die rothen Körner sind völlig geschwunden und ein farbloser oder gelbgefärbter Kern sichtbar; 5) Körnerkugeln, in welchen in Folge der Behandlung mit durch Essigsäure angesäuertem Wasser der Kern zum Theil oder ganz ausgetreten ist.

Fig. V. Durch verdünnte Essigsäure veränderte rothe Körnerkugeln: 1) die rothen Körner sind im Centrum zusammengeballt, während eine homogene, farblose Randzone sichtbar geworden ist; 2) die rothen Körner sind geschwunden und der gelbe Kern liegt in einer feingranulirten, scharf von der homogenen Randzone sich abhebenden farblosen Masse.

Fig. VI. Durch Wasser aufgelöste rothe Körnerkugeln.

Fig. VII. Froschblutkörperchen nach Einwirkung von Essigsäure: 1) der Kern von gelben Körnchen völlig verdeckt; 2) der Kern glatt und gelbgefärbt, liegt innerhalb des farblosen Zellenleibes.

---

# Ein Beitrag zum Verständniss des Rheochords.

Von

Dr. med. **B. Luchsinger.**

Ein Aufsatz im VIII. Bande dieses Archivs führte mich dazu, einige Einzelfälle in der Theorie des Rheochords bezüglich seiner Anwendung zu discutiren. Die Brauchbarkeit desselben liess ich von dem Verhältniss des Widerstandes im Rheochordzweig zu den Widerständen im Hauptzweig und im Stammkreis abhängen, in der Ableitung selbst aber glaubte ich keineswegs etwas Neues zu bieten, wusste mich vielmehr in vollkommenster Uebereinstimmung mit einer in diesen Fragen anerkannten Autorität, mit Pflüger[1]). Um so überraschender kam mir daher eine Abfertigung von Rollett[2]) der kurzweg meine mathematischen Deductionen sämmtlich für

1) Pflüger, Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus. pag. 125.

2) Sitzungsber. der Acad. der Wissenschaften. LXX. Bd. 3. Abtheilg.

falsch erklärt, mir selbst grobe Unkenntniss über die Grenzen der Brauchbarkeit des Rheochords vorwirft und diese Auslassung wohl durch »Pflüger gedenkt schon der Feinheit dieser Methode« bekräftigen will. Rollett hat dabei aber gänzlich übersehen, dass hier ja Alles von der Art des Rheochords resp. von der Grösse seines Widerstandes abhängt. In der That schlägt Pflüger an der von Rollett citirten Stelle ausdrücklich einen kurzen, dicken Draht vor, wendet Rollett dagegen die relativ viel grösseren Widerstände eines Rheochordes von du Bois-Reymond an, ein Umstand, der allein himmelweit verschiedene Bedingungen involvirt. — Meine »falschen« mathematischen Deductionen aber sind im Gegentheil ganz richtig, sie beruhen auf richtiger Reduction der allgemeinen Gleichung, während Rollett zu unrichtigen Gleichungen gelangen muss, weil er unrichtig reducirt. Ich, sowie Pflüger und alle Anderen, die sich mit diesem Gegenstande beschäftigten, haben nur kleine Summanden grossen gegenüber vernachlässigt, Rollett glaubt mit gleichem Recht auch kleine Zähler grossen Nennern gegenüber vernachlässigen zu können. Er scheint nicht zu ahnen, dass er auf diese Weise eine kleine Grösse erster Ordnung vernachlässigt, während ich mir solches nur für kleine Grössen höherer Ordnungen erlaube.

In der That nach den Gesetzen der Stromverzweigung ist, wenn E die electromotorische Kraft, I und W Intensität und Widerstand in der Stammleitung; $i_1$, $w_1$ dasselbe im Hauptzweige; $i_2$, $w_2$ ebendasselbe im Rheochordzweige bedeuten,

$$i_1 = \frac{Ew_2}{Ww_1 + Ww_2 + w_1w_2} \quad (\alpha).$$

Betrachten wir in dieser Gleichung nur $i_1$, $w_2$ als variabel, halten wir die übrigen Grössen constant, so bieten sich zwei wichtige Grenzfälle dar, indem wir $w_2$ von 0 bis $\infty$ wachsen lassen. Es kann

1) $w_2$ noch sehr klein gegenüber W und $w_1$ sein und

2) deren Werthe bedeutend übersteigen.

