

Archiv

für

pathologische Anatomie und Physiologie

und für

klinische Medicin.

Bd. LXXVIII. (Siebente Folge Bd. VIII.) Hft. 1.

I.

Beobachtungen an rothen Blutkörperchen der Wirbelthiere.

Von Dr. Rudolf Arndt,
Professor in Greifswald.

(Vorgetragen in der Sitzung des medicinischen Vereins zu Greifswald
vom 10. Mai 1879.)

Es wird allgemein angenommen, dass die länglichen rothen Blutkörperchen der Wirbelthiere kernhaltig seien, die runden dagegen eines Kernes entbehren, und dass somit ein ganz erheblicher Unterschied zwischen den rothen Blutkörperchen der Fische, Amphibien, Reptilien und Vögel einerseits und denen der Säuger und des Menschen andererseits bestehe. Bis auf die kleine Abtheilung der schwienenfüssigen Wiederkäuer, der Kameele und Llamas, welche ebenfalls längliche rothe Blutkörperchen und in deren Innerem einen Kern besitzen sollen.

Wenn man indessen von einer eingreifenden Präparation der rothen Blutkörperchen behufs Verdeutlichung ihres Kernes absieht, wenn man sie möglichst frisch untersucht, so verhält sich die Sache ganz anders. Blutkörperchen der Frösche und Tritonen, rasch dem Körper entnommen und ohne jedweden Zusatz bei einer Temperatur von 18—20° C. unter das Mikroskop gebracht, lassen keinen Kern erkennen. Die grünlich-gelben Scheiben zeigen bei einer Vergrößerung von c. 1000mal nur ein feinkörniges Gefüge, das

entweder ganz gleichmässig ist und durch nichts eine Unterbrechung seines Aussehens erleidet oder allenfalls eine weissliche, an ihren Rändern verschwommene Stelle hie und da in sich wahrnehmen lässt. Nach einiger Zeit erst treten in den Blutkörperchen Kerne hervor. Anfänglich nur mit einiger Anstrengung sichtbar, werden sie allmählich immer deutlicher und nach Verlauf von etlichen Minuten sind sie in allen Körperchen als scharf umschriebene, farblose Klümpchen mit eingesprengten dunklen Körnchen zu sehen. Viele von diesen Klümpchen lassen eine Zeit lang deutliche Formveränderungen erkennen, ziehen bald hier, bald da sich ein, stülpen bald hier, bald da sich buckelförmig aus, machen mit einem Worte, wenn auch nur oberflächliche und zu keinen wahrnehmbaren Ortsveränderungen führende, so doch immerhin unzweifelhafte, amöboide Bewegungen. Die Kerne der rothen Blutkörperchen der Frösche und Tritonen sind soweit als contractile, protoplasmatische Körper zu betrachten, die sich erst unter dem Mikroskope aus der sonstigen Masse der Blutkörperchen herausgebildet haben und das in Folge der veränderten Verhältnisse, in die sie gerathen und der Ernährungsstörungen, denen sie damit ausgesetzt worden sind. Sucht man den schädlichen Einfluss der genannten Verhältnisse so viel wie möglich zu eliminiren, indem man z. B. die Blutkörperchen in Eiweiss bringt — ich bediente mich dazu dessen des Froschlaichs — so kann man die Kernbildung in ihnen sehr verzögern und noch nach mehr als einer Stunde kernlose Blutkörperchen in Menge in den Präparaten finden. Bringt man die Schwimmhaut eines lebendigen Frosches, den Schwanz einer lebenden Froschlarve unter das Mikroskop und untersucht ein passendes Capillargefäss derselben, was selbst mittelst Immersionssystemen sehr wohl ausführbar ist, wenn man nur darauf verzichtet, ein Deckgläschen anzuwenden, so wird man die Blutkörperchen, die hin und wieder stocken und Zeit zu genauerer Besichtigung gaben, auch nur kernlos finden. Bloss da, wo sie für längere Zeit in Stillstand gerathen sind, wo Stase eingetreten ist, da scheint es, als ob hin und wieder auch in ihnen ein Kern sichtbar würde und sich in ihnen derselbe Prozess vollzöge, den wir ausserhalb des Gefässsystems von ihnen kennen gelernt haben. Der etwaige Kern in ihnen dürfte somit auch nur als Ausdruck einer veränderten Ernährung angesehen werden können, die sie erfahren haben.

Werden Blutkörperchen der Frösche und Tritonen, die unter dem Mikroskope bereits Kerne bekommen haben, auch sonstige Veränderungen schon erkennen lassen, z. B. zackige Ränder zeigen, dunkle Körnchen an ihrer Oberfläche aufweisen, die aber noch nicht ihren Farbstoff eingebüsst haben, werden diese mit Serum behandelt, in welchem 1 pCt. chromsaures Ammoniak enthalten ist, so nehmen sie häufig wieder ihr ursprüngliches, normales Aussehen an. Die zackigen Ränder verlieren sich, die dunklen Knötchen an ihrer Oberfläche verschwinden und gleichzeitig entzieht sich auch wieder der Kern den Blicken des Beobachters. Es liegt in weniger als einer Minute wieder die feinkörnige grünlich-gelbe Scheibe vor denselben, die anfänglich da war und in sich nichts von einem Kerne erkennen liess. Der unter dem Einflusse veränderter Ernährungsverhältnisse entstandene Kern ist wieder zurückgebildet worden und das in Folge von Zuständen, die den normalen am ähnlichsten sind. Eine 1procentige Lösung von chromsaurem Ammoniak greift nemlich nach meinen Erfahrungen das Protoplasma am wenigsten an. Fischembryonen leben in ihr noch stundenlang und in Serum bovine, das 1 pCt. chromsaures Ammoniak enthielt, habe ich selbst an den zartesten, protoplasmatischen Gebilden kaum Veränderungen zur Beobachtung bekommen können.

Gleich den rothen Blutkörperchen der genannten Lurche sind auch die der von mir untersuchten Fische, Perca, Leuciscus, kernlos. Doch muss man, um dieses constatiren zu können, die Blutkörperchen innerhalb der Gefässe einer Besichtigung unterwerfen, da die Kernbildung in ihnen so rasch vor sich geht, dass aus der Ader gelassenes Blut nur mit Kernen versehene rothe Blutkörperchen aufweist. Um den besagten Zweck zu erreichen verfährt man darum am besten, wenn man rasch ein Stück der Kiemen abträgt, in Eiweiss bringt — ich habe dazu wieder des Froscheiweisses mich bedient — und nun der mikroskopischen Besichtigung bei circa 1000maliger Vergrösserung unterwirft. Man wird zunächst die in den Gefässen enthaltenen, grünlich-gelben, langstreckigen Blutkörperchen nur einfach feinkörnig finden, durch und durch von demselben Gefüge, nirgend einen Kern oder auch nur etwas Kernähnliches enthaltend. Aber nach einiger Zeit fängt ein solcher an, sich in ihnen zu markiren. Erst ganz schwach und undeutlich, dann immer stärker hervortretend, endlich als ein scharf umschriebenes, licht glänzendes,

von dunklen Körnchen durchsetztes Klümpchen daliegend. In dem Maasse, als das geschieht, verändert sich die Form des Blutkörperchens. Es nimmt mehr und mehr eine rundliche Gestalt an und kann zuletzt vollkommen kreisförmig erscheinen. Die Kerne der ausserhalb der Gefässe liegenden Blutkörperchen erweisen sich wie bei den Lurchen als Protoplasmaklümpchen mit mehr oder weniger zahlreichen Elementarkörperchen und aus ihren mannichfaltigen Verbiegungen zu schliessen, die sie in ihren Umrissen zeigen, müssen sie, wenn auch nur für kurze Zeit, amöboid sein.

