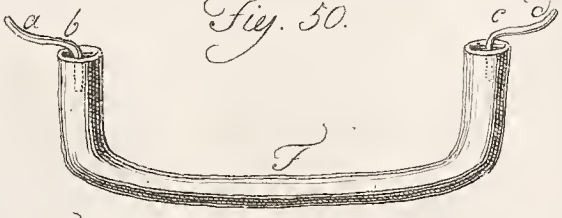


Fig. 52.

Fig. 53.

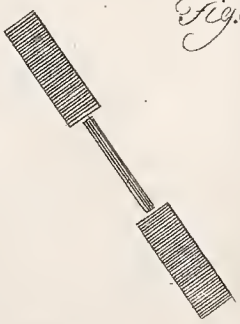


Fig. 41.

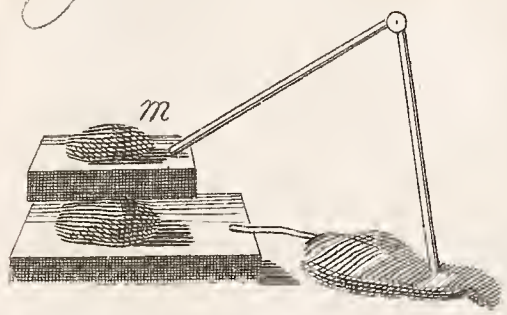


Fig. 42.

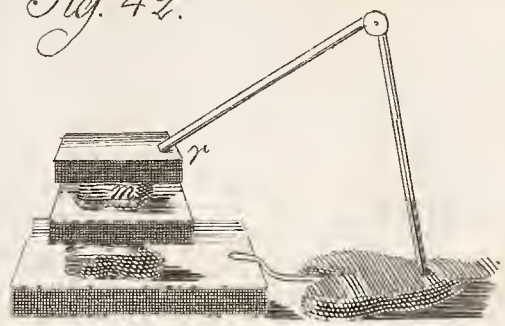


Fig. 43.

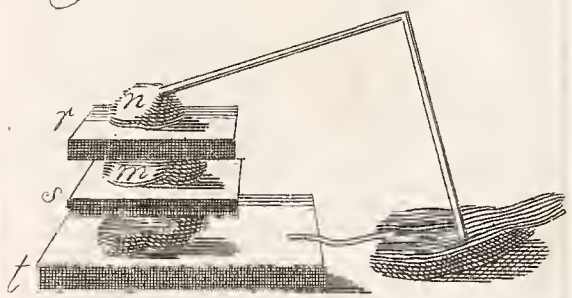


Fig. 44.

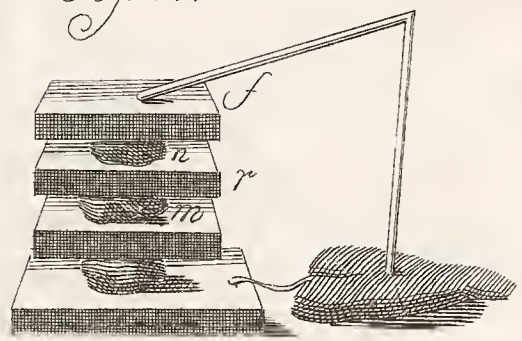


Fig. 45.

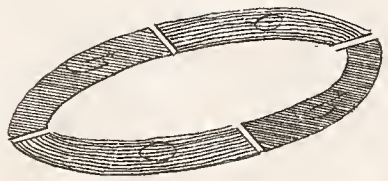


Fig. 46.

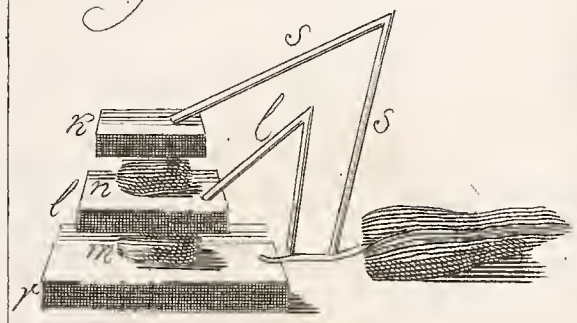


Fig. 47.

