

VIII.

*Verschiedene Galvanische Versuche mit
außerordentlich mächtigen Säulen,*

von

THOMAS BUNTZEN,
Med. Stud. zu Kopenhagen. *)*Versuche an Thieren.*

Frösche sind hierzu am brauchbarsten, weil man sie in Menge haben kann und weil ihre Reizbarkeit nicht so leicht erschöpft wird. Das Werk des Herrn von Humboldt über die gereizte Muskel- und Nervenfasern war mir Veranlassung, viele seiner unzähligen Versuche zu wiederholen, und ich lernte diese wirklich schwierigen Experimente mit Hartigkeit und Glück ausführen. Bei diesen Bemühungen habe ich folgende Phänomene bemerkt, die nichts anders als Modificationen der Humboldtischen sind; auch wünsche ich sie aus keinem andern Gesichtspunkte betrachtet zu sehen.

1. Es wurden die beiden untern Extremitäten eines sehr sensibeln Frosches präparirt, (noch besser ist, wenn die eine sehr sensibel, die andere von beinahe erschöpfter Reizbarkeit ist,) indem ich an beiden die Cruralnerven so lange als möglich ent-

*) Aus Rafn's *Nya Bibliothek for Physik, Medicin og Oeconomie*, B. 4, Heft 2, oder 1802, Heft 6, S. 170 f.

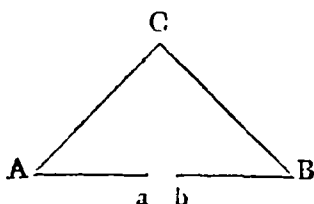
blöfste und alle Hautbedeckungen fortnahm. Den einen so präparirten Schenkel will ich mit *A*, den andern mit *B* bezeichnen. Von diesem letztern wurde außerdem noch der *Musculus plantaris* oder, (welches gleichgültig ist,) der *folaeus* so abgelöset, daß dieses abgelöste Ende hervorstand.

Nun wurde *A* auf eine trockne Glasplatte gelegt, *B* an einen feidnen Faden über einem Glasstabe gehängt und lachte auf *A* niedergelassen, wodurch der Cruralnerve von *B* ein Muskel von *A* berührte und das andere Ende von *A* oder sein Cruralnerve in Contact mit dem abgelösten *plantaris* oder *folaeus* von *B* kam. Waren die Umstände günstig, so entstanden in beiden Contractionen, beim höchsten Grade von Incitabilität derselben. Doch dieses habe ich nur Einmahl wahrgenommen; dagegen ist es mir dreimahl geglückt, daß, als ich auf Vorschlag des Dr. Scheel einen sehr sensibeln Schenkel *A* und einen erschöpften *B* nahm, der eine Schenkel sich allein contrahirte.

Das Mühevollte dieser Versuche wird man daraus abnehmen können, daß unter 53 präparirten Fröschchen der Versuch lediglich in diesen 4 Fällen glückte, dagegen bei 49 verunglückte. — Mir schien dieser Versuch die Humboldt'sche Hypothese über ein Galvanisches Fluidum im thierischen Leben noch mehr zu unterstützen.

2. Durch den folgenden Versuch habe ich beweisen wollen, daß der thierische Galvanismus

auch in Abstand und durch zerschnittene Nerven wirke. In der nachstehenden Figur bedeutet



Aa ein Stück Cruralnerven;

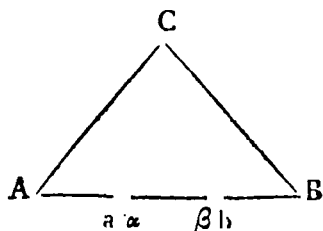
bB eine Frochextremität;

ab einen Zwischenraum von 1 bis $\frac{1}{4}$ Linien;

AC und *BC* zwei verschiedene Metalle.

Wenn diese in *C* in Berührung gebracht würden, entstanden Zuckungen in *bB*, ungeachtet die Kette in *ab* getrennt war. Hieraus muß man vermuthen, daß *Etwas* von den Nervenenden *a* oder *b* ausströme. Dieses *Etwas* wird durch electriche isolirende Körper zurückgehalten; denn bringt man eine Glasplatte zwischen *a* und *b*, so entstehen niemahls Contractionen. Nimmt man dagegen statt des Glases eine Metallplatte, so stellen sich die Zuckungen sogleich wieder ein.

