

Ueber die Electricität in den organischen Körpern.

Es giebt wohl wenige Wissenschaften, welche in so kurzer Zeit so außerordentliche Fortschritte gemacht und so überraschende Resultate geliefert haben, als dies bei der Physik und Chemie der Fall ist. Wer würde noch zu Anfange dieses Jahrhunderts in der Potasche, der Soda, dem Kalk, der Thonerde ein Metall geahnet haben, und doch ist es gelungen die Gegenwart derselben nicht nur nachzuweisen, sondern mehrere derselben wirklich darzustellen. Welche großen Umwälzungen verdanken wir der Dampfkraft, und noch vor wenigen Jahren würde man es für unmöglich gehalten haben, Mittheilungen auf Hunderte von Meilen in wenigen Minuten zu machen.

Alles dies und noch vieles andere sind Dinge, welche uns jetzt täglich vor Augen liegen und so allgemein bekannt sind, daß sie sogar unsere Bewunderung nicht mehr zu erregen vermögen. So groß aber auch die Fortschritte sind, die wir im Allgemeinen in fast allen Theilen der Physik wahrnehmen, so ist es doch besonders die Electricitätslehre, welche durch die gemachten Entdeckungen eine ganz neue Gestalt erhalten hat, und wodurch ein helles Licht über viele andere Erscheinungen verbreitet worden ist. Die Kenntniß, welche man von diesem Fluidum früher besaß, war eine sehr geringe. Erst als Galvani und Volta die Contact-Electricität, Derstedt die Einwirkung der Electricität auf die Magnethadel, Seebeck die thermo-electrischen Ströme und Faraday die Electricität durch Induktion auffanden, tritt dieser Theil der Naturlehre aus seinem Dunkel hervor und gehört jetzt mit Recht zu den wichtigsten der ganzen Physik.

Unter den vielen Entdeckungen, welche wir der genaueren Kenntniß der Electricität verdanken, sind besonders die, welche mit ihrer Hülfe in der Physiologie gemacht worden sind, von der höchsten Wichtigkeit. Was man wohl früher vermuthete, daß der Lebensprozeß der organischen Wesen Electricität zu entwickeln vermöge und diese wahrscheinlich eine wichtige Rolle in diesem Prozeß einnehme, ist durch Galvani's, Humboldt's, Bequerell's, Matteucci's und besonders durch du Bois Raimond's äußerst genaue Versuche bis zur Evidenz erwiesen worden. Es ist jetzt außer allen Zweifel, daß bei jedem Lebensprozeß Electricität in Thätigkeit ist, daß wir dieselbe aber nur in geringer Menge als freie Electricität nach Außen wirksam durch unsere Sinne wahrnehmen, weil im gesunden Organismus beide Electricitäten sich gegenseitig binden, wodurch ein Hervortreten der einen oder der andern verhindert wird. Anders ist es im krankhaften Zustand, wo das für die Gesundheit nothwendige Gleichgewicht aller Theile gestört ist, oder bei Organismen, denen die Natur eigene Werkzeuge gegeben hat, mittelst welchen sie die Electricität so zu verdichten oder ihr eine so hohe Spannung zu geben vermögen, daß sie sichtbar und kräftig nach Außen zu wirken vermag.

Die nachfolgenden Mittheilungen sollen im gedrängten Zusammenhange die Resultate der von den größten Physikern über diesen Gegenstand angestellten Versuche und gemachten Erfahrungen bis auf die neueste Zeit darlegen.

Eine der wichtigsten und erfolgreichsten Entdeckungen, welche die Naturlehre in neuerer Zeit aufzuweisen hat, ist die des italienischen Naturforschers Galvani. Alle die großen Fortschritte, welche besonders in der Electricitätslehre und in der Chemie gemacht worden sind, gründen sich mehr oder weniger auf Galvani's einfachen Versuch. Er hängt einen präparirten Froschschenkel mittelst eines kupfernen Hakens an das eiserne Balkongeländer seines Hauses und wird Zuckungen gewahr: das ist mit wenig Worten die ganze eben so wichtige als erfolgreiche Entdeckung.

„Das Aufsehen, sagt du Bois, welches dieser Versuch nach seiner Bekanntmachung unter den Physikern und Physiologen machte, der Sturm, den er erregte, kann nur mit dem verglichen werden, welcher damals, 1791, am politischen Horizont heraufzog. Man kann sagen, wo es Frösche gab und wo sich 2 Stücke ungleichartigen Metalls erschwingen ließen, wollte Jedermann sich von der wunderbaren Wiederbelebung verstümmelter Gliedmaßen überzeugen. Die Physiologen glaubten das Agens der Lebenskraft gefunden zu haben, und die Aerzte hofften alle Nervenkrankheiten mit Leichtigkeit heilen zu können. Scheintodt wenigstens konnte Niemand mehr begraben werden, der zuvor galvanisirt worden war.“

Galvani ging bei der Erklärung seiner Entdeckung von der Vorstellung aus, daß auch der thierische Körper, wie die übrigen, eine Quelle der Electricität sei, welche durch die Metalle als gute Leiter in Bewegung gesetzt werde, und so auf die Nerven und durch diese auf die Muskeln einwirke und letztere zu Contraktionen veranlasse.

