(Aus dem physiologischen Institut der Universität Königsberg i. Pr.)

Die Wirkung hochgespannter Ströme auf das Blut.

Von

L. Hermann.

Die von Rollett¹⁾ entdeckte Erscheinung, dass Blut durch die Entladungsströme von Leydener Flaschen oder Induktorien²⁾ lackfarben wird, ist bisher noch nicht erklärt. Rollett selbst äussert sich in diesem Sinne am Schlusse einer längeren Diskussion der Erklärungsmöglichkeiten.

Zur Ausführung des Rollett'schen Versuches empfiehlt sich folgendes Verfahren, welches zugleich die bequemste mikroskopische Beobachtung gestattet und die ungemein störende Gasentwicklung unter dem Deckglas vollkommen vermeidet. Auf eine Glasplatte von 180 mm Länge und 60 mm Breite klebt man zwei Stanniolstreifen von 80 mm Länge und 15 mm Breite der Länge entsprechend so auf, dass sie bis an die Schmalseiten der Glasplatte reichen, also zwischen sich einen Raum von 20 mm Länge frei lassen. Von der zu untersuchenden Flüssigkeit wird ein grosser Tropfen in die Mitte des freien Raumes gebracht und ein dünnes, quadratisches Deckglas von 15 mm Seite aufgelegt. Der Raum unter dem Deckglase muss vollständig und gleichmässig von der Flüssigkeit erfüllt sein. Hierauf legt man zwei mit der gleichen Flüssigkeit oder mit physiologischer Kochsalzlösung getränkte Fliesspapierstücke so auf, dass sie, mit ihrem grössten Theile auf dem Stanniol aufliegend, die Ränder des Deckgläschens gerade berühren und mit der Flüssigkeit eine leitende Verbindung herstellen. Will man die Rollett'schen Stromvertheilungsfiguren darstellen, d. h. das Fortschreiten der Aufhellung nach Spannungskurven demonstrieren, so gibt man den inneren Enden der Papierblätter eine zugespitzte Gestalt, so dass sie nur mit der Mitte der Querseiten des Deckglases in Berührung sind.

1) Sitzungsber. d. österr. Akademie, math.-naturw. Klasse, Abth. 2 Bd. 47 S. 356, 1863; Bd. 48 S. 178, 1864. Auch in Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre etc. Bd. 9 S. 260, 474.

2) Die letzteren wurden zuerst von E. Neumann verwendet, Archiv für Anat. und Physiol. 1865 S. 682.

Handelt es sich aber, wie in der vorliegenden Arbeit, nur um die Untersuchung der Blutkörperveränderungen, so macht man die Papierblätter rechteckig und legt sie an die ganzen Querseiten des Deckglases an.

Der Vortheil dieser Anordnung liegt darin, dass keine Metallelektroden unter dem Deckglase liegen, also niemals Gasentwicklung unter dem Glase stattfindet. Zum gleichen Zweck habe ich früher Thonlager verwendet¹⁾, welche aber viel leichter als das Papier eintrocknen, und dann zu Glüh- und Funkenerscheinungen Anlass geben.

Die grosse Glasplatte wird auf dem Hartgummitisch des grossen Zeiss'schen Stativs mittels einer nur auf dem Glase aufliegenden Federklemme befestigt, und die Ströme werden mittels zweier Reitklemmen zugeleitet, welche an den den Objekttisch überragenden Schmalseiten Glas und Stanniol zwischen sich fassen.

Die Ströme entnehme ich einem kleinen Ruhmkorff'schen Induktor von 3 cm Funkenlänge. Als primäre Kette dienen sechs Akkumulator-Elemente mit einem Vorschaltwiderstand von 2 bis 4 Ohm; bei diesem Betriebsstrom ist die Funkenlänge etwas über 1 cm.

Das Blut wird zweckmässig so stark mit physiologischer Kochsalzlösung verdünnt, dass das Gesichtsfeld zwar reichlich Blutkörperchen enthält, aber so viel Zwischenflüssigkeit, dass sie durch Zwischenräume von mindestens der Grösse eines Blutkörperchens von einander getrennt sind. Die Aufhellung ist dann immer noch auch makroskopisch gut sichtbar. Zur Beobachtung dienen die Zeiss'schen Objektive *B B* und *E*.

Dass die Veränderungen der Blutkörper durch den Strom nichts mit Kontraktilität zu thun haben, hat schon Rollett überzeugend dargethan. Am entschiedensten wird ein solcher Erklärungsversuch beseitigt durch die Thatsache, dass die Aufhellung an mehrere Tage altem, ja an in Fäulniss begriffenem Blute ebensogut und unter denselben Erscheinungen eintritt wie an frischem, was übrigens schon Rollett fand.