3. Hierdurch kam ich auf den Gedanken, ob das ganze Phänomen auch statt fände, wenn man statt einer Platte sich eines längern Stück Metall bediene, daher ich jetzt den Zwischenraum *ab* sehr vergrößerte und ein Stück Metall *αβ* von 1 bis 3 Zoll Länge dazwischen legte, so daß bei



$a\alpha$ und βb nicht mehr als $\frac{1}{2}$ Linie Zwischenraum blieb. $\alpha\beta$ war bald Gold, bald Silber, Kupfer, Eisen oder Zinn; allein bei allen Veränderungen der Länge und Art der Metalle sah man keine Spur von Contractilität. Schon wollte ich alles fortlegen, als mir die Magnetnadel zur Hand kam, welche ich statt $\alpha\beta$ hinlegte; und nun sah ich zu meiner großen Verwunderung bei zwei Berührungen in C lange anhaltende Zuckungen entstehen. Ich wage es indess nicht, die Sache hier für ausgemacht anzunehmen; dazu würden öftere Wiederholungen und aufmerksame Untersuchung erfordert, ob die entstehenden Contractions von der magnetischen Kraft oder von einer zufälligen Vereinigung von Eisen- und Kohlenstoff, oder davon herrührten, daß die Frösche, welche ich zu diesem und den vorigen Versuchen anwendete, höchst sensibel waren, weil sie über 3 Wochen in einem Eiskeller zugebracht hatten, also in einem Zustande, wo kein stimulus bleiben konnte, um die Reizbarkeit zu erschöpfen.

4. Eine andere Art, Galvanische Erscheinung in der thierischen Faser hervorzubringen, ist, glaube ich, zuerst von mir aufgefunden worden. Der Cruralnerve eines sorgfältig präparirten Schen-

kels wurde in einen Tropfen Kali gelegt, worunter ich so lange Zinkblumen mischte, bis eine gleichförmige Masse daraus entstand. Die Kette wurde nun durch einen Streifen Schwamm, der mit einer Auflösung von salzsaurem Kupfer befeuchtet war, geschlossen, wodurch heftige Contractionen entstanden. Sie blieben aus, so oft entweder Kali oder ein anderer der genannten Körper fehlte, oder wenn statt ihrer ein bloß feuchter Leiter genommen wurde. Dieser Versuch scheint auf eine Reduction der genannten Metalloxyde zu deuten, oder richtiger, darauf, daß die Galvanische Erscheinung durch diese Reduction vollbracht wird.

5. Als ich mit der *Voltaischen Säule* Froschversuche anstellte, bemerkte ich mit Verwunderung Folgendes: Wenn man 2 Froschschenkel so präparirt, daß sie durch das Rückenmark zusammenhängen, und nun die Kette durch den einen, den ich mit *A* bezeichnen will, schließt; so entstehen nicht allein in diesem, sondern auch in dem andern Schenkel *B* Contractionen, ungeachtet er ganz aus der Kette liegt. Ich erklärte mir diese Erscheinung aus *Vertheilung der Electricität*, gegen die Meinung einiger Anwesenden, welche es aus einem Nervencontus herleiten wollten.

6. Um meine Meinung zu beweisen, durchschnitt ich *A* und *B*; der Zusammenhang beider Schenkel war also aufgehoben, doch blieben sie in Berührung. Darauf wurde *A* in die Kette gebracht,
und

und diese geschlossen. Es erfolgten Contractionen in *A* und *B*.

7. Ich hob die Berührung auf, und legte *A* und *B* 6 Zoll weit aus einander, doch diente der feuchte Tisch zum Leiter zwischen beiden. *A* wurde in die Kette gebracht, und der Erfolg war wie in 6.

8. *B* wurde isolirt, der Abstand zwischen beiden Nerven war $\frac{1}{2}$ Zoll. Als *A* wie zuvor in die Kette gebracht wurde, zeigte sich nun keine Contraction.

9. Der Abstand beider Nerven wurde bis auf 1 Linie vermindert. Bei Schließung der Kette waren wieder Contractionen in beiden.

Die Bedingung, unter welcher diese Versuche gelingen, ist: entweder ein sehr sensibles Subject, oder, bei verminderter Reizbarkeit, eine große Voltaische Batterie. Sie sind mir bei starker Incitabilität mit 7 Plattenpaaren geglückt; dagegen mißglückten sie mit 1050 Plattenpaaren bei einer Incitabilität, wo sonst einzelne heterogene Metalle schon Contractionen bewirkten. Dieses ist ein Beweis für die vielfältigen Grade der Sensibilität, welche dieses thierische Galvanoskop durchlaufen kann, und für die Unvollkommenheit, die es von dieser Seite hat, da wir nicht leicht die Grade der Incitabilität bestimmen können.