Volta, einer der größten Physiker, der sich besonders in der Electricitätslehre unsterbliche Verdienste erworben hat, war Anfangs ganz der Ansicht Galvani's. Als er aber später fand, daß nur unter sehr günstigen Umständen Zuckungen mit einem Metall hervorgebracht wurden, während bei 2 verschiedenen Metallen diese Erscheinungen immer und kräftig auftreten, da er auch Geschmacksempfindungen mit zwei verschiedenen Metallen bewirkte, wo, wie er meinte, von einer electricischen Entladung im Nerv und Muskel nicht die Rede sein könne, änderte er seine Ansicht. Er erklärte, daß in den meisten Fällen die galvanischen Erscheinungen nicht die Folge der im Thiere enthaltenen Electricität seien, sondern von einem durch das Anlegen verschiedener Metalle erregten electricischen Strome erzeugt würden. Ja er bewies, daß selbst zwei Metalle derselben Art diese Erscheinungen hervorzubringen im Stande seien, wenn irgend eine Verschiedenheit in den beiden Stücken Metall vorhanden sei.

So ist es erwiesen, daß wenn man zwei Stück Zink, wovon das eine rauh und das andere glatt ist, beide in gesäuertes Wasser taucht, sogleich ein starker electricischer Strom entsteht. Dasselbe findet sogar Statt bei zwei Stücken desselben Metalls und von ganz gleicher Beschaffenheit, sobald sie zu verschiedenen Zeiten in die gesäuerte Flüssigkeit getaucht werden. So physikalisch richtig nun auch Volta's Ansicht ist, so ging er doch darin zu weit, daß er das Dasein der Electricität im thierischen Körper zuletzt ganz ableugnete, indem er überall, wo Zuckungen beobachtet wurden, die Gegenwart heterogener Körper als Quelle der Electricität voraussetzte. Ueberhaupt weichen die Meinungen über die Entstehung der galvanischen Electricität von einander ab, indem einige der Ansicht sind, daß alle galvanischen Erscheinungen durch den Contact verschiedenartiger Körper entstehen, andere dagegen dieselben den chemischen Kräften zuschreiben, welche dabei in Thätigkeit sind, so daß also diese Kräfte gleichbedeutend mit den electricischen sind. Beide Ansichten lassen sich wohl aber dadurch vereinigen, daß man annimmt, es werde

sowohl durch den Contact als auch durch die chemische Einwirkung Electricität in Bewegung gesetzt. Macht man den Volta'schen Fundamental-Versuch, bei welchem durch die Berührung von Kupfer und Zink sogleich Electricität entsteht, so ist von einer chemischen Einwirkung gewiß nicht die Rede und die sich zeigende Electricität kann allein durch die beiden sich berührenden Metalle entstanden sein. Bringt man dagegen nach Bequerell zwei Flüssigkeiten, wie z. B. Salpetersäure und Kali in zwei durch eine Blase getrennte Gefäße, so erhält man ebenfalls einen starken electrischen Strom. Hier ist natürlich der Contact ausgeschlossen und nur allein durch die chemische Einwirkung beider Flüssigkeiten aufeinander, welche sich zu einem neuen Körper verbinden, der elektrische Strom entstanden. Ebenso bringt Verschiedenheit in der Temperatur, Veränderungen in der Aggregatsform, oder in der Dichtigkeit, und überhaupt jede Veränderung, welche auf die Lage der Atome der Körper einwirkt, jederzeit freie Electricität hervor. Hieraus ergibt sich doch wohl, daß es fast keine Einwirkung auf einen Körper giebt, keine Veränderung mit ihm vorgenommen werden kann, welche nicht mit einer Erregung von Electricität verbunden ist. Sollten nun die organischen Körper eine Ausnahme machen? Gewiß wird auch in ihnen, bei der großen Umwandlung, welche die Säfte und ihre Bestandtheile fortwährend erleiden, ununterbrochen Electricität auftreten, wenn gleich dieselbe in den mehrsten Fällen eben durch den organischen Prozeß immer wieder gebunden wird, und daher selten oder nur mittelst sehr empfindlicher Werkzeuge sichtbar für unsere Sinne auftritt.

Galvani ging, wie schon erwähnt, bei der Erklärung seiner Entdeckung von der Vorstellung aus, daß auch der thierische Körper, wie die übrigen, eine Quelle der Electricität sei, welche durch die Metalle als gute Leiter in Bewegung gesetzt werde und so auf die Nerven und durch diese auf die Muskeln einwirke. Da aber dieser Versuch stets den von Volta gemachten Einwurf zuließ, daß die Metalle und nicht Muskel und Nerv die Erreger der Electricität seien, so sah sich Galvani genöthigt zu versuchen, ob nicht ohne Metall auch Zuckungen hervorgebracht werden können. Diese Versuche hat nun Galvani angestellt und sie sind ihm vollständig gelungen.

