Auch für Schimmel- und Spaltpilze erwies sich Phenylhydrazin als ein starkes Gift. Eine Nährlösung (300 ccm), welche enthielt: 0,4 % KH_2PO_4 , 0,1 % MgSO_4 und 0,5 % weinsaures Ammoniak wurde in drei Theile getheilt; a erhielt 0,5 pro Mille HCl , b 0,5 pro Mille salzsaures Phenylhydrazin, c ebensoviel salzsaures Anilin. Alle drei wurden mit Schimmelsporen und Bacterien inficirt und anfangs öfters gut umgeschüttelt, um die Schimmelsporen unterzutauchen. Nach 14 Tagen Stehen bei gewöhnlicher Temperatur zeigten a und c bedeutende Schimmelentwicklung, b aber keine Spur. Nach drei Wochen hatte sich das Phenylhydrazin, das in wässriger Lösung sich bald oxydirt, unter Absatz eines gelblichen Pulvers zersetzt und nun erst entwickelte sich eine Bacteriendecke.

Wir sehen also aus den beschriebenen Versuchen: Das Hydroxylamin NH_2OH ist ein stärkeres Gift als Ammoniak NH_3 ; das Phenylhydrazin: $\text{C}_6\text{H}_5\text{—NH—NH}_2$ ist ein stärkeres Gift als das ihm so nahe stehende Anilin $\text{C}_6\text{H}_5\text{—NH}_2$, das Piperidin $(\text{C}_5\text{H}_{10})\text{NH}$ ein stärkeres als das ihm correspondirende wasserstoffärmere Pyridin $(\text{C}_5\text{H}_5)\text{N}$. Die Nichtgiftigkeit des Pyridins für niedere Organismen ist ebenso interessant, wie die hohe Giftigkeit des Hydroxylamins und des Phenylhydrazins; auch diese Thatsachen sprechen für die Aldehydnatur des activen Albumins.

Zur Physik des Elektrotonus.

Von

A. Gruenhagen.

Hierzu 2 Holzschnitte.

Im Jahre 1871 wurden von mir zum ersten Male Versuche veröffentlicht¹⁾, aus welchen hervorging, dass die unter dem Namen der Elektrotonusströme zusammengefassten elektrischen Erscheinungen ausser an Nerven auch an künstlichen Vorrichtungen von

1) Berlin. klin. Wochenschrift 1871, p. 59. Die übrige hierher gehörige Litteratur s. dies Archiv 1883, Bd. XXX, p. 486.

cylindrischer Gestalt" gesehen werden können, falls man die letzteren aus zwei mit verschiedenem elektrischen Leitungsvermögen begabten Substanzen derart aufbaut, dass die besser leitende die Achse des Cylinders einnimmt. Die Stromvertheilung construirte ich mir nach dem beigefügten Schema (Fig. 1).

Fig. 1.

Hiernach dringen zahlreiche Stromfäden, von denen die Abbildung natürlich nur vereinzelte zur Anschauung bringt, in divergirenden Strahlen von dem positiven Kettenpole (a) durch die feuchte Hülle (hh) des allogenen Leiters zu dem besser leitenden Achsenkern (kk), und sammeln sich in letzterem zu einem rückläufigen Stromarme, welcher seinerseits in der Nachbarschaft des negativen Poles aus zahlreichen Oberflächenpunkten des axialen Leiters in convergirenden Strahlen zum negativen Pole (n) übertritt, also ebenfalls den äusseren Cylindermantel durchsetzt. In Folge dieser Absorption aller rückläufigen Partialströme durch den Kernleiter ist denn aber auch die Hülle frei von ihnen, und wo man immer die ableitenden Fusspunkte eines Galvanometerkreises ($m_I m_{II}$) derselben anlegen mag, ob seitlich neben oder gegenüber den stromzuführenden Elektroden, überall werden nur Partialströme von einsinniger Richtung derjenigen entsprechend abgeleitet werden, welche den vorhin erwähnten divergirenden Stromfäden zu eigen ist. Hierin liegt aber gerade das Uebereinstimmende in dem elektrischen Verhalten der allogenen Leitervorrichtung mit den Elektrotusströmen der lebenden Nerven, deren den divergirenden Stromfäden der Fig. 1 entsprechendes Zeichen ebenfalls unabhängig ist von dem Lageverhältniss der abgeleiteten Strecke zur Nervenachse, und wiederum das Unterscheidende bezüglich der extrapolaren Strombildungen innerhalb homogener Leiter, bei welchen die Richtung des Zweigstroms im Multiplicatorkreise sich umkehrt, wenn

