

## Werk

**Label:** ReviewSingle

**Autor:** Damm, O.

**Ort:** Braunschweig

**Jahr:** 1906

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110\\_0021](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021) | LOG\_0415

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

den charakteristischen Merkmalen der zweiwertigen Elemente gleichen, als denen der schwach positiven dreiwertigen. Mendelejeff, der berühmte Begründer des periodischen Systems der Elemente, war der erste, der ihre Dreiwertigkeit behauptete und auch den Beweis hierfür durch die Bestimmung der spezifischen Wärme des metallischen Cers erbrachte; ihm folgten mit genaueren Bestimmungen am Cer, Didym und Lanthan Bunsens Schüler Hillebrand und Norton. Dampfdichtebestimmungen ließen sich bisher bei der äußerst geringen Flüchtigkeit der für diesen Zweck allein in Frage kommenden Chloride nicht ausführen, doch haben in neuerer Zeit Bestimmungen des Molekulargewichts von Verbindungen seltener Erden mittels der osmotischen Methoden die Dreiwertigkeit der seltenen Erden durchaus bestätigt. Will man Isomorphiebeziehungen zur Entscheidung dieser Frage heranziehen, die als Argumente für die Wertigkeit bekanntlich nur mit äußerster Kritik zu benutzen sind, so läßt sich als interessante Tatsache die von Bodman aufgefundene und von Urbain und Lacombe bestätigte Isomorphie der Nitrate der seltenen Erden mit dem Nitrate des dreiwertigen Wismuts anführen. Auch rein chemische Gesichtspunkte lassen sich hierfür verwerten. Die Vierwertigkeit des Cers in seiner höheren Oxydationsstufe kann nach allen Analogien, die die Cerisalze mit den entsprechenden Salzen anderer zweifellos vierwertiger Elemente aufweisen, wohl nicht mehr bezweifelt werden; demnach müssen sich die Cerosalze, die den Verbindungen der anderen seltenen Erden durchaus analog sind, vom dreiwertigen Cer ableiten. Auch die Tatsache, daß die Nitrate zweiwertiger Metalle, wie Magnesium, Zink, Mangan, Kobalt, Nickel, mit den Nitraten der seltenen Erden zu sehr stabilen, gut kristallisierten Doppelnitraten zusammentreten, spricht deutlich dafür, daß die beiden positiven Bestandteile dieser Doppelsalze verschiedene Wertigkeit haben, da Elemente gleicher Valenz nach allen Erfahrungen nicht zur gegenseitigen Doppelsalzbildung neigen. — Hiernach haben also die Cerit- und Yttererdengruppe die Zusammensetzung  $R_2O_3$ . Doch treten neben dieser stabilsten Hauptoxydationsstufe bei einigen von ihnen noch höhere Sauerstoffverbindungen auf. So kennen wir neben den farblosen Cerosalzen  $CeX_3$ , die gelben oder roten Cerisalze  $CeX_4$ , die sich von dem äußerst stabilen Oxyd  $CeO_2$  ableiten, selbst aber durch leichte Reduzierbarkeit und Hydrolysierbarkeit ausgezeichnet sind. Außerdem existieren noch Superoxydverbindungen des Cers, die sich in stark alkalischer Lösung durch Einwirkung des Luftsauerstoffs spontan bilden. Diese Neigung der Cerosalze zur Peroxydbildung macht dieselben im alkalischen Medium zu intensiven Sauerstoffüberträgern gegenüber leicht oxydierbaren Stoffen, wie Traubenzucker, arsenige Säure, Hydrochinon usw. Der Mechanismus dieser sehr interessanten Oxydationsvorgänge ist von Job und von Engler eingehend untersucht worden. Außer dem Cer bildet in der Reihe der Ceriterden noch das Praseodym ein beständiges höheres Oxyd, in der

Reihe der Yttererden das Terbium, doch treten diese nicht salzbildend auf. (Fortsetzung folgt.)

