

## XVI.

Untersuchungen über die rothen Blutkörperchen der  
Wirbelthiere.

Von Prof. Arthur Boettcher in Dorpat.

(Hierzu Taf. X.)

Wer sich gegenwärtig an verwickelte histologische Fragen macht, kann diese nicht ohne genaue Kenntniss der einschlägigen Literatur und nicht ohne eingehende Kritik des vorliegenden Materials unternehmen. Es ist zwar viel bequemer und weniger zeitraubend, die ältern Arbeiten als unbrauchbar zu ignoriren und mit einer Reihe von Beobachtungen vor das Publikum zu treten, als hätte man ganz von vorne anzufangen, aber wenn dieses ohne Berücksichtigung früherer Erfahrungen geschieht und ohne Widerlegung der herrschenden Anschauungen neue Behauptungen aufgestellt werden, so sind diese mindestens der Gefahr ausgesetzt, nicht allgemein anerkannt zu werden. Dieses hat kürzlich wieder die Blutkörperchenfrage bewiesen, bei der sich der Streit vorzugsweise um die Membran gedreht hat. Derselbe hat die einander entgegengesetzten Angaben, dass eine solche existire und dass sie nicht existire, keineswegs ihren Abschluss finden lassen, obgleich eine Zeitlang allerdings das Dasein der Hülle bedroht schien und von mancher Seite die Unumstößlichkeit der Beweise, welche das Ungegründete der herkömmlichen Annahme darthun sollten, mit einer gewissen Satisfaction zu Gunsten der angestrebten Reform der Zellenlehre proclamirt wurde. Jetzt beginnt aber wieder eine Reaction sich geltend zu machen. Schon haben Hensen, Kölliker, Neumann und Owsjannikow der alten Lehre das Wort geredet und sind ebenso bestimmt für die Membran eingetreten, als sie von Beale, Rollet, M. Schulze und Andern geläugnet wird. Es steht also noch immer Behauptung gegen Behauptung und ist keiner der Versuche, welche für das Vorhandensein einer Blutkörperchenhülle beigebracht worden sind, durch eine Wider-

legung erschüttert worden. Die einen haben mindestens ebenso viel Recht sich auf diese, wie die andern sich auf jene Beobachtungen zu berufen und davon dürfte so lange Gebrauch gemacht werden, bis die Bedingungen nachgewiesen sind, unter welchen diese und jene mikroskopischen Bilder erzeugt werden. Solch einen Nachweis zu liefern kommt dem zu, der eine eingewurzelte Lehre über den Haufen werfen will; wenn er dagegen, sei es auch immerhin auf Grundlage von Beobachtungen, sich bloss damit begnügt, derselben eine andere entgegenzustellen, so kann daraus nur eine unfruchtbare Discussion entstehen. In Betreff des angelegten Gegenstandes ist sie bereits ausgebrochen und darum trotz gegentheiliger Behauptungen die Bläschennatur der rothen Blutkörperchen nicht viel mehr gefährdet, als sie es schon früher war, wie aus der folgenden kurzen geschichtlichen Uebersicht erhellen wird. Es sollen in derselben nur die Hauptsachen, auf welche später verwiesen werden muss, hervorgehoben und möglichst gedrängt wiedergegeben werden.

#### Historisches.

Ich übergehe die Geschichte der Blutkörperchen bis auf Hewson, weil diese Periode für uns weniger von Bedeutung ist. Hewson <sup>1)</sup> entdeckte zuerst den Kern in den rothen Blutkörperchen der Amphibien und Fische und erklärte dieselben für Bläschen. Er gründete seinen Beweis auf die Veränderungen, welche sie durch Wasser erleiden; die Form werde kuglig und in dieser Kugel rolle der Kern von einer Seite zur andern, wie eine Erbse in einer Blase (*the solid middle particles can be distinctly seen to fall from side to side in the hollow vesicle like a pea in a bladder*), eine Beweisführung, die irrthümlich von Schwann <sup>2)</sup> und Anderen C. H. Schultz zugeschrieben wird. Den Kern will Hewson nicht nur in den Blutkörperchen der Amphibien und Fische, sondern auch in denen des Menschen wahrgenommen haben, wenn er auch nicht die Schwierigkeiten in Abrede stellt, welche bei diesen die Beobachtung trüben.

Indessen drang seine Ansicht nicht ohne Widerspruch durch.

<sup>1)</sup> Hewson in *Philosoph. Transact.* 1773. Vol. LXIII. p. 310.

<sup>2)</sup> Schwann, *Mikroskop. Untersuchungen* 1839. S. 75.

Everard Home<sup>1)</sup> hob hervor, dass der Blutfarbstoff den Kern bloss zu umhüllen scheine (the colouring substance seems not to be contained in the globules, but only to envelope them) und sich von diesem sehr leicht trenne, worauf das Blutkörperchen um ein Fünftel kleiner erscheine als vorher. Meckel<sup>2)</sup> gibt den festeren Kern der Blutkörperchen zu; im Umfange seien sie lockerer, wenn auch nicht, wie Hewson meinte, von einer Kapsel umgeben. Einige Jahre später behaupteten auch Prevost und Dumas<sup>3)</sup>, dass der Farbstoff als eine häutige Blase den farblosen Centralkörper umgebe, sich leicht von ihm trennen lasse und eine Art in Wasser auflöslicher Gallerte zu sein scheine, doch bestreiten sie die von Home angegebene schnelle Zersetzung der Blutkörperchen. In dieser Beziehung treten ihnen Hodgkin und Lister<sup>4)</sup> bei, läugnen aber die Existenz eines centralen farblosen Körperchens in den rothen Blutkügelchen, da sie es vergeblich gesucht hätten.

Mehr noch wurde die Annahme der Existenz eines Kerns im Innern der Blutkörperchen durch die Autorität von E. H. Weber<sup>5)</sup> erschüttert, welcher gegenüber den Ausführungen von Prevost und Dumas bemerkt: „Mir schien es vorzüglich auf die Beleuchtung anzukommen, damit der Fleck hell oder dunkel erscheine oder ganz fehle!“ Es sei daher auch der von Hewson, Home und Bauer, Prevost und Dumas angegebene Kern nicht erwiesen, sondern habe viel mehr wider sich als für sich. Es könne der runde Fleck auf den Blutkörperchen des Menschen und der Säugethiere und der elliptische Fleck auf den planovalen der Vögel, Amphibien und Fische nur ein von der Brechung der durchgehenden Lichtstrahlen entstehender Glanz sein, aus dem man nicht mit Recht auf die Gegenwart eines Kerns im Innern schliessen dürfe.

Burdach<sup>6)</sup> schliesst sich denen an, welche die Blutkörperchen für eine gleichartige Masse halten und meint mit Wedemeyer und Blainville, dass dieselben im lebendigen Zustande feste und flüssige Theile in gleichmässiger Vertheilung enthalten,

<sup>1)</sup> Philosophie. Transact. 1818. Vol. CVIII. Part. I. p. 173.

<sup>2)</sup> Deutsches Archiv. 1819. Bd. V. S. 188. .

<sup>3)</sup> Meckel's deutsches Archiv. 1823. Bd. VIII. S. 309.

<sup>4)</sup> The Philos. Magazine. 1827. Vol. II. p. 130 sq.

<sup>5)</sup> Hildebrandt-Weber, Handbuch der Anatomie. 1830. Bd. I. S. 151 ff.

<sup>6)</sup> Die Physiologie als Erfahrungswissenschaft. Leipzig, 1832. Bd. IV. S. 93. .

dass diese aber beim Absterben der Blutkörperchen sich scheiden, indem sich die festen zu einem centralen Kern zusammenziehen, die flüssigen aber an der Peripherie überwiegend werden etc.

Man hatte sich also bis auf Joh. Müller über keine einzige der von Hewson gemachten Angaben geeinigt, ja es schien ihnen jeder Boden entzogen zu sein, bis J. Müller<sup>1)</sup> nach Wiederholung und Modification der Hewson'schen Versuche mit Entschiedenheit hervorhob, dass die Blutkörperchen der Frösche und Salamander unzweifelhaft einen Kern enthielten, der sich chemisch ganz anders verhielte als die Rinde. Dasselbe nimmt er für die Blutkörperchen der Fische und Vögel an und hält es nicht nur für wahrscheinlich, dass die des Menschen und der Säugethiere gleichfalls einen solchen einschlossen, sondern behauptet, denselben bei günstiger Beleuchtung gradezu gesehen zu haben. Darauf wurden auch von C. H. Schultz<sup>2)</sup> die Mittheilungen Hewson's nicht bloss in Betreff des Kerns, sondern auch in Betreff der Membran durch eine Reihe von Experimenten bestätigt. Er weicht jedoch darin ab, dass er sagt, Hewson und viele spätere Beobachter hätten geglaubt, dass die Bläschenhaut selbst sich in Wasser löse; dieses sei nicht der Fall, wie die Behandlung der durch Wasser erblassten Blutkörperchen mit Jodtinctur lehre. Man sähe auch nicht selten, dass die Bläschen nach dem aufschwellen, indem sie nach und nach ihren elastischen Inhalt entleerten, sich allmählich um den Kern zusammenzögen, so dass die Haut sich endlich dicht um den Kern anlege.

Damit schien die Bläschenatur der rothen Blutkörperchen erwiesen, allein es machten sich doch wieder Zweifel in Bezug auf den Kern geltend. In seinen Beiträgen zur vergleichenden Physiologie hatte R. Wagner<sup>3)</sup> die Frage, ob ein Kern oder eine Hülle existire, völlig unentschieden gelassen. Vom Frosch und den Fischen heisst es, nachdem der Versuch von Joh. Müller angeführt worden: „Indess ist es doch noch nicht völlig bewiesen, ob die Blutkörnchen innerhalb des Gefässsystems wirklich aus Kern und Hülle bestehen; wenigstens scheint sich die letztere erst als solche bei der Behandlung mit Wasser von dem Kerne abzulösen, im ganz

<sup>1)</sup> Handbuch der Physiologie des Menschen. 1834. Bd. I. S. 99.

<sup>2)</sup> Das System der Circulation. Stuttgart und Tübingen, 1836. S. 19.

<sup>3)</sup> Beiträge etc. Heft I. S. 36. 1833.

frischen Zustande aber innig an ihm zu kleben.“ Fünf Jahre später kommt R. Wagner auf diese Frage zurück und sagt: „Ich gestehe, dass ich bei Beobachtung der Blutkörperchen in Gefässen an durchsichtigen Theilen, mich nie von der Anwesenheit des Kernes überzeugen konnte. Der Kern scheint sich durch eine Art Gerinnungsprozess erst auf dem Schieber des Mikroskops zu bilden<sup>1)</sup>.“ Was aber die peripherische Begrenzung der Blutkörperchen betrifft, so hält er den Versuch von C. H. Schultz mit Jodtinctur für entscheidend, dass denselben eine wirkliche Hülse zukomme.

In diese Zeit fällt die Reform der thierischen Gewebelehre durch Schwann, dessen epochemachendes Werk im Jahre 1839 erschien. Die vorher genannten Autoren sind von demselben noch unberührt geblieben. Nichtsdestoweniger hatte sich seit Hewson als das Ergebniss der sorgfältigsten Untersuchungen namhafter Beobachter die Ansicht immer mehr festgesetzt, dass die Blutkörperchen aus Hülle, Kern und Inhalt beständen, wenn auch in Bezug auf diese einzelnen Theile Meinungsverschiedenheiten auftauchten und die Präexistenz des Kernes ganz bezweifelt wurde. Es beruht daher die in der Neuzeit vielfach ausgesprochene Behauptung, die Lehre von der Bläschennatur der Blutkörperchen verdanke dem Schleiden-Schwann'schen Zellenschema ihre Entstehung, auf einem Irrthum, der aus Unkenntniss der Geschichte der Blutkörperchen entsprungen ist. Schwann benutzte nur den vorbereiteten Boden und hat selbst kaum irgendwelche entscheidende Versuche angestellt; er beruft sich vielmehr auf die Erfahrungen von C. H. Schultz. Das von diesem angegebene Verhalten der Blutkörperchen gegen Wasser sei allein schon entscheidend, da derselbe oft den Kern innerhalb des runden, sehr durchsichtigen Bläschens herumrollen sah. Aber auch das Aufquellen und Rundwerden der Blutkörperchen mache ihre Natur als Zellen sehr wahrscheinlich. „Wäre die Hülle des Blutkörperchens nicht ein abgeplattetes Bläschen, so könnte es in Wasser zwar farblos werden und aufquellen, aber es würde seine platte Form wie ein aufquellender Schwamm behalten<sup>2)</sup>.“ Demnach erscheint es uns ungerecht den neueren Histologen den Vorwurf zu machen, als hätten sie der Zellentheorie

<sup>1)</sup> Nachträge zur vergleich. Physiologie. 1838. S. 114.