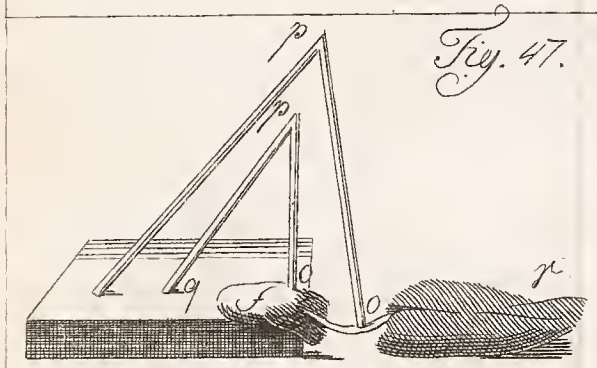


Fig. 48.

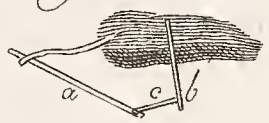


Fig. 49.

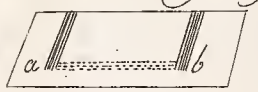


Fig. 50.

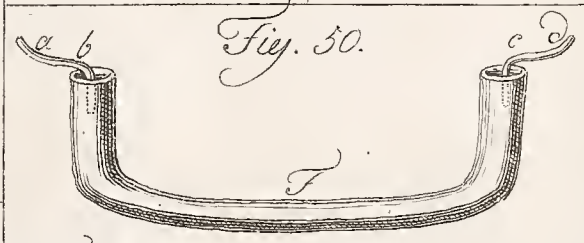


Fig. 51.

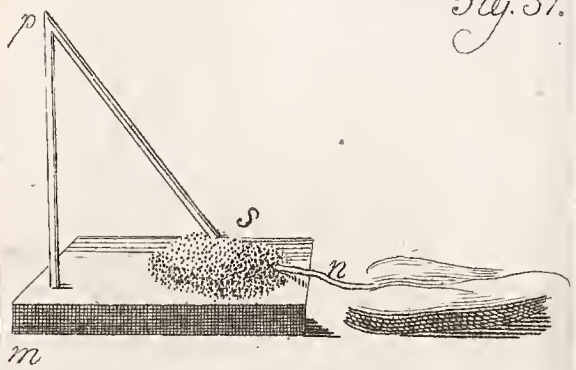


Fig. 52.

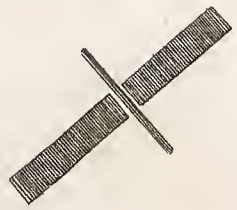


Fig. 53.

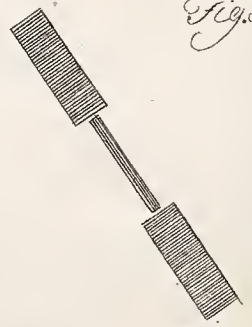


Fig. 55.

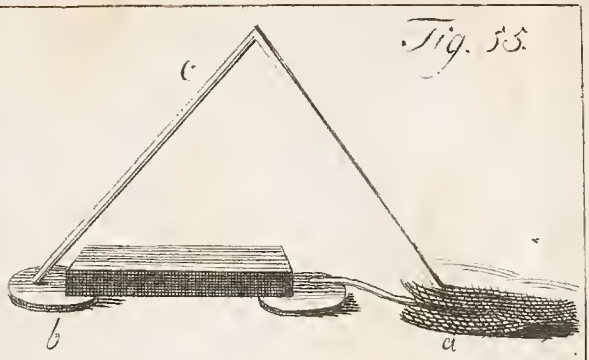


Fig. 57.