**P. Statkewitsch:** Galvanotropismus und Galvanotaxis der Ciliaten. (Zeitschrift für allgem. Physiologie, Bd. IV [1904], S. 296—332; Bd. V [1905], S. 511—534; Bd. VI [1906], S. 13—43.)

Unter Galvanotropismus versteht der Verf. mit den meisten Tierphysiologen im Gegensatz zu den Botanikern die unter dem Einfluß des galvanischen Stromes erfolgte fortschreitende Bewegung der Organismen nach einer bestimmten Richtung. Besteht die Wirkung des Stromes nur in der Veränderung der Achseneinstellung des Körpers gegen die Pole, so spricht er von Galvanotaxis. Dementsprechend bezeichnet er die Fortbewegung eines Urtieres in senkrecht zu der Stromrichtung stehenden Linien als transversalen Galvanotropismus; für die in diesen Linien erfolgende bloße Einstellung der Achsen dagegen gebraucht er den Terminus transversale Galvanotaxis. Der Pflanzenphysiologe dagegen würde umgekehrt die erste Erscheinung Galvanotaxis und die letzte Galvanotropismus nennen.

Zur Beobachtung der galvanotropischen Erscheinungen unter dem Mikroskop bei starken Vergrößerungen benutzte Verf. sogenannte Kammern (vgl. Fig. 4) mit stufenförmigen Leisten aus porösem, weißem Kaolin, an welche Tonstiefel unpolarisierbarer Elektroden gelegt wurden. Diese Kammern haben den Vorteil, daß sie jederzeit leicht ausgewaschen und von neuem benutzt werden können. Die richtende Wirkung des galvanischen Stromes ist schon mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen. Sie wurde vom Verf. an 11 Arten der Ordnung Holotricha und an je 8 Arten der Ordnungen Hypotricha und Heterotricha konstatiert. Dabei kamen sowohl konstante als auch Wechselströme geringer Stärke zur Anwendung. Die Zahl der Stromwechsel betrug zunächst 2—5 in der Sekunde. Wurde der Strom geschlossen, so beobachtete Verf., daß sich die Paramäcien sofort zur Kathode wandten und auf sie zu schwammen. Sobald jedoch ein Wechsel in der Stromrichtung eintrat, wechselten auch die Urtierchen ihre Richtung. Sie drehten ihren Körper momentan um einen Winkel von  $180^\circ$  um ihre kurze Achse und schwammen der Kathode der neuen Stromrichtung zu. Beim Optimum der Stromwirkung erfolgte diese Drehung um  $180^\circ$  in 0,5—1,2 Sek., durchschnittlich also in etwa 0,8 Sek. Verf. nennt dieses Zeitintervall die Orientierungszeit (in bezug auf Polwechsel).

Betrag die Zahl des Stromwechsel 20—100 in der Sekunde, so stellten sich die Paramäcien sämtlich mit ihren Längsachsen in Linien, die zum Strom senkrecht verlaufen, und bewegten sich längs derselben, teils auf den Beobachter zu, teils von ihm weg. Es entsteht also auf diese Weise ein echter transversaler Galvanotropismus der Paramäcien. Verf. erklärt diese Erscheinung aus der sehr kurzen Zeit, während der der Strom in einer bestimmten Richtung fließt. Infolgedessen vermögen die Paramäcien dem

Strom nicht mehr wie oben zu folgen. Kaum haben sie begonnen, sich gegen eine Stromrichtung zu orientieren, so sind sie schon der Einwirkung eines Stromes von entgegengesetzter Richtung ausgesetzt. Sie bewegen sich daher wegen Mangel an Zeit für eine Seitenbewegung in senkrechter Richtung zu den Stromlinien. Erfolgt der Stromwechsel nur etwa 10 bis 20 mal in der Sekunde, so kann man bei den sich senkrecht zu den Stromlinien einstellenden Paramäcien das Bestreben wahrnehmen, ihre Längsachsen bald etwas nach links, bald etwas nach rechts zu neigen. Je öfter der Stromwechsel erfolgt, desto kleiner ist der Neigungswinkel.