<sup>2)</sup> Mikroskopische Untersuchungen. Berlin, 1839. S. 75.

zu Liebe den Blutkörperchen Theile zugesprochen, die sie nicht besitzen. Wenn diesen in der That eine Membran, ein Inhalt und ein Kern im bisherigen Sinne nicht zukommt, so hat man aus einem anderen Grunde geirrt, nicht aber aus Vorurtheil für das Schleiden-Schwann'sche Zellenschema. Durch dieses ist in die Lehre von den Blutkörperchen nichts hineingetragen worden, was nicht schon vorher auf Grund zahlreicher Beobachtungen angenommen war. Allerdings lässt sich nicht läugnen, dass die bis auf Schwann gemachten Erfahrungen über die Blutkörperchen seiner Zellentheorie überaus günstig waren und dass eben desshalb dieselben sich wohl mehr in den Anschauungen der Physiologen befestigt haben, als es der Fall gewesen wäre, wenn die Entdeckung der Zelle nicht stattgefunden hätte. Davon legen die folgenden Arbeiten mehr oder weniger Zeugniß ab. Sie sind meist darauf gerichtet, auf Grundlage der gewonnenen Erfahrungen die Zellennatur der Blutkörperchen zu erweisen, und die diesen nicht günstigen Beobachtungen früherer Autoren zu beseitigen. In diesem Sinne werden die zur Zeit gemachten Beobachtungen über die Structur der Blutkörperchen von Bruns <sup>1)</sup> verwerthet und nach dem Vorgange von Schwann als Blutzellen bezeichnet. Es ergebe sich aus ihrer Entwicklung, so wie aus den Erscheinungen, welche dieselben, wenn sie mit Wasser und anderen Reagentien unter dem Mikroskope behandelt würden, darböten, dass sie „wirkliche aus Hülle, Kern und Inhalt bestehende Bläschen“ seien. Mehr noch dürfte Henle <sup>2)</sup> auf die Anschauungen der Zeitgenossen eingewirkt haben. Nachdem er die Angaben von Hewson und C. H. Schultz bestätigt, sagt er: „Es ergibt sich hieraus, dass die Blutkörperchen des Frosches Zellen sind, von einer Membran gebildet, die in ihrer Wand den Zellkern trägt und den Farbstoff umschliesst. Der Farbstoff ist etwas von der äusseren Hülle Verschiedenes, denn die Schale bleibt nach dem Ausziehen des Pigmentes farblos zurück . . . . . Den Erscheinungen bei Behandlung mit Wasser nach zu urtheilen, ist der Farbstoff im Innern der Bläschen flüssig enthalten. Das Wasser wird von den Bläschen oder Zellen des Blutes aufgesogen, wodurch sich dieselben bis zum Platzen ausdehnen; es mischt sich dabei

<sup>1)</sup> Bruns, Lehrbuch der allgemeinen Anatomie des Menschen. Braunschweig, 1841. S. 48.

<sup>2)</sup> Allgemeine Anatomie. Leipzig, 1841. S. 429.

mit dem farbigen Inhalte derselben, anfangs oft ungleichförmig, so dass die Blutkörperchen fleckig oder streifig erscheinen, es diluirt ihn, worauf sich der Inhalt auch in der umgebenden Flüssigkeit vertheilt. Der ganze Vorgang ist demnach ein Phänomen der Endosmose.“ Die Untersuchung der Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen sei wegen ihrer Kleinheit nicht so leicht. Zwar scheine die Schale und der Farbstoff sich ebenso zu verhalten wie bei anderen Thieren, nur dass sie vielleicht den Veränderungen durch Wasser etwas länger widerstehen (Hewson), auch kämen einzelne vor mit einem Kern, der durch Wasser und Essigsäure sichtbar gemacht werden könne, in der bei weitem grössten Zahl der Blutkörperchen aber schliesse die Schale keinen Kern ein<sup>1)</sup>.

Aber es fehlte auch nicht an Beobachtern, welche sich der Schleiden-Schwann'schen Zellenlehre, trotzdem dass sie immer mehr zur Geltung gelangte, was die rothen Blutkörperchen betrifft, nur mit Vorbehalt anschlossen. Es geht dieses namentlich aus dem ausführlichen Artikel über das Blut von H. Nasse hervor. „Die Blutkörperchen, heisst es in demselben, sind in ihrem Bau den sogenannten Zellen der verschiedenen Gewebe des thierischen Körpers sehr ähnlich, so dass sie von den meisten Physiologen denselben ganz gleich gestellt werden. Sie bestehen aus einer in Wasser nicht löslichen Grundlage (Gewebe?), welche von einer wahrscheinlich gelösten, oder wenigstens in Wasser leicht löslichen rothen Substanz (Blutroth) nebst etwas Wasser durchdrungen ist, und in deren Mitte ein Aggregat von festen, nicht mit Blutroth verbundenen Körnchen sich befindet. Jene Grundlage ist wahrscheinlich nach aussen zu dichter als nach innen, daher der Ausdruck „Zellenmembran“ gerechtfertigt werden kann. Die gewöhnlichste Bezeichnung ist Hülle (Hülse, Legumen), die insofern beibehalten werden kann, als durch sie der Gegensatz zu dem Kern (Nucleus) ausgedrückt wird. Die Substanz, welche man zwischen ihm und der Umgrenzungshaut gelagert denkt, heisst der Zelleninhalt. Dieser tritt aus, wenn man das Blutkörperchen mit Wasser in Verbindung bringt; es bleibt dann noch die farblose Grundlage mit dem Kerne übrig<sup>2)</sup>.“ Man wird nicht verkennen, dass Nasse

<sup>1)</sup> a. a. O. S. 432.

<sup>2)</sup> H. Nasse in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiol. Braunschweig, 1842. Bd. I. S. 89 ff.

nur mit einer gewissen Vorsicht die Zellenlehre für die Blutkörperchen gelten lässt, und dass er als Zellenmembran nur die peripherische, wahrscheinlich dichtere Schicht einer „farblosen Grundlage“ bezeichnet wissen will. Nach dem Tode zersetze sich der Inhalt des Blutkörperchens; die Form desselben werde in so hohem Grade veränderlich und könne sich namentlich bei geringer Veranlassung so stark in die Länge ausdehnen, „dass man an dem Dasein einer äusseren Haut gezweifelt hat; dass zu dieser Zeit wenigstens jede Spur derselben, falls sie überhaupt existirt hat, verschwunden ist, unterliegt keinem Zweifel.“ Aber auch in Betreff der frischen Blutkörperchen sagt Nasse, nachdem er auf die grosse seit Leuwenhoeck an ihnen wahrgenommene und von fast allen Beobachtern constatirte Elasticität hingewiesen: „Dieses lässt sich schwerlich mit der gewöhnlichen Annahme einer Zellenmembran vereinigen<sup>1)</sup>.“ Es fehlte also an warnenden Stimmen auch nicht unmittelbar nach dem Durchbruch der Schwann'schen Zellenlehre und kann das Angeführte zur Beleuchtung der Leistungen der Gegenwart dienen.

Auch Rud. Wagner hat sich durch das Zellschema keineswegs bestechen lassen, wie aus seinem Lehrbuche der Physiologie (Leipzig 1845) S. 144 hervorgeht. Er gibt zwar in Uebereinstimmung mit seinen früheren (vor Schwann angestellten) Beobachtungen an, dass Froschblutkörperchen durch Wasser deutlich in eine Hülle und Kern zerfielen und dass sie so ganz den Bau der Zelle hätten, wie sie als Grundlage fast aller thierischen und pflanzlichen Gewebe vorkomme, aber ob diese beiden Elemente schon im lebendigen Blute, d. h. bei den im Kreislauf sich befindenden Blutkörperchen innerhalb der Gefässe so bestehen, sei schwer zu sagen; das Dasein eines Kerns in menschlichen Blutkörperchen, so wie in denen der Säugethiere, das ihm früher wahrscheinlich war, sei ihm wenigstens wieder zweifelhaft geworden.

Die vorstehende Uebersicht über die Resultate der Blutuntersuchungen aus der älteren Zeit schien mir unumgänglich nothwendig zur Erörterung der gegenwärtig die Blutkörperchen betreffenden Streitfragen. Die neueren Arbeiten habe ich in derselben nicht berücksichtigt, weil ich auf diese in den nachfolgenden Mittheilun-

<sup>1)</sup> a. a. O. S. 94.



gen selbst einzugehen Gelegenheit finden werde. Letztere enthalten das Ergebniss längere Zeit fortgesetzter Beobachtungen in möglichst gedrängter Form, da ich im Interesse des Lesers darauf verzichte, meine protocollarisch mir vorliegenden Einzelbeobachtungen hier wiederzugeben.

### Vom Kerne der Blutkörperchen.

#### 1) Bei Fischen, Amphibien und Vögeln.

Wie oben hervorgehoben, wurde die seit Hewson gemachte Entdeckung des Kerns mit wechselndem Glück immer wieder durch den bis zu einem gewissen Grade berechtigten Einwand bekämpft, dass man in den circulirenden Blutkörperchen trotz ihrer grossen Durchsichtigkeit einen centralen farblosen Körper nicht sehe. Ausserdem behaupteten Donders und Moleschott<sup>1)</sup>, dass man in den Froschblutkörperchen, wenn man den aufgefangenen Bluttröpfen sogleich von der Luft absperre, ebenfalls den Kern vermisste. Es lag daher nahe, denselben für ein nach dem Tode entstehendes Zersetzungsproduct auszugeben. Wenn nun auch in jetziger Zeit diese Auffassung der Sache sich nicht einer allzuweiten Verbreitung erfreut, so finden wir dieselbe doch noch in einem der neuesten Handbücher der Physiologie vertreten und zwar von einem Autor, auf dessen Angaben wir um so mehr Gewicht zu legen haben, als derselbe durch seine Blutuntersuchungen bekannt ist. Funke<sup>2)</sup> spricht sich mit Bestimmtheit dahin aus, dass die Kerne der Blutkörperchen „nach dem Tode entstehende Zersetzungsproducte, Niederschläge in Blutbläschen“ seien. „Der Kern, sagt er, ist nicht präformirt, sonst würde man ihn deutlich auch im kreisenden Blutkörperchen sehen, da dieses so durchsichtig ist, dass man die Contouren eines drunterliegenden Körperchens scharf hindurch erblickt. Das fragliche centrale Gebilde scheidet sich im entleerten Blute unter den Augen des Beobachters unter gleichzeitigem Erblassen des übrigen Bläscheninhaltes aus; diess beweist deutlich, dass eine Zersetzung des Inhaltes stattfindet, durch welche das unlösliche Kerngebilde ausgeschieden wird.“ Ich habe diese

<sup>1)</sup> Holländische Beiträge. 1848. 3tes Heft. S. 361.

<sup>2)</sup> Lehrbuch der Physiologie. 1863. 4te Aufl. Bd. I. S. 17.

Stelle wörtlich angeführt, weil sie so ziemlich Alles enthält, was im Laufe der Zeit gegen den Kern der elliptischen Blutkörperchen vorgebracht worden ist, und um zu zeigen, wie wenig unsere jetzigen Beweisgründe an Schärfe gewonnen haben. Der obige Einwand wird noch besonders durch den Umstand gestützt, dass in den Blutkörperchen der höheren Thiere der allgemeinen Annahme nach ein Kern nicht existirt. So lange also nicht auf andere Weise das Vorhandensein desselben in den elliptischen Blutkörperchen dargethan werden kann, wird jener Einwurf immer seine Gültigkeit behalten und der Kern in Frage gestellt werden können trotz der Vollkommenheit, welche in seiner Organisation gegenüber einem Gerinnsel sich zeigt. Ein Abschluss dieser Angelegenheit ist nur durch die Demonstration des Kerns innerhalb der circulirenden Blutkörperchen zu erwarten. Wenn diese bisher nicht gelungen ist, so hat das nur an der Unvollkommenheit der Mikroskope gelegen, deren man sich bediente. Es ist die Beobachtung kreisender Blutkörperchen am bequemsten bekanntlich an der Froschschwimmhaut vorzunehmen, wenigstens insofern es sich um ausgewachsene Thiere handelt; daher stützen sich die positiven und negativen Angaben über circulirende Blutkörperchen fast ausschliesslich auf Wahrnehmungen, die an dieser gemacht wurden. Grade in Betreff dieses Objects muss ich aber die Behauptung, dass man einen Kern in den Blutkörperchen, so lange sie im lebenden Blute durch die Capillaren getrieben werden nicht sehe, entschieden in Abrede stellen, wie ich schon gelegentlich in einer früheren Arbeit angedeutet habe. Ich finde bei Anwendung der Hartnack'schen Stipplinsen bei guter Beleuchtung in jedem Blutkörperchen, welches den Focus derart passirt, dass es mit seiner Fläche sichtbar wird, mit grosser Deutlichkeit einen solchen, nicht bloss „höchstens in einigen eine centrale Schattirung“, sondern einen rundum begrenzten, scharf hervortretenden Kern, der grade ebenso aussieht, wie die bekannten Kerne der ausser Circulation gesetzten Blutkörperchen. Allerdings ist das Bild selbstverständlich nicht so klar, wie wir es bei Betrachtung entleerter Blutkörperchen zu sehen gewohnt sind, immerhin aber deutlich genug, um jeden Irrthum auszuschliessen. Die lebenden Blutkörperchen haben also ebensowohl einen Kern wie die abgestorbenen, und wenn derselbe in den letzteren während der Beobachtung deutlicher wird, so hat das nicht darin seinen

Grund, dass er sich durch eine Gerinnung ausscheidet, sondern in anderen Verhältnissen, auf die ich später zurückkomme.