man die Fusspunkte dieses aus der Stellung I (Fig. 1) in diejenige von II, d. h., aus der Region der von dem positiven Pole abstrebenden in die der rückläufigen, von keinem besser leitenden Achsenkerne mehr verschluckten Stromfäden überführt¹⁾. Es gleichen jedoch die elektrischen Spannungsverhältnisse der extrapolaren Strecken von Nerv und allogenem Leiter einander in noch mehreren Punkten. Wie bei jenem, so findet man auch für diesen, dass die Stromantheile, welche in den angelegten Galvanometerbogen einbrechen, bis zu einer gewissen Grenze an Intensität wachsen mit der Spannweite der abgeleiteten Strecke und derjenigen der Kettenpole, hingegen abnehmen mit der Entfernung der abgeleiteten Strecke von der durchströmten. Endlich hatte ich bereits im Jahre 1869 darauf aufmerksam gemacht, dass Polarisationsvorgänge, welche den Eintritt des Stromes in die Cylinderachse erschwerten, die extrapolare Ausbreitung der Stromfäden nothwendig begünstigen, folglich die Intensität der abgeleiteten Stromantheile steigern müssten, und damit das bekannte Anschwellen des Elektrotonus an der Anode des dauernd geschlossenen Stromes beim lebenden Nerven in Zusammenhang gebracht.

Die allgemeine Theorie des Elektrotonus, welche ich auf Grund dieser Thatsachen aussprach, kam darauf hinaus, dass derselbe auf der Bildung extrapolarer Stromschleifen beruhe, deren Verlaufsrichtung in den Umhüllungsschichten der Nerven durch die Anwesenheit eines besseren Leiters in der Cylinderachse einsinnig geregelt, und deren Intensitätsverhältniss ausser durch die oben erwähnten räumlichen Beziehungen der Kettenpole und Galvanometerenden zu einander auch noch durch elektrolytische Polarisationsvorgänge an den Grenzflächen der leitenden Substanzen bestimmt würde.

Im Gegensatz zu der meinigen ist später eine andere Definition des Elektrotonus gegeben worden, welche das Stattfinden einer Polarisation zwischen Hülle und Kern als die *conditio sine qua non* der extrapolaren Stromschleifenbildung bezeichnet, das von mir für zutreffend erkannte ursächliche Verhältniss also einfach auf den Kopf stellt.

Ohne auf die Satz für Satz irrige Bekämpfung meiner auf sicheren experimentellen Grundlagen aufgebauten Lehre noch ein-

1) Den experimentellen Beweis davon habe ich bereits im Jahre 1864 erbracht. Königsberger medicin. Jahrb. Bd. IV, p. 199.

mal zurückzukommen¹⁾, halte ich es im Interesse der Sache für angezeigt, einige neue Versuchsformen kurz zu beschreiben, deren ich mich zur physikalischen Erklärung der elektrotonischen Erscheinungen am Nerven schon seit längerer Zeit in meinen Vorlesungen bediene, und welche über die untergeordnete Bedeutung der Polarisisation bei diesen Zuständen den unzweideutigsten Aufschluss ertheilen.

Es war mir schon sehr frühe klar geworden, dass die alten Schemata der mit feuchten Leitern umwickelten Drähte, an welchen Matteucci die Erscheinungen des Elektrotonus wiederfand und deren ein moderner Forscher sich mit so überaus grossem Eifer angenommen hat, gerade der Polarisisation wegen, welche bei ihnen allen an der Grenze zwischen Metall und Flüssigkeit stattfand, den Verhältnissen am lebenden Nerven nicht wohl angepasst waren. Denn obschon nicht übersehen werden konnte, welche günstige Gelegenheit die Myelinscheide der markhaltigen Nervenfasern zur Abscheidung elektrolytischer Produkte sowohl unterhalb der Schwann'schen Scheide als auch längs des Achseneylinders darbot, so war mir doch auch bekannt, dass die absolut marklosen Nervenfasern des Bauchstranges vom Krebse der elektrotonischen Erscheinungen neben den Polen des constanten Stromes keineswegs entbehrten, trotzdem dass diese letztere Art von Nervenfasern nirgends Schichtungen von so grosser chemischer Differenz vermuthen liess, wie sie in den Drahtschematen Matteucci's gegeben waren, und wie sie ähnlich auch in den markhaltigen Nervenfasern angenommen werden durften. Daher vermied ich es von Anfang an, den Spuren Matteucci's zu folgen und richtete vielmehr mein ganzes Augenmerk darauf, polarisationsfreie Vorrichtungen zur Nachahmung der elektrotonischen Strombildungen zu ersinnen.