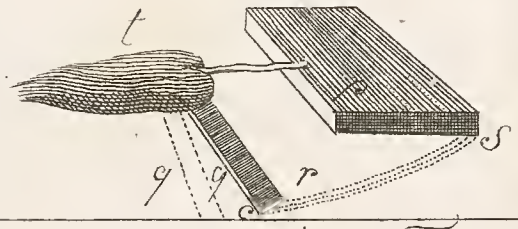


Fig. 59.

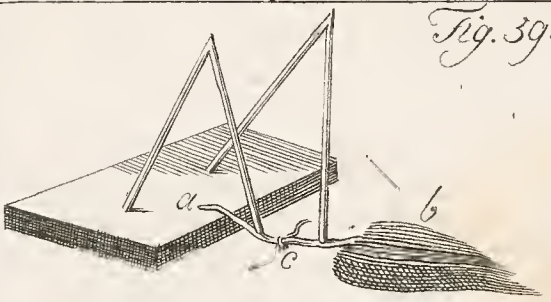


Fig. 61.

Fig. 62.

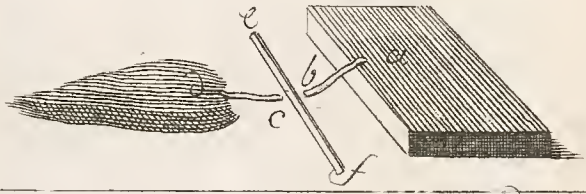


Fig. 63.

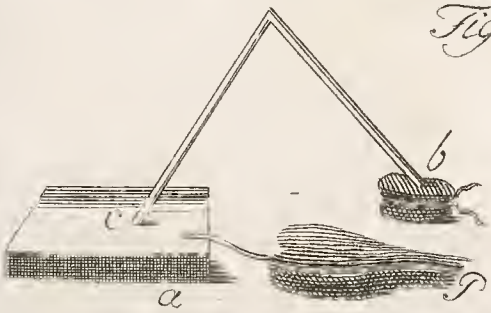


Fig. 54.

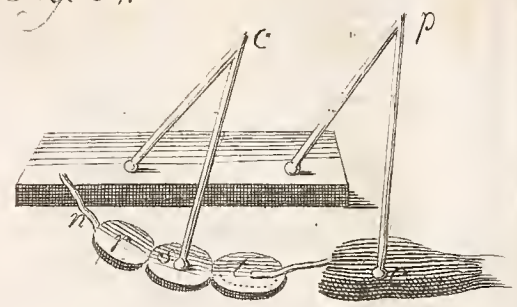


Fig. 55.

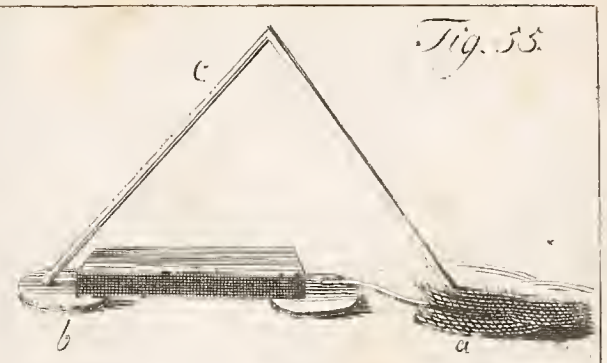


Fig. 56.

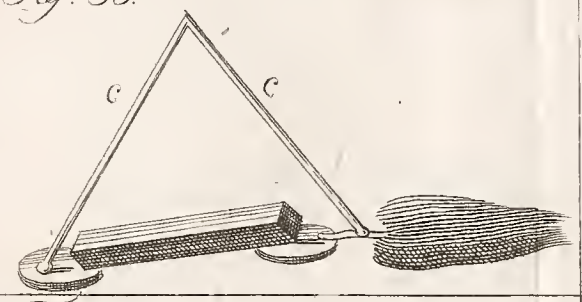


Fig. 57.