Mit dem Nachweise des Kernes im Innern der Blutkörperchen des lebenden Thieres könnte die seit Hewson schwebende Streitfrage als abgethan angesehen werden, allein es scheint nicht überflüssig, noch einen Augenblick bei einem der von Funke angeführten Gründe zu verweilen, durch welche dargethan werden sollte, dass der Kern der Blutkörperchen nicht präformirt sein könne. Das rothe Froschblutkörperchen sei so durchsichtig, dass man die Contouren eines drunterliegenden Körperchens innerhalb der Capillaren scharf erkenne, also müsste auch der Kern wahrnehmbar sein, wenn er vorhanden wäre. Es ist, wenn man mit weniger guten Linsen beobachtet, vollkommen richtig, dass der Kern nicht gesehen wird, wenn auch der Contour eines Blutkörperchens durch das andere deutlich durchschimmert. Dabei handelt es sich, wie wir gesehen haben, nur darum, dass der Kern relativ schwer sichtbar ist, d. h. schwerer sichtbar, als die Contouren eines drunterliegenden Körperchens. Dieses aber erscheint uns sehr gut erklärlich. Es ist einleuchtend, dass der Contour eines im Blutplasma suspendirten Blutkörperchens hinsichtlich seiner Wahrnehmbarkeit bei durchfallendem Licht sich unter viel günstigeren Bedingungen befindet, als der im Innern desselben eingeschlossene Kern. Beim Grenzcontour des Blutkörperchens kommt Brechung und Reflexion in Betracht und braucht nur, was nicht zu bezweifeln ist, ein grösserer Unterschied im Brechungsvermögen der Blutkörperchensubstanz und des Blutplasma, als in dem des Kernes und der ihn umgebenden Masse vorhanden zu sein, damit der Kern relativ schwer sichtbar, respective unsichtbar sei, wenn wir gleichzeitig nichtsdestoweniger doch die Contouren eines Blutkörperchens durch das andere durchschimmern sehen. Diese Erscheinung ist nicht ohne Analogien und schon von anderen Beobachtern ein ganz gleiches Verhalten der farblosen Blutkörperchen hervorgehoben worden. „Auffallend muss es erscheinen, was auch H. Müller bemerkt, sagt Zimmermann<sup>1)</sup>, dass man sie (die Kerne der farblosen Blutzellen) nicht immer hindurchsieht, da man doch durch sehr stark granulirte Zellen andere Gegenstände bemerken kann,

<sup>1)</sup> Rust's Magazin. Bd. 66. S. 185.

z. B. wenn die farblosen Zellen über und unter einander hinfließen.“ Ich möchte dann noch als ein anderes Beispiel die Staubfadenhaare von *Tradescantia virginica* anführen. So lange die Zellen derselben von Luft umgeben sind, können wir innerhalb des Gehäuses den Kern und das Protoplasma in der Regel wenigstens nicht sehen, doch aber sieht man die Contouren einer drunter liegenden Zelle. Man findet nur eine gleichmässig violett gefärbte Masse, in der jedoch Kern und Protoplasma sofort deutlich erkennbar sind, sobald man Wasser unter das Deckgläschen treten lässt. Wollten wir nun hier so argumentiren, wie es in Betreff der Blutkörperchen des Frosches geschehen ist, so müssten wir die Existenz des Kerns in den *Tradescantiazellen* leugnen und ihn für ein Artefact erklären, das durch die Einwirkung des hinzugesetzten Wassers entsteht. Ich weiss nicht, ob Funke sich auch dazu verstehen wird.

Eine andere sehr wichtige Thatsache, die ich zur Erläuterung der eben erörterten Frage geltend machen kann, beruht auf dem Verhalten der elliptischen Blutkörperchen in der feuchten Kammer. Wenn man solche aus defibrinirtem Blute, in denen also der Kern scharf markirt erscheint, an der unteren Fläche des Deckglases einer feuchten Kammer ausbreitet, so schwellen sie langsam an und in dem Maasse, als dieses geschieht, wird der Kern immer undeutlicher, bis er endlich ganz verschwindet, ohne aber untergegangen zu sein. Er entzieht sich der Wahrnehmung dadurch, dass der Farbstoff der Blutkörperchen eine Veränderung erleidet, die hauptsächlich dem atmosphärischen Sauerstoffe zugeschrieben werden muss und ist also die Sichtbarkeit oder Nichtsichtbarkeit des Kernes von der ihn umhüllenden Masse abhängig. Wenn man diese mit Wasser oder ein wenig Essigsäure behandelt, so wird der zeitweilig verschwundene Kern in demselben Augenblicke wieder deutlich. Es dürften damit, abgesehen von der Sichtbarkeit des Kernes in den circulirenden Blutkörperchen der Froschschwimmhaut, die immer wieder erneuerten Angriffe auf seine Präexistenz als widerlegt zu betrachten sein.

## 2) Bei Säugethieren und dem Menschen.

Es gilt als ausgemacht, dass der Kern in den Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen, welcher während der ersten

Periode des Embryonallebens unzweifelhaft vorhanden ist, später zu Grunde gehend. Das Blutkörperchen von Erwachsenen, sagt Kölliker<sup>1)</sup>, „enthält keine Spur von geformten Theilchen, von Körnern oder einem Zellkerne.“ Das ist so ziemlich die allgemein getheilte Ansicht und in der That sieht man, wie Jedem bekannt, für gewöhnlich in der gleichmässigen Substanz eines rothen Blutkörperchens kein centrales Formelement eingeschlossen; wo ein solches angegeben worden ist, da wird sei es mit Recht oder Unrecht vorausgesetzt, dass die Beobachter durch die biconcave Beschaffenheit der Blutscheibchen sich haben täuschen lassen. Allein man sollte doch nicht allzu skeptisch sein und berücksichtigen, dass ein Kern in den rothen Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen auch von solchen Histologen der Angabe nach gesehen worden ist, denen es sehr wohl bekannt war, dass wegen der eigenthümlichen Form der Blutkörperchen das Centrum bald hell, bald dunkel bei durchfallendem Lichte erscheinen muss und dass desshalb der centrale Schatten nicht für einen Kern zu halten sei. M. Schultz<sup>2)</sup> behauptet, kernhaltige rothe Körperchen im Blute des Elephanten gefunden zu haben, Henle<sup>3)</sup> will durch Wasser und Essigsäure in einzelnen Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen einen Kern sichtbar gemacht haben, H. Nasse<sup>4)</sup> sagt „am grössten und zahlreichsten fand ich jedesmal die Kerne in dem Blute der Schwangeren und der trächtigen Hunde“ und Wharton Jones<sup>5)</sup> versichert, dass er beim Pferde und Elephanten einige rothe Blutkörperchen mit einem Kern im Innern angetroffen habe. Er sah auch, dass ein solcher mitunter in einzelnen Blutkörperchen des Menschen und des Hammels erkennbar war, wenn dieselben mit Wasser behandelt wurden. Endlich macht in neuerer Zeit Busk<sup>6)</sup> die Mittheilung, einmal bei Untersuchung menschlichen Blutes einem rothen Blutkörperchen mit deutlich cha-

<sup>1)</sup> Handbuch der Gewebelehre. 1863. S. 622.

<sup>2)</sup> Müller's Archiv für Anat. etc. 1839. S. 252.

<sup>3)</sup> Allgemeine Anat. 1841. S. 432.

<sup>4)</sup> Handwörterbuch d. Physiol. Bd. I. S. 90.

<sup>5)</sup> Philosoph. Trans. 1846. S. 73.

<sup>6)</sup> Milne Edwards, Leçons sur la physiologie. Paris, 1857. p. 66. Da Original in Quaterly Journal of micr. sc. 1852. Vol. I. p. 145 steht mir nicht zu Gebote.

racterisirtem Kern begegnet zu sein. Aber alle diese Beobachtungen sind mit der Behauptung zurückgewiesen worden, dass dieselben durch veränderte Blutkörperchen veranlasst worden seien.

Mag es dahin gestellt sein, ob man darin Recht gehabt hat, oder nicht. Thatsache ist allerdings, dass man meist bei noch so sorgfältiger Untersuchung menschlichen oder des Säugethierblutes kernhaltige rothe Körperchen nicht aufzufinden vermag. Schliesst aber die Nichtsichtbarkeit eines Kerns ohne weiteres die Existenz desselben aus? — Ich glaube nicht. Sind doch selbst die Muskelkerne geleugnet worden, weil man sie in der frischen Muskelfaser nicht sähe, und hat doch auch die Fettzelle einen Kern, der ohne besondere zweckmässige Behandlung derselben nicht wahrnehmbar ist? Bei den rothen Blutkörperchen sind aber ebenfalls ganz besondere Verhältnisse zu berücksichtigen. Der Kern, wenn ein solcher existirt, findet sich in einer zähen und gefärbten Masse eingeschlossen, von der a priori zugelassen werden muss, dass sie ein farbloses Körperchen von zartem Contour sehr wohl zu verdecken vermöchte. Nach dem, was ich oben über die Froschblutkörperchen mitgetheilt habe, ergibt sich, dass in diesen der dunkel contourirte, verhältnissmässig grosse Kern unter Umständen schwer sichtbar ist, ja auch ganz unsichtbar sein kann, wenn man sich nicht ausgezeichneter Linsen bedient, und zwar liegt der Grund seiner Nichtsichtbarkeit in der ihn umhüllenden rothen Masse. Wenn nun schon solche Schwierigkeiten der Wahrnehmung des relativ mächtigen Kerns der Froschblutkörperchen sich entgegenstellen, so sind diese in noch viel höherem Grade für die kleinen Säugethierblutkörperchen in Anschlag zu bringen, weil diese einmal eine verhältnissmässig dickere Farbstoffschicht besitzen, und weil bei ihnen andererseits die durch ihre Form bedingte Lichtbrechung der Erkennung eines etwaigen centralen farblosen Gebildes gewiss auch nicht günstig ist. Wir können daher nicht erwarten, in den Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen ohne Weiteres einen Kern zu sehen, wenn er auch existirt; wir können aber auch nicht die Existenz desselben voraussetzen, ohne ihn durch eine zweckmässige Methode nachgewiesen zu haben.

Dieser Nachweis ist nur durch Lösung der umhüllenden Sub-

<sup>1)</sup> Mikroskop. Anat. Bd. II. S. 583.

stanz, des Hämoglobins, zu erwarten. Ebenso wie wir in einem Eiterkörperchen oder farblosen Blutkörperchen durch Lösung der Protoplastmakörnchen in Essigsäure, oder in einer Fettzelle durch Extrahiren des Fettes mit Aether den vorher unsichtbaren Kern anschaulich zu machen vermögen, ebenso lässt sich ein gleiches Resultat bei entsprechender Behandlung für die farbigen Blutkörperchen höherer Thiere voraussetzen, im Fall sie einen Kern einschliessen.

Die Aufgabe erscheint im ersten Augenblick sehr leicht, weil das Hämoglobin ungemein leicht löslich ist, ja es liesse sich behaupten, dass auf diesem Wege der Kern der Blutkörperchen längst hätte nachgewiesen sein müssen, wenn sie einen besässen. Nichts destoweniger bieten sich aber doch Schwierigkeiten, weil zur Beweisführung erforderlich ist, dass der Kern während der Beobachtung aus dem einzelnen Blutkörperchen sich entwickle, und die Wahrnehmung dieses Vorgangs nicht ohne besondere Cautelen möglich wird.

Bevor ich auf diese eingehe, soll von vorn herein gesagt sein, dass die Kerne der Säugethierblutkörperchen unendlich häufig gesehen worden sind, dass man sie aber verkannt hat. Es sind die kleinen blass contourirten Körperchen, die nach Zerstörung der Blutkörperchen in der Regel übrig bleiben. Sie erscheinen unter dem Mikroskope als glattrandige, zarte Ringe und bei Behandlung mit färbenden Substanzen als ebensolche Scheibchen. Man hat sie für collabirte Blutkörperchenmembranen gehalten; dem stehen aber so viele Gründe entgegen, dass eine Vertheidigung dieser Ansicht gegenwärtig nicht mehr durchführbar ist.

Um diese Gebilde in grösserer Menge sichtbar zu machen, ist es ziemlich gleichgültig, welchen Lösungsmittels für Blutkörperchen man sich bedient. Die Anwendung destillirten Wassers hat den Uebelstand, dass man zur Lösung des Hämoglobins einer verhältnissmässig grossen Menge bedarf, wesshalb die unlöslichen Reste der Blutkörperchen wegen ihrer grossen Blässe und Kleinheit leicht übersehen werden. Viel empfehlenswerther ist die Behandlung des Blutes mit Chloroform, Aether oder Alkohol, oder auch mit concentrirten Salzlösungen, namentlich schwefelsaurem Natron. Aber nicht minderen Erfolg haben hohe Kältegrade, so wie verdünnte Säuren und Alkalien. Alle diese Mittel kommen darin überein,

dass der Blutfarbstoff mehr oder weniger rasch von den Körperchen getrennt wird, und dass dann jene eben erwähnten Scheibchen zurückbleiben, welche der Einwirkung widerstehen.

Sind diese Gebilde nun Blutkörperchenmembranen, oder sind es frei gewordene Kerne der Blutkörperchen? Eine dritte Möglichkeit wäre noch die, dass man es mit Gerinnungsproducten zu thun hätte, mit auf der Oberfläche der Blutkörperchen durch die Behandlung entstandenen membranösen Niederschlägen.