10. Um zu sehen, ob die hierbei bemerkte Vertheilung der Electricität auch durch lange Lei-

ter statt finde, verband ich die Nerven der beiden Schenkel *A* und *B* durch einen 3 Fufs langen dünnen *Eisendraht*. Als *A* in die Kette kam, contrahirte sich *B*.

11. Ich verband ferner die Nerven durch verschiedene Stücke Metall und durch 7 präparirte Froschschenkel. Jetzt geriethen nur die Schenkel in Contractionen, die ungefähr 12 Fufs von *A* ablagen.

Die beiden letztern Versuche wurden mit Säulen aus 250 Plattenpaaren angestellt.

12. Ich wiederholte diese Versuche mit einfachem Galvanismus und fand diesen in allen unwirksam, 6 ausgenommen.

13. Hr. v. Humboldt incitirte einen Froschschenkel durch Entladung der Kleistischen Flasche, obchon er auferhalb der Kette und nur durch den Cruralnerven mit dem Auslader in Verbindung war. Ich wünschte diesen Versuch an dem vordersten Leiter meiner großen Electricitätsmaschine zu wiederholen, die aus einer Spiegelfscheibe von 48 Zoll Durchmesser besteht und ganz nach der berühmten Teylerfchen gebaut ist. Ich liefs daher einen sehr starken 13 Zoll langen Funkenzieher in den Funkenzieher, welcher mit der Erde durch eingegrabne messingne Leiter verbunden war, überschlagen. Mit diesem gut leitenden Funkenzieher verband ich einen 24 Fufs langen eisernen Draht, welcher über lauter gute Leiter, wie der Fußboden etc., fortlief, und sich

durch eine verschlossene Thür in einem anstossenden Zimmer endigte. Allein ungeachtet der vielen Berührung des Drahts, welcher selbst mit einem gut leitenden Körper in Verbindung stand, und ungeachtet ich die Vorsicht *) beobachtet hatte, das Ende des Drahts in ein anderes Zimmer zu leiten, entstanden doch in einem Schenkel, dessen Nerve das Ende des Drahts berührte, bei jedem Funken Contractionen.

Dieses Phänomen erinnert mich an ein *Frauenzimmer*, welches ich während meines Aufenthalts auf der Insel *Föhr* oft Gelegenheit zu sehen hatte. Sie war vollkommen gesund und stark, nur die Zeit während eines Gewitters oder während eines hohen Grades von Luftphelectricität ausgenommen; dann war sie ein untrügliches Electrokop. Denn so wie sich ein Gewitter näherte, wurde sie von Schwindel und Erbrechen befallen, und bei jeder etwas nahen Explosion gerieth der ganze Körper in Convulsionen, ja, was noch merkwürdiger ist, auch wenn man den Blitz nicht sah, konnte man doch an ihren Bewegungen genau den Augenblick der Explosion, noch ehe man den Donner hörte, wahrnehmen. Die sonderbare Idiosynkrasie dieses Frauenzimmers interessirte damals meinen unvergesslichen Lehrer Birkner außerordentlich, und ihm habe ich es auch zu danken, daß ich Augenzeuge dieser seltenen Erscheinung war.

*) Vornehmlich um den Wirkungen der electricischen Atmosphäre zu entgehen. B.

14. Hr. Regimentschirurgus Scielderup wünschte, ich möge untersuchen, in wie weit die gewöhnliche Meinung, daß der Schlag einer *electricen Batterie alle Reizbarkeit ertödt*, wahr sey. Weil das Wetter lange Zeit sehr feucht gewesen war, auch meine Zimmer gegen Norden lagen, lud ich nur 25 Quadratfuß Belegung und leitete den Entladungsschlag durch das Gehirn und Rückenmark eines Frosches, und zwei andere Schläge durch die Extremitäten. Darauf wurde der Frosch präparirt und sowohl durch starke Funken aus dem vordern Leiter meiner Maschine, als auch durch eine Säule von 250 Plattenpaaren incitirt. In beiden Fällen zeigten sich starke Contractionsen. Ich wiederholte den Versuch mit 50 Quadratfuß Belegung, und das Resultat war wie zuvor, nur daß es etwas mehr Zeit bedurfte, ehe der electriche Funke den Froschschenkel zu incitiren vermochte. In beiden Fällen war das Thier für den einfachen Galvanismus unempfindlich, welches mich vermuthen läßt, daß ein gewaltiger electriche Schlag wohl alle Reizbarkeit gänzlich erschöpfen könne. Ich werde den Versuch nächstens mit 150 Quadratfuß Belegung wiederholen.