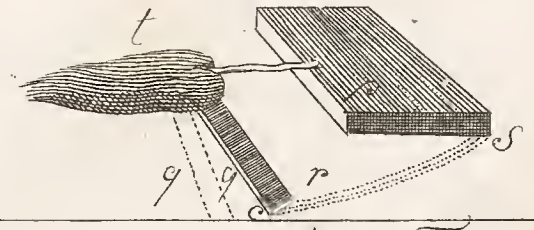


Fig. 58.

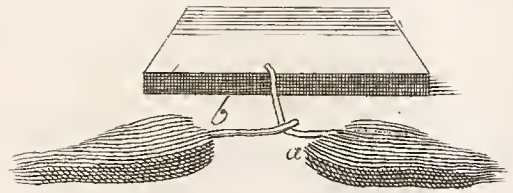


Fig. 59.

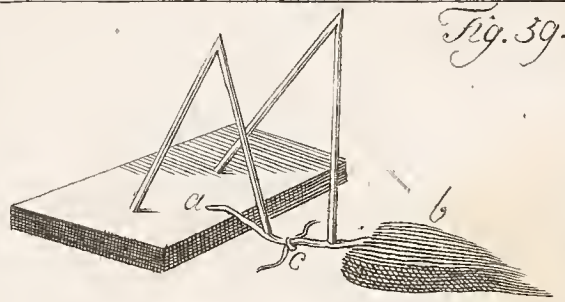


Fig. 60.

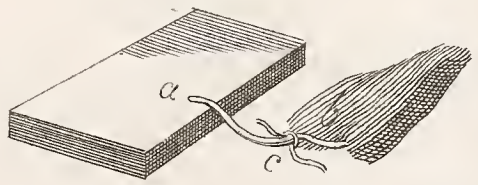


Fig. 61.

Fig. 63.

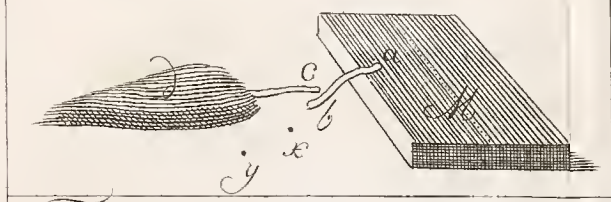


Fig. 62.

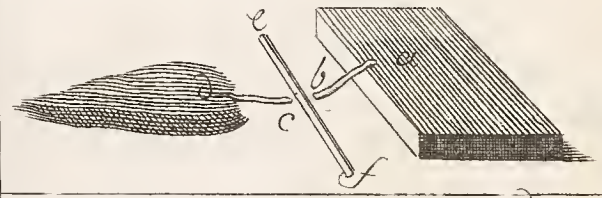


Fig. 64.

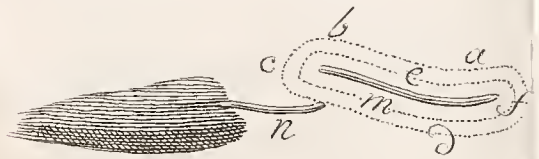


Fig. 65.

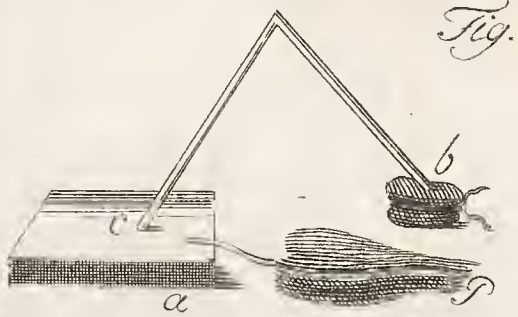


Fig. 67.