An Blutkörperchenmembranen zu denken, verbietet die weiter unten in Uebereinstimmung mit Anderen begründete Thatsache, dass die Blutkörperchen der Säugethiere membranlos sind. Wenn nun aber doch von anderer Seite behauptet wird, dass dieselben mit Hüllen versehen seien, und wenn darnach jene nach Lösung der Blutkörperchen übrig bleibenden Scheibchen für solche ausgegeben werden könnten, so steht dem entgegen, wie ich darthun werde, dass die Hülle, welche an den Blutkörperchen in der That unter bestimmten Bedingungen wahrgenommen wird, und auf welche sich die Annahme der Blutkörperchenmembran stützt, sich chemisch ganz anders verhält, als die in Rede stehenden Reste der Blutkörperchen. Es sind demnach beide völlig verschiedene Gebilde, die nichts mit einander zu thun haben. Die Angabe dieses Unterschiedes muss ich jedoch, da die Anordnung des Stoffes es verlangt, auf den Abschnitt versparen, in dem ich von der Membran handeln werde, da ich sonst der Sache vorgreifen würde.

Es können jedoch hier gleich andere Thatsachen angeführt werden, welche es ebenfalls unzulässig erscheinen lassen, dass die aus den sich lösenden Blutkörperchen hervorgehenden blassen Scheibchen deren Membranen oder an ihrer Oberfläche gebildete membranöse Gerinnssel seien. Zunächst ist hervorzuheben, dass dieselben immer um ein Beträchtliches kleiner sind, als der Umfang eines Blutkörperchens. Der Durchmesser menschlicher Blutkörperchen schwankt nach J. Müller zwischen  $\frac{2}{3} \frac{1}{10}$  und  $\frac{4}{4} \frac{1}{18}$  Lin., nach R. Wagner zwischen  $\frac{3}{8} \frac{1}{10}$  bis  $\frac{4}{4} \frac{1}{10}$  Lin. Die aus ihnen frei werdenden Scheibchen dagegen wurden schon von C. Krause<sup>1)</sup> nach zweitägiger Behandlung menschlichen Blutes mit destillirtem Wasser nur  $\frac{1}{12} \frac{1}{14}$  Lin. im Durchmesser gefunden, ein Verhältniss,

<sup>1)</sup> Müller's Archiv für Anat. etc. 1837. S. 4.



dieselben nach Verschluss der Glaskammer möglichst rasch in den Focus des Mikroskops bringt, so findet man, dass sie fast momentan sich verkleinern, kugelig und stark glänzend werden. Die Verringerung des Durchmessers geschieht durch eine Lösung des Häoglobins von der Peripherie her, und indem diese beständig fortschreitet, erblasst das Blutkörperchen mehr und mehr; es schmilzt unter dem Einflusse des Chloroforms wie ein Bonbon, das man im Munde zerliessen lässt. Dann tritt ein Zeitpunkt ein, wo man bei guter Beleuchtung in dem erblassten Körperchen einen Kern wahrnimmt. (Immersionssystem No. 9 u. 10 v. Hartnack). Es ist derselbe nicht durch eine Lichtbrechung vorgetäuscht, denn erstens ist das mit Chloroform behandelte Blutkörperchen nicht biconcav, sondern kugelig, wie sich beim Umwälzen desselben erkennen lässt, dann aber unterscheidet sich der in demselben sichtbare Kern sehr wesentlich von der an biconcaven Blutkörperchen bekannten centralen Schattirung. Man findet nicht bloss ein verschiedenes Verhalten des Centrums und des Randes hinsichtlich ihrer Lichtstärke, sondern man sieht in dem verkleinerten Körperchen einen scharf kreisförmig begrenzten, durch eine feine Linie markirten Contour, welcher sich erhält, wenn das Körperchen weiter zerstört wird, indem er als Contour eines kleinen scheibenförmigen centralen Körperchens der Einwirkung des Chloroforms Widerstand leistet. Alle übrigen Bestandtheile des Blutkörperchens werden gelöst.

Die Verwandlung der Blutkörperchen bei dem angeführten Versuch geschieht leicht so rasch, dass es schwer wird, ein einzelnes von Anfang an zu fixiren und sich verändern zu sehen, da, bis man nach Schliessung des Apparates das Mikroskop auf das Blut einstellt, die Veränderung der Körperchen mehr oder weniger weit vorgeschritten ist. Es kam mir daher darauf an, das Chloroform erst während der Beobachtung zutreten und möglichst langsam einwirken zu lassen. Ich habe deshalb die Chloroformkammer in folgender Weise verändert. Wie Fig. 21 zeigt, ist die kleine Glaskammer mit zwei luftdicht eingekitteten Glasröhren versehen, die auf dem Objectträger ruhend, etwas über dem Boden der Kammer in dieselbe einmünden. Das über dem Rand des Objectträgers frei vorragende Ende der Glasröhrchen ist mit ungefähr einen Fuss langen Kautschukschläuchchen versehen<sup>1)</sup>. — Bei

<sup>1)</sup> Mittlerweile ist ein ähnlicher Apparat von Kühne beschrieben worden; ich

man in ihnen collabirte Hüllen vor sich hätte. Auch durch nachträgliche Färbung treten nirgendwo Unebenheiten hervor. Ja es ist sogar ganz gleichgültig, welches Mittel man zur Zerstörung der Blutkörperchen verwendet, in dem Aussehen jener Scheibchen ändert sich darum nichts. Ob man das Blut durch Wasser, oder Chloroform, oder durch Frieren<sup>1)</sup>, oder dadurch, dass man es faulen lässt, aufhellt, bleibt sich gleich, immer findet man dieselben unveränderlichen Gebilde in der gleichen Gestalt und Grösse wieder, ohne jemals die Andeutung eines Risses oder eines membranösen Fetzens zu sehen und lässt sich hieraus schliessen, dass sie nicht der zusammengefallene Rest einer ursprünglich umfangreichen Blase sein können, sondern vielmehr in der Form und Grösse, in welcher sie erscheinen, präexistiren.

Diese Ueberzeugung habe ich zuerst bei der Behandlung des Blutes mit Chloroform gewonnen, wodurch sich der directe Beweis führen lässt, dass die der Einwirkung widerstehenden Reste die Kerne der Blutkörperchen sind. Vor einiger Zeit ist von mir der Einfluss des Chloroforms auf die Krystallisation des Blutes beschrieben worden. Es blieb damals die Frage unerörtert, ob durch dieses Mittel alle Bestandtheile der Blutkörperchen gelöst würden, indem ich mir vorbehielt<sup>2)</sup>, auf dieselbe zurückzukommen. Aus den bereits gemachten Angaben geht nun zwar schon hervor, dass die in Rede stehenden Scheibchen der Einwirkung der Chloroformdämpfe widerstehen, es ist jedoch noch zu erläutern, wie die Zerstörung der Blutkörperchen vor sich geht, weil dieses auf die Structur derselben ein nicht unbedeutendes Licht wirft und ihre Beziehung zu jenen Resten klar zu machen vermag.

Lässt man Chloroformdämpfe in dem von mir a. a. O. S. 127 beschriebenen Apparate<sup>3)</sup> auf Blutkörperchen einwirken, indem man

<sup>1)</sup> Rollett gibt an, dass bei wiederholtem Frieren des Blutes die letzten Reste der Blutkörperchen sich lösen, „es könne sich der Farbstoff zugleich mit der ganzen Substanz des Blutkörperchens auflösen“ (Versuche und Beobachtungen am Blute, S. 8 u. 9). Dieses ist nach meinen Erfahrungen nicht der Fall, die blassen Scheibchen widerstehen der Einwirkung der Kälte und finden sich immer in zahlloser Menge in der aufgehellten Blutflüssigkeit vor.

<sup>2)</sup> Dieses Archiv. Bd. XXXII. S. 128.

<sup>3)</sup> Es ist derselbe später als „feuchte Kammer“ in diesem Archiv Bd. XXXV. abgebildet worden.

dieselben nach Verschluss der Glaskammer möglichst rasch in den Focus des Mikroskops bringt, so findet man, dass sie fast momentan sich verkleinern, kugelig und stark glänzend werden. Die Verringerung des Durchmessers geschieht durch eine Lösung des Häoglobins von der Peripherie her, und indem diese beständig fortschreitet, erblasst das Blutkörperchen mehr und mehr; es schmilzt unter dem Einflusse des Chloroforms wie ein Bonbon, das man im Munde zerfließen lässt. Dann tritt ein Zeitpunkt ein, wo man bei guter Beleuchtung in dem erblassten Körperchen einen Kern wahrnimmt. (Immersionssystem No. 9 u. 10 v. Hartnack). Es ist derselbe nicht durch eine Lichtbrechung vorgetäuscht, denn erstens ist das mit Chloroform behandelte Blutkörperchen nicht biconcav, sondern kugelig, wie sich beim Umwälzen desselben erkennen lässt, dann aber unterscheidet sich der in demselben sichtbare Kern sehr wesentlich von der an biconcaven Blutkörperchen bekannten centralen Schattirung. Man findet nicht bloss ein verschiedenes Verhalten des Centrums und des Randes hinsichtlich ihrer Lichtstärke, sondern man sieht in dem verkleinerten Körperchen einen scharf kreisförmig begrenzten, durch eine feine Linie markirten Contour, welcher sich erhält, wenn das Körperchen weiter zerstört wird, indem er als Contour eines kleinen scheibenförmigen centralen Körperchens der Einwirkung des Chloroforms Widerstand leistet. Alle übrigen Bestandtheile des Blutkörperchens werden gelöst.

Die Verwandlung der Blutkörperchen bei dem angeführten Versuch geschieht leicht so rasch, dass es schwer wird, ein einzelnes von Anfang an zu fixiren und sich verändern zu sehen, da, bis man nach Schliessung des Apparates das Mikroskop auf das Blut einstellt, die Veränderung der Körperchen mehr oder weniger weit vorgeschritten ist. Es kam mir daher darauf an, das Chloroform erst während der Beobachtung zutreten und möglichst langsam einwirken zu lassen. Ich habe deshalb die Chloroformkammer in folgender Weise verändert. Wie Fig. 21 zeigt, ist die kleine Glaskammer mit zwei luftdicht eingekitteten Glasröhren versehen, die auf dem Objectträger ruhend, etwas über dem Boden der Kammer in dieselbe einmünden. Das über dem Rand des Objectträgers frei vorragende Ende der Glasröhrchen ist mit ungefähr einen Fuss langen Kautschukschläuchchen versehen<sup>1)</sup>. — Bei

<sup>1)</sup> Mittlerweile ist ein ähnlicher Apparat von Kühne beschrieben worden; ich

Anstellung des Versuchs verfährt man folgendermaassen. Es wird eine sehr geringe Menge Blut in dünnster Schicht auf die untere Fläche des Deckglases gestrichen und dieses dann rasch auf den mit Fett bestrichenen geschliffenen Rand der Kammer gelegt. Damit das Blut vor Verdunstung geschützt sei, befinden sich auf dem Boden der Kammer ein paar Tröpfchen Wasser. Das Chloroform wird nun so zugeleitet, dass man den einen der Kautschukschläuche in eine zum Theil mit demselben gefüllte Flasche hängt, durch den anderen aber, indem man gelinde ansaugt, während man ein Blutkörperchen fixirt, die Chloroformdämpfe in den Apparat hineinzieht. Man kann auf diese Weise die Wirkung beliebig abschwächen und steigern und die Phasen, welche das Blutkörperchen durchläuft, hinlänglich verfolgen.

Ich habe mich, wie ich hier gleich erwähnen will, derselben Vorrichtung bedient, um die Veränderungen kennen zu lernen, welche Blutkörperchen durch Sauerstoff, Kohlensäure und andere Gasarten erleiden. Sie bietet im Vergleich mit dem von Harless<sup>1)</sup> angegebenen Apparate den Vortheil, dass sie einfacher ist, die Untersuchung einer sehr dünnen Blutschicht mit starken Vergrösserungen gestattet und die zugeleiteten Gase viel intensiver auf diese einwirken lässt, da sie nach Verdrängung der atmosphärischen Luft mit den Blutkörperchen direct in Berührung kommen.

Kehren wir indess zu den Erscheinungen zurück, welche man bei Einführung geringer Quantitäten Chloroformdampf sich entwickeln sieht. Hierbei zeigt sich besonders deutlich, dass die Blutkörperchen sich nicht etwa durch Schrumpfung verkleinern oder durch Ausströmen eines Inhalts, sondern dadurch, dass sie von aussen nach innen an Masse verlieren. Es werden dieselben, wie ich nach früher mitgetheilten Erfahrungen<sup>2)</sup> mich ausdrücken darf, von der Oberfläche her immer weiter zum Centrum oxydirt. Im Fall also, dass das Blutkörperchen eine Membran besitzt, ist diese es, welche zuerst zerstört wird, dann folgen erst die mehr nach innen gelegenen Theile. Das Centrum selbst aber widersteht. Die-

habe jedoch nicht unterlassen wollen eine genauere Angabe des Verfahrens zu machen, dessen ich mich bedient habe.

<sup>1)</sup> Harless, Monographie über den Einfluss der Gase auf die Form der Blutkörperchen. Erlangen, 1846.

<sup>2)</sup> a. a. O. S. 129.

ses wird von einem kleinen cirkelrunden blassen Scheibchen eingenommen, welches für nichts anderes gehalten werden kann; als für einen Kern der Blutkörperchen, wenn dieser auch immerhin ein veränderter, rudimentärer Kern ist.