Um das hierzu erforderliche Froschpräparat anzufertigen, verfährt man folgendermaßen. Man tödtet einen Frosch, schneidet den Oberleib hinter den Vordersehenkeln quer durch und entfernt den untern Theil des Rückgraths so weit, daß die Füße nur noch mittelst der Schenkelnerven mit dem übrig gebliebenen kleinen Stück Rückgrath zusammenhängen. Am geeignetsten sind die Frösche zu diesen Versuchen im Frühjahr, wo die Reizbarkeit dieser Thiere größer und die natürliche Electricität in ihnen stärker angehäuft ist. Faßt man nun den Frosch an einem Schenkel, hält ihn in die Höhe und bringt den andern Fuß mit dem Nerven in Berührung, so treten sogleich lebhaftere Zuckungen ein. Dieser Versuch ist von mehreren Physikern vielfach wiederholt und abgeändert worden. Der erste, welcher die Meinung Galvani's vom Dasein einer thierischen Electricität bestätigte, war Humboldt, der dieselbe in dem Werke: Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfasern, 1799, bekannt machte. Er zeigte, daß Zuckungen erhalten werden, wenn die Lende eines Thieres gegen den Hintersehenkelnerven gebogen wird. Ebenso erhält man Zuckungen dadurch, daß der Vordersehenkel-Nerve und sein Schenkel-Muskel mittelst eines abgeschnittenen Stückes Nerve oder eines frischen Stückes Muskelfleisch zugleich berührt wird. Bunsen baute sogar eine wirksame galvanische Säule von abwechselnden Lagen von Muskelfleisch und Nerven auf. Da die mehrsten Versuche über die thierische Electricität eines weit empfindlicheren Instrumentes bedürfen, als der von Volta erfundene Condensator ist, so sind die wichtigsten Entdeckungen über dieselbe erst in der neueren Zeit und zwar mittelst dem auf die Derstedt'sche Entdeckung sich gründenden Multiplicator gemacht worden. Nobili war der Erste, welcher den Multiplicator anwandte, um die electrischen

Ströme in den Nerven aufzusuchen. Er fand hierbei, daß bei einem Froschpräparat, dessen Wirbelsäule und Füße in zwei Gefäßen mit Salzwasser sich befanden, welche mit nasser Baumwolle verbunden waren, ein Strom von den Füßen nach dem Kopfe sich zeigte. Diesen Strom nennt man auch den Froschstrom.

Es ist einleuchtend, daß bei so geringen electricischen Strömen, wie sie in den einzelnen Organen der Thiere vorhanden sind, die dabei angewandten Multiplicatoren einen sehr hohen Grad von Empfindlichkeit besitzen müssen. Die umfangreichsten und genauesten Versuche über diesen Gegenstand hat der Franzose du Bois Raimond angestellt, und diese in seinem Werke: Untersuchungen über thierische Electricität, niedergelegt. Du Bois Multiplicator besteht aus 3000 Fuß übersponnenem Kupferdraht und enthält 4650 Windungen. Später hat er zu gewissen Versuchen ein noch weit empfindlicheres Instrument construirt, welches 24160 Windungen enthält, und womit der Hinterschenkelnerve eines Frosches die Nadel mit Heftigkeit bis an die Hemmung wirft, welche um 90 Grad vom Pol entfernt ist und eine gleichbleibende Ablenkung von 40 bis 50 Grad hervorbringt. Der Muskelstrom hält die Nadel sogar beständig an der Hemmung. Außer dem Multiplicator hat man auch das Froschpräparat als physiologischen Stromprüfer angewandt. Nobili hielt es als das allerempfindlichste Werkzeug; allein seit der Multiplicator so ungemein vervollkommenet worden ist, leistet derselbe weit bessere Dienste als das Froschpräparat, besonders auch deshalb, weil man durch den Multiplicator nicht allein die Richtung des Stroms und die Art der Electricität, sondern auch die Stärke derselben angeben kann, welches alles nicht mit dem Froschpräparat möglich ist. Dazu kommt, daß die Angaben des letztern sich nicht gleich bleiben, indem die Reizbarkeit der verschiedenen Frösche ungleich ist und mit der Jahreszeit sich verändert. Das Froschpräparat antwortet durch Zuckungen nur am Anfange und am Ende des Stroms, so daß es ungewiß bleibt, ob man mit einem continuirlichen Strom oder mit einer augenblicklichen Entladung zu thun hat. Der Vorzug, den das Froschpräparat aber besitzt, besteht hauptsächlich darin, daß es der einzige Stromprüfer ist, wobei kein Metall angewendet wird, und wo man daher die Ueberzeugung gewinnt, daß die stattfindende Erscheinung eine reine Folge der im thierischen Körper auftretenden Electricität ist.

Um das Froschpräparat recht empfindlich zu machen, kommt es darauf an, ein recht langes Ende eines Nerven freiliegend zu erhalten. Man schneidet zu diesem Behufe von einem Frosch einen Schenkel ab, und läßt den Hinterschenkelnerven von der Kniekehle bis zu den Lendenwirbeln daran. Wichtig ist es bei diesen Versuchen, daß das Präparat gut isolirt sei, damit man sicher ist, daß nur der Strom, dessen Wirkung beobachtet werden soll, durch den Nerven geht.