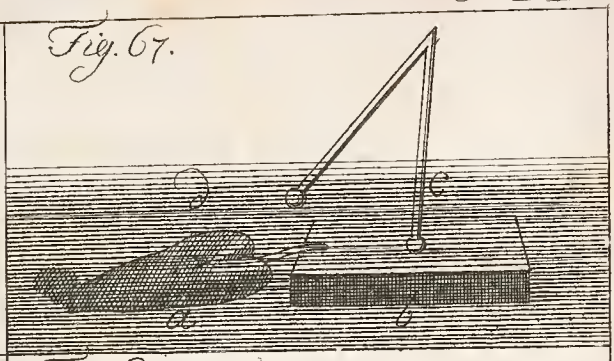


Fig. 69.

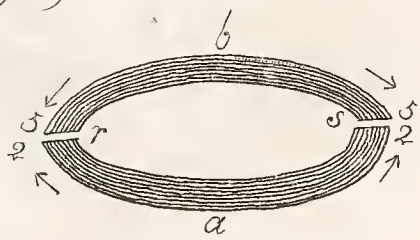


Fig. 72.

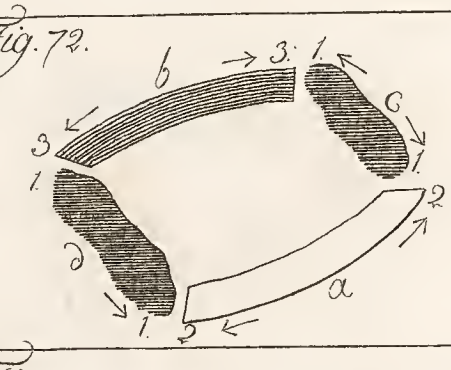


Fig. 73.

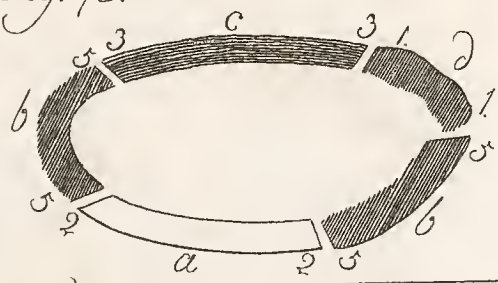


Fig. 75.

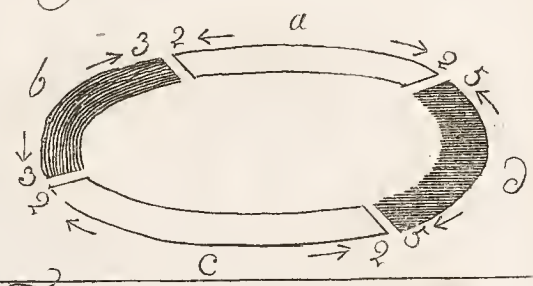


Fig. 77.

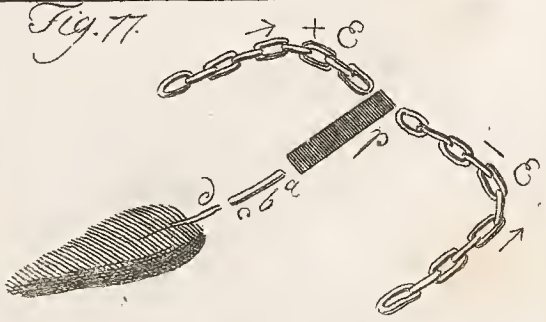


Fig. 66.

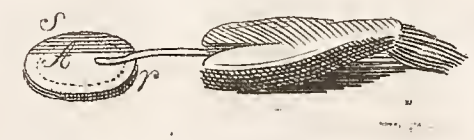


Fig. 67.

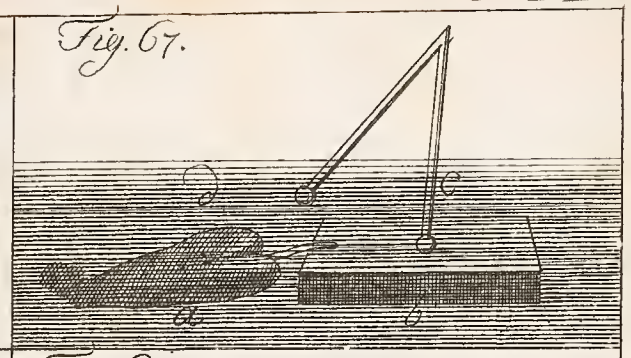


Fig. 68.