In Fall (1) reducirt sich aber die allgemeine Gleichung, sollen wir den Vorgang möglichst übersichtlich hinschreiben, zu

$$\frac{Ew_2}{Ww_1+Ww_2+w_1w_2}=\frac{Ew_2}{W(w_1+w_2)+w_1w_2}=\frac{Ew_2}{Ww_1+w_1w_2}=\frac{Ew_2}{w_1(W+w_2)}=\frac{Ew_2}{w_1W}=i_1;$$

in Fall (2) zu

$$\frac{Ew_2}{Ww_1+Ww_2+w_1w_2}=\frac{Ew_2}{W(w_1+w_2)+w_1w_2}=\frac{Ew_2}{Ww_2+w_1w_2}=\frac{Ew_2}{w_2(W+w_1)}=\frac{E}{W+w_1}=i_1.$$

In Fall (1) ist die Intensität in der Hauptleitung direct proportional dem Widerstande des Rheochords; es leuchtet ein, dass in diesem Fall das Instrument am bequemsten zu handhaben ist. Die nöthigen Bedingungen sind wirklich beim physiologischen Gebrauche auch meist erfüllt; denn im Hauptkreis befindet sich meist eine mehr weniger lange Nervenstrecke, deren Widerstand stets jenen des Rheochords weit übertreffen wird. Nicht so in Rollett's Versuchsanordnung. Der geringe Widerstand der primären Rolle eines Schlitteninductoriums gestattet nur um so geringeres Anwachsen des Widerstandes im Rheochord. Desshalb erlaubt hier du Bois-Reymond's Rheochord viel zu geringe Excursionen und empfahl schon Pflüger für solche Zwecke mit Recht ein Rheochord aus kurzem, dickem Draht.

Die Bedingungen (2) stellen dagegen den Fall der Unbrauchbarkeit des Rheochords vor; jedes weitere Anwachsen seines Widerstandes bleibt ohne merklichen Einfluss auf die Grösse der Stromintensität im Hauptkreis. Die allgemeine Gleichung stellt bekanntlich eine Hyperbel vor. Fall (2) greift das Curvenstück heraus, das den Asymptoten parallel läuft. Je geringer der Widerstand im Hauptkreis, um so früher wird dies eintreten, um so mehr ist Anwendung eines Rheochords mit äusserst geringem Widerstande geboten.

Meine Deduction von Fall (1) scheint aber wesentlich jenen Angriff provocirt zu haben, Rollett gelangt nämlich unter den gemachten Annahmen zu einer Gleichung $i_1 = o$. Dessen Zuversicht gegenüber scheint es mir zur Zeit noch angemessen, meine Reduction auf andere, wenn möglich noch strengere Weise zu rechtfertigen. Dabei dürfte sich zugleich aufs Schönste der Unterschied in dem beiderseitigen Reductionsverfahren zeigen.

Formen wir die allgemeine Gleichung ($\alpha$) um in

$$i_1 = \frac{Ew_2}{Ww_1} \cdot \frac{1}{1 + \frac{Ww_2 + w_1 w_2}{Ww_1}}$$

und setzen

$$\frac{Ew_2}{Ww_1} = A$$

und

$$\frac{w_2}{Ww_1}(w_1 + W) = \frac{w_2}{W} + \frac{w_2}{w_1} = a,$$

so ist

$$i_1 = A \cdot \frac{1}{1+a}$$

$$= \frac{A}{a} \cdot \frac{a}{1+a}.$$

Die Division des zweiten Factors ausgeführt, ergibt:

$$\frac{a}{1+a} = a - a^2 + a^3 - .. + .. - .$$

Unter den Bedingungen von Fall (1) ist die Convergenz dieser Reihe sofort ersichtlich. a ist ein echter Bruch, die übrigen Glieder der Reihe — dessen höhere Potenzen — somit kleine Grössen höherer Ordnung, können also in Summen der kleinen Grösse erster Ordnung gegenüber mit Fug vernachlässigt werden. Je kleiner also a wird, mit um so grösserer Annäherung wird sein

$$\frac{a}{1+a} = a$$

also

$$i_1 = A = \frac{Ew_2}{Ww_1}.$$

Diese Ableitung stimmt mit der ersten, gegen ihre Stichhaltigkeit dürfte auch Rollett Nichts weiter einzuwenden haben, sie vermag ihm aber deutlich die Natur seines Fehlers zu zeigen. Während ich in der Reihe nur die höheren Potenzen vernachlässige, vernachlässigt Rollett auch deren erstes Glied, denn nur so ist überhaupt seine Reduction verständlich. Dies ist eine Vernachlässigung ganz anderer Art, in diesem Fall aber geradezu unzulässig, weil hier gerade auf eine Vergleichung eben dieser kleinen Grösse während deren Variation Alles ankömmt.

Wie diese Ableitung deutlich die Bedingungen der günstigsten Anwendung des Apparates zeigte (Fall 1), demonstrirt sie auch klar den Fall seiner Unzulänglichkeit. Sobald a die Einheit überschreitet, (sobald also $w_2$ nur eine der Grössen W und $w_1$ überschreitet), nähert sich $\frac{a}{a+1}$ rasch der Einheit, wir haben

$$i_1 = \frac{E}{W+w_1}$$

d. h. trotz weiterer Steigerungen des Rheochordwiderstandes erfolgen keine merklichen Aenderungen der Intensität im Hauptkreis. Dies trifft zu, sobald — wie in den gerügten Fällen — die angewandten Rheochordwiderstände die Widerstände im Hauptkreis um ein Vielfaches übertreffen.