Verf. änderte nun seine Versuche in der Weise ab, daß die Frequenz der Stromwechsel immer dieselbe blieb, die Stromstärke dagegen eine Veränderung erfuhr. Um die Zahl der Stromrichtungswechsel pro Sekunde streng unverändert zu halten, benutzte er den Dreiphasenwechselstrom. Die Wechselzahl desselben betrug 50 pro Sekunde. Er leitete durch die Kammer einen Strom von „minimaler Stärke“, und sofort stellten sich die Infusorien des mittleren Teiles der Kammer senkrecht zu den Stromlinien ein. Im Bereich des rechten und linken Elektrodendrittels dagegen schnellten die meisten von ihnen gegen die Elektroden vor. Verstärkte er den Strom (durch Verminderung des Widerstandes in dem eingeschalteten Rheostaten), so wurden die Bewegungen der Infusorien im mittleren Teile der Kammer lebhafter, und die Infusorien in den seitlichen Dritteln der Kammer nahmen kurz darauf gleichfalls eine senkrechte Lage an.

Im Gegensatz zu den Paramäcien stellt sich *Stylonychia mytilus* schon bei einer geringen Zahl von Richtungswechseln in der Sekunde (5—10) transversal ein. Die Tierchen verbleiben aber nur verhältnismäßig kurze Zeit in einer bestimmten Stellung. Bald machen die Körper eine halbkreisförmige Bewegung und nehmen somit wieder eine senkrechte Lage zu den Stromlinien an. Dabei ist der den „Mund“ umgebende Wimperring immer der Kathode zugewandt. Aus allen diesen Orientierungsbewegungen, die sich mit erstaunlicher Gesetzmäßigkeit vollziehen, schließt der Verf., daß die Bewegung der Infusorien unter der Einwirkung des galvanischen Stromes eine aktive sei.

Wie schon der im vorletzten Abschnitt beschriebene Versuch vermuten ließ, wird der Charakter der galvanotropischen Reaktion der Protisten auf den elektrischen Strom — ihre Orientierung gegen die Pole und die Geschwindigkeit der Fortbewegung — durch die Stromstärke bedingt. Aus Versuchen mit verschiedenen Stromstärken ergab sich zunächst, daß die Fortbewegung der Ciliaten mit der Steigerung der Stromstärke zunimmt. Das Maximum der Geschwindigkeit wurde bei einem Strom von 0,4 Milliamp. beobachtet; es betrug 1 mm in der Sekunde. Außerdem ergaben die Versuche ein direktes Abhängigkeitsverhältnis der Orientierung der Ciliaten von der Stromstärke. Wurden nämlich

schwache Ströme angewandt (0,2—1,0 Milliamp.), so trat in der Regel transversale Galvanotaxis auf. Diese wurde bei Anwendung starker Ströme (1—2 Milliamp.) durch den kathodischen Galvanotropismus ersetzt.

Bereits 1898 hatte Verf. einige Versuche in der Weise abgeändert, daß er in die Kammer mit den Infusorien zwei oder mehrere Detritusballen (feine Fäden, Papierstückchen) brachte, die ein wenig von einander entfernt waren. Im Laufe der Zeit wurden diese Versuche mehrfach variiert. Sie ergaben sämtlich, daß der konstante Strom auf die an den Detritusballen fixierten und in deren Bereich schwimmenden Infusorien in demselben Sinne, wie auf die frei schwimmenden Organismen einwirkt; nur tritt die Reaktion erst bei relativ großer Stromstärke ein und kommt bedeutend schwächer zum Ausdruck.