Die rothen Blutkörperchen der Vögel, von denen ich die der Ente, des Huhns, der Taube untersuchte, gilt im grossen Ganzen das Nehmliche. Rasch unter das Mikroskop gebracht, zeigen sie keine Kerne, selbst wenn sie bei blosser Zimmertemperatur, also auf ungeheiztem Objecttische, untersucht werden. Erst nach und nach, ähnlich wie bei den Lurchen, jedenfalls ungleich viel langsamer als bei den Fischen werden sie sichtbar, wobei ebenfalls die Blutkörperchen selbst wieder ihre Gestalt verändern und eine mehr runde annehmen, wenn sie auch niemals vielleicht in eine vollkommen runde übergehen. Aus der Gestalt der Kerne zu schliessen, müssen auch sie amöboid sein, wenn vielleicht auch nur, um mich so auszudrücken, in statu nascente.

Ueber die rothen Blutkörperchen der schwielenfüssigen Wiederkäuer habe ich keine Erfahrungen. Aber wenn ich da Arthur Bötticher¹⁾ folge, der sonst für die Kernhaltigkeit sämmtlicher Blutkörperchen eintritt, so liegt die Sache auch bei ihnen nicht anders. Bötticher sagt: „Die Kerne in den Blutkörperchen des Kameels sind nicht ohne Weiteres sichtbar. Sie müssen erst sichtbar gemacht werden. Rollett giebt daher auch an, dass die Blutkörperchen des Kameels ebenso wenig einen Kern besitzen, wie die des Menschen und der übrigen Säuger.“ Nun wenn ein Kern nicht sichtbar ist, warum da seine Existenz erst behaupten? Und wenn er erst sichtbar gemacht wird, nachdem allerhand scharfe Stoffe, Alkohol, Essigsäure, Sublimat angewandt worden, warum da überhaupt noch an ihn glauben, während man doch sonst so difficil beziehentlich der Einwirkung der Reagentien ist und, wo man sich ihrer bedient hat, so gern nur Kunstproducte, hervorgegangen durch

¹⁾ Arthur Boetticher, Ueber die feineren Structurverhältnisse der rothen Blutkörperchen. Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. XIV. S. 86.

Gerinnungen, sieht? Nach Allem glaube ich darum mit Rollett annehmen zu dürfen, dass auch die länglichen rothen Blutkörperchen der schwielenfüssigen Wiederkäuer in ihren natürlichen Verhältnissen keine Kerne besitzen, und dass diese in ihnen erst eben nur so als Ausdruck einer tief greifenden Ernährungsstörung auftreten, wie in denen der übrigen Wirbelthiere, die wir in Betracht gezogen haben. Eine solche Ernährungsstörung wird aber bei den üblichen Untersuchungen schon gesetzt durch das blosse Austreten aus dem Kreislauf und fällt wohl zusammen mit dem Absterben derselben. Das Absterben des Protoplasma, wie geartet es auch immer sein mag, ist aber stets verbunden mit einer Contraction. Seine Elementarkörperchen werden dabei grösser, dunkler und seine Grundsubstanz stärker lichtbrechend, dichter. Die Kernbildung beruht deshalb in den Blutkörperchen der erwähnten Thiere wesentlich wohl auf einer Contraction in Folge Verdichtung eines sonst nicht leicht, jedenfalls nicht immer leicht zu erkennenden, rein protoplasmatischen Antheils in ihnen. Dieser zieht sich zusammen, während der übrige so ziemlich unverändert bleibt. Die kernhaltigen rothen Blutkörperchen müssen demnach aus mindestens zwei Bestandtheilen bestehen, einem peripherischen, nur wenig veränderlichen und einem centralen, zu Verdichtung und Contraction geneigten. Aus dem letzteren gehen die Kerne hervor und sind dieselben deshalb nichts anderes, als was ich schon einmal in Bezug auf andere Kerne ausgesprochen habe und was seitdem durch Stricker¹⁾ und Unger²⁾ bestätigt worden ist, Verdichtungen des Protoplasmas, die wie sie entstehen, so auch wieder vergehen können, wofür hinsichtlich der uns augenblicklich beschäftigenden Kerne namentlich die Blutkörperchen der Frösche und Tritonen sprechen, welche mit Serum, das 1 pCt. chromsaures Ammoniak enthält, behandelt wurden, nachdem in ihnen bereits Kernbildung stattgefunden hatte.

Was schon das natürliche Absterben der rothen Blutkörperchen zur Folge hat, das geschieht in noch viel höherem Maasse, wenn sie gewaltsam getödtet und mit stärkeren Chemikalien behandelt

¹⁾ S. Stricker, Beobachtungen über die Entstehung des Zellkernes. Med. Jahrb. 1878. I. S. 39 u. ff.

²⁾ L. Unger, Ueber amöboide Kernbewegungen in normalen und entzündeten Geweben. Med. Jahrb. 1878. III. S. 393 u. ff.

werden. Die Contractionen des besprochenen Protoplasma in ihnen sind dann noch viel stärker und die aus ihnen hervorgegangenen Kerne auch noch viel schärfer ausgebildet. Daher eben die Deutlichkeit derselben nach Alkoholbehandlung, nach Behandlung mit Säuren und Salzen, selbst schon mit destillirtem Wasser. Allerdings wird dabei noch dem Umstande Vorschub geleistet, dass der Farbstoff, das Hämatin, den Blutkörperchen entzogen wird, dass ihr peripherischer Bestandtheil vielfach zum Quellen gebracht und darum durchsichtiger wird; allein dieser Umstand ist nicht von der Bedeutung, als man zu glauben geneigt ist. Es ist immer zu betonen, nicht der präexistirende und bis dahin nur verschleierte Kern wird sichtbar, sondern zur Erscheinung kommt lediglich ein durch die Veränderungen der Bestandtheile des Blutkörperchens eben erst erzeugter. Nicht ein auch nur präformirter Gewebsbestandtheil ist es, den wir zu sehen bekommen, sondern ein blosses Kunstproduct, in so weit wenigstens, als es auf übermässiger Contraction mit nachfolgender Schrumpfung beruht. Nicht selten sieht man in rothen Blutkörperchen, die dem entsprechend behandelt worden sind, statt eines zwei Kerne, ja mitunter neben einem grossen Kerne noch zwei kleine, sogenannte Nebenerne. Man kann nur annehmen, dass sich in einem solchen Falle das Protoplasma nicht auf einen Punkt zusammen gezogen hat, sondern auf zwei, beziehentlich drei. Vornehmlich habe ich das nach Anwendung von Anilinverbindungen und des Methylviolett beobachtet und es auf die überaus rasche Schrumpfung herbeiführende Wirkung derselben bezogen. Das Protoplasma hatte bei derselben gewissermaassen nicht mehr Zeit, sich auf einen Punkt zu concentriren. Es riss bei diesem Bestreben entzwei und anstatt eines bildete es zwei, drei Ballen, die danach als Kerne imponirten.

Und wie nun bei den Säugern und dem Menschen? Ich habe schon erwähnt, dass auch da Kerne in den rothen Blutkörperchen behauptet werden, und dass es nur darauf ankommen soll, sie sichtbar zu machen. Arthur Boetticher¹⁾ ist dieses gelungen, durch Alkohol und Essigsäure, durch Alkohol und Sublimat. v. Brunn²⁾ hat bereits die bezüglichen Erscheinungen für Kunst-

¹⁾ Arthur Boetticher, l. c. S. 73 u. ff.

²⁾ v. Brunn, Ueber die den rothen Blutkörperchen zugeschriebenen Kerne. Arch. f. m. Anat. Bd. XIV. S. 333 u. ff.

producte erklärt. Dass nach dem Erörterten ich das nur auch thun kann, liegt auf der Hand. Nichtsdestoweniger kann ich den Punkt doch nicht so ganz übergehen, weil er für die Bedeutung des Kernes der rothen Blutkörperchen überhaupt von Wichtigkeit ist.