Es dürfte wohl angemessen sein anzugeben, welches Verfahren du Bois bei seinen Untersuchungen angewandt hat, um vor jeder Täuschung vollständig gesichert zu sein, und die Gewißheit sich verschafft zu haben, daß der erregte Strom auch wirklich im thierischen Körper entstanden und nicht von einer andern elektromotorischen Kraft hervorgerufen worden ist. Die Enden des Multiplicator-Drahtes werden gewöhnlich mit Platinplatten versehen. Hier ist es nun vor allem nöthig, daß dieselben aufs Sorgfältigste gereinigt werden, damit sie ganz gleichartig sind, weil irgend eine Verschiedenheit in der einen Platte sogleich einen electricischen Strom hervorzurufen im Stande ist. Eine zweite wichtige Bedingung ist das gleichzeitige Eintauchen der Platten. Um dies zu bewirken, wird jede in ein besonderes Gefäß getaucht, worin eine concentrirte Lösung von Kochsalz enthalten ist, und beide Gefäße werden dann durch den zu untersuchenden Körper verbunden, während die Platinplatten mit dem Multiplicator in Verbindung gebracht sind. Da aber das unmittelbare Eintauchen der thierischen Theile in die Salzlösung das Resultat leicht unsicher machen kann, weil dieselben von der Lösung angegriffen werden, so wendet

du Bois Bäusche von mehreren Lagen Fließpapier an, welche über den Rand der Gefäße gelegt, angefeuchtet und mit der Salzlösung in Verbindung gebracht werden. Auf diese Bäusche wird nun der Gegenstand gelegt, welchen man auf sein electromotorisches Verhalten prüfen will.

Bei einem empfindlichen Froschpräparat, welches mit einer galvanischen Kette verbunden ist, bemerkt man, wie schon erwähnt, gewöhnlich zwei Zuckungen, eine beim Öffnen und die andre beim Schließen der Kette. Diese Zuckungen vermindern sich mit der Abnahme der Erregbarkeit und verschwinden zuletzt ganz. Wenn man ein galvanisches Froschpräparat so aufhängt, daß die Beine in zwei mit Salzwasser gefüllten Gefäßen sich befinden, worein zugleich die Schließungsbräthe der galvanischen Kette tauchen, so kann man durch Herausnehmen und Hineinstecken des einen Drahtes die Kette öffnen und schließen. In beiden Fällen entstehen Zuckungen. Die Schließungs-Zuckung zeigt aber einen absteigenden, d. h. einen solchen Strom an, welcher vom Ursprunge des Nerven nach seiner Ausbreitung; die Öffnungszuckung dagegen einen aufsteigenden Strom, der also von der Ausbreitung des Nerven nach seinem Ursprunge geht. Der eigentliche Entdecker dieser Ströme ist Pfaff, der schon 1793 und 95 eine ausführliche und genaue Darstellung derselben gab. Weitere Untersuchungen über diesen Gegenstand haben Ritter, Nobili und Matteucci angestellt. Ein aus den vordern Extremitäten gemachtes Froschpräparat gab ebenfalls einen Strom und zwar von den Pfoten nach der Brust. Du Bois hat außer mit Fröschen mit einer großen Menge anderer Thiere, als Salamandern, Eidechsen, Tauben, Kaninchen u. s. w. Versuche angestellt, und überall gleiche Resultate erhalten. Um zu zeigen, daß auch der unverletzte ganze Frosch electricische Ströme zu erregen im Stande ist, verfährt du Bois folgendermaßen. Er stellt drei Gläser so, daß sie ein gleichschenkeliges Dreieck bilden. Bezeichnet man die beiden Gläser, welche die kürzere Seite des Dreiecks bilden, mit a und b, so werden diese mit Bäuschen versehen, auf denen der Nerv eines stromprüfenden Froschschenkels liegt. In das dritte Gefäß c kommt der Kopf des einen Frosches und die Füße eines zweiten, während die Füße des erstern und der Kopf des andern Frosches in die beiden ersten Gefäße a und b taucht. In dem Augenblick, in welchem durch den einen Frosch die Kette geschlossen wird, zuckt der stromprüfende Schenkel.

Wenn nach der Ansicht Galvani's die im Froschpräparat hervorgebrachten Zuckungen Wirkungen der im Nerv und Muskel wirksamen Electricität sind, welche Meinung auch durch Humboldt's Versuche eine Bestätigung zu finden schien, so wollte es doch nicht gelingen die Electricität in beiden durch direkte Versuche nachzuweisen. Dies ist erst den genialen und genauen Forschungen du Bois gelungen. Wenn man den großen Wadenmuskel loschneidet und ihn auf die Bäusche des Apparates legt, so zeigt die Nadel des Multiplicators sogleich einen Strom an, der von der Achillessehne nach dem Kopfe geht, also in derselben Richtung wie in allen bisher untersuchten Theilen des Frosches. Weitere Untersuchungen du Bois haben dargethan, daß auch in jeder einzelnen Muskelfaser ein electricischer Strom befindlich ist, und daß das Innere eines Muskelnervs sich negativ und das Außere sich positiv electricisch verhält. Diese Gesetze des Muskelstroms finden sich bei allen Thieren, indem du Bois sie bei Muskeln von Menschen, Kaninchen, Tauben, Sperlingen, Schildkröten, Schlangen, Fischen, Krebsen und anderen Thieren nachgewiesen hat.