15. Bei Anwendung einer Voltaischen Säule von 250 bis 300 Plattenpaaren Kupfer und Zink zur Incitirung der thierischen Faser, bemerkt man an einem Froschschenkel die heftigsten Zuckungen, welche mehr und mehr abnehmen, bis sie endlich

ganz verschwinden. Dann erscheint aber ein neues Phänomen. Indem man den Froschschenkel in die Kette der Säule bringt, entsteht in ihm ein wahres *Verbrennen* mit Flamme und Rauch, und mit einem unerträglichen bräunlichen Geruche. Dieser beweist recht augenscheinlich, wie kräftig das Leben jeder Desorganisation widersteht:

Nimmt man eine starke Batterie von 500, 800 oder 1000 Plattenpaaren, so glückt dieser Versuch nicht; denn bei der Berührung mit den Endpunkten der Säule wird die Incitabilität plötzlich rund um den Berührungspunkt erschöpft; und geht auch an dieser Stelle ein *Verbrennen* vor, so contrahiren sich doch indessen andere Stellen. So oft ich diesen Versuch anstellte, habe ich immer dieselben Resultate erhalten. Mehrere sind dabei zugegen gewesen, unter andern auch mein würdiger Lehrer, Hr. D. Mynter, welcher mit mir der Meinung war, daß eine vollkommene Erlöschung aller Incitabilität die nothwendige Bedingung dieser *Verbrennung* sey.

B. *Vermischte Galvanische Versuche.*

1. Um die Voltaischen Versuche nachzumachen, schaffte ich mir den von ihm erfundenen *Condensator* an. (Gilb. *Annal. d. Physik*, B. 10, St. 4.) Der Durchmesser desselben war 3 Zoll. Beim Condensiren der *E.* eines einzigen Plattenpaares Kupfer und Zink, und bei Untersuchung der-

selben durch das Bennetsche Goldblattelec-
trometer, bemerkte ich einen sehr sichtbaren Funken
zwischen den Goldblättchen und dem belegten Theile
des Glases. *)

2. Als ich mit diesem Condensator den einen
isolierten Pol einer aus 800 Plattenpaaren bestehen-
den Säule verband, war die Condensation so stark,
daß die gehäufte *E.* den Lacküberzug der berührenden
Oberfläche der Platte mit einem Geräusche
durchbrach, welches sehr dem Picken einer Ta-
schenuhr glich, nur etwas schneller und stärker
war. Nimmt man eine kleinere Batterie von etwa
200 Plattenpaaren und hebt die oberste Condensa-
torplatte auf, ehe noch ein Durchbrechen statt fin-
det; so kann man aus ihm mit einem dünnen Me-
talleylinder Funken von 4 Linien Länge locken. **)

*) Meinen physikalischen Apparat lasse ich jetzt
beim Hrn. Licentiatu Medicinæ Smith verfer-
tigen, welcher seltne Mann hier durch eigne Hül-
fe eine nicht unbedeutende Fabrik physischer In-
strumente angelegt hat, bei deren Vortrefflich-
keit man fremde ganz entbehren kann. *B.*

**) Meine Voltaische Säule besteht aus Kupfer, Zink
und Pappe, welche letztere mit einer Auflösung
von Salmiak und Zucker oder Ochsen-galle ge-
tränkt ist. Zucker erhöht, wie ich bemerkte,
die Wirksamkeit der Säule und hindert das
schnelle Austrocknen der Pappscheiben. Meine
Kupfer- und Zinkplatten haben 1" 8" im Durch-
messer. *B.*