Behandelt man rothe Blutkörperchen des Menschen, der Katze, des Hundes unter dem Mikroskope mit Methylviolett, so verlieren neben andern Eigenschaften, auf welche ich sogleich noch zu sprechen kommen werde, dieselben ihren Farbstoff, quellen, je nachdem das Mittel eingewirkt hat, stärker oder schwächer auf und zeigen in ihrem Inneren eine grössere oder geringere Menge von blass violetten Pünktchen und Körnchen. Dieselben liegen in der Mehrzahl der Fälle zerstreut durch das ganze Körperchen. In einzelnen Körperchen sind sie jedoch auf einen Haufen zusammengetreten und bilden da einen wohl markirten Kern, granulirten Aussehens. In anderen sind statt dessen zwei Kerne vorhanden; in noch anderen finden sich neben einem Kerne noch ein oder zwei kleinere, kernartige Gebilde oder zerstreute Körnchen. Dass diese Körnchen indessen keine Kunstproducte sind, Niederschläge aus einer homogenen Substanz, bewirkt durch das Methylviolett, das lehren Controlversuche an weissen Blutkörperchen, an Bindegewebskörperchen, an quergestreiften Muskelfasern, an dem Zellinhalt von Kartoffelkeimen, aus den jungen Blättern der Frühlingsvegetation. Es färben sich durch Methylviolett dunkel da nur die Elementarkörperchen und ihre Aequivalente des jeweiligen Protoplasma, es färben sich somit dunkel nur die bereits vorhandenen Körnchen der weissen Blutkörperchen, der Bindegewebskörperchen, die Bowman-Brücke'schen Sarcous elements, die Protoplasmakörnchen in den Zellen der Pflanzen, daneben aber auch die aus denselben hervorgegangenen Stärkekörnchen. Die Grundsubstanz färbt sich nur wenig. Sie bleibt blass, verdichtet sich aber, scheidet indessen dabei keine festeren Massen in Form von Körnchen ab. Das Methylviolett färbt nach diesen Controlversuchen nur bereits vorhandene Körnchen des Protoplasma, die Elementarkörperchen, schafft aber keine neuen Körnchen. Die von ihm dunkel gefärbten Körnchen in den rothen Blutkörperchen der Säuger werden wir darum auch nur als präexistirende Körperchen ansehen dürfen, als Elementarkörperchen eines Protoplasma, das, wenn auch nur spärlich,

in ihnen vorhanden ist und gelegentlich zu Kernen oder kernähnlichen Gebilden sich zusammenballt.

Zwischen den rothen Blutkörperchen der Säuger, des Menschen und der übrigen Wirbelthiere würde sonach kein wesentlicher Unterschied bestehen. Sie alle sind ursprünglich kernlos; sie alle können aber auch Kerne bilden. Nur erfolgt die Kernbildung bei den Eier legenden Wirbelthieren leichter als bei den Säugern. Während dort schon das blosse Absterben sie bewirkt, sind hier stärker eingreifende Mittel nothwendig, um sie, und das auch nur in vereinzelten Fällen, in's Dasein treten zu lassen.

Woran liegt das? Das fällt meines Erachtens mit einer anderen Frage, wenn auch nicht vollständig, so doch theilweise zusammen, nemlich mit der: Haben die rothen Blutkörperchen eine Membran oder nicht?

Wenn man den Begriff Membran in dem Sinne einer früheren Zeit fasst, wo man darunter eine dickere oder dünnere, festere oder zartere Wand verstand, welche einen differenten Inhalt von der Aussenwelt abschloss, so lässt sich darüber streiten; wenn man aber darunter nichts anderes begreift, als was heutigen Tages gewöhnlich darunter begriffen wird, eine periphere Verdichtungsschicht eines protoplasmatischen Körpers, die bald von diesen, bald von jenen Stoffen noch durchsetzt ist, z. B. von Cellulose in der gewöhnlichen Pflanzenzelle, von Holzstoff in der Holz-, von Korkstoff in der Korkzelle, von chondrogener Substanz in der Knorpel-, von collogener Substanz und Kalk in der Knochenzelle, wenn man den Begriff Membran in diesem Sinne also fasst, so wird man eine solche für die rothen Blutkörperchen nicht in Abrede stellen können. Der periphere, wenig veränderliche Antheil, den wir dem centralen, zu Verdichtung und Contraction geneigten gegenüber in ihnen bereits kennen gelernt haben, dieser ist als eine solche Membran zu betrachten. Sie besteht aus einer, namentlich durch Verdichtung entstandenen Modification des ursprünglichen Protoplasma, von dem noch ein Rest, der gelegentlich wieder als Kern auftritt, im Inneren zurückgeblieben ist, und ist als Träger des Farbstoffes, des Hämatin, anzusehen, mit welchem zusammen sie das Hämatoglobulin darstellt. Wir hätten uns danach jedes Blutkörperchen zu denken als einen Körper mit einer sich allmählich von innen nach aussen verändernden, insbesondere verdichtenden Hülle aus Hämatoglobulin

und einem Inhalt, der aus mehr gemeinem Protoplasma besteht. Jenes entspricht dem Brücke'schen Oekoid, dieses seinem Zooid. Bisweilen werden, zumal unter der Einwirkung von Wasser, dünner Salzlösungen, von der Hülle aus Hämatoglobulin, wenn sich das mehr genuine Protoplasma zum Kerne zusammenzieht, Theile mitgerissen, die danach jenem anhaften und als gefärbte Krümel ihn umgeben. Die sogenannten Hünefeld-Hensen'schen Figuren, manchmal mit schönen Strahlen versehen, die bis zur Peripherie reichen, sind die Folge davon.

Sehr schön tritt die Hülle als besonderes Gebilde nach Einwirkung mancher Färbemittel hervor, vorzugsweise wieder nach der mit Methylviolett. Wie schon erwähnt treibt dasselbe den Farbstoff aus und die Blutkörperchen bleiben als blasse Scheiben zurück, in in denen, wenn ein Kern vorhanden ist, dieser violett gefärbt zur Erscheinung kommt. Was aber das für uns augenblicklich Bemerkenswertheste ist, ist, dass jedes Blutkörperchen breiter oder schmaler violett gerandet sich zeigt, während es sonst nur ganz schwach violett angehaucht ist. Wir müssen daraus schliessen, dass die peripherischen Schichten der rothen Blutkörperchen gegen Methylviolett sich anders verhalten, als ihre mehr nach innen gelegenen Schichten und dass sie damit chemisch von diesen verschieden sind, ferner dass diese peripherischen Schichten, entsprechend dem Scheibenrande der Blutkörperchen, am dicksten sind, dagegen entsprechend den Scheibenflächen derselben nur in äusserster Zartheit zur Entwicklung gekommen sein können.

Diese peripherischen Schichten der rothen Blutkörperchen, die wir als Randschicht oder auch als Hülle, Membran bezeichnen können, ist von sehr verschiedener Dicke, wenn auch bei denselben Wesen im Allgemeinen anscheinend von ein und derselben. Am dünnsten ist sie bei den Fischen; sie ist da oft nur bei grosser Aufmerksamkeit erst zu erkennen. Dicker ist sie bei den Lurchen und Vögeln, am dicksten, wenigstens relativ, bei den Säugern, beim Menschen. Daher kommt es wohl auch, dass bei den Fischen die Contraction des von ihr umschlossenen, verhältnissmässig massenhaften Protoplasma zu einem Kern, weil den einwirkenden Schädlichkeiten durch sie am wenigsten Widerstand entgegengesetzt wird, am raschesten erfolgt, dass die Kernbildung bereits mit dem Austritt des Blutes aus der Ader vor sich geht, dass dagegen bei

den Säugern, beim Menschen, besonders bei den nur spärlichen Mengen von Protoplasma, sie nur ausnahmsweise und blos unter dem Einflusse starker Agentien zur Beobachtung kommt. Bei den Eier legenden Wirbelthieren ist nur ein verhältnissmässig kleiner Theil der einstigen Bildungskörper in die hämatoglobuline Randschicht oder Hülle übergegangen, ein grosser Theil ist, soweit wir das mit unseren bisherigen Hilfsmitteln beurtheilen können, ziemlich unverändert geblieben. Bei den Säugern und dem Menschen hingegen ist der bei weitem grösste Theil der ursprünglichen Bildner die Umwandlung in Hämatoglobulin eingegangen und nur ein verschwindend kleiner Rest verblieben, wie er war. Ob immer? ist auch noch eine Frage. Jedenfalls ist dieser, wenn auch in Anbetracht der sonstigen Verhältnisse verschwindend kleine Rest doch das eine Mal grösser, das andere Mal kleiner. Davon hängt ab, ob unter besonderen Umständen er durch das ganze Blutkörperchen verbreitet erscheint, oder auf einen oder ein Paar Punkte zu kernartigen Gebilden zusammengezogen. Er ist kleiner, wenn ersteres, grösser, wenn letzteres stattgefunden hat. Die Anwesenheit von Kernen und kernartigen Gebilden in den Blutkörperchen der Säuger spricht darum für eine gewisse Unreife, Unfertigkeit derselben. Ich erinnere dabei an die schon vor Jahren gemachten Beobachtungen von Erb¹⁾ und seine sogenannten Uebergangsformen zwischen weissen und rothen Blutkörperchen, die ganz dasselbe beweisen.