Meine Versuche bewegten sich sogleich in den beiden principiell möglichen Bahnen und gingen dementsprechend darauf aus

1. allogene polarisationsfreie Leitercombinationen zu construiren nach dem Vorbilde der von Matteucci verwandten aus Flüssigkeit und Metall;

1) Nur einen gerügten Irrthum meinerseits möchte ich hier verbessern. Der Ausdruck „zerschmetternd“, den ich nach dem Gedächtniss citirt habe, findet sich in der angezogenen Abhandlung meines Gegners nicht, sondern statt dessen das nicht minder unzutreffende Epitheton „vernichtend“.

2. allogene polarisationsfreie Leitercombinationen herzustellen nach einem ganz neuen Principe aus zwei verschiedenen Flüssigkeiten.

Der röhrlige Bau der Nervenfasern, ihre Zusammensetzung aus porösen Geweben bestimmten mich, als Grundlage für meine Vorrichtungen Pfeifenröhren aus gebranntem Thone zu wählen, deren Dickendurchmesser ca. 5 mm betrug, und deren Achse von einem ca. 1 mm im Lichten messenden Canal durchzogen wurde. Um den Thon leitungsfähig zu machen, wurde derselbe je nach der Beschaffenheit des axial anzubringenden besseren Leiters entweder mit destillirtem Wasser oder mit neutraler concentrirter Zinkvitriollösung durchfeuchtet. Im ersten Fall enthielt der Achsenkanal einen mit Kochsalzlösung von 5 und mehr Procent angefeuchteten Faden, im zweiten einen amalgamirten Zinkstab. Dort war also die allogene Zusammensetzung bedingt durch die Combination einer schlecht und einer besser leitenden Flüssigkeit, hier durch die Combination einer schlecht leitenden Flüssigkeit mit einem gut leitenden Metalle, in beiden Fällen war aber die Möglichkeit, einen Polarisationsprocess an den Grenzflächen der verschiedenen Leiter mittels eines zugeleiteten elektrischen Stromes hervorzurufen, vollkommen ausgeschlossen und damit jener oben angezeigte neue Versuchsweg eingeschlagen, welcher bewusst mit den älteren Untersuchungen Matteucci's brach.

Ich lege auch gegenwärtig noch den oben skizzirten Versuchsformen eine absolute Beweiskraft für die von mir aufgestellte Theorie der elektrotonischen Stromschleifenbildung bei. Ihre Erwähnung hier verdanken sie indessen diesem Umstande nicht, sondern wesentlich dem Wunsche, den historischen Zusammenhang zwischen den früher von mir in Gebrauch gezogenen und den nunmehr zu beschreibenden neuen Versuchseinrichtungen in übersichtlicher Weise herzustellen.

Um kürzere Benennungen für die besprochenen beiden Arten allogener Leitersysteme zu gewinnen, will ich die eine schlechtweg als Metallschema, die andere als Flüssigkeitsschema bezeichnen, und gehe hiernach sogleich zur Beschreibung des neuen Metallschemas über. In demselben (Fig. 2) ist die Thonröhre durch eine Glasröhre ersetzt, welche zwei Paare einander diametral gegenüberstehende, aber seitlich gegen einander verschobene kurze vertikale Ansatzröhren trägt und an ihren Enden (ff) durch Korke

Fig. 2.