Bei meinen Versuchen über den galvanischen Inhaltsaustritt aus Nerven- und Muskelfasern und ähnlichen Aufgaben war mir die starke Erhitzung aufgefallen, welche Induktionsströme in dünnen

1) Vgl. meinen Leitfaden für das physiologische Praktikum S. 205. Leipzig 1898.

Flüssigkeitsschichten hervorbringen¹⁾. Diese Erhitzung bewirkt sehr leicht durch Wasserverdampfung Beschlagen der kalten Frontlinse des Objectivs. Auch bei den Aufhellungsversuchen am Blute kommt sehr leicht ein solches Beschlagen vor; ausserdem aber fühlt man mit dem auf das Deckglas aufgelegten Finger die Erhitzung unmittelbar. Diese Umstände veranlassten mich, der übrigens schon von Rollett erörterten Frage näher zu treten, ob nicht die Veränderung des Blutes lediglich Folge seiner galvanischen Erwärmung ist.

Dass Induktionsströme in Objecten unserer Art eine ungemein viel stärkere Erwärmung hervorbringen, als die stärksten constanten Ströme welche ohne ganz ungewöhnliche Mittel in den Objecten hervorgebracht werden können, ist leicht begreiflich. Schon bei 1 cm Funkenlänge kann die Spannung der sekundären Ströme auf etwa 30 000 Volt veranschlagt werden, während die stärksten disponiblen stationären Ströme bei Zuhilfenahme städtischer Elektrizitätswerke höchstens nach Hunderten von Volt zählen, da Hochspannungsakkumulatoren von einigen Tausend Volt, wie sie in einzelnen physikalischen Instituten vorhanden sind, bisher kaum zu physiologischen Versuchen Verwendung gefunden haben. Auch mit Berücksichtigung des Umstandes, dass das Stromintegral von Wechselströmen nur einen Bruchtheil des konstant gedachten Stromes ausmacht, bleibt die Ueberlegenheit der Wechselströme bei so schlechten Leitern wie eine kapillare Blutschicht für alle Effekte, in welchen der Wechsel der Stromrichtung gleichgültig ist, eine enorme, und namentlich die erwärmende Wirkung derselben, welche dem Quadrate der Spannung proportional ist, unvergleichbar mit derjenigen konstanter Ströme.

Der Anblick der Veränderungen, welche die Spannungsströme an den Blutkörpern hervorbringen, ist schon von Rollett in den Hauptphasen beschrieben worden. Hinzuzufügen ist zunächst, dass man sehr gewöhnlich die Rollett noch unbekannte, von Weyl²⁾ beschriebene zierliche Aufreihung der Blutkörper zu Gesicht bekommt. Wegen des relativ guten Leitungsvermögens der Zwischenflüssigkeit ist diese schöne Erscheinung freilich beim Blute weniger augenfällig als bei Suspensionen, deren Medium schlecht leitet³⁾. Bei den

1) Vgl. dieses Archiv Bd. 70 S. 520. 1898.

2) Archiv f. Anat. und Physiol. 1876 S. 712.

3) Vielleicht das schönste Object ist mit Brunnenwasser sehr stark verdünnte Milch. Die Wechselströme machen hier sofort Aufreihung in der Richtung

scheibenförmigen Blutkörpern der Säugethiere besteht die Hauptwirkung in Aufschwellung zu Kugeln und dann Verblassen derselben unter Austritt des Farbstoffes; in diesem Augenblick tritt die makroskopische Aufhellung ein. Die verblassten Reste verschwinden niemals, obwohl sie oft nur bei sehr eng gestellter Irisblende oder schiefer Beleuchtung noch erkennbar sind.

Mannigfacher sind die Veränderungen der Froschblutkörper, welche besonders genau von E. Neumann¹⁾ festgestellt worden sind. Hier weichen meine Beobachtungen in einem wesentlichen Punkte von denjenigen Rollett's ab, welcher angibt, dass die Kerne nach der ersten Einwirkung der Ströme meist nicht so deutlich, wie am frischen Blutkörperchen sind. Ich finde gerade das Gegentheil, wenigstens für die von mir hauptsächlich untersuchte starke Verdünnung mit Kochsalzlösung, und auch Neumann macht analoge Angaben. Vor Einwirkung der Ströme sind die Kerne fast unsichtbar, nur ein sehr undeutlicher, stets elliptischer Kontour im Innern des Körperchens ist in der Regel zu sehen. Die Präexistenz der Kerne ist trotzdem zweifellos; an zufällig auf dem Rande stehenden Körpern sieht man sehr schön die bekannte centrale Verdickung; auch sieht man einen deutlicheren Kernkontour, wenn bei Bewegung des Deckglases stehende Blutkörper sich auf die Fläche legen und dabei einen Augenblick in geneigte Lage kommen.