Der ganze Unterschied zwischen den rothen Blutkörperchen der Eier legenden Wirbelthiere und der Säuger, mit Ausnahme der schwielenfüssigen Wiederkäuer, beruht demnach darauf, dass jene noch von ihren Bildnern her das Material besitzen, um gelegentlich Kerne erzeugen zu können, diese dagegen es mehr oder weniger vollständig aufgebraucht haben, um die hämatoglobuline Randschicht oder Hülle zu schaffen, in die überzugehen die bezüglichen Bildner, so zu sagen, die Aufgabe haben.

Wie steht es nun aber in Anbetracht der festeren und im Ganzen nur wenig zu Veränderungen geneigten Hülle oder Membran der rothen Blutkörperchen mit ihrer Contractilität, die ihnen als Ganzen von manchen Autoren doch immer und immer wieder zugeschrieben wird? Ich für meine Person kann nicht umhin, nach den jahrelan-

¹⁾ W. Erb, Zur Entwickelungsgeschichte der rothen Blutkörperchen. Arch. f. path. Anat. u. Physiolog. etc. Bd. XXXIV. S. 147.

gen Beobachtungen, die ich an rothen Blutkörperchen gemacht habe und nach allem Für und Wider, das ich dabei erwogen habe, mich dafür auszusprechen, dass ihnen Contractilität zukomme, wenn auch nicht immer und unter allen Umständen.

Wenn man Frosch- oder Tritonenblut rein oder in Froscheiweiss untersucht, so wird alsbald auffallen, dass die länglichen Körperchen sich mehr und mehr runden und zuletzt als kreisrunde Scheiben sich dem Beobachter präsentiren. Bald sind es nur einzelne Körperchen, die das thun, bald in grösserem oder kleinerem Umkreise die Gesamtheit. Die Körperchen sind dabei entschieden kleiner geworden und zugleich auffallend dunkler. Ihre grünlichgelbe Farbe ist in eine mehr grünlich-orange übergegangen. Der Grund davon kann nur sein, dass die scheibenförmigen Blutkörperchen sich in Kugeln umgewandelt und dabei verdichtet haben, dass sie sich also contrahirt und dabei auf den kleinsten Raum zusammengezogen haben. Unbegreiflich ist mir, wie man diesen Vorgang mit einer Quellung hat in Zusammenhang bringen wollen! Würde die Kugelform auch durch eine solche erklärt werden, so doch nun und nimmermehr die Verdichtung, die das Körperchen bei Annahme derselben erfahren hat, und die vorhanden sein muss wegen der tieferen Färbung, die es ebenfalls angenommen hat. Aber noch mehr! Die Blutkörperchen der Frösche und Tritonen behalten die besagte Kugelform nicht bei. Nach wenigen Minuten machen die einzelnen Körperchen eine Bewegung, als ob sie platzen wollten. Sie puffen anscheinend auf, und indem sie dabei an einander anstossen, rufen sie eine Bewegung hervor, die sich auf immer weitere Kreise verbreitet und in kurzer Zeit über das ganze Gesichtsfeld herrscht. In dieser allgemeinen Bewegung nehmen die Blutkörperchen, doch immer unter dem Anscheine einer Art von Aufpuffen, während sie gleichzeitig abblassen, sehr rasch ihre ehemalige längliche Gestalt wieder an und sehen aus, als ob sie eben erst der Ader entnommen wären. Nur eins unterscheidet sie von ganz frisch präparirten Blutkörperchen: sie sind sehr beweglich und nehmen Ortsveränderungen vor, die schwer aus etwas Anderem als einer Art Willkür zu erklären sind. Die Körperchen ziehen sich hier zusammen, ziehen sich da zusammen; sie wenden sich um sich herum, fahren wie angestossen in gerader Richtung vorwärts, schmiegen und biegen sich dann aber, um durch die Lücken, welche zwischen andern

Blutkörperchen gelassen sind, hindurch zu kommen. — Man hat diese längst bekannten Ortsveränderungen, welche die rothen Blutkörperchen vornehmen, immer auf passive Bewegungen zurückgeführt, in welche sie versetzt worden seien. Es ist ja gewiss schwierig, begründen zu wollen, dass sie auch aus anderen Ursachen hervorgehen können und namentlich auf einer Contractilität der Blutkörperchen selbst beruhen; allein wenn man immer und immer wieder sieht, wie in Mitten eines grösseren Haufens von Körperchen, die ruhig da liegen und liegen bleiben, auf einmal eines derselben sich zu bewegen anfängt, dann losfährt wie eine Bacillaria und, sowie ihm ein Widerstand aufstösst, diesen umgeht, sich um ihn herum windet, durch gewundene Kanäle hindurch zwingt, während die übrige, diese Kanäle bildende Masse der Blutkörperchen ruhig liegen bleibt, so will es doch bedenklich erscheinen, an blos locale Strömungen im Menstruum zu glauben und von diesen allein die ganze Bewegung des betreffenden Blutkörperchens abhängig zu machen. Man sieht sich vielmehr gezwungen, die Veranlassung dazu in die Blutkörperchen selbst zu verlegen und durch dieselbe, ihnen eigene Contractilität im Sinne M. Schultze's, die nemlich auch eine Expansibilität voraussetzt oder gar in sich begreift, zu erklären, durch welche sie auch, wie wir soeben gesehen haben, sich zu einer Kugel zusammenzuziehen und danach wieder zu einer elliptischen Scheibe auszudehnen vermögen. Unter gewissen Umständen wird diese Contractilität der rothen Blutkörperchen in einer höchst merkwürdigen Weise beeinflusst und die Form, in welcher sie sich zu bethätigen pflegt, abgeändert.

Meyer¹⁾ hat bereits im Jahre 1843 etwas Bezügliches von den Blutkörperchen der Frösche, der Unken, der Tritonen berichtet, Preyer²⁾ darauf im Jahre 1864 sehr Ausführliches darüber von den Blutkörperchen der Frösche und Salamander mitgetheilt. Wenn Preyer Fröschen die grossen dorsalen Lymphsäcke eröffnete, in dieselben fremde Körper einbrachte, ein Gefäss anschnitt, so dass sich ein Extravasat bildete und die Blutkörperchen desselben nach mehreren Tagen untersuchte, so zeigten sie eine ganz auffallende

¹⁾ Meyer, Ueber eigenthümlich gestaltete Blutzellen. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1843. S. 206.

²⁾ W. Preyer, Ueber amöboide Blutkörperchen. Arch. f. pathol. Anat. u. Physiolog. etc. Bd. XXX. S. 417.

Neigung in höchst eigenthümlicher Weise ihre Form zu verändern. Sie zogen sich hier ein, stülpten sich dort aus, trieben vor Allem aber lange, haardünne Fortsätze, an denen sich danach Theile von ihnen hinaufschlängelten, um über kurz oder lang, wenn sie sich zu grösseren Kügelchen angesammelt hatten, sich abzuschnüren und als selbständige Gebilde umher zu treiben, bis sie unter Anderem von weissen Blutkörperchen aufgenommen wurden, um später oder früher zu Pigment verarbeitet zu werden.