Von nicht geringerer Wichtigkeit sind auch die Untersuchungen du Bois über die durch die Contraction erregte Electricität eines Muskels. Um solche Zuckungen zu veranlassen, ist es nothwendig, daß der Nerv nicht anhaltend von einem Strom durchflossen wird, sondern abwechselnd. Wenn der Strom anhaltend durch den Nerven fließt, so entstehen nur im Moment des Anfangs und seines Endes Reizungen. Also nur Schwankungen in der Stärke des Stroms bringt Reizung hervor. Man muß folg-

lich Ströme anwenden, welche fortwährend unterbrochen werden. So lange solche Ströme durch den Muskel fließen, bleibt er in anhaltender krampfartiger Spannung. Solche Reizungen können außer durch Electricität auch durch Anähen, durch Verbrennen und durch Vergiften — namentlich durch Strychnin — hervorgebracht werden. Die ersten Versuche über diesen Gegenstand hat Mateucci 1842 angestellt. Der Versuch ist folgender. Man legt auf den Schenkel eines gewöhnlichen Froschpräparats den Nerven eines stromprüfenden Schenkels und bringt sodann das Präparat auf irgend eine Weise in Zuckungen, so zuckt auch der stromprüfende Schenkel. Bequerell schloß aus diesem Versuche, daß, indem das Froschpräparat in Contraktionen versetzt werde, eine electriche Entladung in den Muskeln vor sich gehe, und daß ein Theil derselben seinen Weg durch den aufgelegten Nerven nehme, wodurch der dazu gehörige Muskel dann ebenfalls zucke. Die von du Bois über diesen Gegenstand angestellten Versuche haben im Allgemeinen Bequerells Ansicht bestätigt. Ebenso fand du Bois, daß jede Ausdehnung oder Compression eines Muskels eine Schwächung des Muskelstroms zur Folge habe.

Nach dem Tode eines Thieres ist der Muskelstrom in einer fortwährenden Abnahme begriffen. Nach Mateucci zeigen Froschpräparate 5 bis 6 Stunden nach dem Tode, im Wasser aufbewahrt, sogar nach 24 Stunden einen, wenn auch schwachen, electriche Strom. Bei höher organisirten Thieren nimmt der Muskelstrom nach dem Tode weit schneller ab, als bei niederen Thieren. Dagegen ist der Muskelstrom bei den letzteren von geringerer Kraft, als bei den ersteren.

Ein gleiches electriche Verhalten wie die einzelnen Muskeln zeigen auch die andern Gewebe des Körpers, wie z. B. der Herzmuskel, der Magenmuskel, die Wände der Därme, so wie Lunge, Leber und Nieren. Bei allen ist das electromotorische Vermögen um so stärker, je größer ihre mechanische Leistungsfähigkeit ist. Diese electromotorische Wirksamkeit der Herzmuskelsubstanz hat zuerst Mateucci nachgewiesen, welcher eine Säule von quer durchschnittenen Taubenherzen aufbaute. Weniger stark ist der Strom vom Magen der Vögel, und noch weit schwächere Ströme geben Stücke von Lunge, Leber und Niere.

Wenn man die äußere Haut und die Zunge mittelst Drähten, welche mit Platinplatten versehen sind, mit einem Multiplicator in Verbindung setzt, so zeigt die Nadel einen electriche Strom an, der von den Füßen zum Kopfe geht. Doktor Donné in Paris hat hierauf die Behauptung gegründet, daß nicht bloß zwischen Muskel und Nerven, sondern auch zwischen thierischen Häuten und heterogenen Organen eine ununterbrochene electriche Erregung stattfindet, und daß die äußere Haut Säure erregend, die innere alkalisch sei. Allein es ist sehr wahrscheinlich, daß der durch die Nadel angezeigte electriche Strom durch die Platinplatten, welche mit verschiedenartigen Flüssigkeiten in Berührung kommen, entsteht und nicht von den berührten Organen herrührt.

Die Vorstellung, daß das belebende Prinzip der Nerven als identisch mit der Electricität anzusehen sei, ist schon ziemlich alt; aber es wollte nicht gelingen, electriche Wirkungen in den Nerven zu erhalten. Auch hier bleibt du Bois die Ehre, den Nervenstrom entdeckt zu haben. Wird der Hinter-schenkelnerve eines Frosches so auf die Bäusche gelegt, daß er mit einem Querschnitt die eine Bäusche berührt und auf der andern mit einem Theile seiner Länge liegt, so erfolgt, sobald die Kette geschlossen wird, sogleich ein Ausschlag der Nadel, der bis 30 Grad betragen kann, und zwar in der Richtung vom Längenschnitt zum Querschnitt. Wie beim Muskel, findet man auch beim Nerven, daß das Innere negativ und das Äußere positiv electriche ist. Ebenso ist jede Schnittfläche des Gehirns oder Rückenmarks negativ gegen seine Außenfläche.

Bekanntlich giebt es im thierischen Körper dreierlei verschiedene Nerven: Bewegungs-, Empfindungs- und Sinnesnerven. Durch die ersteren wird allein die Bewegung der Glieder bewirkt, während