Wenn es für alle rothen Blutkörperchen gilt, dass sie unter dem Einflusse der Chloroformdämpfe in der angegebenen Weise sich lösen, so verdient doch hervorgehoben zu werden, dass dieses mit einigen Abweichungen im Aussehen derselben geschieht, und dass ein Theil resistenter ist, als ein anderer. Ja man kann sagen, dass sehr viele Grade der Widerstandsfähigkeit sich vorfinden. Wir wollen aber im Allgemeinen zwei Formen, resistenter und weniger resistente unterscheiden. Bei der ersteren sieht man Folgendes: Das anfänglich scheibenförmige Blutkörperchen nimmt die Maulbeerform an. Die zahlreichen, oft ganz stachligen Fortsätze treten scharf hervor, so dass solch ein Blutkörperchen wie ein Stechapfel aussieht; dann schmelzen diese peripherisch ab, der Contour wird wieder glatter, das ganze Körperchen homogener, blasser und kleiner, doch erkennt man an demselben noch eine leicht körnige Beschaffenheit, endlich aber verliert sich unter fortschreitender Verkleinerung auch diese und es bleibt von dem nun völlig entfärbten Blutkörperchen nichts weiter übrig als ein centrales blasses Scheibchen, das aus dem rundum sich ablösenden Blutroth hervortritt. Bei der anderen Art der Blutkörperchen geht die Zerstörung rascher vor sich. Sie zeigen bei Beginn der Chloroformwirkung nicht den Uebergang in die Maulbeerform, oder wenigstens nur eine schwache Andeutung derselben, die sich durch ein leicht granulirtes Aussehen verräth, und verkleinern sich unter Beibehaltung eines glatten Contours. In diesen kann man bei günstiger Beleuchtung, wenn sie ganz hell geworden sind, im Centrum den kleinen kreisförmigen Kern erkennen, bevor er ganz frei wird, was unmittelbar darauf geschieht. Die hier angegebenen successiven Veränderungen der Blutkörperchen sind in Fig. 5 dargestellt. Einmal habe ich in einem durch Chloroform erblassten menschlichen Blutkörperchen drei Ringe gesehen, doch sah ich sie nicht frei werden, da das Präparat verrückt wurde. Es wäre möglich, dass dieses ebenso viele Kerne gewesen sind, in der Regel sieht man aber nur einen einzigen frei werden.

Ehe ich weiter gehe, will ich noch einmal darauf aufmerksam machen, dass die zu untersuchende Blutschicht äusserst dünn aufgestrichen sein muss, weil sonst die sich entwickelnden Kerne in dem gelösten Blutroth unsichtbar werden, und das geschieht nur allzuleicht. Wenn nun der Wahrnehmung derselben schon eine dünne Schicht gelösten Hämoglobins hinderlich ist, so kann man daraus entnehmen, wie ungerechtfertigt die Forderung ist, zum Beweise für die Existenz eines Kerns in den Säugethierblutkörperchen die Demonstration desselben innerhalb der intacten Blutkörperchen zu verlangen.

Ganz in derselben Weise, wie ich es für das Chloroform beschrieben habe, findet die Lösung der Blutkörperchen beim Frieren statt. Auch hier zeigt sich eine Verkleinerung derselben, die von aussen nach innen vorschreitet, bis ein farbloses Körperchen zum Vorschein kommt, das durch die Kälte nicht zerstört wird. Man kann sich daher auch auf diesem Wege von der Existenz eines centralen Gebildes überzeugen; es hat jedoch die Beobachtung im Freien während des Winters ihre Unannehmlichkeiten und lässt sich die Intensität der Einwirkung nicht willkürlich modificiren, daher sich denn wohl am meisten zu solchen Versuchen das Chloroform oder auch Aether empfiehlt.

Ich habe mich jedoch auch auf andere Weise bemüht, den Kern in den rothen Blutkörperchen sichtbar zu machen, wenn auch nicht immer mit glücklichem Erfolge, so dass ich abgesehen von der besprochenen Methode keine bestimmten Regeln anzugeben vermag. Während einer grossen Reihe von Versuchen mit den verschiedensten Reagentien habe ich denselben aber gelegentlich in den rothen Blutkörperchen ausgebildeter Säugethiere und des Menschen gesehen. Namentlich wurde er mir einige Male durch Anilinfarben sichtbar in einer Weise, dass an eine Täuschung durch Lichtbrechung nicht zu denken war. Am glücklichsten war ich in dieser Beziehung bei Behandlung der Blutkörperchen mit salpetersaurem Rosanilin, auf welches von Roberts <sup>1)</sup> aufmerksam gemacht worden ist. Die Erfolge mit demselben sind jedoch nicht immer gleich. Ich fand einmal bei Behandlung des Blutes einer tuberculösen Frau mit dem genannten Reagens, dass in einzelnen Blutkörperchen

<sup>1)</sup> Quaterly Journal of micr. science. 1863. p. 170.

ein Kern von cirkelrunder Gestalt sich intensiv färbte, während der umgebende Saum erblasst erschien (Fig. 7). Dasselbe beobachtete ich an den Blutkörperchen bereits etwas faulig gewordenen menschlichen Blutes. Es hatten diese schon einen Theil ihres Farbstoffes an das Serum abgegeben, waren kleiner und blasser geworden; als nun auf dieselben eine Lösung von salpetersaurem Rosanilin einzuwirken begann, sah man innerhalb einer wenig gefärbten Hülle einen stark tingirten wie oben beschaffenen Kern auftreten (Fig. 6).

Auch in dem Blute einer leukämischen Leiche fand ich rothe Blutkörperchen mit Kernen, eine Thatsache, die mittlerweile auch schon von Erb<sup>1)</sup> mitgetheilt worden ist. Wenn bei den erwähnten Krankheitszuständen der Nachweis der Kerne innerhalb der rothen Blutkörperchen leichter ist, als in denen gesunder Individuen, so liegt das wohl daran, dass in dem ersteren Falle eine geringere Schicht Blutfarbstoff der Sichtbarkeit der Kerne in der sie umgebenden Substanz weniger Schwierigkeiten bereitet.

#### Von der den Kern der Blutkörperchen umgebenden Substanz.

Es gehört in diesen Abschnitt das, was man bisher als den „Inhalt“ der Blutkörperchen bezeichnet hat. Dieser Ausdruck ist gewiss unglücklich gewählt, weil er voraussetzt, dass die Blutkörperchen Bläschen seien und weil man durch denselben sich vielleicht vorzugsweise gewöhnt hat, darunter eine Flüssigkeit zu verstehen. Das Irrthümliche, das darin lag, konnte nicht lange verborgen bleiben und erfolgte daher bald von allen Seiten lebhaft Zustimmung, als zuerst von Beale<sup>2)</sup> in England und dann von Brücke<sup>3)</sup> in Deutschland gegen die bezeichnete Auffassung vom Bau der Blutkörperchen Einsprache erhoben wurde. Auch machte sich hierdurch ein unleugbarer Einfluss auf die Arbeiten geltend, welche seitdem diesen Gegenstand behandelten, da in denselben

<sup>1)</sup> Dieses Archiv. Bd. XXXIV. S. 192.

<sup>2)</sup> Beale's Lectures. April—Mai 1861. in Quaterly Journ. of micr. sc. 1861. p. 240.

<sup>3)</sup> Die Elementarorganismen. Sitzungsberichte der Wiener Acad. v. October 1861. S. 388 ff.

der einmal angeregte Gedanke weiter begründet und auf verschiedene Weise der Beweis versucht wird, dass ein flüssiger Blutkörpercheninhalt innerhalb einer Bläschenhülle nicht existire. So sehr dieses zur Förderung sowohl unserer Kenntnisse von der Blutkörperchenstructur, als auch einiger allgemeinen histologischen Fragen beigetragen hat, so ist doch auf der anderen Seite hier und da ein etwas zu weit gehender Enthusiasmus über die Neuheit der Sache laut geworden, der ohne Zweifel durch eine genauere Bekanntschaft mit der Geschichte der Blutkörperchen gemildert worden wäre. Grade in Betreff der rothen Blutkörperchen lässt sich vielleicht am wenigsten behaupten, dass man ihnen allgemein einen „flüssigen Zelleninhalt“ zugesprochen hätte; auch ist das Resultat, dass dieser sogenannte Zelleninhalt weder fest, noch flüssig sei, auch eben nicht neu.

Schon unter den ältesten Beobachtern finden sich welche, die in den rothen Blutkörperchen eine gleichmässige, elastisch dehnbare Substanz sahen. Fontana z. B. sagt: „Si vede per toto una sostanza uniforme, omogenea d'eguale et continuata trasparenza“<sup>1)</sup> und John Hunter weiss nicht recht, ob er den „rothen Bluttheil“ für fest oder flüssig halten soll. „Es hat derselbe etwas von der Natur fester Körper an sich; gleichwohl scheinen seine Theilchen nicht die Eigenschaft fester Körper zu haben. Denn dem Gefühl nach zeigen sie nichts Festes, und während des Kreislaufes scheinen sie eine elliptische Gestalt anzunehmen und sich nach der Weite und Grösse der Gefässe zu schicken. Man muss sie daher für flüssig halten“ u. s. w.<sup>2)</sup> Später nahm man feste und flüssige Theile in gleichmässiger Vertheilung an (Wedemeyer, Blainville, Burdach) und dann wurde nach dem Durchbruch der Zellenlehre von Nasse gezeigt, dass an dem Blutkörpercheninhalt sich zwei von einander verschiedene Substanzen unterscheiden lassen. Er machte darauf aufmerksam, dass derselbe aus einer in Wasser nicht löslichen farblosen Grundlage bestehe, welche von einer wahrscheinlich gelösten, oder wenigstens in Wasser leicht löslichen rothen Substanz (Blutroth) durchdrungen ist, in deren

<sup>1)</sup> Fontana, Nuove Osservazioni etc. Napoli 1763. p. 41. Chr. Schmidt, Ueber die Blutkörner. S. 31.

<sup>2)</sup> J. Hunter, Versuche über das Blut. Uebersetzt von Hebenstreit. Leipzig 1797. S. 116.



Mitte ein Aggregat von festen, nicht mit Blutroth verbundenen Körnchen sich befindet. Diese Angabe, dass in den rothen Blutkörperchen eine farblose Grundlage existire, so wie die, dass das Blutroth von derselben getrennt werden könne, ist später von Rollett auch durch das Frieren des Blutes nachgewiesen worden und von ihm die früher als farblose Grundlage bekannten Bestandtheile „Stroma“ benannt worden mit der Bemerkung, dass dasselbe und das Blutroth „auf eine uns nicht näher bekannte Weise an einander gehalten sind“<sup>1)</sup>).

Einige Zeit vor Rollett waren jedoch die Structurverhältnisse der rothen Blutkörperchen schon weiter erkannt worden. Hensen<sup>2)</sup> hat das Verdienst, darauf hingewiesen zu haben, dass in den rothen Blutkörperchen des Frosches eine kernhaltige Protoplasmaschicht existirt, welche als weisse körnige Materie bald dicker, bald dünner um den Kern angehäuft ist, und dass von dieser körnige Fäden (Protoplasmafäden) ausgehen, welche zum Theil bis an die Peripherie reichen. Es ist wohl nicht zu bezweifeln, dass Nasse denselben Bestandtheil der Blutkörperchen mit der „farblosen Grundlage“ gemeint habe, doch ist unstreitig durch Hensen die Kenntniss desselben erweitert worden und verdient ausserdem der von ihm gewählte Ausdruck wegen der darin enthaltenen Beziehung zum Protoplasma der farblosen Blutkörperchen den Vorzug. Ich werde daher im Folgenden jene farblose Grundlage der rothen Blutkörperchen das Protoplasma derselben nennen. Die von Hensen angeführten Versuche, welche die Existenz desselben in den Froschblutkörperchen darthun, können als bekannt vorausgesetzt werden; ich darf mich daher einerseits darauf beschränken, sie einfach zu bestätigen und zu wiederholen, dass man im unvermischten Blute der Amphibien durch Quetschen der Blutkörperchen vom Kern zur Peripherie verlaufende Fäden nachweisen kann (Fig. 8 a.), andererseits aber erlaube ich mir hervorzuheben, dass durch dieses Verfahren, so wie auch durch die anderen von Hensen angegebenen Untersuchungsmethoden der Bau derselben noch nicht in vollem Umfange hat dargethan werden können, wie aus dem Folgenden sich ergeben wird.

<sup>1)</sup> Rollett, Versuche und Beobachtungen am Blute. 1862. S. 34.

<sup>2)</sup> Zeitschrift für wiss. Zool. 1861. Bd. IX. S. 260.