Ich habe die Preyer'schen Versuche an Fröschen nachgemacht und kann die von ihm beobachteten Formveränderungen der rothen Blutkörperchen aus einem 6—8 Tage alten Extravasate bestätigen. Unter einer Menge nicht veränderter rother Blutkörperchen erschienen eine Anzahl runder, dunkler gefärbter von auffallend kleinem Durchmesser, also solche, die sich zu einer Kugel zusammengezogen hatten. Von diesen Körpern sah ich nun feine Spitzen, stumpfe Zacken entstehen, die langsam hervortraten, auch langsam wieder zurücktraten, oder auch sich fadenförmig ausdehnend mehr und mehr verlängerten. Es entstanden so Fäden, welche 3, 4, 5 Mal so lang waren als der Durchmesser des betreffenden Blutkörperchens und die oft wie starre Nadeln geradlinig in die Umgebung hinausragten. An diesen Fäden, die bald gefärbt, bald ungefärbt waren, stiegen kleine Tröpfchen oder Körnchen von den Blutkörperchen aus das eine Mal mehr stetig, das andere Mal mehr absatzweise hinauf. Die meisten derselben sammelten sich an der Spitze der Fäden, verschmolzen da zu grösseren Tröpfchen oder Körnchen oder lagerten sich auch nur so dicht zusammen, dass sie einen einzigen grossen, aber drusenartigen Körper bildeten. Von diesem konnten nun wieder feine Fäden ausgehen, an denen kleine Tröpfchen emporstiegen: es entstand dann ein zartes Bäumchen mit einer Krone und lauter kleinen, meist gelblich gefärbten Kügelchen, ähnlich einem vielarmigen Gaskandelaber mit farbigen Glocken, oder sie schnürten sich ab und trieben als selbständige Gebilde im Menstruum umher. Dieses sich Abschnüren, oder auch Abgeschnürtwerden war aber überhaupt das Loos aller der Kügelchen, die sich aus dem jeweiligen Blutkörperchen an den von ihm getriebenen Fortsätzen hinaufbewegt hatten, wenn sie nicht noch rechtzeitig sammt diesen wieder eingezogen wurden, was indessen nur geschah, wenn sie erst kurze Zeit bestanden und über eine gewisse Grenze,

die Länge des Durchmessers des Blutkörperchens etwa, sich nicht von diesem entfernt hatten. Ausser dass sich blos die genannten Kügelchen abschnürten, schnürten sich bisweilen auch die ganzen Fäden, einfachen oder verzweigten, denen sie ansassen, ab. Es trieben dann eigenthümliche, stäbchenartige Gebilde von 40,0—50,0—60,0 μ Länge und etwa 0,2—0,5 μ Dicke entweder noch mit zerstreuten Kügelchen besetzt oder ganz glatt im Gesichtsfelde umher. Preyer hat bereits solche Stäbchen, denen wir, beiläufig gesagt, noch einmal begegnen werden, abgebildet. Wer ihre Entstehung nicht gesehen hat, wird ihren Zusammenhang mit rothen Blutkörperchen nicht begreifen und sie für alles Andere eher, als für Abkömmlinge derselben halten. Dennoch sind sie nichts weiter als Theile derselben, die nur zu einer gewissen Selbständigkeit gelangt sind.

Ist man erst auf den geschilderten Vorgang aufmerksam geworden, so entdeckt man ihn auch an den gewöhnlichen, länglich geformten Blutkörperchen. Dieselben senden kegelförmige, kolbenförmige Fortsätze aus, ziehen sie wieder ein. Sie treiben lange, nadel- oder stäbchenförmige Ausläufer, die sowohl von dem Rande als auch von der Fläche des Körperchens ihren Ursprung nehmen können und an denen sich ganz in der nehmlichen Weise, wie wir das von den zu einer Kugel contrahirten Körperchen kennen gelernt haben, weitere Theile des Blutkörperchens als Tröpfchen oder Körnchen entlangwälzen, um schliesslich auch das nehmliche Schicksal zu erfahren. Dass dabei die Blutkörperchen selbst zu Grunde gehen, bedarf wohl nicht erst einer besonderen Betheuerung. Die Bewegung, welche in ihnen entstanden ist und eine mehr oder minder ausgiebige Formveränderung in der einen oder der anderen Art zur Folge hat, bringt es auch mit sich, dass es in sich zerfällt und als das zu sein aufhört, was es bis dahin gewesen. Ob es jedoch dabei überhaupt zu sein aufhört, d. h. alles Lebens verlustig geht, ist eine andere Sache. Die Kügelchen, welche sich von ihnen abgeschnürt haben, oder in die sie auch schliesslich zerfallen sind, zeigen noch immer eigene Bewegung und wenn sie nicht zu klein sind, sogar deutliche Formveränderungen. Selbst die freigewordenen Stäbchen oder Fäden schwanken hin und her, treiben vorwärts, treiben rückwärts und das bisweilen unter leicht schlängelnden Bewegungen ohne aber im mindesten erkennen zu lassen, welche äussere Ursache dazu die Veranlassung gegeben hat.

Ganz analog den Blutkörperchen der Frösche aus älteren Extravasaten verhalten sich, wie Beale¹⁾ zuerst gefunden hat, solche, die einer höheren Temperatur ausgesetzt wurden. Auch von diesen werden Buckel und Kolben getrieben, werden Fäden ausgesandt, Kügelchen an diesen letzteren gebildet und Fäden und Kügelchen zusammen oder einzeln abgeschnürt. Ausdrücklich weist Beale darauf hin, dass sich die abgeschnürten Fäden lebhaft hin und her bewegen.

Auch der Harnstoff übt einen ähnlichen Einfluss aus. Zuerst hat Kölliker²⁾ darüber Bezügliches mitgetheilt. Preyer³⁾ hat danach die Kölliker'schen Mittheilungen nicht bloß bestätigt, sondern sogar erheblich erweitert. Er hebt dabei ganz besonders hervor, dass alle im Extravasatblute vorkommenden anomalen Formen farbiger Blutkörperchen auch in dem mit Harnstoff behandelten Blute vorkommen und zwar in genau derselben Weise. Ich kann dem nur beipflichten. Sehr bezeichnend für die ganze Angelegenheit ist, dass Brücke⁴⁾ durchaus entsprechende Formveränderungen, beziehungsweise Bewegungsmodi an den Speicheldrüsenkörperchen und Michelson⁵⁾ an den weissen Blut- oder Eiterkörperchen beobachtet haben, sobald sie Harnstoff auf dieselben einwirken gelassen hatten.

Unter drei, jetzt bereits näher gekannten Verhältnissen wird die im normalen Zustande nur beschränkte Contractilität der rothen Blutkörperchen der Frösche somit ganz ausserordentlich gesteigert und zu gleicher Zeit in der Weise beeinflusst, dass die aus ihr resultirenden Bewegungen einen ganz anderen, dem normalen vollständig fremdartigen Charakter annehmen. Die Verhältnisse, unter denen das geschieht, sind das Ausgeschlossen sein des Blutes aus dem Kreisläufe und die Folgen davon, die Einwirkung höherer Temperaturen und die Anwesenheit von Harnstoff. Wir müssen uns denken, dass hierbei die Blutkörperchen eine sehr tief greifende

¹⁾ L. Beale, Observations upon the nature of the Red Blood-corpuscle. Quart. Journ. of microscop. science. 1864. XIII. 32.

²⁾ Kölliker, Ueber die Einwirkung von concentrirter Harnstofflösung auf die Blutzellen. Zeitschr. f. wissenschaft. Zool. Bd. VII. S. 183.

³⁾ W. Preyer, l. c. S. 432 u. ff.

⁴⁾ Brücke, Ueber d. sog. Molecularbeweg. in thier. Zellen. Wien. Sitz.-Ber. XLV. II. S. 629.

⁵⁾ Michelson, Einige Beobachtungen über d. Einfluss d. Urins auf d. Protopl. d. Eiterkörp. Arch. f. path. Anat. u. Physiolog. etc. Bd. LXXI. S. 249.

Ernährungsstörung erfahren, in Folge deren ihre Bestandtheile beweglicher werden, und dass namentlich ihre festere Randschicht, Hülle oder Membran einschmilzt und sich verflüssigt, wie dass Preyer seiner Zeit schon ausgesprochen hat. Der Umstand, dass nach De Bary¹⁾ bei den Myxomyceten etwas ganz Aehnliches vorkommt, indem in Strängen derselben, in welchen in Folge von Trockenheit Zellbildung eingetreten war mit Abscheidung von Cellulose in die Wände der Zellen, wieder zu einer diffusen Masse einschmelzen, in welcher von Zellen und Cellulose in ihren Wänden auch nicht das geringste mehr zu erkennen ist, sobald die gehörige Feuchtigkeit wieder eingewirkt hat, dieser Umstand spricht dafür nur zu Gunsten.