jede Empfindung nur durch die Empfindungsnerven nach dem Gehirn geleitet wird, und die Sinnesnerven allein den Sinneindrücken dienen. Diese Nerven kommen theils aus dem Gehirn, theils aus dem Rückenmark. Die aus dem Rückenmark ausgehenden Nerven entspringen aus zwei Wurzeln, wovon die hintern die Nerven der Empfindung, die vordern die Nerven der Bewegung sind, und welche bald darauf in Bündeln vereinigt mit einander weiter laufen. Schneidet man nun alle hintern Wurzeln die bei einem Frosch nach dem rechten Fuße gehen durch, so wird hierdurch das betreffende Glied aller Empfindung beraubt, so daß es über dem Feuer gebraten werden kann, ohne daß das Thier irgend eine schmerzhaft empfindung zeigt, obgleich es der Bewegung noch fähig ist; während das Durchschneiden der vordern Wurzeln gänzliche Lähmung des Fußes bei fortdauerndem Gefühl zur Folge hat. Du Bois hat nun untersucht, ob zwischen den vordern und hintern Nerven eine Verschiedenheit im elektromotorischen Verhalten stattfindet, hat aber keinen Unterschied wahrnehmen können. Diese Gleichmäßigkeit des Nervenstromes findet sich bei allen Thieren. Ein ferneres Resultat von du Bois Untersuchungen ist, daß auch die Nerven wie die Muskeln fortwährend als im Zustand der geschlossenen Kette zu betrachten sind, und daß der Nervenstrom von dem Muskelstrom, unter sonst gleichen Umständen, in der Stärke nicht verschieden ist. Uebrigens sind Nerven und Muskeln Elektromotore von höchst eigenthümlicher Art. Die elektrischen Gegenstände finden sich nämlich an ihnen nicht allein in größern Massen ihrer Substanzen, wie zwischen Zink, Kupfer und Flüssigkeit, sondern sie finden sich in jedem kleinsten Theilchen ihrer Masse wieder vor, welche sich mechanisch abtrennen lassen. Wie ein Magnet, mit einem Nord- und Südpol versehen, so vielfach er auch zertheilt werden kann, nur Theile giebt, an deren jedem wieder ein Nord- und ein Südpol vorkommt, so bietet auch jedes Stückchen Muskel oder Nerven wieder die elektrischen Gegenstände dar, welche zur Erregung eines elektrischen Stromes nothwendig sind.

Daß im thierischen Körper im verletzten lebenden Zustand eine ununterbrochene Quelle von Electricität vorhanden sein muß, daran ist wohl nicht mehr zu zweifeln. Jedoch tritt dieselbe nur selten als freie Electricität so stark auf, daß sie ohne Werkzeuge wahrgenommen werden kann. Am auffallendsten und kräftigsten zeigt sie sich bei den elektrischen Fischen, welche besondere reich mit Nerven und Blutgefäßen ausgestattete Organe haben, mittelst welchen sie durch ihren Willen die Electricität ihres Körpers bis zu Schlägen und Funken anhäufen können. Daß die Haare von Katzen, Pferden und einigen andern Thieren und selbst von Menschen so stark elektrisch werden, daß sie Funken geben, ist eine zwar oft erwähnte, aber doch noch nicht hinreichend begründete Behauptung. Ebenso hat man gefunden, daß die in der Luft gezogenen Spinnensäden von einer geriebenen Sieglackstange abgestoßen, dagegen von einer geriebenen Glasröhre angezogen werden. Allein auch hier bleibt nach Ries es zweifelhaft, ob die in den Spinnensäden erscheinende Electricität im Thiere schon vorhanden, oder erst durch Reibung beim Austreten aus dem Körper der Spinne entstanden ist. Wenn eine isolirte Person mit einem Fuchschwanz gegen einen Gegenstand schlägt, so wird bekanntlich eine Menge Electricität erregt. Die hierbei frei gewordene Electricität ist aber hier nicht im menschlichen Körper entstanden, sondern durch Reiben im Fuchschwanz hervorgerufen worden, wie man sich sogleich überzeugt, wenn man den Fuchschwanz isolirt, wo sich dann keine elektrischen Erscheinungen zeigen. De la Rive beobachtete, daß Stahlnadeln dadurch magnetisch wurden, daß sie in dem thierischen Muskel in dem Augenblick seiner Zusammenziehung eingestochen wurden. Hieraus ergibt sich, daß jede Muskel-Contraction mit einer elektrischen Aktion verbunden ist. Dieses haben auch die Versuche du Bois und Müller's noch auf andere Art erwiesen. Wenn man nach du Bois jedes der beiden Drahtenden eines Multiplikators mit einem Salzwasser enthaltenden Glasgefäße verbindet, und taucht in jedes Glas eine Hand oder einen Finger, so entsteht augenblicklich

ein Strom, so bald man einen Finger stark krümmt und den Muskel in dieser Spannung einige Augenblicke erhält. Die Ablenkung findet auch statt, wenn Widerstände eingeschaltet werden, die denen eines Telegraphen-Drahtes von mehreren Hundert Meilen Länge gleich sind. Man könnte also auch, meint du Bois, durch abwechselnde Krümmung des rechten und linken Fingers bis auf die größten Entfernungen telegraphiren. Ein ähnlicher Versuch von Müller ist folgender. An den beiden Enden des Multiplikator-Drahtes werden kupferne Handhaben befestigt. Sobald man dieselben in die Hand nimmt und die eine stark drückt, während die andere nur leise berührt wird, so weicht die Nadel sogleich ab. Drückt man sodann, nachdem die Nadel zurückgekehrt ist, die andere Handhabe, so erhält man nach der andern Seite einen noch größern Ausschlag; und so kann man bei gehöriger Wechselung der Contractionen bedeutende Oscillationen hervorbringen. Dr. Roberts basirt auf die Erfahrung, daß Wasser, welches aus Capillarröhren nur tropfenweis abfließt, in ununterbrochenem Strome ausströmt, wenn es elektrisirt wird, die Behauptung: daß die Erscheinungen des gesteigerten und gehemmten Blutumlaufes im menschlichen Körper elektrischen Ursprungs sind. Hiernach soll auch das Erröthen aus der durch eine Gemüths-Bewegung gesteigerten elektrischen Aktion im Gesicht und Nacken zu erklären sein, welche den Widerstand aufhebt, der durch die Capillar-Gefäße dem Eindringen des Blutes entgegengestellt wird.