3. Die größte Voltaische Säule, welche ich zusammengesetzt habe, bestand aus 1050 Plattenpaaren oder Schichtungen Kupfer, Zink und Pappe. Die Wirkungen dieser Batterie waren ganz außerordentlich; *jeder Pol gab, für sich, sichtbare Funken*; ein neues Phänomen, wobei Hr. Prof. Schumacher gegenwärtig war, der diese Funken ebenfalls wahrgenommen hat. — Ein *Frosch* wurde, so groß auch seine Lebenskraft ist, durch Schließung der Kette augenblicklich getödtet. An den Berührungspunkten entstand Verbrennung und der ganze übrige Körper wurde blau. Die *Funken* waren nicht so brillant, als ich erwartete, aber doch war ihr Licht von großer Intensität. *Feuchte brennbare Körper* entzündeten sich mit Flamme und Rauch, sobald sie in die Kette gebracht wurden. Damahls war mir Ritter's Wahrnehmung der *Dendriten*, welche bei Schließung der Kette in einer Lichtflamme entstehen, nicht bekannt, daher glaubte ich der Erste zu seyn, welcher dieses interessante Phänomen wahrnahm. Die Art, wie ich darauf kam, war folgende: Ein Licht wurde auf das Tischchen des Henleyschen allgemeinen Ausladers gestellt, die Spitzen der Drähte mit der Flamme in genaue Berührung gebracht, und darauf die eine Spitze mit dem Zinkpole, die andere mit dem Kupferpole der Batterie verbunden. Im Augenblicke der Berührung bemerkte man eine starke wirbelnde Bewegung im Lichte. Die Flamme breitete sich fächerförmig aus, und der durch unvollkommene Verbrennung

erzeugte Kohlenstoff sammelte sich in Form sehr schöner Dendriten um beide Spitzen, jedoch in einer weit größern Menge an der Zink- als an der Kupferseite. Nach einer kurzen Zeit vereinigten sich beide mit einander, und entzündeten sich mit einem Lichte, welches an Intensität dem in Sauerstoffgas verbrennenden Phosphor glich.

4. Herr Prof. E r m a n in Berlin hat diesen Versuch gleichfalls angestellt, und gefunden, daß die Flamme den Galvanismus sowohl als die Electricität leite, jedoch die Electricitäten beider Pole mehr zerstreue, ehe eine gegenseitige Sättigung vollbracht werde. In dieser Erklärung stimme ich nicht vollkommen mit Hrn. E r m a n überein; denn unläugbar wirkt der Galvanismus in der brennenden Flamme auf eine unerklärbare Art. Verbindet man nämlich einen Gasentwicklungsapparat mit der Batterie in folgender Ordnung: $+$ -Pol, Gasapparat, Lichtflamme, $-$ -Pol; so ist die Erscheinung im Lichte dieselbe, ungeachtet sich keine Spur von Gasentwicklung wahrnehmen läßt, bis die erwähnte Verbrennung der Dendriten erfolgt ist. E r m a n hat dieses richtig genug zu erklären gesucht, allein wodurch will man Folgendes erklären?

5. Es bleibt alles wie im vorigen Versuche, ausgenommen daß die Kette am $+$ - oder $-$ - Pole nicht geschlossen war. Bei Berührung des freien Pols mit der Kette erfolgten sehr deutliche Fun-

ken, selbst an schwachen Batterien, deren einzelne Pole gewisß keine Spur von Funken geben.

6. Bringt man einen auf gewöhnliche Art präparirten Froschschenkel in die Kette, und schließt an der andern Seite der Flamme, so erfolgen starke Contractionen. Nimmt man statt des Frosches eine reizbare Stelle des menschlichen Körpers in die Kette, so wird man bei einer starken Batterie auf eine sehr sinnliche Weise vom Durchgange des Galvanismus überführt werden.

Wie läßt es sich nun erklären, daß hier bei einem starken Apparate keine Gasentwicklung statt fand, da doch die Wirkung noch lange nicht so geschwächt war, daß darin der Grund zu suchen wäre. Denn ich habe selbst bei 5 Plattenpaaren Gasentwicklung gesehen, wenn nur der Galvanismus nicht gezwungen war, durch eine zu lange Wasserleitung zu wirken, welches hier nicht der Fall war, da die Silberdrähte des Apparats kaum 2 Linien von einander standen.

7. Es ist mir auch geglückt, den Dendritenversuch mit dem vordersten Leiter meiner großen Scheibenmaschine zu wiederholen. Besonders ist es, daß er nicht immer glückt. Die Maschine muß in ihrem stärksten Zustande seyn, d. h., wenigstens $1\frac{1}{2}$ Fufs Belegung mit einer Umdrehung laden. Ist sie schwächer, so springen Funken von der einen Spitze des Conductors in die andere Spitze,

und dann ist keine Spur der Dendriten zu sehen; sie erscheinen bloß bei einem stillen Uebergange in großer Menge. Ist dieses auch nach Erman zu erklären?

Mehrere Versuche von größerer Wichtigkeit als die hier mitgetheilten, welche mich jetzt beschäftigen, werde ich den Lesern in den folgenden Hefen der Bibliothek mittheilen.