Die erste Wirkung der Durchströmung, auch wenn diese nur einen Augenblick gedauert hat, ist nun ausnahmslos eine ungemein deutliche Kontourirung des Kerns, welcher dabei zugleich stets kleiner und rund wird. Hierauf folgt sehr bald der Uebergang des elliptischen Blutkörpers in die Kreisform, und zwar zeigt die Betrachtung des relativ kleinen Durchmessers des Kreises, dass die elliptische Platte sich in eine Kugel verwandelt hat, in deren Zentrum der Kern liegt. Dann folgt Verblassen des Körpers, und in diesem Augenblick die Aufhellung der Schicht. Auch hier bleiben die verblassten Körper stets erkennbar, wenn auch oft erst mit den schon angeführten Hilfsmitteln. Das Endstadium der Stromwirkung besteht also in einer Verwandlung der platten elliptischen Körper in

der Strömungslinien, und die an einander gereihten Milchkügelchen zeigen oft Konfluenzen zu grösseren Tropfen (beiläufig ein sprechender Beweis für die Nichtexistenz einer Membran).

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1865 S. 682.

entfärbte, relativ kleine Kugeln, deren blasser Randtheil meist klein ist im Verhältniss zu dem runden, stets stark körnigen Kern.

Das von Neumann regelmässig beobachtete Konfluiren mehrerer so veränderter Blutkörper habe ich zwar ebenfalls oft gesehen, aber durchaus nicht regelmässig. Der Grund liegt wohl zweifellos darin, dass ich stets mit Salzlösung verdünntes Blut verwendet habe, in welchem die Blutkörper nur ausnahmsweise sich direkt berühren; letzteres aber wird zum Konfluiren jedenfalls erforderlich sein.

Unsere Aufgabe ist nun, die Veränderungen des Blutes durch Wärme mit denjenigen durch hochgespannte Ströme zu vergleichen. Wie bereits erwähnt, hat schon Rollett in dieser Richtung Versuche angestellt; er gibt eine gewisse Analogie der beiden Erscheinungen zu, lässt aber den Gedanken eines tieferen Zusammenhanges desswegen fallen, weil er mit dem Thermometer bei der Aufhellung des Blutes die Temperatur nur um 3—5°, beispielsweise von 17½ auf nur 21° steigen sah, während er auf dem Wasserbade erst bei 45—60° Formveränderungen der Blutkörper konstatiren konnte.

Aber dies Argument ist ohne Bedeutung. Das Thermometer kann vor Allem nur die sehr geringe summarische Erwärmung der Flüssigkeit angeben, und nicht die enorm viel höhere durch den einzelnen Entladungsschlag; Rollett hellte das Blut durch eine Reihe von Flaschenentladungen auf; zwischen je zwei Entladungen lag eine erhebliche Zeit, gegen welche die Dauer der Funken, d. h. der Durchströmungen, in welche die Erhitzung fällt, gradezu verschwindet. Die Erhitzung ist untrennbar mit der Durchströmung verbunden, und es hat für den Physiker durchaus nichts Widersinniges, dass ein Entladungsstrom für einen äusserst kurzen Moment die Temperatur der Flüssigkeit auf mehrere Hundert Grade steigert. Von Verdampfung, Koagulation u. dgl. kann für die minimale Entladungsdauer nicht die Rede sein und noch weniger von einer Wirkung auf das Thermometer, selbst wenn die Quecksilbermasse verschwindend klein wäre gegen diejenige der durchströmten Flüssigkeit; da aber aus naheliegenden Gründen letztere möglichst klein genommen wird, so sind die Verhältnisse für das Thermometer so ungünstig wie möglich. Ausserdem ist zu erwägen, dass, wenn die Elektroden annähernd punktförmig sind, die Durchströmung der Flüssigkeit eine sehr ungleiche ist und jede Stromlinie ihre besondere Erwärmung haben muss; von diesen Verschiedenheiten kann das

Thermometer nichts nachweisen. Ich habe übrigens nicht unterlassen, solche Thermometerversuche anzustellen, wozu ich die Flüssigkeitsmenge so klein nahm, wie mit der Aufnahme des Thermometergefässes vereinbar war. Ich konstatierte mit Induktionsströmen Steigen des Thermometers bis um etwa 7° , konnte aber keine Aufhellung herbeiführen, während dies Rollett mit Flaschenentladungen auch an grösseren Blutmengen offenbar gelungen ist.