Wie im thierischen Organismus scheinen auch in den Pflanzen, besonders während den Entwicklungs-Periode, elektrische Ströme in Thätigkeit zu sein, die nur wegen des Saftreichthums der Gefäße schwer wahrzunehmen sind. Pouillet will aus seinen hierüber angestellten Versuchen gefunden haben, daß die Gewächse in jedem Stadium ihrer Entwicklung elektrische Ströme von schwacher Spannung erzeugen, deren Entstehung wahrscheinlich in den eigenthümlichen chemischen Veränderungen, von denen der Vegetations-Prozeß begleitet ist, ihren Grund hat. Vocamio in Mailand construirte eine galvanische Batterie ohne Metalle, aus Scheiben von Runkelrüben und Ruchbaumholz, welche sehr deutlich ein Froshpräparat zu Contractionen veranlaßte. Wenn man nach Donne das eine Platinende eines Multiplikators in das Auge einer Pflaume oder Aprikose, das andere dagegen neben den Stiel in die Frucht steckt, so soll die Nadel um mehrere Grade abweichen und einen Strom vom Kelch zum Stiele angeben. Es ist jedoch bei diesem Versuche nicht unwahrscheinlich, daß der Strom durch eine chemische Aktion von den in der Frucht enthaltenen Flüssigkeiten, wie in der Bequerell'schen Kette, erzeugt wird.

Merkwürdig ist auch das Verhalten des beweglichen Süßklee — *Hedysarum gyrans* — gegen elektrische Einwirkungen. Bekanntlich haben die Blätter dieser Pflanze, welche aus einem größeren Hauptblatt und zwei kleinen Nebenblättern bestehen, eine fortwährende herauf- und heruntergehende Bewegung, welche Tag und Nacht und während der ganzen Lebenszeit des Gewächses fortbauert. Wird nun das Hauptblatt dieser Pflanze mit einer geriebenen Siegellackstange berührt, so sinkt es allmählig nieder und erhebt sich erst nach einigen Stunden. Elektrische Funken, wenn sie länger fortgesetzt werden, treiben das Blatt noch schneller nieder, so daß es sich den ganzen Tag nicht mehr erhebt. Wird das Elektrisiren eines Blattes mittelst Funken einige Tage fortgesetzt, so verliert das Blatt seine ganze Beweglichkeit, erhebt sich gar nicht mehr und stirbt nach und nach ab. Das Auffallendste hierbei ist, daß dann auch alle Blätter auf der Seite, wo jenes elektrisirte Blatt sich befindet, herunterhängen und sich nicht mehr so lebhaft als zuvor bewegen. Giulio hat bei *Mimosa pudica* und *sensitiva* Bewegungen mit Hülfe einer Batterie von 50 Platten nachgewiesen.

Romershausen sagt in einem Aufsatze über Magnetismus und Electricität in Beziehung auf Amperes Theorie: daß eine besondere Wirkung der Electricität bei der Bildung der Gewächse auch die sei, daß die Längenfaser aller Gewächse mehr oder weniger nach rechts gewunden sei; ebenso wie der

elektrische Strom nicht bloß um einen Magnet sondern auch um jeden Leitungsdraht sich bewegt. Am auffallendsten ist dies bei den Rankengewächsen, welche eine rechts gewundene Spirale bilden, und also der als Haupttriebkraft sich überall bewährende Elektricität in ihrer Richtung folgen. Die Pflanzen wenden sich zwar, wie er meint, einseitig nach dem Lichte, allein dies kann eine völlige Kreisdringung nicht veranlassen. Diese erfolgt auch im Dunkeln, wie dies z. B. eine Bohnenpflanze nachweist.

Daß in den Nerven ein eigenes Fluidum, der Nervenäther wie er von den Physiologen genannt wird, enthalten ist, dürfte wohl kaum zu leugnen sein. Er bedingt das Leben der Nerven und ihre Thätigkeit auf die Muskeln und andere Organe, indem die Einwirkung der Nerven sogleich aufhört, sobald der Nervenäther nicht mehr vorhanden ist. Worin derselbe bestehe, läßt sich mit Bestimmtheit noch nicht angeben. Wir wissen nur, daß beim Absterben eines Nerven, wie z. B. beim Schlagfluß, eben so bei großer Anstrengung bestimmter Muskeln, im Nerven selbst keine wahrnehmbare Veränderung zu bemerken ist. Da sich nun zugleich die Wirkung eines Nerven mit außerordentlicher Geschwindigkeit fortpflanzt, so daß kein Unterschied wahrzunehmen ist, in der Zeit, wo der Wille auf die Nerven einwirkt und in der Bewegung des betreffenden Gliedes, so liegt der Gedanke sehr nahe, das Nervenfluidum mit der Elektricität als gleichbedeutend anzusehen. Diese Ansicht findet ihre Bestätigung theils in den angeführten Versuchen von du Bois, theils darin, daß die Einwirkung eines seiner Thätigkeit beraubten Nerven durch Elektricität ersetzt werden kann. Wilson Philipp durchschnitt einige zum Magen eines Kaninchens führende Nerven, wodurch die Verdauung augenblicklich gestört war. Als er aber einen schwachen elektrischen Strom in die Enden der durchschnittenen Nerven einführte, war die Verdauung sogleich wieder hergestellt. Die große Einwirkung der Elektricität auf die Nerven und die Heilung vieler Krankheiten, welche ihren Grund in einer fehlerhaften Disposition des Nervenlebens haben, mittelst der Elektricität ist bekannt, und sie findet in neuester Zeit eine immer größere Verbreitung und Anwendung.