verschlossen ist. Letztere dienen zugleich als Befestigungspunkte und Träger eines die Mitte der Röhrenlichtung durchziehenden 1,5 mm dicken amalgamirten Zinkstabes (zz). Beim Versuche ist die Glasröhre an einem ihrer Enden in horizontaler Lage so festzustellen, dass von den vertikalen Ansatzröhren das eine Paar nach aufwärts, das andere nach abwärts gekehrt ist. Hierauf ist jede der beiden freien Mündungen (mm,) des unteren Röhrenpaares mittels Korken, welche von kurzen amalgamirten Zinkstiften durchbohrt werden, wasserdicht zu verstopfen und von dem oberen Röhrenpaare aus vorerst der gesammte Innenraum der Hauptröhre, sowie aller vier Nebenröhren vollständig mit neutraler concentrirter Zinkvitriollösung anzufüllen. Endlich werden mit Korkringen versehene amalgamirte Zinkstifte auch in die oberen Ansatzröhren (ee') eingesenkt und nunmehr die oberen beiden Stifte mit dem Gyrotropen einer 26gliedrigen Zinkkohlenbatterie, die unteren beiden mit den Windungen eines empfindlichen Galvanometers leitend verbunden. Bringt man jetzt die Kette zum Schlusse, so erfolgen Ausschläge der Magnetnadel, welche ihr Zeichen mit der Gyrotropenstellung wechseln und bezüglich ihrer Richtung sich wie die Elektrotonuströme des lebenden Nerven verhalten, d. h., das Galvanometerende m, wird positiv elektrisch, wenn der Stropol e, der Anode, negativ elektrisch, wenn er der Kathode entspricht. Ablenkungen von erheblich geringerem Betrage und mit umgekehrtem Zeichen treten dagegen auf, wenn man das allogene Metallschema durch Entfernung des Zinkstabes in einen homogenen Leiter verwandelt. Das neue Metallschema bestätigt also die Aussage des älteren Thonröhrenschemas im ganzen Umfange; es ist mithin ganz allgemein bewiesen, dass auch an unpolarisirbaren Metallschematen die elektrotonoide Stromschleifenbildung zur Beobachtung gelangt, und

zwar in verhältnissmässig grosser Entfernung von den Kettenpolen, da in dem geschilderten Versuch der Abstand m , e , 15 mm betrug, während die Spannweiten ee , und mm , je 34 mm mass. Die zweite Form allogener Leiter, das Flüssigkeitsschema, zu dessen Besprechung wir jetzt übergehen wollen, besitzt ein noch grösseres Interesse als die erste, weil es den normalen Verhältnissen des lebenden Nerven im allgemeinen besser angepasst erscheint. In der neuen Gestalt, welche ich ihm ertheilt habe, begegnen wir der Thonröhre als Grundlage der ganzen Vorrichtung wieder, dagegen nicht mehr dem axialen mit Kochsalzlösung durchtränkten Faden. Statt seiner findet sich in dem centralen Kanal eine aus reiner Kochsalzlösung bestehende Füllung. Um letztere bequem einführen und jederzeit nach Bedürfniss wieder entfernen zu können, sind über beide freien Enden der in horizontaler Stellung fixirten Thonröhre zwei Kautschukschläuche hinweggezogen, von denen der eine in ein leeres Gefäss herabhängt, der andere in ein mit destillirtem Wasser gefülltes Becken eintaucht. Dabei ist wohl zu beachten, dass man die Mündung des ersten Schlauchs stets in einem tieferen Niveau einzustellen hat als diejenige des zweiten. Denn der Zweck der Vorkehrung besteht darin, durch ein einmaliges Ansaugen am ersten Schlauche einen continuirlichen Wasserstrom nach dem Principe des Hebers von dem gefüllten Becken zu dem leeren Sammelgefäss hervorzurufen. Selbstverständlich verwandelt sich die Thonröhre unter diesen Umständen infolge der unvermeidlichen Durchtränkung ihrer Masse mit Wasser in einen feuchten homogenen Leiter, dessen Verhalten zur Stromschleifenbildung leicht geprüft werden kann, sobald man zwei an einem horizontalen Stabe verschieblich angebrachte unpolarisirbaren Elektrodenpaare mit ihren ebenfalls gewässerten Thonspitzen seinem Umfange anlegt und das eine Elektrodenpaar, wie vorhin, mit einer 26gliedrigen Zinkkohlenbatterie, das andere, mit einem Galvanometer in Verbindung bringt. Befinden sich die Galvanometerelektroden auf derselben Seite der cylindrischen Thonröhre, wie die Kettenelektroden, so entstehen nach Schliessung des Batteriestromes bei einem seitlichen Abstände beider von 10—11 mm deutliche Ablenkungen der Galvanometernadel im Sinne des Elektrotonus, befinden sich die zwei Elektrodenpaare aber bei unverändertem seitlichem Abstände auf den Gegenseiten des Leiters in Opposition zu einander, so zeigt das Galvanometer die umgekehrte Stromesrichtung an. Kurz