Nach all diesen Erfahrungen lag es nahe, auch die menschlichen rothen Blutkörperchen in Betracht zu ziehen und ihr Verhalten beziehentlich einer etwaigen Contractilität zu prüfen. Bekanntlich haben manche Forscher, in erster Reihe Klebs²⁾, sie bereits für contractil erklärt; andere jedoch, und das ist die bei weitem grösste Mehrzahl derselben, hat ihre angebliche Contractilität in Abrede gestellt. Ich habe bis jetzt zu den letzteren gehört, glaube aber, doch mehr der Ansicht von Klebs folgen zu müssen, wenn auch auf Grund ganz anderer Thatsachen.

Schon die Blutkörperchen gesunder Individuen ohne irgendwie weiter beeinflusst zu sein, ziehen sich manchmal zahlreicher, manchmal weniger zahlreich der Art unter dem Mikroskop zusammen, dass sie kugelförmig erscheinen, ein Vorgang, auf den bereits M. Schultze³⁾ aufmerksam gemacht hat. Ihre Durchmesser sind dabei verkleinert nur 5—6 μ messend, ihre Farbe ist eine viel dunklere geworden, schmutzig-orange; kurzum sie verhalten sich dabei wie die Blutkörperchen der Lurche unter gleichen Umständen. Auch darin stimmen sie mit ihnen überein, dass dieser ihr Contractionszustand nicht anhält, sondern über kurz oder lang vergeht und die Blutkörperchen danach wieder ihre normale Scheibenform und das oft plötzlich wie mit einem Ruck annehmen. Noch auffallender aber ist, dass unter denselben Verhältnissen sie auch

¹⁾ De Bary, Die Mycetozen. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. X. S. 132.

²⁾ Klebs, Die Formveränderungen der rothen Blutkörperchen bei Säugethieren. Centralbl. d. med. Wissensch. 1863. S. 851.

³⁾ M. Schultze, Ein heizbarer Objectisch. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. I. S. 35.

wie ein Napf, eine Urne oder auch ein Beutel aussehen können. Ihr Rand erhebt sich dazu, verdickt sich, schiebt sich von allen Seiten her über die Fläche zusammen und lässt zuletzt nur noch eine Oeffnung frei, die bei 1000maliger Vergrößerung kaum weiter erscheint, als um gerade einem Stecknadelknopf noch den Durchtritt zu gestatten. Diese Oeffnung markirt sich als ein ziemlich kreisrunder, lichter Fleck, der scharf von der Umgebung sich abhebt, ein kernähnliches Aussehen hat und, je nachdem das Körperchen rollt, in oder an diesem seinen Platz ändert. Lässt die Contraction nach, was häufig ganz plötzlich geschieht, so nimmt das Blutkörperchen seine frühere Gestalt wieder wie mit einem Ruck an, und der helle, kernähnliche Fleck gewährt den Anschein, als ob er hinausgeschleudert werde. Löst sich die Contraction dagegen langsamer, so geht die Urne mit enger Oeffnung in einen Napf mit etwas weiterer Oeffnung über. Es entsteht danach eine immer flacher und flacher werdende Schüssel, endlich die Scheibe, die das Blutkörperchen normaler Weise darstellt. Der helle Fleck wird dabei immer grösser und verschwommener bis er auf einmal verschwindet. Das ganze Phänomen dürfte in Zusammenhang stehen mit den Verbiegungen, die bereits im Jahre 1841 Henle¹⁾ von den Blutkörperchen beschrieb und die ebenfalls eine Napfform derselben zur Folge haben sollten; nur ist es weiter entwickelt und stellt zum mindesten eine Art Excess jener dar. Wird der unter das Mikroskop gebrachte Blutstropfen, der vor Verdunstung geschützt ist, bis auf 45° C. erwärmt, so fangen in ihm einzelne Blutkörperchen an, amöboide Bewegungen zu machen. Dieselben sind allerdings ganz oberflächlich und beschränken sich nur auf leichte Einziehungen und Hervorwölbungen des Randes; aber sie sind doch deutlich genug, um auch von Ungeübteren, wenn sie nur erst auf sie aufmerksam gemacht worden sind, erkannt zu werden. Ich muss das um so mehr hervorheben, als es bis zu einem gewissen Grade den Angaben M. Schultze's²⁾ widerstreitet, der erst bei etwa 50° C. amöboide Bewegungen der menschlichen rothen Blutkörperchen will eintreten gesehen haben, und das gegenwärtig als endgültig feststehend betrachtet wird. — Manche Blutkörperchen nehmen aber

¹⁾ Henle, Allgemeine Anatomie in von Sömmerring's Bau des menschlichen Körpers. Leipzig 1841. Bd. VI. S. 426.

²⁾ M. Schultze, l. c. S. 27 u. 29.

auch blosse Kugelform an, wobei ihre Durchmesser sich wieder ganz bedeutend verkleinern, sich bis auf 5,0 ja bis auf $4,0 \mu$ reduciren, und ihre Färbung an Intensität und Tiefe so zunimmt, dass sie ein schmutziges Orange oder Braunroth wird. Nachdem das geschehen, können durch längere oder kürzere Zeit hin sie ihre Form und ihr Aussehen bewahren; dann aber vergrössern sie sich und blassen ab. Keinesweges jedoch gehen sie sobald wieder in die Scheibenform über, sondern verharren in einer mehr runden oder ellipsoiden Gestalt. Dieselbe ist aber durchaus nicht beständig, sondern wechselt in einem fort, weil rascher oder langsamer hier Erhebungen, dort Vertiefungen an ihr sich ausbilden und dieselben wie Wellen über sie hinziehen. Ein oder das andere Körperchen expandirt sich dabei wohl auch einmal stärker und wird die Temperatur höher, dann schnüren sich leicht auch einmal einzelne Stückchen von ihm ab und treiben sich als selbständige rundliche Körper umher.

Wird die Temperatur über 50° C. gesteigert, so treten die von M. Schultze beschriebenen Veränderungen ein. Sie gleichen denen der Froschblutkörperchen aus Extravasaten vollkommen und will ich von ihnen nur hervorheben, dass M. Schultze die Blutkörperchen lange Fäden treiben sah, und dass diese Fäden, oft von grosser Länge, wenn die Temperatur 52° C. betrug, schlängelnde Bewegungen machten. „Solche Fäden“, fährt er fort, „reissen dann nicht selten ab und indem sie sich fortdauernd bewegen, rücken sie oft den Vibriolen ähnlich in der Flüssigkeit voran.“ Weiter aber heisst es: „Ist das Blut abgestorben, sind die Blutkörperchen kugelig geworden, so bilden sie selbst, bis zu 60° C. erwärmt, keine wechselnden Formen mehr.“ Wenn er es auch nicht direct ausgesprochen hat, so erkennt M. Schultze damit doch den beschriebenen Formenwechsel der rothen Blutkörperchen als eine Lebenserscheinung an. Ich muss das wieder besonders betonen, weil man M. Schultze vielfach hat imputiren wollen, als ob er gerade das Gegentheil gethan, wofür sich nirgends ein Anhalt findet.