Bei kapillaren Blutschichten unter dem Deckglase ist, wie schon bemerkt, die Erwärmung durch die Induktionsströme so stark, dass sie meist dem aufgelegten Finger erkennbar ist, und zum Beschlagen der Frontlinse führen kann. Es wird nicht überflüssig sein, den Einfluss der Dimensionen der in parallelen Strömungslinien durchströmten parallelepipedischen Flüssigkeitsschicht auf deren Erwärmung uns vor Augen zu führen. Ist E die elektromotorische Kraft, J die Stromstärke und W der Widerstand des durchströmten flüssigen Leiters, so beträgt, wenn der Strom keine anderen Arbeiten leistet, bekanntlich die in der Zeiteinheit entwickelte Wärmemenge

$$Q = \alpha J^2 W,$$

worin α eine von den gewählten Maasseinheiten abhängige Konstante ¹⁾; ist w der Widerstand des übrigen Kreises, so ist

$$J = \frac{E}{W + w},$$

also

$$Q = \frac{\alpha E^2 W}{(W + w)^2}.$$

Wenn, wie in unserm Falle, w gegen W klein ist ²⁾, so ist angenähert

$$Q = \frac{\alpha E^2}{W}.$$

Nennen wir ϑ die in der Zeiteinheit erfolgende Temperaturerhöhung, so ist

$$Q = c p \vartheta,$$

worin c die spezifische Wärme der Flüssigkeit und p ihre Gewichtsmenge. Die Erwärmung in der Zeiteinheit ist also

$$\vartheta = \frac{\alpha E^2}{c p W}$$

(welche Grösse für die Zeit t Secunden noch mit t , bei inkonstanten

1) Ist J in Ampère, W in Ohm, Q in kleinen (Gramm-)Kalorien ausgedrückt, und ist die Zeiteinheit die Sekunde, so ist $\alpha = 0,24$.

2) Der Widerstand der sekundären Spirale des kleinen Ruhmkorff ist 2280 Ohm; derjenige der durchströmten kapillaren Flüssigkeitsschicht ist auf mindestens 20 000 Ohm zu veranschlagen.

Strömen mit dt zu multiplizieren und über die Zeit t zu integrieren ist). Ist nun l die Länge, q der Querschnitt der durchströmten Flüssigkeit, ferner s ihr spezifisches Gewicht und λ ihr spezifisches Leitungsvermögen, so ist

$$p = l q s \quad \text{und} \quad W = \frac{l}{q \lambda},$$

also

$$\vartheta = \frac{\alpha E^2 \lambda}{c s l^2}.$$

Die Erwärmung ist also vom Querschnitt der Flüssigkeit unabhängig, dagegen umgekehrt proportional dem Quadrate der Schichtlänge und direkt proportional ihrem Leitungsvermögen, stets vorausgesetzt, dass die übrigen Widerstände im Kreise gegen denjenigen der Flüssigkeit verschwinden ¹⁾).

Von Interesse ist noch der Fall, dass der Strom sich auf zwei flüssige Schichten zu vertheilen hat. Bezeichnen wir für dieselben alle Grössen mit den Indices 1 und 2, so ist

$$J_1 = \frac{E W_2}{w W_1 + w W_2 + W_1 W_2};$$

verschwindet auch hier w gegen W_1 und W_2 , so wird

$$J_1 = \frac{E}{W_1} \quad \text{und ebenso} \quad J_2 = \frac{E}{W_2},$$

und es wird wie oben $\vartheta_1 = \frac{\alpha E^2}{c_1 p_1 W_1} = \frac{\alpha E^2 \lambda_1}{e_1 l_1^2 s_1}$

und ebenso

$$\vartheta_2 = \frac{\alpha E^2 \lambda_2}{c_2 l_2^2 s_2}.$$

Die Erwärmungen sind also für jede Flüssigkeit so, als ob sie allein im Kreise wäre, und die beiden Erwärmungen verhalten sich bei gleichen Dimensionen und spezifischen Gewichten wie die Leitungsvermögen.