es wechselt das Zeichen der Stromschleifen mit dem Lageverhältniss der Galvanometerelektroden zur Cylinderachse gemäss dem oben entwickelten Principe der Stromschleifenbildung in feuchten homogenen Leitern. Nachdem man sich hiervon zur Genüge überzeugt hat, handelt es sich weiter darum, den bis dahin homogenen Leiter in einen allogen zu verwandeln und die Galvanometerversuche an diesem zu wiederholen. Hierzu ist nur erforderlich, das Steigrohr unseres Schlauchhebers mit Vermeidung jeglichen Luftzutritts aus dem Wasserbecken in ein anderes mit 1% oder $\frac{1}{2}$ % Kochsalzlösung gefülltes überzuheben. Die Verdrängung des axialen Wasserstromes durch einen Strom von Kochsalzlösung erfolgt der Versuchseinrichtung entsprechend sehr rasch, und in demselben Moment ist auch die gewünschte Construction eines allogenen Leiters vollendet, da die axiale Kochsalzlösung besser leitet als das die Cylinderwand durchtränkende destillierte Wasser. Nehmen wir jetzt die Galvanometerversuche von Neuem auf, so fällt es nicht schwer zu erkennen, dass die Stromschleifenbildung neben den Kettenpolen ihren Charakter verändert hat, überall einsinnige Richtung zeigt, d. h. mit derjenigen des Elektrotonus genau übereinstimmt. Eine besonders schlagende Wirkung gewinnt der Versuch, wenn man bei opponirter Elektrodenstellung den Flüssigkeitswechsel während der elektrischen Durchströmung und bei geschlossenem Galvanometerkreise vornimmt. Sehr deutlich stellt sich hierbei heraus, dass im Augenblicke der Verdrängung des in der Cylinderachse fliessenden destillierten Wassers durch die Kochsalzlösung der in dem Galvanometerbogen bereits kreisende Stromarm eine Umkehr erleidet, seine alte Richtung jedoch wieder gewinnt, wenn die Kochsalzlösung ihrerseits durch destilliertes Wasser ersetzt wird. Mit dem neuen Flüssigkeitsschema ist nebenher also noch die Möglichkeit gegeben, einen homogenen Leiter mit grosser Schnelligkeit und Präcision in einen allogen umzuwandeln, ebenso rasch die Rückverwandlung des allogenen gemachten in einen homogenen zu bewirken und diesen Metamorphosirungsprocess beliebig oft zu wiederholen.

Ganz abgesehen von diesen praktischen dem Experimente selbst zugutekommenden Vortheile besitzt das Flüssigkeitsschema in seiner gegenwärtigen Gestalt aber auch eine hervorragende theoretische Bedeutung. Denn es lässt sich mittels desselben strenge beweisen, dass die elektrotonoide Stromschleifen-

bildung der allogenener Leiter von der Art des Widerstandverhältnisses zwischen Hülle und Kern und nicht, wenigstens nicht in erster Reihe, von eventuellen Polarisationsvorgängen an den Grenzflächen ihrer Componenten abhängt.

Der erste Theil dieses Satzes folgt unmittelbar aus der Beobachtung, dass die zum Multiplikator Draht in mm übertretenden Stromantheile bei unveränderten Distanzverhältnissen der Galvanometer- und der Kettenpole an Intensität gewinnen, wenn die Concentration der axialen Kochsalzlösung zunimmt, d. h. wenn der Quotient $\frac{hw}{Kw}$ wächst, worin hw den Leitungswiderstand der Hülle, Kw denjenigen des Kerns ausdrückt. Wir sehen daher die Ablenkung der Magnetnadel eine Steigerung erfahren, wenn wir der Thonröhre unseres Schemas statt $\frac{1}{2}\%$ iger Kochsalzlösung 1 oder mehrprocentige zuführen.