Wird ein Blutstropfen mit Harnstoff behandelt, indem man Krystalle desselben an den Rand des Deckglases legt und sie dasselbst schmelzen lässt, so zeigen die Blutkörperchen ein verschiedenes Verhalten je nach dem Maasse, in welchem sie von jenem

afficirt werden. Sie werden alle blasser, dabei kleiner und runder und ganz deutlich amöboid. Fortwährend wechselt ihre Form, indem sie hier Höcker treiben, dort sich aushöhlen, nach der einen Richtung sich zuspitzen, nach der anderen sich kolbig verdicken. Bei vielen sieht man auch hier eine Art Wellenbewegung über die Oberfläche hingleiten. Wirkt der Harnstoff stärker ein, so verkleinern sich die Blutkörperchen noch mehr, sie bedecken sich mit Spitzen und Zacken, die eine verschiedene Länge haben und bald sich zu strecken, bald sich zu verkürzen scheinen. Geschieht letzteres, so werden sie öfter wie geknüpft. Das Knöpfchen kann sich wieder verlieren, kann aber auch abfallen und dann für sich sein Dasein führen. Bei stärkster Einwirkung des Harnstoffes verkleinern die Blutkörperchen sich noch mehr. Sie erscheinen als vollkommen runde, blasse, graue Scheiben von ca. $4,0 \mu$ Durchmesser, die regungslos daliegen und nicht selten wie punctirt erscheinen. Eine bald grössere, bald kleinere Anzahl von dunkleren Körperchen in ihrem Inneren ist die Ursache davon. Es sind das dieselben Körperchen, die nach Behandlung mit Methylviolet so deutlich hervortraten und in einigen Fällen zu Kernen zusammentraten.

Wir sehen somit, dass auch die rothen Blutkörperchen des Menschen Erscheinungen von Contractilität an den Tag legen und dass diese unter dem Einflusse höherer Temperaturen und der Anwesenheit von Harnstoff so beeinflusst werden kann, dass sie sich in ganz anderer Weise darzustellen vermag, als das gewöhnlich bei ihr der Fall ist. Es lag darum aber auch nahe, nach dieser Richtung hin die rothen Blutkörperchen schwer Kranker zu prüfen, bei welchen hohe Temperaturen herrschen und Umsatzproducte der eigenen Gewebelemente das Blut in reicherm Maasse durchsetzen. Schon M. Schultze¹⁾ macht die Bemerkung, dass die rothen Blutkörperchen fiebernder Menschen eine hervorragende Neigung haben, sich abzurunden und dabei auf einen kleineren Raum zusammenzuziehen. Ich kann dem nur beipflichten. Das Blut fiebernder Menschen zeichnet sich aus durch die grosse Menge kleiner, runder $5,0$ und selbst nur $4,0 \mu$ im Durchmesser haltenden Körperchen von besonders dunklem, schmutzig orangefarbenem, oder auch röthlich braunem Aussehen. Bei Typhuskranken, die eine Temperatur von $39,5-40,0^\circ \text{C}$. haben, kommen öfters solche Blutkörperchen

¹⁾ M. Schultze, l. c. S. 35.

in der Menge zur Wahrnehmung, dass sie die scheibenförmigen an Zahl überwiegen, jedenfalls dem ganzen mikroskopischen Bilde den Charakter aufprägen. Uebrigens erscheinen auch die scheibenförmigen Blutkörperchen bei ihnen kleiner als gewöhnlich und zugleich dunkler von Farbe und dürften somit auch diese eine Zusammenziehung erfahren haben, wenschon in einer anderen Weise. Bei genauer Besichtigung solcher Blutkörperchen typhuskranker Menschen wird man finden, dass dieselben ausserordentlich zu leichten amöboiden Bewegungen geneigt sind, wie das seiner Zeit schon Rommelaere¹⁾ auch von anderen fiebernden Kranken angegeben hat und das selbst auf ungeheiztem Objecttisch, bei einer blossen Zimmertemperatur von 18—20° C. Ja ich sah bei typhuskranken Menschen die Blutkörperchen sogar all die Veränderungen durchmachen, wie ich sie insbesondere von den Froschblutkörperchen aus Extravasaten zu kennzeichnen gesucht habe. Ich sah sie einen oder mehrere, längere oder kürzere, haardünne Fortsätze treiben, an denen sich andere Theile des Blutkörperchens in Tropfen- oder Körnchenform hinzogen. Ich sah die Körperchen sich abschnüren und frei im Menstruum als gelbe Kügelchen herumtanzen und sah auch die Fäden abbrechen und danach ebenfalls als anscheinend selbständige Gebilde ihr Wesen treiben, kurzum ich sah sie all die Erscheinungen darbieten, welche ich insonders nach Preyer's Vorgang von den Froschblutkörperchen aus Extravasaten beschrieben habe und die grossentheils in Einklang stehen mit den Erscheinungen, welche wir zuerst durch M. Schultze von den menschlichen Blutkörperchen kennen gelernt haben, sobald dieselben höheren Temperaturen ausgesetzt werden.

Durch die Güte des Herrn Professor Mosler war es mir möglich geworden, auch das Blut von Recurrenkranken während eines Paroxysmus zu untersuchen. Was mir zuerst auffiel, waren die mannichfachen Formveränderungen, welche auch hier die Blutkörperchen und das ebenfalls wieder schon auf ungeheiztem Objecttische bei gewöhnlicher Zimmertemperatur von 18—20° C. wahrnehmen liessen. Namentlich waren es aber die zipfelförmigen Verlängerungen, welche an ihnen sich zeigten, die die Aufmerksamkeit erregten und fesselten. Die Blutkörperchen streckten sich nach der einen oder der anderen Richtung hin, rundeten sich dann wieder ab,

¹⁾ Rommelaere, De la déformation des globules rouges du sang. Bruxelles 1874.

streckten sich darauf wieder nach derselben oder auch nach der entgegengesetzten Seite, um dann abermals rund zu werden und so fort, bis das Serum durch Verdunstung zu dick geworden war und es nicht mehr gestattete. Ein äusserer Grund für diese Formveränderungen war nicht immer aufzufinden, vornehmlich nicht immer die Anwesenheit von Spirochaeten zu constatiren, welche dieselben veranlasst haben konnten. Es scheint indessen, als ob die sämtlichen geformten Bestandtheile des Blutes von Recurrenskranken zu selbständigen Bewegungen sehr disponiren und damit einen höheren Grad von Contractilität besitzen als die gesunder Menschen. Heydenreich¹⁾ hat das schon von den grossen, meist kernlosen Protoblasten mitgetheilt, die sich in dem Blute der genannten Kranken vorfinden. Ich kann es von allen in die Kategorie der weissen Blutkörperchen gehörigen Gebilde aussagen. Die weissen Blutkörperchen, auffallend vermehrt, zeigen fast alle bei einiger Aufmerksamkeit, die man ihnen schenkt, amöboide Bewegungen. Die grossen 40—60 μ im Durchmesser haltenden, meist kernlosen Protoblasten können sogar sehr ausgiebige machen, längere Fortsätze ausschicken und wieder einziehen und damit Ortsveränderungen vornehmen. Mit den rothen Blutkörperchen stehen die bekannten Spirochaeten in Verbindung. Niemals haften sie den weissen Blutkörperchen oder anderen Gebilden an, z. B. gewissen florartig erscheinenden körnigen Massen, die häufig vorkommen. Die Spirochaeten sitzen gemeiniglich an den zipfelförmigen Hervorragungen der rothen Blutkörperchen, aber auch an ihrer Fläche, ohne dass das Körperchen daselbst scheinbar eine Veränderung erlitten hätte. Die Spirochaeten sind von sehr wechselnder Länge, öfters über das ganze Gesichtsfeld hinragend, öfters kaum länger als der Durchmesser eines Blutkörperchens. Ihre Dicke schwankt ebenfalls ganz erheblich und beträgt nach ungefähre Schätzung 0,05—0,10—0,15 μ . Ebenso ist die Enge ihrer Windungen ganz bedeutenden Schwankungen unterworfen. Manche Spirochaeten weisen engere, manche weitere Windungen auf. Viele erscheinen nur leicht geschlängelt, viele sind sogar ganz geradlinig. Man würde sie für einfache starre Fäden zweifelhafter Art halten müssen, könnte man nicht sehen,

¹⁾ Heydenreich, Klinische u. mikroskopische Untersuchungen über den Parasiten des Rückfalltyphus u. d. morphologischen Veränderungen d. Blutes bei dieser Krankheit. Berlin 1877.