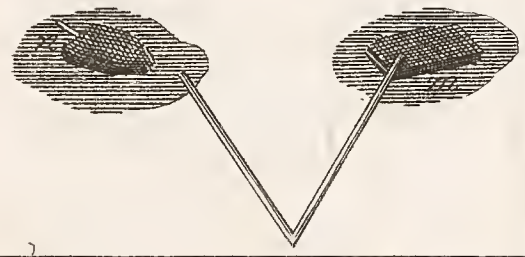


Fig. 69.

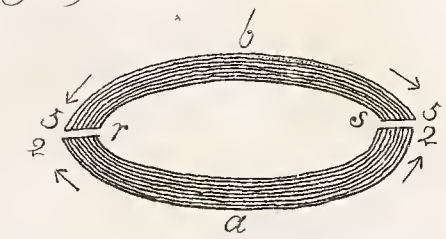


Fig. 70.

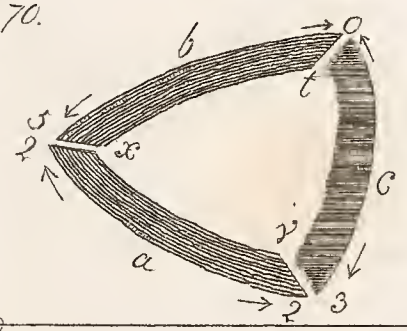


Fig. 72.

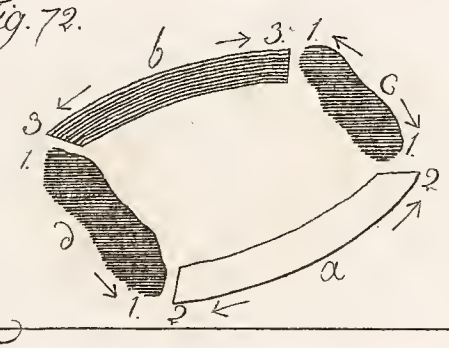


Fig. 71.

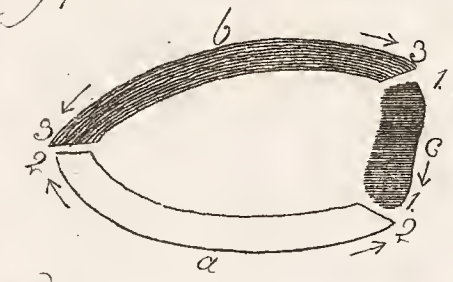


Fig. 73.

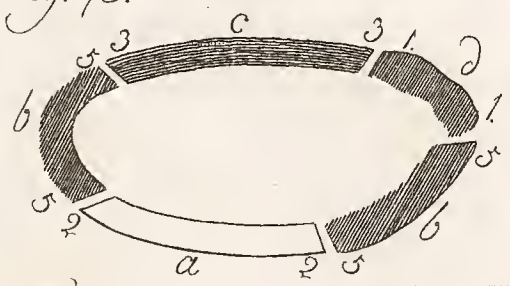


Fig. 74.

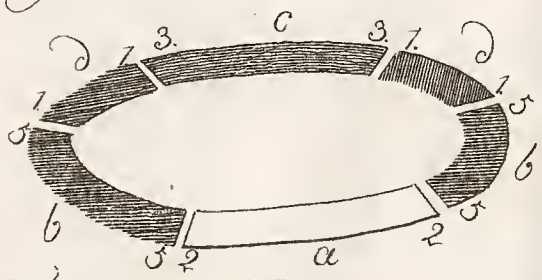


Fig. 75.