Bei der Erklärung dieser Erscheinung geht Verf. von der Tatsache aus, daß durch verschiedene Punkte des gegebenen Querschnitts einer sowohl Flüssigkeit wie feste Körper enthaltenden Kammer ein Strom von verschiedener Dichte geht. In einem gewissen Querschnitte der Flüssigkeit zweigt sich der Strom; der kleinste Teil geht durch das Häufchen, der größte durch die Flüssigkeit hindurch. Zum Beweis dieses Satzes bedarf man keiner besonderen Registrierungsmethoden; zu diesem Zweck können vorzüglich die Untersuchungsobjekte selbst gebraucht werden; es gibt kein genaueres Galvanometer als das Paramäcium selbst. Somit erklärt sich der schwächer ausgeprägte Charakter der Reaktion der fixierten oder im Gebiete der Detritusballen frei schwimmenden Infusorien durch die Verzweigung des Stromes im anisotropen (aus Flüssigkeit und Ballen bestehenden) Medium.

Von Birukoff war angenommen, daß der Galvanotropismus eine rein kataphorische (nicht aktive) Stromwirkung sei, d. h. die Infusorien sollten passiv zur Kathode fortgeführt werden. Gegen diese Annahme sprechen nicht nur die beobachteten Tatsachen der verschiedenen Orientierung der Ciliaten überhaupt, die Veränderung der Fortbewegungsgeschwindigkeit und die Abhängigkeit der Orientierung von der Stromstärke; Verf. konnte die Birukoffsche Theorie auch durch einen Versuch direkt widerlegen. Bei der Versuchsanstellung ging er von der Überlegung aus, daß die kataphorische Einwirkung des elektrischen Stromes keinerlei Rolle bei den galvanotropischen Erscheinungen spielen kann, wenn es möglich ist, gleichzeitig die Anaphorese der leblosen suspendierten Teilchen und den kathodischen Galvanotropismus der lebendigen Infusorien zu zeigen. Das ist ihm in der Tat gelungen.

Er siedelte verschiedene Protisten in einem schleimig-kolloidalen Medium an, um ihre Bewegung zu verlangsamen, und brachte einen Tropfen von der Flüssigkeit zwischen zwei Leisten aus plastischem Ton. Als er einen Strom von 1—1,5 Milliamp. durch die so hergestellte Kammer schickte, orientierten sich die Paramäcien mit dem Vorderende deutlich gegen die Kathode und schwammen derselben zu. Nun steigerte er die Stromstärke bis zu 2,5 Milliamp. Sofort traten

vollständig deutliche und bestimmte Erscheinungen der Anaphorese ein: nicht nur kleine, in dem schleimigen Tropfen suspendierte Teilchen und Bakterien wurden von der Kathode zu der Anode geführt, sondern auch winzige, von der Kathode abgerissene Tonpartikelchen nahmen diesen Weg. Die Paramäcien schwammen ungeachtet der bestehenden günstigen Bedingungen für die passive Fortführung der Kathode zu. Dieser Versuch zeigt deutlich „das gleichzeitige Vorhandensein der Erscheinungen des kathodischen Galvanotropismus bei den lebendigen Infusorien und der Anaphorese der leblosen Teilchen in der Flüssigkeit und beweist somit die Unabhängigkeit einer Erscheinung von der anderen“.

Schon lange ist bekannt, daß die richtende Wirkung des elektrischen Stromes auf niedere Organismen vor allem eine gewisse, für verschiedene Stromstärken charakteristische Wimpererregung hervorruft. Man bezeichnet allgemein die Wimperreaktion als die Grunderscheinung beim Galvanotropismus. Verf. hat dieser Erscheinung darum auch sein ganz besonderes Interesse zugewandt. Er brachte die Infusorien in schleimig-kolloidale Medien, um die Bewegung der Wimpern zu verlangsamen. Die Medien dürfen jedoch nicht zu steif sein; es tritt sonst leicht eine Erschöpfung des Protisten ein. Diese Erschöpfung aber zu vermeiden, ist eine der wichtigsten und unerläßlichsten Versuchsbedingungen.