Vor allen Dingen sei hier eine Reaction erwähnt, die durch eine Tanninlösung von 0,5 pCt. besonders schön an Blutkörperchen vom Salamander (*Triton cristatus*) hervorgerufen werden kann. Es geschieht dieses entweder dadurch, dass man auf einem Objectträger einen Tropfen Salamanderblut und einen Tropfen der genannten Solution in nahe Berührung mit einander bringt und sie dann gemeinschaftlich mit einem Deckglase bedeckt, oder dadurch, dass man nachträglich das Reagens zu dem unter dem Deckglase befindlichen Blute treten lässt. Man sieht nun zunächst ein Kugligwerden der Blutkörperchen und eine Entfärbung derselben sich einstellen. Einige bersten dabei, andere aber zeigen bestimmte Umwandlungen im Innern, welche immer in derselben Weise wiederkehren und wichtige Schlüsse in Betreff der Structur der Blutkörperchen erlauben. Es sind dieselben namentlich dann schön zu übersehen, wenn man das Präparat, nachdem das Tannin einige Zeit eingewirkt hat, nachträglich mit ein wenig Essigsäure behandelt. Die Blutkörperchen verlieren in diesem Falle jede Spur von Färbung, ohne dass dabei wie gewöhnlich wesentliche Theile derselben einer Lösung unterliegen.

Man kann die nach der angegebenen Behandlung im Präparate befindlichen Blutkörperchen in drei Kategorien bringen, womit nicht gesagt sein soll, dass nicht Uebergänge zwischen denselben sich vorfinden.

1. Blutkörperchen mit grossem Kern von unebener Oberfläche, der mit zahlreichen stachelartigen Fortsätzen rundum besetzt ist, so dass er wie ein Stechapfel aussieht. Die Zahl und Länge der von ihm ausstrahlenden Fortsätze variirt bedeutend. In einem Theil der Blutkörperchen reichen sie bis an die äussere Hülle, die doppelt contourirt erscheint, und verleihen dem ganzen Blutkörperchen ein strahliges Aussehen (Fig. 1. a.). Sie hängen zum Theil mit der Hülle continuirlich zusammen; wo sie aber kürzer sind, liegt der stachelige Kern allem Anschein nach in einem freien Raume, der von der doppelt contourirten Membran umgrenzt wird. Die einzelnen Stacheln sind starr wie Nadeln und vollkommen farblos, bald in ihrer ganzen Länge vom Kern bis zur Hülle von gleicher Dicke, bald innen dicker und nach aussen sich zuspitzend, ja mitunter auch gegen die Peripherie gablig getheilt. Zwischen den längeren und gröberen Stacheln sieht man meist kürzere und feinere,

die aber alle auf dem Kern festsitzend in radiärer Richtung von ihm auslaufen.

2. Blutkörperchen, welche eine farblose körnige Masse in der Umgebung des Kerns einschliessen. Die Granulation ist bei einigen dichter, bei anderen sparsamer und auch die einzelnen Körnchen verschieden grob. Der Kern dieser Blutkörperchen ist kleiner als der der vorigen, von ovaler oder runder Gestalt mit leicht höckeriger Oberfläche, ohne irgend eine Spur von Stacheln. Die Hülle ebenso deutlich doppelt contourirt wie bei der ersten Form (Fig. 1. b.).

3. Blutkörperchen, an denen man ausser der wie oben beschaffenen Hülle und dem Kern nichts wahrnimmt; der ganze Raum zwischen beiden erscheint frei von festen Bestandtheilen. Ausserdem aber besitzt der Kern eine sehr abweichende Beschaffenheit; er ist nicht nur bedeutend kleiner, als in den unter 1 und 2 erwähnten Blutkörperchen, sondern auch im Gegensatz zu diesen ganz glatt contourirt und von so auffällig glänzendem Aussehen, dass er an manche Kalkkörperchen der Bandwürmer erinnert (Fig. 1. c.).

Was ist nun davon zu halten, wenn Salamander-Blutkörperchen durch eine Tanninlösung in der Weise verändert werden, wie es im Vorhergehenden angegeben worden ist? Ist man berechtigt aus dem beschriebenen, so verschiedenartigen Verhalten der einzelnen Blutkörperchen einen Schluss auf ihre Structur zu machen? Und wenn letzteres der Fall ist, in wie weit hat dann die Gerbsäure präexistirende Structurverhältnisse derselben zerstört oder verändert, und in wie weit finden wir dieselben erhalten vor?

Ohne Zweifel kommt vor allen Dingen der Umstand in Betracht, dass die Gerbsäure mit der Substanz der Blutkörperchen unlösliche Verbindungen eingeht und kann von vorn herein zugegeben werden, dass die auftretenden Veränderungen zum grossen Theil darin ihre Erklärung finden. Auch leuchtet ein, dass durch das hinzutrende Reagens zunächst die Oberfläche des Körperchens alterirt werden müsse, gleichviel ob dieselbe von einer besonderen Membran gebildet wird oder nicht. Von dieser letzteren Frage können wir hier ganz absehen; es mag vorläufig genügen, dass wir eine starre doppelt contourirte Hülle, deren Existenz Niemand leugnen wird, an jedem mit Tanninlösung behandelten Blutkörperchen vorfinden. Diese Uebereinstimmung hinsichtlich der Membran zeigt

sich aber keineswegs an den von ihr eingeschlossenen Theilen. Der Raum zwischen der Membran und dem Kern erscheint, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, bei einem Theil der Blutkörperchen ganz frei von festen Bestandtheilen, bei einem anderen mehr oder weniger mit fein granulirter Masse gefüllt, welche den Kern umgibt, und endlich bei einem dritten Theil von zahlreichen starren Fäden durchzogen, welche sich zwischen Kern und Membran ausspannen und wo sie am längsten erscheinen, eine vollständige Verbindung zwischen beiden herstellen. Die Mannigfaltigkeit dieser Veränderungen, welche mit grosser Beständigkeit in jedem vorsichtig angefertigten Präparate wiederkehrt, kann nur von einer ebenso mannigfaltigen Beschaffenheit der Blutkörperchen selbst abhängig gedacht werden; in ihnen allein ist der Grund für die vorkommenden Differenzen zu suchen. Diese Voraussetzung widerspricht auch keineswegs den bisherigen Erfahrungen. Man ist längst sowohl bei Untersuchung frischen, unvermischten Blutes, als auch bei Behandlung desselben mit Wasser und anderen Reagentien auf das verschiedene Verhalten und namentlich auf die verschiedene Resistenzfähigkeit der Blutkörperchen in einem und demselben Präparate aufmerksam geworden, allein die Kenntniss dieser Abweichungen ist bei der Angabe stehen geblieben, dass ein Theil derselben leichter, ein anderer schwerer löslich sei, dass einige grösser, andere kleiner erscheinen, diese eine intensivere, jene eine schwächere Färbung besässen. Hinsichtlich der inneren Structur der rothen Blutkörperchen sind Unterschiede aber noch nicht aufgedeckt worden und fragt sich nun, mit welchem Recht wir solche aus den auffälligen Veränderungen, welche das Tannin an ihnen hervorruft, zu erschliessen im Stande sind. Mir scheint es völlig klar zu sein, dass zwei Blutkörperchen, die zu gleicher Zeit unter gleichen äusseren Verhältnissen demselben chemischen Reagens ausgesetzt werden, nicht gleich zusammengesetzt sein können, wenn das eine derselben darnach einen grossen unregelmässig contourirten Kern mit dichtem Stachelbesatz erkennen lässt, während das andere zwischen der Hülle und seinem kleinen glattrandigen, glänzenden Kern gar keine sichtbaren Bestandtheile darbietet, und ebenso wenig können diese beiden wiederum denen gleich sein, bei welchen unter denselben Bedingungen etwas körnige Substanz in der Umgebung des Kerns zum Vorschein kommt. Die Berechtigung zu diesem

Schluss muss ich für vollkommen begründet halten, damit ist aber freilich noch nicht bewiesen, dass im circulirenden Blute ein Theil der Blutkörperchen einen grossen mit stacheligen Fortsätzen versehenen, ein anderer einen kleinen glatten Kern besitze. Berücksichtigen wir jedoch andere Erfahrungen, so werden wir durch diese in den Stand gesetzt, dasjenige auszuschneiden, was durch die Gerbsäure erzeugt wird. Hensen hat dargethan, dass wenn man auf die Körperchen frischen, unvermischten, oder mit Serum verdünnten Froschblutes einen Druck ausübt, der beim Bersten derselben austretende Kern von einer körnigen Materie umlagert erscheint, von der feine Fäden ausstrahlen. Diese Fäden enden gewöhnlich bald, indess sind sie in einzelnen Fällen so lang, dass sie bis an die Zellwand herangereicht haben müssen; sie sind gewöhnlich gekrümmt und fliessen in einem Bogen mit einem der anderen Strahlen zusammen. Diese auf Froschblutkörperchen sich beziehenden Angaben habe ich auch an denen des Salamanders bestätigen können und will noch hinzufügen, dass ich mitunter auch ohne dass dieselben geborsten waren vom Kern zur Peripherie verlaufende Fortsätze beobachtet habe, wie sie in Fig. 8. a. abgebildet sind. Aber ich muss auf der anderen Seite Gewicht darauf legen, dass nicht an allen Blutkörperchen dieser Nachweis geführt werden kann. Es geht dieses nicht nur aus den Quetschversuchen hervor, sondern auch aus den Veränderungen, welche die Blutkörperchen, wie Hensen angegeben hat, nach einer Behandlung mit Zuckerlösung erfahren. Hierbei zieht sich bei allen Blutkörperchen der gefärbte Inhalt von einer Hülle mehr oder weniger zurück, bleibt dabei aber nur bei einem Theil derselben mit dieser durch farbige Fäden in Verbindung. Ich habe diese Erscheinung, deren geringster Grad sich in dem Fleckigwerden der Amphibienblutkörperchen zu erkennen gibt (Fig. 9. a.), nicht nur nach Einwirkung einer Zuckerlösung, sondern auch nach Vermischung des Blutes mit schwefelsaurem Natron und bisweilen auch gelegentlich ohne eine besondere Behandlung desselben auftreten gesehen (Fig. 9. b—d.). Dabei fand ich aber immer neben solchen Blutkörperchen, deren Farbstoff in Form von Fäden zwischen dem Kern und der Hülle ausgespannt erschien, auch solche, in denen er sich ganz um den Kern zurückgezogen hatte und andere, die blasser und deutlich granulirt erschienen. Ein ähnliches Aussehen gewinnen die ersteren

durch Wasserzusatz. Indem hiernach die Blutkörperchen kuglig werden, zerfallen die farbigen Fäden und der um den Kern gelagerte Farbstoff zu kleinen Körnchen, welche sich meist in der Umgebung des Kerns anhäufen.

Durch jene Beobachtungen ist also auch im Innern ganz frischer Amphibienblutkörperchen die Existenz von Protoplasmafäden nachgewiesen und lässt sich deshalb von Hause aus der Einwand zurückweisen, dass der Stachelbesatz des Kerns, der durch eine Tanninlösung sichtbar wird, nicht ursprünglich vorhanden, sondern das Product einer Gerinnung sei. Im frischen Zustande haben allerdings ohne Zweifel die vom Kern zur Oberfläche verlaufenden Fäden nicht die starre Beschaffenheit und grosse Widerstandsfähigkeit, wie sie in unserem Versuch hervortreten, aber sie präexistiren darum nichtsdestoweniger als Fäden, was auf die oben erwähnte Weise dargethan werden kann. Wenn sie auch im frischen Blutkörperchen leicht zerstörbar sind, zusammenfliessen und sich verkürzen, so dass man rasch beobachten muss, so müssen sie darum doch immerhin als relativ feste Theile im Innern desselben unterschieden werden. In der Gerbsäure von der angegebenen Concentration habe ich nun ein Mittel gefunden, welches diese leicht zerstörbaren Gebilde in den Blutkörperchen der Tritonen derart erstarren macht, dass sie auf's Deutlichste sichtbar werden, während die Demonstration derselben in den frischen Blutkörperchen viel grössere Schwierigkeiten bereitet. Diesem Umstande ist es zuzuschreiben, dass die Arbeit von Hensen den in den Blutkörperchen vorhandenen Protoplasmafäden noch keineswegs die Anerkennung verschafft hat, die ihnen gebührt, und dass spätere Beobachter auf einen schon abgethanen Standpunkt zurückgekehrt sind, welcher vor mehr als zwanzig Jahren mit der Entdeckung einer farblosen Grundlage in den Blutkörperchen gewonnen worden war.

Sollten gegen die Präexistenz der beschriebenen, durch Tannin wahrnehmbar werdenden Fäden Bedenken erhoben werden, wie wohl vorausgesetzt werden kann, so liesse sich dem, abgesehen von dem an frischen Blutkörperchen zu erhaltenden gleichen Resultate, namentlich Folgendes entgegenstellen. Es sind dieselben erstlich viel zu regelmässige vom Kern zur Hülle verlaufende Stränge, als dass sie durch Fällung oder Schrumpfung einer vorher gleichmässigen Substanz entstanden sein könnten. Ein durch

die Gerbsäure bedingter Niederschlag müsste, wenn er überhaupt in Form von Stacheln oder Fäden aufträte, bald in dieser, bald in jener Richtung den Raum zwischen der Membran und dem Kern durchsetzen; hier dagegen finden wir einen zierlich angeordneten Strahlenkranz, der in jedem Blutkörperchen, welches ihn besitzt, in gleicher Weise wiederkehrt und unveränderlich der Oberfläche des Kerns aufsitzt. Es ist nicht gut möglich, dass einfache Gerinnsel ein so eigenthümliches Aussehen darzubieten und immer in radiärer Richtung vom Kern zur Peripherie sich zu bilden vermöchten. Dann aber können wir fragen, warum nicht in allen Blutkörperchen durch das Tannin solche Artefacte entstehen. Würde es sich bei der Bildung jener Fäden nur um die Fällung einer nicht präformirten Substanz handeln, so dürfte diese überall in derselben Weise auftreten und in jedem Blutkörperchen sichtbar werden. Sind dieselben aber der Ausdruck einer besonderen Organisation, die anderen Blutkörperchen mangelt, so können die Erscheinungen, welche das Reagens hervorruft, ebenso mannigfaltig ausfallen, als in der Zusammensetzung der Blutkörperchen sich Verschiedenheiten vorfinden.