Um die Erwärmung der Blutschicht objektiv nachzuweisen, brachte ich äusserst kleine Partikelchen eines Paraffins, dessen Schmelzpunkt ich zu 55° gefunden hatte, mit unter das Deckglas. Dass dieselben bei starken Strömen, welche das Blut aufhellen, schmelzen, ist

1) Verschwindet w nicht gegen W , so wird

$$\vartheta = \frac{\alpha E^2 \lambda}{c s (l + q \lambda w)^2},$$

und wächst also nicht mehr dem Leitungsvermögen proportional, sondern erreicht, wie man leicht findet, ein Maximum bei demjenigen Werth von λ , für welchen $l = q \lambda w$, oder $W = w$. Auch hat dann der Querschnitt erheblichen, und zwar vermindern den Einfluss.

äusserst leicht sichtbar; die unregelmässig kontourirten Körperchen nehmen gerundete Formen an und gehen schliesslich in völlig runde, scharf kontourirte Tropfen über. Weit schwieriger ist es festzustellen, ob die Schmelzung dem Aufhellungsstadium vorangeht oder nachfolgt. Vor Allem ist es sicher, dass die Paraffinpartikel, mögen sie auch noch so winzig und nicht viel grösser als ein Blutkörperchen sein, in ihrer Temperatur stets erheblich hinter derjenigen der umgebenden Flüssigkeit zurückbleiben müssen; denn sie werden als sehr vollkommene Nichtleiter nicht mit durchströmt, also nur indirekt durch die umgebende Flüssigkeit erwärmt. Trotzdem sieht man an sehr kleinen Partikeln schon unzweifelhafte Randveränderungen in den ersten Stadien der Blutkörperveränderung, noch vor dem Verlassen des Stromas. Aus diesen Versuchen ist zu schliessen, dass die Temperatur der durchströmten Flüssigkeit zur Zeit der Blutkörperveränderungen bereits auf etwa 55° gestiegen ist.

Wesentlicher aber ist die Feststellung, ob in der That blosse Erwärmung des Blutes gleiche Veränderungen hervorbringt, wie die Elektrisirung. Ausser Rollett hat namentlich Max Schultze in einer bekannten Arbeit¹⁾ den Einfluss der Wärme auf rothe Blutkörper beschrieben. Abweichend von Rollett sah er das Blut bei Temperaturen von etwa 60° vollkommen durchsichtig (lackfarben) werden. Die Auflösung durch Hitze muss auch ich mit aller Bestimmtheit bestätigen. Weit leichter als mit grösseren, im Wasserbade erwärmten Blutmengen und auch viel leichter als auf dem heizbaren Objektisch (den übrigens Rollett schon vor Schultze in ganz ähnlicher Form verwendet hat) gelingt die Aufhellung auf die einfachste Weise über einer kleinen Flamme. Man bringt nicht zu wenig von dem mit physiologischer Kochsalzlösung stark verdünnten Blute eines Säugethiers auf einen recht dünnen gewöhnlichen Objektträger (ich verwende solche von 0,8 mm Dicke), bedeckt die Flüssigkeit mit einem Deckglase von 15 mm Seite und saugt die über die Ränder hervorgetretene Flüssigkeit mit Fliesspapier ab. Die gleichmässige Schicht zeigt das bekannte leicht opake Aussehen. Man erwärmt nun äusserst vorsichtig, immer nur auf Bruchtheile einer Sekunde, durch Hineinhalten in eine kleine Spiritusflamme. Bei öfterem Wiederholen dieser Prozedur gelingt es stets,

1) Der heizbare Objektisch. Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. 1 S. 1. 1865. (Vgl. daselbst S. 26 ff. und S. 31.)

in einem bestimmten Moment das charakteristische Durchsichtigwerden der Schicht zu constatiren, welches in der Regel nicht sofort in der ganzen Fläche auftritt. Untersucht man in diesem Moment unter dem Mikroskop, so findet man in den noch opaken Stellen die Blutkörper nur kugelig geworden, aber noch nicht entfärbt, in den lackfarbenen dagegen sind nur noch sehr schwer erkennbare blasse Stromata vorhanden. Noch einen Augenblick in die Flamme gehalten, wird auch der opake Rest völlig durchsichtig.

Wenn man in jedem Stadium der Einwirkung das Präparat unter das Mikroskop bringt, so sieht man, dass der Gang derselben genau derselbe ist, wie bei der Elektrisirung.