Der zweite Theil unseres Lehrsatzes ergibt sich ebenfalls aus dem directen Versuch, und zwar aus der Thatfache, dass ein allogenes Flüssigkeitsschema, in welchem die poröse Hülle die besserleitende Kochsalzlösung, der Achsenkanal dagegen das schlechtleitende destillirte Wasser enthält, stets nur Stromschleifenbildung im Sinne des homogenen Leiters wahrnehmen lässt, und hierzu kommt noch, dass die ganze Anlage des Versuchs an und für sich schon das Stattfinden von Polarisationen so gut wie ausschliesst. Denn weder ist die Grenzfläche von Wasser und $\frac{1}{2}$ —1 % Kochsalzlösung überhaupt geeignet solche in merklichem Grade zu entwickeln, noch würde die Strombewegung der Achsenflüssigkeit denselben günstig sein.

Allgemein folgt aber aus dem Gesagten, dass von einem rein polarisatorischen Ursprung der elektrotonischen Stromschleifen nie und nimmer die Rede sein kann. Die Polarisation ist vielmehr zunächst eine Consequenz der Stromschleifenbildung und wird erst nachträglich ein wichtiges Beförderungsmittel der letzteren, wie ich dies bei früheren Gelegenheiten schon wiederholt auseinandergesetzt habe. Als erste und fundamentale Ursache der Elektrotonusströme ist lediglich die vorhin charakterisirte Differenz der elektrischen Leitungswiderstände in Kern und Hülle anzusprechen. Wenn die Formeln eines hervorragenden Mathematikers ¹⁾ hiermit nicht

1) Dies Archiv 1872, Bd. VI, p. 338 u. fg.

übereinstimmen, sondern die Anschauung begünstigen, dass auch bei gleichem Leitungsvermögen von Hülle und Kern eine elektrotonoide Stromschleifenbildung in allogenen Leitern möglich sei, falls nur an den Grenzflächen der ineinander geschobenen Substanzen ein Uebergangswiderstand durch Polarisierung zur Entwicklung gelangen könne, so hat sich eben die Rechnung unzureichend erwiesen den complicirten thatsächlichen Verhältnissen gerecht zu werden¹⁾. In Wirklichkeit sind denn auch sämmtlichen von mir und von anderen ersonnenen Vorrichtungen zur Nachahmung des Elektrotonus mit oder ohne bewusste Absicht Leitercombinationen zur Unterlage gegeben worden, in welcher das Leitungsvermögen des Kerns stets dasjenige der Hülle mehr weniger übertrifft. Ist aber erst durch das Experiment bewiesen worden, sowohl dass nur bei Erfüllung der letztgenannten Bedingung das Schema seinem Zwecke entspricht, als auch, dass nicht das Vorhandensein oder Fehlen der Polarisierung hierbei als das ausschlaggebende Moment angesehen werden kann, so muss ferner geschlossen werden, dass auch die Elektrotonusströme der lebenden Nerven, als rein physikalische Erscheinung aufgefasst, nach dem gleichen Principe zu erklären sind, und muss folglich dem axialen Kerne der Nervenfasern ein besseres Leitungsvermögen als den peripheren Umhüllungen zuerkannt werden, gleichgültig ob die Nerven den markhaltigen oder den marklosen Arten angehören.

Ueber den Unterschied in der Farbenempfindung bei Reizung der Netzhaut an einer und an mehreren Stellen zu gleicher Zeit.

Von

Professor **W. Dobrowolsky** in St. Petersburg.

E. Fick²⁾ hat die Beobachtung gemacht, dass wenn er mit einer feinen Nadel ein Loch (von 0,6 mm Durchmesser) in einen Pappdeckel machte und hinter dasselbe ein farbiges Papier brachte,

1) Ueber die Konstruktion und das elektrische Verhalten allogener Flüssigkeitsschematen, in welchen Kern und Hülle gleiches elektrisches Leitungsvermögen besitzen, zwischen Kern und Hülle aber Polarisierung stattfindet, werde ich bei einer andern Gelegenheit berichten.

2) Dies Archiv Bd. XVII, S. 152.