Ich glaube hierüber nicht mehr sagen zu müssen und darf es Jedem überlassen, durch die angegebene Behandlung von Salamanderblutkörperchen sich selbst ein Urtheil über die auffälligen fadenförmigen Gebilde zu verschaffen, welche vom Kern zur Peripherie verlaufen. Hensen hat die Zahl derselben auf 2—6 angegeben und in der That sieht man von der körnigen Masse in der Umgebung des aus frischen Blutkörperchen hervorgetretenen Kerns kaum jemals mehr. Die Tanninlösung macht deren aber eine viel grössere Menge sichtbar, so dass es bisweilen schwer wird, sie zu zählen und der Kern wie gesagt nach allen Richtungen von ihnen dicht besetzt erscheint. Wenn wir in denselben relativ feste, vorgebildete Theile der Blutkörperchen anerkennen müssen, so fragt sich, wie sich die zwischen ihnen gelegene Substanz gegen die Tanninlösung verhält. Diese tritt zum grossen Theil durch Diffusion aus den Blutkörperchen aus. Es lässt sich das aus zwei Erscheinungen behaupten. Erstlich nehmen sich die Blutkörperchen und zweitens bildet sich in der Umgebung derselben ein feinkörniger Niederschlag. Daraus lässt sich entnehmen, dass in Lösung befindliche Bestandtheile der Blutkörperchen erst

nach ihrem Austritt aus denselben von der umgebenden Flüssigkeit gefällt werden, und scheint hierin die Bedingung für das Sichtbarwerden der zahlreichen Fäden zu liegen, da die Blutkörperchen abgesehen von diesen selbst ganz klar und aufgehellert erscheinen. Es hat demnach die Annahme viel für sich, dass die flüssigen Bestandtheile aus den Blutkörperchen entfernt werden, die relativ festen dagegen unter dem Einflusse der Gerbsäure erstarren. Diese Wirkung hat dieselbe nur in einer bestimmten Concentration. Eine Tanninlösung von 1 pCt. macht alle Blutkörperchen bersten, wahrscheinlich wegen einer sehr stürmisch eintretenden Diffusion und eine noch concentrirtere Lösung lässt sie zu kleinen undurchsichtigen Klumpen zusammenschrumpfen.

Ich habe bisher ausschliesslich von dem Protoplasma der Salamanderblutkörperchen gehandelt und zwar aus dem Grunde, weil es mir besonders an diesen gelungen ist, die Fäden im Innern derselben ausgezeichnet schön hervortreten zu lassen. Auf Froschblutkörperchen wirkt die Tanninlösung nicht ganz in derselben Weise; vielleicht ist für diese eine Lösung von höherer oder geringerer Concentration erforderlich, doch habe ich hierüber nichts Genaueres ermitteln können. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass ich nicht auch an Froschblutkörperchen einen dicht mit Stacheln besetzten Kern wie bei den Salamanderblutkörperchen gesehen hätte, allein es waren in den Präparaten, die mit Gerbsäure angefertigt wurden, immer nur einzelne vorhanden, welche sich in der oben beschriebenen Weise verändert zeigten. Die meisten werden viel leichter zerstört, als die Blutkörperchen des Salamanders. Auch bin ich bei Versuchen mit anderen Reagentien nicht viel glücklicher gewesen. Zwar habe ich öfter in einem Tropfen Froschblut, den ich mit etwas Wasser verdünnt und dann mit wässriger Jodlösung behandelt hatte, entfärbte Blutkörperchen mit einem stechapfelförmlichen Kern, dessen Ausläufer mit der Oberfläche in Verbindung standen, darstellen können, doch waren es aber auch in diesem Falle immer nur einzelne Blutkörperchen, an denen sich dergleichen beobachten liess, während die Mehrzahl derselben entweder nur eine Anhäufung körniger Materie in der Umgebung des Kerns zeigte, oder auch abgesehen von diesem letzteren, ganz frei von festen Bestandtheilen erschien. Dabei aber bot das Aussehen des Kerns der einzelnen Blutkörperchen dieselben Ver-



schiedenheiten dar, die ich für die mit Tannin behandelten Salamanderblutkörperchen angegeben habe. Ueberhaupt war das Resultat mit dem an diesen bemerkten insofern ganz gleich, als auch hier drei Formen von Blutkörperchen unterschieden werden konnten, nur waren diejenigen, deren Protoplasma in Fäden auslief, im Froschblute sehr spärlich vertreten.

Wenn man sich bloss von dem Vorhandensein einer körnigen Protoplasmaschicht in der Umgebung des Kerns überzeugen will, ohne auf die Erhaltung der in einem Theil der Blutkörperchen enthaltenen von ihr ausgehenden Fäden Anspruch zu machen, so kann man sich dazu mit Erfolg folgenden Verfahrens bedienen. Man schliesse einen Tropfen frischen Frosch- oder Salamanderblutes, den man unter das Deckgläschen hat treten lassen, durch Verkitung desselben luftdicht ein. Nach einigen Tagen sieht man dann die Blutkörperchen sich entfärben, indem der Farbstoff an die Interzellularflüssigkeit übergeht, in der Umgebung der Kerne aber bleibt eine körnige Substanz angehäuft, deren Menge in einem Theil der Blutkörperchen grösser, in einem anderen geringer erscheint.

Fassen wir Alles zusammen, so sind wir mit Hensen insofern einverstanden, dass in den Blutkörperchen des Frosches und wie wir hinzufügen können, in denen des Salamanders ein kernhaltiges Protoplasma existirt, doch können wir nicht in jeder Beziehung seiner Angabe über den Bau derselben beistimmen. Diese lautet: „Das rothe Blutkörperchen des Frosches besteht aus gefärbter Zellflüssigkeit in einem Zellraum, aus einer kernhaltigen Protoplasmaschicht, welche erstere umgibt, und einer das Ganze einschliessenden Hülle.“<sup>1)</sup> Es könnte dieser Satz vielleicht eine doppelte Auslegung erfahren, ich füge daher noch einen anderen, welcher dem Schluss der Arbeit, wo der Verfasser die Resultate derselben zusammenstellt, entnommen ist, zur Erläuterung hinzu. Hier heisst es, es wäre hervorzuheben: „dass die Blutkörperchen der Amphibien aus gefärbter Zellflüssigkeit, einer diese umgebenden flüssigen, farblosen körnigen Schicht (in welcher der Kern), und der Membran bestehen.“ Abgesehen davon, dass ich die Membran, wie aus dem Nachstehenden sich ergeben wird, nicht in

<sup>1)</sup> a. a. O. S. 260.

<sup>2)</sup> a. a. O. S. 277.

vollem Umfange gelten lassen kann, habe ich mich niemals überzeugen können, dass eine gefärbte Zellflüssigkeit sich frei in einem Raum befinde und von der Protoplasmaschicht umgeben sei. Vielmehr haben mich alle meine Beobachtungen gelehrt, dass der Farbstoff die äusserste Schicht des Blutkörperchens bilde und dass in diese die vom Kern zur Peripherie verlaufenden farblosen Protoplasmafäden ausstrahlen. Es hängt jedoch dieser Punkt so eng mit der Lehre von der Blutkörperchenhülle zusammen, dass ich die nähere Erörterung desselben verspare, bis ich meine Erfahrungen über diese werde mitgetheilt haben.

Was das Blut der Vögel betrifft, so haben sich meine Untersuchungen auf das des Haushuhns beschränkt. Das Tannin bringt an den Körperchen desselben sehr leicht eine Berstung hervor, wie sie von Roberts beschrieben worden ist. Dieser Umstand ist störend und lässt sich durch Lösungen verschiedener Concentration kaum vermeiden. Ich habe aber trotzdem auch in ihnen vom Kern zur Oberfläche verlaufende Fäden sichtbar machen können, doch gelingt es meist nicht in der Weise eine Entfärbung herbeizuführen, wie sie bei den Blutkörperchen des Frosches und Salamanders gewöhnlich ist. In der Regel sind die Fäden farbig, wie die der Amphibienblutkörperchen nach Behandlung mit Zuckerlösung (Fig. 2. a.), oder auch es ist der Farbstoff ganz in der Umgebung des Kerns angesammelt (Fig. 2. b.). Nur selten sah ich Bilder wie in Fig. 2. c., d. bald mit spärlicheren, bald mit zahlreicheren Fortsätzen, die ebenso farblos erschienen, wie das den Kern umhüllende Protoplasma. Durch dieselben wird jedenfalls dargethan, dass die Vogelblutkörperchen in dieser Beziehung Analogien mit dem Bau der Amphibienblutkörperchen darbieten. Auch darin stimmen beide mit einander überein, dass nicht alle Blutkörperchen sich gegen die Tanninlösung gleich verhalten, sowohl hinsichtlich der Leichtigkeit, mit welcher sie sich entfärben, als auch hinsichtlich der hiernach im Innern sichtbar werdenden Theile.

Die Blutkörperchen des Menschen und der Säugethiere bieten für die Untersuchung der in ihnen enthaltenen farblosen Grundlage die grössten Schwierigkeiten, da sie ungemein leicht zerstörbar sind. Die brauchbarste Methode zur Darstellung der letzteren ist bekanntlich in neuerer Zeit von Rollett in dem Frieren des Blutes kennen gelehrt worden. Allein die farblose Grundlage, d. h. die

den Kern umgebende feinkörnige Masse wird durch niedere Temperatur, je nach der Intensität der Einwirkung selbst mit gelöst. Wenn man daher auch in gefrorenen Blutpräparaten vollkommen entfärbte Reste rother Blutkörperchen antrifft, so kann man doch niemals behaupten, dass man in ihnen den ganzen Antheil an farbloser Substanz, den ein solches Blutkörperchen ursprünglich besitzt, vor sich hätte. Häufig findet man schon nach einmaligem Frieren nur die Kerne, oder nur Spuren der sie umgebenden Masse vor und ist daher auch im günstigsten Falle nicht im Stande anzugeben, wie viel von letzterer durch die Behandlung vernichtet worden sei. Es geht daraus hervor, dass wenn auch überhaupt die Zusammensetzung der Blutkörperchen aus einer farblosen Grundlage und dem Farbstoff durch das Frieren derselben dargethan werden kann, doch die erstere auf diese Weise niemals vollständig sich erhalten lässt, denn bis die Blutkörperchen durch Lösung des Farbstoffs ganz erblasst sind, ist mehr oder weniger von der farblosen Substanz auch mit gelöst worden. Darum kann man durch diesen Versuch keineswegs eine hinreichende Einsicht in die Structur der Blutkörperchen gewinnen. Dasselbe gilt von der Behandlung derselben mit Chloroform, mit verdünnten Säuren (Essigsäure) oder Wasser. Auch durch eine Tanninlösung kann in dieser Beziehung an ihnen nichts Wesentliches ermittelt werden. Das Verfahren muss ein viel weniger eingreifendes sein, wenn der Farbstoff von den Blutkörperchen so getrennt werden soll, dass die farblose Grundlage derselben möglichst vollständig erhalten werde. Dieses ist mir nach vielfachen Bemühungen am besten auf folgende Weise gelungen.