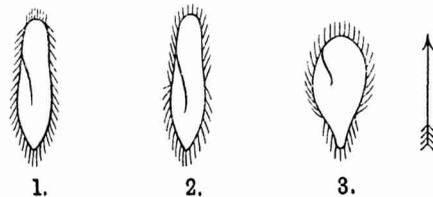
Zum Verständnis der ziemlich komplizierten Erscheinungen ist vor allem nötig, sich zu vergegenwärtigen, daß die Wimpern im Gegensatz zu den Muskelfibrillen keine kontraktile Elemente sind. Sie stellen vielmehr Bewegungsorganoiden dar, die sich mit kleinen Rudern vergleichen lassen. Eine Wimper oder Cilie besitzt gewöhnlich die Fähigkeit, sich nach zwei entgegengesetzten Richtungen zu bewegen. Verf. bezeichnet unter Anlehnung an die in der Anatomie und Physiologie der Bewegungsorgane gebrauchte Terminologie die Bewegung von vorn nach hinten als flexorische, die umgekehrte als extensorische. Die Wimpern befinden sich im Zustande der Ruhe, wenn sie senkrecht zur Körperoberfläche stehen. Im allgemeinen erfolgen die flexorischen Bewegungen schneller als die extensorischen, und die Energie ihrer Schläge ist darum gewöhnlich auch stärker.

Nach den Versuchen des Verf. arbeiten fast alle Wimpern beim Optimum der Geschwindigkeit flexorisch, nur eine kleine Gruppe am abgerundeten Vorderende des Körpers ist nach vorn gerichtet (Fig. 1). Die letzteren führen schwankende, nach links und rechts gerichtete Bewegungen aus. „Sie erinnern an ein Steuerruder, welches die Flüssigkeit durchschneidet und folglich die Vorwärtsbewegung erleichtert.“

Wendet man mittelstarke Ströme (etwa von 0,2 bis 0,3 Milliamp.) an, so verändert sich das Bild allmählich. Wie Fig. 2 zeigt, vergrößert sich das Gebiet der nach vorn gerichteten Wimpern fast bis zur Hälfte der Körperoberfläche. Die vorderen, der

Kathode zugekehrten Wimpern vollziehen extensorische Bewegungen, welche die Arbeit der flexorischen Schläge der hinteren anodischen Hälfte der Körperoberfläche und damit zugleich die Fortbewegungsgeschwindigkeit des Protisten vermindern.

Bei Anwendung starker Ströme (0,5—0,8 Milliamp.) führen die meisten Wimpern extensorische Schläge aus, die in größeren Intervallen auf einander folgen. Der Körper nimmt zunächst die Gestalt einer Birne (Fig. 3), dann die einer Kugel an. Nur an dem kegelförmigen hinteren Ende findet sich eine kleine, nach hinten gerichtete Wimpergruppe. Später zerrißt das Ektoplasma, und das Entoplasma zerfließt.



Verschiedene Stadien der Verteilung und der Bewegung der Wimpern von *Paramecium caudatum* bei allmählicher Steigerung der Stärke des richtenden Stromes, dessen Richtung durch den Pfeil bezeichnet ist.

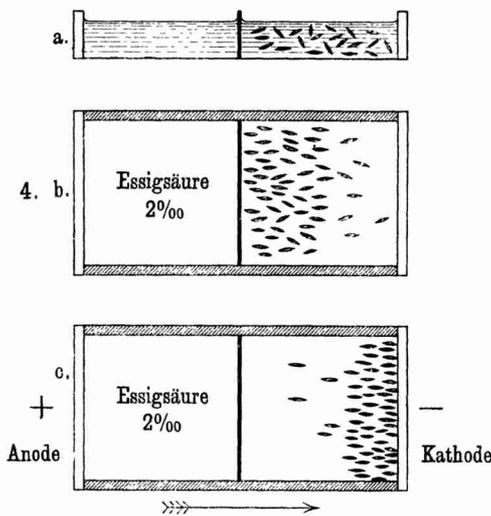
Die beschriebenen Tatsachen stehen im Gegensatz zu der Behauptung von Verworn und Ludloff, daß bei der größten Geschwindigkeit sich die Gesamtheit der Wimpern streng in zwei Hälften teilen solle.