Die merkwürdigsten Versuche über die Einwirkung der Elektricität auf das Nerven- und Muskelsystem des Körpers dürften wohl die sein, welche Ure an den Körpern Hingerichteter angestellt hat. Er brachte den Pol einer Batterie von 270 Platten Paaren mit dem Rückenmark in Verbindung, während der andere Poldraht in einen Einschnitt auf der Ferse gesenkt war; sogleich wurde, nachdem man vorher das Knie gebogen hatte, der Fuß mit solcher Gewalt ausgestreckt, daß eine daneben stehende Person heinahe umgeworfen wurde. Ferner wurde die Spitze des einen Poldrahtes mit dem Zwergfell in Berührung gesetzt und der andere Draht mit dem Zwergfells-Nerven im Nacken; nun trat ein tiefes Athemholen ein, der Brustkasten hob und senkte sich und ebenso der Leib. Als man hierauf den einen Poldraht an den Supraorbital-Nerven im Gesicht und den andern auf die Ferse richtete, so erfolgten heftige Verzückungen des Gesichts, Wuth, Schrecken, Angst, fürchterliches Lächeln drückten sich im Gesicht auf eine so schreckliche Weise aus, daß mehrere Zuschauer sich entfernen mußten, und einer sogar in Ohnmacht fiel. Als man endlich den einen Draht ins Rückenmark und den andern mit dem Arm-Nerven in Verbindung brachte, so bewegten sich die Finger wie die eines Violinspielers und eine Person versuchte vergebens die Hand zur Faust zu ballen.

Galvani steckte den einen Poldraht in das Ohr eines frisch geschlachteten Schens und den andern ins Nasenloch. Sogleich öffneten sich die Augen, die Ohren richteten sich in die Höhe und die Zunge bewegte sich.

Den auffallendsten und schlagendsten Beweis für die Uebereinstimmung zwischen dem Nervenäther und der Elektricität geben wohl die elektrischen Fische, welche ungemein reich mit Nerven versehene Organe besitzen, in denen sie durch ihren Willen die Elektricität so zu verdichten oder ihre Spannung so

zu erhöhen im Stande sind, um Schläge hervorzubringen und Bersekungen von Körpern bewirken zu können. Der Unterschied zwischen der Elektrizität jener Fische und der andern Thiere würde also darin bestehen, daß bei den letztern im gesunden Zustande die Elektrizität stets nur diejenige Spannung hat, welche nöthig ist, um die verschiedenen Nerven- und Muskelsysteme des Organismus der Erfüllung ihrer Lebensfunktionen gemäß in Thätigkeit zu setzen, und daher niemals in dem Grade verdichtet werden kann, um nach Außen wirksam aufzutreten zu können. Hieraus würde aber folgen, daß alle Muskelbewegungen mit einer elektrischen Aktion verbunden sind, was auch in der That durch die von de la Rive, Müller und du Bois angestellten Versuche vollständig erwiesen ist.

Ebenso muß man annehmen, daß auch bei denjenigen Organen, deren Bewegungen sich unserm Willen entziehen und ohne denselben ununterbrochen fortbestehen, wie beim Herzen, dem Magen, den Gedärmen und den Arterien, eine fortwährende elektrische Thätigkeit stattfindet, da es außer der Elektrizität keine Kraft giebt, welche, ohne in ihrer Stärke abzunehmen, in größter Regelmäßigkeit Bewegungen hervorzubringen vermag. Daß aber bei Störungen im Nervensystem ebenfalls unregelmäßige Bewegungen, wie sie bei den Versuchen Ure's auf so schreckliche Weise sich zeigen, entstehen können, davon geben die epileptischen Erscheinungen die deutlichsten Beweise.

Wenn nun aus dem Mitgetheilten wohl mit größter Wahrscheinlichkeit folgt, daß das belebende Prinzip in den Nerven mit der Elektrizität die größte Aehnlichkeit hat, so bleibt doch die wichtige Frage: wie der menschliche Wille im Stande ist, eine solche Erschütterung im Ursprunge des Nerven hervorzubringen, daß sie sich augenblicklich durch den betreffenden Nerven in allen Verzweigungen fortpflanzt, immer noch unbeantwortet, und wird wohl nie gelöst werden können. Auch hier werden wir uns mit dem bekannten Ausspruch trösten müssen: In's Innere der Natur bringt kein erschaffener Geist. —

H. Hünze.

Da der Kassen-Verwaltung Einhaltung des Programm-Stats, der einige Male überschritten wurde, wiederholt zur Pflicht gemacht worden ist, haben andere für dies Programm bestimmt gewesene Mittheilungen zurückgelegt, auch die Rubriken des Schulberichts selbst abgekürzt werden müssen.

Matthisson.