Sehr interessant gestaltet sich die letztere Art der Beobachtung an dem (ebenfalls mit Salzlösung verdünnten) Froschblut. Vor Allem findet auch hier schliesslich die gleiche Aufhellung statt wie am Säugethierblut und wie bei der Durchströmung, und das Endstadium zeigt genau denselben Zustand wie bei letzterer, nämlich sehr deutliche, stark lichtbrechende, runde Kerne in ganz verblasstem, kugelig gewordenem Stroma. Aber die Vorstadien der Einwirkung sind scheinbar etwas verschieden von denjenigen bei der Elektrisirung. In den Stadien der Erwärmung nehmen die elliptischen Körper die verschiedensten Gestalten an: sie werden wurstförmig, zuweilen völlig stabförmig, oft biscuitförmig, zeigen mitunter an einem Ende eine scharfe Zuspitzung¹⁾, ferner sind sie sehr vielfach seitlich verbogen. Bei etwas längerer Einwirkung der Wärme gehen sämtliche Körper in die Kugelform über, unter entsprechender Verkleinerung des Durchmessers. Es ist völlig evident, dass diese ganze Reihe von Veränderungen auf einem Weichwerden und schliesslich vollkommener Schmelzung der Körperchen durch die Wärme beruht; die Schmelzung verwandelt sie schliesslich in wahre kugelige Tropfen. Der Kern wird meist schon vor diesem Stadium deutlicher und ist im Kugelstadium sehr scharf kontourirt und granulirt. Das nächste Stadium ist dann plötzliche Entfärbung und Verblassung des Stroma, und dieses Endstadium stimmt, wie schon bemerkt, vollkommen mit demjenigen bei der Elektrisirung überein. Nicht selten sieht man auch hier Konfluiren mehrerer Kugeln zu Massen, welche dann mehrere Kerne enthalten. Noch weitere Erhitzung führt zu Eiweisskoagulationen und Eintrocknung.

1) Aehnliche Formen sah auch Neumann (a. a. O. S. 679 und Tafel 15 Fig. 2) bei der konstanten Durchströmung von Froschblut.

Wie man sieht, weichen die beobachteten Veränderungen von denjenigen bei der Elektrisirung einzig in dem Punkte ab, dass die im initialen Schmelzungsstadium auftretenden mannigfachen Deformationen bei der Durchströmung nicht zur Beobachtung kommen. Ich halte aber diese Abweichung auch nicht entfernt für genügend, um die Ansicht, dass die Elektrisirung nur durch die Erwärmung wirkt, zu widerlegen. Der Grund kann sehr wohl darin liegen, dass die Erwärmung durch die Induktionsströme, welche in jedem Theilchen der Flüssigkeit direkt erfolgt, weit schneller und vor Allem weit gleichmässiger ist als die vom Glase mitgetheilte indirekte durch die Flamme. Ja möglicher Weise werden die Blutkörperchen bei der Durchströmung noch stärker erhitzt als die umgebende Flüssigkeit, sie brauchen dann nach der obigen Entwicklung nur besser leitend zu sein als letztere, was allerdings nicht wahrscheinlich ist. Die Gleichmässigkeit der inneren Erwärmung der ganzen Schicht schliesst jede Art von Flüssigkeitsströmungen unter dem Deckglase aus, welche im Gegentheil bei der Erwärmung in der Flamme fast unvermeidlich sind. Solche Strömungen aber können die Deformationen und Verbiegungen der erweichten Körper nur begünstigen, während die gleichmässige Erwärmung vermuthlich den erweichten Körper direkt und ungestört in die Tropfenform überführt.

Alles spricht also dafür, dass die Aufhellung des Blutes durch Entladungs- und Induktionsströme nur auf Erwärmung beruht. Zum Mindesten ist kein Grund mehr vorhanden, eine spezifische Elektrizitätswirkung auf die Blutkörper anzunehmen, solange eine solche nicht durch neue Thatsachen bewiesen ist. Schon Rollett würde höchstwahrscheinlich zu diesem Ergebniss gekommen sein, wenn er nicht die Erwärmung auf Grund seiner Thermometerversuche ungemein unterschätzt hätte.

Die Schmelzbarkeit der rothen Blutkörper durch Wärme spricht, in Verbindung mit ihrer schon bekannten Löslichkeit in Aether, Chloroform, Alkohol, Schwefelkohlenstoff, von Neuem dafür, dass in der Konstitution der Stromata Fettkörper (Lecithin, Cholesterin) eine erhebliche Rolle spielen, während in dem durch Wärme sich nur zusammenziehenden Kern wohl namentlich Eiweiss- und Nucleinstoffe vertreten sind.