Aus einer Reihe äußerst interessanter Beobachtungen ergibt sich, daß der Galvanotropismus vollständig unabhängig von mechanischen Hindernissen ist. So konnte Verf. z. B. mehrfach beobachten, daß die an der Kathode angekommenen Infusorien heftig mit den Wimpern arbeiteten, als wenn sie bestrebt wären, das Hindernis zu beseitigen, um weiter schwimmen zu können. Die an die kathodische Tonfläche der Ludloffschen Elektroden gelangenden Paramäcien wählten „buchstäblich im Ton; es fliegen kleine Tonstückchen zur Seite, und bald bildet sich eine kleine Bucht“. Kommt ein Paramäcium auf seinem Wege innerhalb der Kammer an irgend ein Hindernis, z. B. ein kleines Pflanzenstückchen, so sucht es dasselbe zunächst fortzuschieben, und erst, wenn ihm das nicht gelingt, schwimmt es auf einem Umwege der Kathode zu.

Von besonderem Interesse ist die Beobachtung, wie die Paramäcien Strömungen in der Flüssigkeit überwinden. In der Kammer findet sich nämlich zuweilen ein kleiner Krebs (*Cyclops fimbriatus*). Wird der Strom geschlossen, so beginnt das Tierchen sich ungestüm hin und her zu bewegen und wühlt dabei die Flüssigkeit auf. Nichtsdestoweniger schwimmen sämtliche Paramäcien in einem Schwarm durch die Strudel der Kathode zu. Zu dem Resultat der Unabhängigkeit des Galvanotropismus von mechanischen Hindernissen führten auch noch andere Versuche.

Auch die Unabhängigkeit des Galvanotropismus von chemischen Hindernissen konnte Verf. durch Versuche dartun. Er teilte unter anderem, wie Fig. 4a zeigt, die sogenannte Kammer durch eine Wand aus Pergamentpapier (*P*) in zwei

Hälften. In die eine Hälfte (rechts) brachte er die zu untersuchenden Infusorien; in die andere Hälfte wurde ein chemisches Reizmittel, z. B. Essigsäure oder Schwefelsäure, gegossen. Die chemische Substanz diffundierte nun allmählich durch das Pergamentpapier in die Flüssigkeit mit den Infusorien und rief hier positiven Chemotropismus hervor. Infolgedessen sammelten sich die Infusorien hauptsächlich an der Wand aus Pergamentpapier an (Fig. 4b). Schickte man nun einen elektrischen Strom in der Richtung von der Säure nach der Kulturflüssigkeit, d. h. entgegengesetzt dem positiven Chemotropismus, durch die Kammer, so orientierten sich sämtliche



Unabhängigkeit des Galvanotropismus von dem positiven Chemotropismus. a Querschnitt durch die Kammern; b und c die Kammern von oben gesehen.

Paramäcien ganz plötzlich mit dem Vorderende gegen die Kathode und schwammen derselben rasch zu (Fig. 4c).

Verf. hat diesen Versuch zunächst in der Weise abgeändert, daß er statt der Essigsäure die negativ chemotropisch (chemotaktisch) wirkende Natronlauge anwandte. Wenn er dann den Strom (diesmal in entgegengesetzter Richtung) durch die Kammer schickte, so sammelten sich die Paramäcien an der Wand aus Pergamentpapier, obgleich hier die giftige Natronlauge vorhanden war. Das Überwiegen der Reizung des galvanischen Stromes über die schädliche Wirkung der Natronlauge wurde auch noch durch andere Versuche gezeigt. Verf. schließt aus diesen Beobachtungen, daß die Loeb-Budgettsche chemische Theorie der indirekten Einwirkung des Stromes auf die Protisten unhaltbar sei.