wie sie auf einmal in den gewundenen Zustand und aus diesem wieder rascher oder langsamer in den gestreckten übergehen. Zum Theil hängt die engere oder weitere Windung von der Art und Weise ab, wie die Spirochaeten sich bewegen. Je schneller nämlich ihre Bewegung ist, um so enger gewunden erscheinen sie, je langsamer, um so weiter. Die geradlinigen Spirochaeten bewegen sich nie. Dieselben sind mir auch immer als die dünnsten erschienen. Bei den gewundenen konnte ich dagegen noch partielle Verdickungen beobachten, ganz so, wie das auch bereits von Heydenreich¹⁾ und Koch¹⁾ geschehen ist. — Die Spirochaeten erscheinen der grossen Masse nach völlig homogen; nur in einzelnen dickeren scheinen mit helleren Stellen, dunklere abzuwechseln, als ob Elementarkörperchen in ihnen sich bereits ausgebildet hätten oder doch in Ausbildung begriffen wären. Sie sind ausserordentlich weich, sehr elastisch, biege- und schmiegsam, offenbar einfache Protoplasmafäden, ohne besondere, nachweisbare Differenzirung, wofür denn auch ihr Verhalten zu Chemikalien spricht, das dem der Grundsubstanz des Protoplasma überhaupt gleich kommt. Die partiellen Verdickungen, welche einzelne zeigen, halte ich deshalb auch für blosser locale Anhäufung ihrer Substanz, wie sie bei allen einfachen, protoplasmatischen Gebilden, namentlich im Zusammenhang mit stärkeren Bewegungen vorkommen.

Es ist bekannt, dass die Spirochaeten oft ganz plötzlich aus dem Gesichtsfelde verschwinden. Es kann das daran liegen, dass sie in höhere oder tiefere Schichten des Präparates tauchen, was bei ihrer ausserordentlichen Feinheit gewiss sehr leicht möglich ist; allein wenn man sie da durch noch so subtiles Heben und Senken des Tubus zu suchen sich angelegen sein lässt, so gelingt es dennoch nur selten, sie wieder zu finden. Wo bleiben sie? Die Spirochaeten reissen vielfach von den rothen Blutkörperchen, denen sie anhaften, ab und treiben sich frank und frei zwischen denselben herum. Bisweilen sammeln sich ihrer mehrere zu kleinen Bündeln oder Ballen an, aber wohl nur, weil sie sich einfach mechanisch verwickeln. Bisweilen verbinden sich jedoch auch ihrer zwei der Länge nach und scheinen dabei mit einander sogar zu verschmelzen. Doch wage ich nichts Bestimmtes darüber auszusagen. Immerhin ergibt sich daraus, dass ihnen eine gewisse Klebrigkeit, Viscosität,

¹⁾ Ferd. Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. II. S. 432. Breslau 1877.

wie den weissen Blutkörperchen zukommt, und dass sie vermöge derselben leicht irgendwo sich anzuheften im Stande sind. Das geschieht denn nun auch gar häufig, indessen nur an den rothen Blutkörperchen, niemals, wie schon erwähnt, an den weissen oder sonstigen Gebilden. Zwischen den Spirochaeten und den rothen Blutkörperchen besteht danach eine nahe Verwandtschaft, ähnlich der unter den Spirochaeten selbst. Das Protoplasma beider muss sich anziehen.

Nun muss ich aber nach meinen anderweiten Beobachtungen behaupten, dass nur ganz nahe verwandtes, um nicht zu sagen, identisches Protoplasma sich so anzieht, dass eine innige Verklebung oder Verschmelzung vor sich geht. Nur die weissen Blutkörperchen unter einander verkleben und verschmelzen der Art; niemals verkleben und verschmelzen sie so mit rothen. Nur Amöben derselben Art bilden ein Synamoebium. Nur die nehmlichen Gregarinen, die nehmlichen Vorticellen, die nehmlichen Podophryen treten in Conjugation. Es sind stets blos Gromien derselben Species, welche mit ihren Pseudopodien zusammenfliessen. Stets sind es nur die gleichen Heliozoen, welche in einander aufgehen oder sich zu Kolonien verbinden. Fremdes Protoplasma stösst sich ab. Bei verwandtem Protoplasma ist Cohäsions- und Adhäsionskraft nahezu gleich. Fremdem Protoplasma gegenüber hat die Cohäsionskraft das Uebergewicht und die Adhäsionskraft tritt so zurück, dass sie oft vollständig zu mangeln scheint. Das Protoplasma der Spirochaeten muss darum dem der rothen Blutkörperchen sehr nahe verwandt sein. Stammt es vielleicht gar von ihm ab? Sind die Spirochaeten vielleicht blos fadenförmige Verlängerungen dieses in Folge gewisser Veränderungen auf Grund von Ernährungsstörungen, die es erfahren hat? Ich bin mir vollständig der Ketzerei bewusst, die ich hiermit in den Augen so mancher anderen begehe. Ich habe aber bis jetzt nicht die Ueberzeugung gewinnen können, dass in den Spirochaeten im Blute von Recurrenkranken, in der sogenannten Spirochaete Obermeieri, wie F. Cohn sie genannt hat, es sich nur um einen Schmarotzer handeln könne. Nehmen wir dagegen an, dass wir es in ihnen mit blossen Ausläufern oder Abkömmlingen der rothen Blutkörperchen zu thun haben, die in ihren Bestandtheilen überaus beweglich geworden sind, so erklärt sich auch, wie sie so leicht und plötzlich unter dem Mikroskope den Augen des Beobachters sich entziehen können, ohne dass sie danach irgendwie wieder aufzufinden wären; weil sie kurzweg in

das bezügliche Blutkörperchen auf längere oder kürzere Zeit wieder eingezogen wurden. Es erklärt sich aber auch, weshalb mit Eintritt der Apyrexie und der kritischen Ausscheidungen sie überhaupt aus dem Kreisläufe zu verschwinden vermögen, ohne irgendwo eine Spur zu hinterlassen; weil mit Wegfall der Bedingungen, unter welchen sie von den Blutkörperchen als Ausläufer gebildet wurden, sie auch wieder dauernd von diesen aufgenommen werden. Lassen sich eine Reihe anderer Dinge, die sie noch zeigen, hierdurch indessen nicht erklären, so ist das eine Sache für sich. Es wird ja aber auch nicht alles, was sie sonst noch an den Tag legen, dadurch erklärt, dass sie dem menschlichen Organismus durchaus fremdartige, in ihn von aussen eingedrungene Parasiten seien.

Der Umstand, dass Blutkörperchen überhaupt lange Fortsätze zu treiben vermögen, die wieder zurückgezogen werden können, darf uns das eben Gesagte als keineswegs unannehmbar erscheinen lassen. Der Umstand, dass diese Fortsätze viel zu eigenartig seien, um bloß als solche in Betracht zu kommen, darf nicht als von allzu grossem Belange angesehen werden. Hat doch M. Schultze den Spirochaeten ähnliche Fortsätze oder Ausläufer, wie wir bereits erfahren haben, an den rothen Blutkörperchen beobachtet, wenn diese auf 52° C. erwärmt worden waren und hat er doch sogar auch gesehen, dass diese Fortsätze oder Ausläufer abrissen und dann vibrionenähnlich allein sich umherbewegten. Zudem hat Czerny¹⁾ an gewissen Amöben beobachtet, dass dieselben sehr lange, schnell und spiralig sich bewegende Pseudopodien aussandten, wenn sie mit einer Salzlösung von $\frac{1}{3}$ pCt. behandelt wurden, und dass diese langen, sich schnell und spiralig bewegenden Pseudopodien sie wieder einzogen und statt ihrer kurze, rundliche Lappen bildeten, sowie das Salzwasser durch Brunnenwasser ersetzt wurde. Die blosse Form der Spirochaeten und ihr sonstiges Aussehen und Verhalten kann also kein sehr bedeutungsvoller Einwand gegen die Annahme sein, dass es sich bei ihnen bloß um Modificationen der Bestandtheile der rothen Blutkörperchen handle: sind diese selbst doch in vieler Hinsicht ganz andere Gebilde, als man gewöhnlich annimmt und in viel höherem Grade zu einer Reihe anscheinend selbständiger Veränderungen disponirt, als man gemeinlich zu glauben geneigt ist.

¹⁾ V. Czerny, Einige Beobachtungen über Amöben. Arch. f. m. Anat. Bd. V. S. 159.