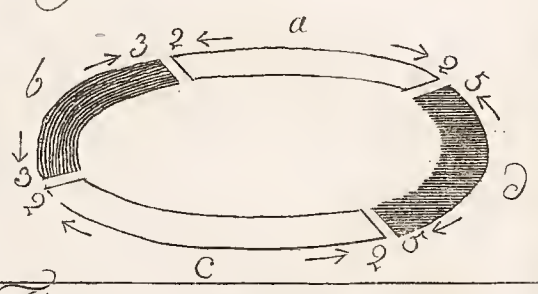


Fig. 76.

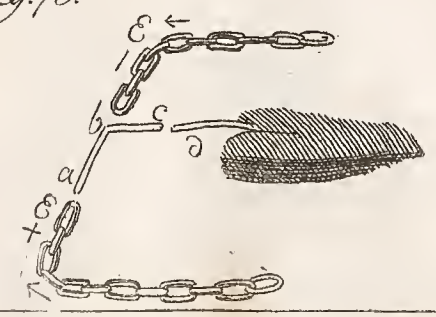


Fig. 77.

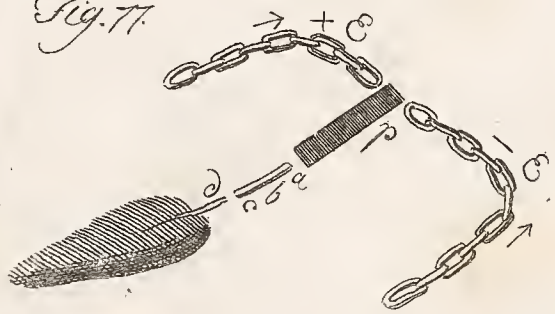


Fig. 79.

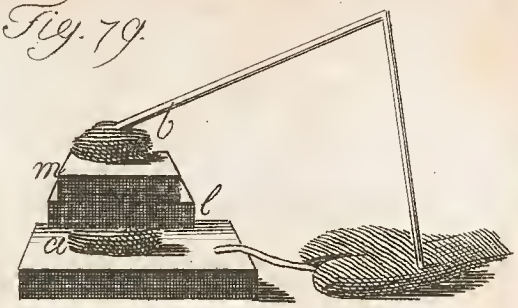
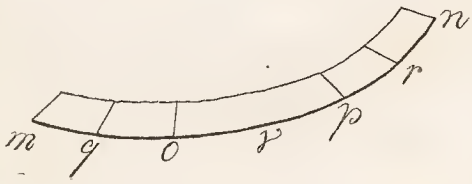


Fig. 81.



83.

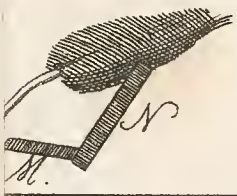
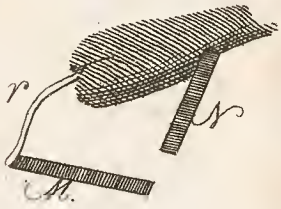


Fig. 84.



85.

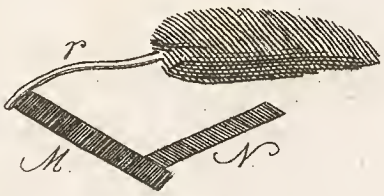
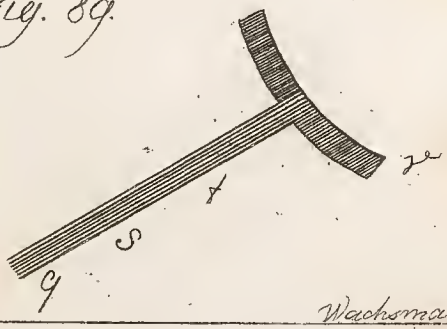


Fig. 87.

Fig. 89.



Wachsmann sc.

Fig. 78.

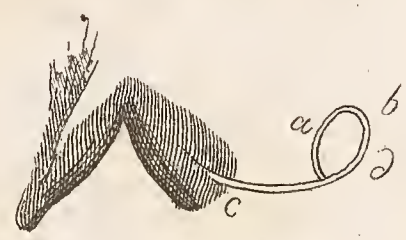


Fig. 79.