Weiter beschreibt Verf. eine Reihe Versuche, die an Infusorien in künstlichen und natürlichen Salzlösungen angestellt wurden. Er brachte zu einigen Cubikcentimetern Süßwasser-Infusorienkultur nach und nach eine Lösung von Chlornatrium, bis sich die erwünschte Konzentration ergab. Die Infusorien gewöhnten sich allmählich an das neue Medium, ohne daß irgendwelcher ungünstige Einfluß zu erkennen gewesen wäre. Nach etwa 24 Stunden wurden sie der Ein-

wirkung eines konstanten Stromes oder frequenter Induktionsströme ausgesetzt. Dabei ließen sich ausnahmslos dieselben Erscheinungen beobachten wie vorher im Süßwasser. Zu dem gleichen Resultat führten mehrere Versuche an Süßwasser-Infusorien im Meerwasser. Der Charakter der galvanotropischen Reaktion ist also von dem Medium, in dem sich die Infusorien des Süßwassers finden, vollständig unabhängig.

Das Gleiche konnte Verf. für Meeresinfusorien zeigen. Der Sinn der Reaktion ändert sich bei denselben durchaus nicht, wenn zum Meerwasser allmählich destilliertes Wasser hinzugefügt wird. Infusorien des Meeres verhalten sich auch sonst wie Süßwasser-Infusorien derselben Gattung. Nur erfordern sie unter sonst gleichen Umständen stärkere Ströme.

Die Erregbarkeit der Ciliaten nimmt mit der Steigerung der Konzentration des Elektrolyten ab, der Erregbarkeitscharakter dagegen bleibt unverändert. „Die Verminderung der Erregbarkeit der Protisten in Salzlösungen ist von äußerst wichtiger Bedeutung für die Aufhellung des Wesens und Charakters der Erregung der lebenden Elementarorganismen.“ Doch geht Verf. auf diese Frage nicht weiter ein.

Der durch einen Elektrolyten gehende Strom ruft in erster Linie Elektrolyseerscheinungen hervor. Diese elektrolytischen Vorgänge werden sich aber voraussichtlich nicht nur in der Flüssigkeit der Kammer, sondern auch in dem lebenden Protisten abspielen, so daß das chemische Gleichgewicht im Protoplasma gestört werden dürfte. Als Indikator der im Körper des lebenden Protisten eventuell vor sich gehenden chemischen Veränderungen gebrauchte Verf. das indifferente und unschädliche Neutralrot. Die neutrale Lösung dieses Farbstoffes ist orangerot. Nach Beifügung von Alkalien nimmt sie eine gelbliche Nuance an und geht weiterhin in Gelb über; in saurer Lösung wird der Farbstoff rosa-violett, violett-rosa oder intensiv violett, je nach dem größeren oder geringeren Gehalt an Säure.

Nachdem die ersten Versuche infolge der Unvollkommenheit der zunächst angewandten Methode völlig mißlungen waren, gelang es dem Verf. nach vielen Bemühungen, an *Paramecium caudatum* deutliche Änderungen in der Färbung des Entoplasmas wahrzunehmen. Die Farbenänderung geht nur äußerst langsam vor sich und vollzieht sich in drei Stadien. „Im Moment der Stromschließung wird das Stadium der Ruhe durch das Vorherrschen des mehr oder weniger intensiv violetten Tones der gefärbten Körnchen, Einschließungen und Nahrungsvakuolen bestimmt“ (erstes Stadium). Dann geht der allgemeine Ton der Färbung in Violett-rosa über und nimmt nach und nach eine rosa, zuweilen sogar eine rötliche Nuance an (zweites Stadium). Das dritte Stadium endlich besteht im Auftreten einer dunkelgelben oder braungelben Färbung der meisten Körnchen und Vakuolen. Es wird jedoch nur durch starke Ströme hervorgerufen. Wenn der Strom auf-