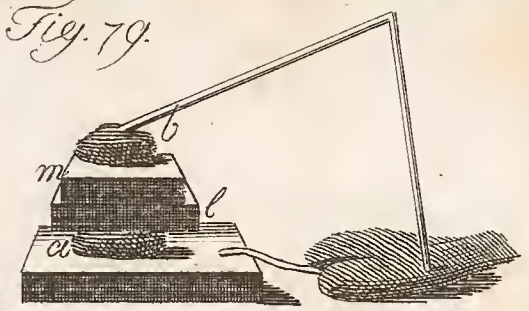


Fig. 80.

Fig. 81.

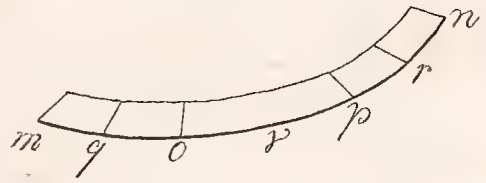


Fig. 82.

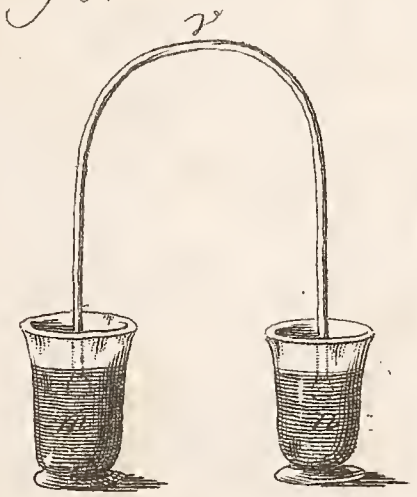


Fig. 83.

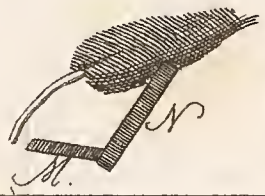


Fig. 84.

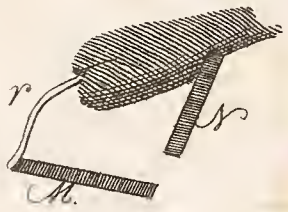


Fig. 85.

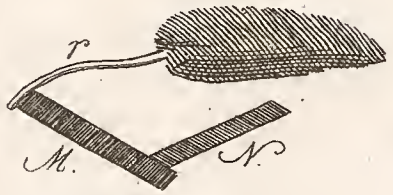


Fig. 86.

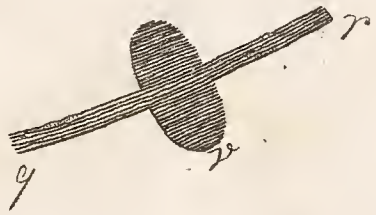


Fig. 87.

Fig. 88.

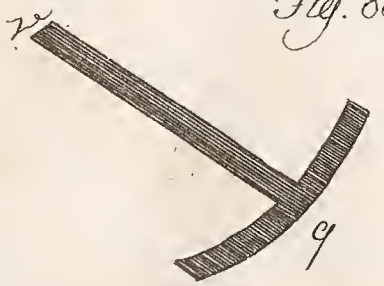
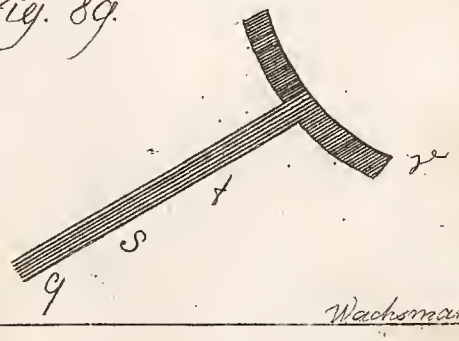


Fig. 89.



Wachsmann sc.

M 3.-

aus der Bibliothek von Prof Salemke,
München. Feb 1907