Ich liess defibrinirtes Blut (vom Hunde) 24 Stunden in einem Probirröhrchen stehen, bis sich die Blutkörperchen gehörig gesenkt hatten. Dann brachte ich einen Tropfen des abgestandenen klaren Serums mit verhältnissmässig nur wenigen Blutkörperchen, so dass sie einzeln in der Flüssigkeit enthalten waren, an die untere Fläche des Deckglases einer feuchten Kammer und wartete bei von Zeit zu Zeit vorgenommener Controle die Veränderungen der Blutkörperchen ab. Wie ich gefunden, tritt, wenn viel Hundeblutkörperchen in wenig Serum suspendirt sind, unter den angegebenen Bedingungen Krystallisation ein, vorausgesetzt, dass sich nicht sehr viel Wasser auf der Glastafel niederschlägt; wenn dagegen, wie in dem

angeführten Versuch, nur wenig Blutkörperchen in viel Serum schwimmen, so hindert dieses die Krystallisation, aber die Blutkörperchen entfärben sich in durchschnittlich 24 Stunden. Der Farbstoff geht an das Serum über und die farblose Grundlage oder, wie ich richtiger sagen will, das Protoplasma derselben und die Kerne bleiben zurück. Das Verhalten der einzelnen Blutkörperchen ist auch hierbei verschieden; ein Theil derselben, vielleicht die Hälfte, wird bis auf die Kerne gelöst, ein anderer dagegen besteht nach der Entfärbung aus einer beträchtlichen Menge Protoplasma und dem Kern. Auf diesem Wege gelingt es in Berücksichtigung aller anderen Methoden den grössten Theil der farblosen Substanz bei ihrer Trennung vom Blutfarbstoff zu erhalten. Man findet in dem etwas röthlich tingirten Serum nach 24 Stunden an Stelle der rothen Blutkörperchen lauter vollkommen farblose Körperchen; die Grösse derselben ist verschieden, aber auch die grössten sind kleiner als sie vor der Abgabe des Farbstoffs waren. Sie haben im Allgemeinen eine grosse Aehnlichkeit mit den weissen Blutkörperchen, erscheinen aber weniger granulirt als diese, von mehr homogenem und etwas glänzendem Aussehen. Durch eine wässrige Lösung von essigsauerm Rosanilin lassen sie sich prächtig färben, ohne ihre Form zu verändern und haben, trotzdem dass sie ganz farblos sind, ihre Krystallisationsfähigkeit nicht verloren. Ich sah sie, während ich beobachtete, in zierliche farblose Nadeln sich verwandeln, welche gleichfalls durch Rosanilin gefärbt werden konnten. Ihre Gestalt ist kuglig, die Oberfläche glatt. Hiernach wäre man geneigt anzunehmen, dass dem Protoplasma der Säugethierblutkörperchen solche zur Oberfläche verlaufende Fäden, wie wir sie in den Blutkörperchen der Amphibien und Vögel gefunden haben, mangeln. Aber dieser Schluss dürfte zu voreilig sein. Ich will desshalb die Aufmerksamkeit auf die sogenannte Maulbeerform der Blutkörperchen lenken. In der That kann diese kaum passender verglichen werden, als Hewson es gethan hat, doch aber verdienen nicht alle zu derselben gezählten Blutkörperchen mit gleichem Recht jene Bezeichnung. Es sind unter ihnen häufig solche vorhanden, welche ganz stachlig erscheinen und mustert man diese mit starken Vergrösserungen bei guter Beleuchtung, so findet man, dass an der Peripherie zahlreiche feine spitz auslaufende, mitunter auch etwas knopfförmig angeschwollene Fäden aus der Substanz

derselben frei hervortreten. Die ganze Oberfläche ist mit Ausläufern besetzt, so dass auch hier die Ähnlichkeit mit einem Stechapfel sich nicht verkennen lässt (Fig. 3. c., i.). Diese Fortsätze der rothen Säugethierblutkörperchen sind viel feiner und gebrechlicher als die aus dem Protoplasma der Amphibienblutkörperchen hervortretenden Stacheln, wahrscheinlich aber stehen sie ihrer Bedeutung nach diesen gleich. Eine Färbung ist an ihnen nicht zu erkennen, ferner aber besitzen sie mitunter eine ausgezeichnete Klebrigkeit, die dem Blutfarbstoff abgeht. Namentlich war mir dieses einmal an den Blutkörperchen des Schweins sehr auffallend, zumal wenn ich dieselben mit den natürlichen Transsudaten behandelte. Sie besaßen eine ausgesprochene Maulbeerform, ja es konnten die meisten gradezu als stachelige Blutkörperchen bezeichnet werden; als ich darauf zu einem Tropfen Blut etwas Pericardialflüssigkeit vom Menschen treten liess, trat sofort eine Verklebung einzelner Fortsätze je zweier Blutkörperchen ein, so dass sie sich in Reihen aneinanderschlossen. Die Berührung fand nur mit der äussersten Spitze des Fortsatzes statt, wodurch eine sehr feine, nur mit starken Vergrösserungen wahrnehmbare Verbindungsbrücke entstand (Fig. 17. b.). Wenn ich nun einen Druck auf das Deckgläschen ausübte und Strömungen im Präparate begannen, so wurden die Blutkörperchen zu langen dünnen Spindelformen ausgezogen, ohne dass sie trotz der starken Dehnung von einander sich trennten. Riss nun aber endlich doch der entstandene fadenförmige Strang, oder wurde der Druck, unter dem sie standen, gemässigt, so nahmen sie sogleich wieder die Maulbeerform an, indem die elastischen Fortsätze rasch sich verkürzten (Fig. 17. c. u. a.).

Nach diesen Beobachtungen kann ich mich nicht der Annahme entziehen, dass die fadenförmigen Fortsätze der stacheligen Blutkörperchen Ausläufer des in den rothen Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen vorhandenen farblosen Protoplasma sind und dass somit eine vollständige Analogie im Bau derselben mit dem bei den Amphibien und Vögeln existirt. Ihre grosse Zerstörbarkeit macht es unmöglich, sie gleichzeitig mit dem in der Umgebung des Kerns angehäuften Protoplasma isolirt darzustellen und kann als erwiesen betrachtet werden, dass sie beim Frieren des Blutes gemeinschaftlich mit dem Farbstoff sich lösen; derselbe Grund dürfte aber auch bei der Entfärbung der Blutkörperchen in

der feuchten Kammer, wovon oben die Rede war, zur Geltung kommen und darum die Form des farblosen Restes immer kuglig und mit glatter Oberfläche erscheinen. Da ich indessen auf die Maulbeer- und Stachelform der Säugethierblutkörperchen später zurückkomme, so will ich hier von einer weiteren Betrachtung derselben Abstand nehmen.

In diesem Abschnitt habe ich nun noch einen Versuch anzuführen, welcher in mehrfacher Beziehung von Interesse ist. Lässt man Froschblut, am besten direct aus einem durchschnittenen grösseren Gefässstamm in siedendes Wasser träufeln, so erleiden die Blutkörperchen dabei eine Veränderung, aus der manche Schlussfolgerungen gezogen werden können. Es darf das Blut nicht zu lange der Siedhitze ausgesetzt bleiben, man warte daher nur, bis dasselbe zu grünlichen Flocken, oder eben solchen grösseren Klumpen geronnen ist. Die darin enthaltenen Blutkörperchen haben dann eine Beschaffenheit angenommen, die sie lange Zeit unverändert bewahren. Sie sind elliptisch mit leicht convexen Flächen oder kuglig und bestehen aus zwei deutlich zu unterscheidenden Schichten, von denen die innere den Kern einschliesst. Die periphere ist gefärbt und enthält ziemlich grobe, bei durchfallendem Licht bräunlich aussehende Körnchen, welche nicht von einer Membran umschlossen sind, die centrale ist farblos und fein granulirt. Bei manchen Blutkörperchen könnte man auf den Gedanken kommen, dass die in der Mitte befindliche helle Partie von dem farblosen Kern allein herrühre, allein die Mehrzahl derselben rechtfertigt eine solche Annahme nicht. Bei den meisten ist die farblose centrale Schicht in allen Dimensionen nicht unbeträchtlich grösser, als der Umfang des Kerns und die gefärbte Rinde verhältnissmässig dünn. Diese Beschaffenheit derselben kann namentlich an solchen Blutkörperchen gut erkannt werden, welche, was nicht selten vorkommt, während des Kochens geborsten sind und den Kern mit seiner nächsten Umgebung entfernt haben. Die gefärbte Rinde erscheint dann als starre eine Höhle einschliessende Kapsel, zu welcher an irgend einer Stelle der Oberfläche eine meist beträchtliche Oeffnung vorhanden ist, die mitunter wie mit einem Locheisen ausgeschlagen aussieht. An den Rändern derselben kann durch Auf- und Abbewegen des Tubus die Dicke der Kapsel leicht beurtheilt werden.

Die mit siedendem Wasser behandelten Froschblutkörperchen bieten die interessante und sonst nicht erreichbare Möglichkeit, den Farbstoff (das Hämatin) aus denselben zu entfernen, ohne dass der mit diesem verbundene Eiweisskörper gelöst würde. Das Blutkörperchen behält also seine Form, indem es sich entfärbt. Es ist diese Entfärbung durch Zusatz von ein wenig Essigsäure zu den mikroskopischen Präparaten leicht zu erreichen. Die Blutkörperchen quellen dabei etwas auf und bekommen ganz das Aussehen farbloser fein granulirter Zellen, deren Kern nachträglich durch eine wässrige Lösung von essigsaurem Rosanilin intensiv gefärbt werden kann, während die umgebende feinkörnige Masse davon nur wenig aufnimmt. Wenn man umgekehrt die der Siedhitze ausgesetzten Froschblutkörperchen erst mit essigsaurem Rosanilin behandelt, so dass sie sich dunkelroth färben und dann Essigsäure hinzufügt, so geben sie bis auf den Kern, indem sie aufquellen, wieder allen Farbstoff ab. Letzterer aber behält seine rothe Farbe.

Einen Unterschied macht es hinsichtlich der zu beobachtenden Blutkörperchenformen, ob man frisches, noch nicht geronnenes, oder bereits coagulirtes Blut momentan der Einwirkung siedenden Wassers aussetzt. Geschieht letzteres, so findet man beim Zerpupfen des Coagulums, dass die Blutkörperchen nicht elliptisch oder kuglig erscheinen, sondern die abenteuerlichsten Gestalten besitzen, wie man sie bei einander nur in manchen Carcinomen zu sehen gewohnt ist. Entfärbt man sie vollends durch Essigsäure, so erinnern sie noch mehr an die mannigfaltig geformten Krebszellen. Diese Gestaltveränderungen, die durch die Gerinnung der Substanz in der Siedhitze bleibend geworden sind, geben uns einen Begriff davon, wie auffällige Verzerrungen die weiche dehnbare Substanz der rothen Blutkörperchen durch den sich contrahirenden Faserstoff erleidet.

Macht man denselben Versuch mit Säugethierblutkörperchen, so gelingt es nicht, sie in ihrer Form unverändert zu erhalten, um sie hinterher entfärben und mit Farbstoffen dann auf den etwa im Innern befindlichen Kern untersuchen zu können. Sie zerfallen auch bei nur Augenblicklichem Verweilen in siedendem Wasser zu kleinen Körnchen, die die lebhafteste Molecularbewegung in der Flüssigkeit zeigen. Aber es bleibt hier auch regelmässig jenes

kleine cirkelrunde Scheibchen übrig, das ich als den Kern der Blutkörperchen beschrieben habe. Hier liegt nun um so weniger Grund vor, dasselbe wie üblich für die Blutkörperchenhülle auszugeben, als die Froschblutkörperchen, bei denen eine solche viel eher vorausgesetzt werden kann, wenn sie der gleichen Behandlung ausgesetzt werden, keine Spur einer membranösen Kapsel erkennen lassen. Dann aber haben diese Scheibchen nur einen Durchmesser von 0,0028—0,0042 Mm. und endlich findet man, dass ein Theil derselben, wenn das siedende Wasser nur kurze Zeit eingewirkt hat, von mehr oder weniger körniger Masse umlagert erscheint (Fig. 4. a—b.). Auch hieraus dürfte hervorgehen, dass jene Scheibchen nicht Blutkörperchenmembranen sein können, da sie die restirenden Körnchen nicht einschliessen, sondern von ihnen umhüllt werden, ja ich habe sie hin und wieder einmal mit Resten wenig veränderten Blutfarbstoffs umgeben gefunden, so dass ich nicht zweifeln konnte, dass sie in diesem steckten und zum Theil entblösste Kerne der Blutkörperchen darstellten (Fig. 4. c.).

Froschblutkörperchen erhalten sich, wie wir gesehen haben, ihrer Hauptmasse nach in siedendem Wasser und zeigen uns eine dünne gefärbte Rinde, Säugethierblutkörperchen dagegen zerfallen in demselben bis auf geringe den Kern umgebende Reste. Das hat nun höchst wahrscheinlich keinen anderen Grund als den, dass die Substanz der letzteren eine viel weiter vorgeschrittene Metamorphose zu Blutroth (Hämoglobin) erfahren hat, als erstere, in denen zum grossen Theil immer noch eine bedeutende Menge körnigen farblosen Protoplasma's sich vorfindet. Dieses erstarrt in der Siedhitze, das Hämoglobin aber zerfällt dabei zu kleinen Körnchen, welche die lebhafteste Molecularbewegung zeigen. Versuche mit frischen Blutkrystallen lehren, dass diese ebenso wie die gefärbte Partie der Säugethierblutkörperchen in siedendem Wasser zu unendlich zahlreichen schwirrenden Molekeln verwandelt werden. Es lässt sich daher voraussetzen, dass auch von den Froschblutkörperchen bei der angegebenen Behandlung ein geringer Theil abgelöst werde und zwar grade derjenige Theil, welcher unter Umständen als sogenannte Membran wahrgenommen wird. Dieser erscheint als die homogenste, von dem farblosen Protoplasma am meisten abweichende Schicht der rothen Blutkörperchen; nach innen von ihr folgt eine andere weniger gefärbte und leicht körnige, die



in siedendem Wasser nicht zerfällt. Endlich von dieser eingeschlossen, finden wir in den Froschblutkörperchen eine relativ mächtige, den Kern umgebende vollkommen farblose Schicht. Ueber eine besondere Anordnung derselben zu Fäden lässt sich aber durch den obigen Versuch nichts ermitteln.

#### Von der Membran der rothen Blutkörperchen und ihrer Beziehung zum atmosphärischen Sauerstoff.

Es dürfte vor allen Dingen nicht überflüssig sein, sich zu erinnern, wem das Verdienst zukomme, in neuester Zeit zuerst gewichtige Gründe gegen die herkömmliche Annahme, dass die rothen Blutkörperchen mit einer Membran versehen seien, beigebracht zu haben. Dasselbe muss unzweifelhaft Beale<sup>1)</sup> zugesprochen werden, welcher in der ersten Hälfte des Jahres 1861 entschieden den Keim für die späteren Ausführungen gelegt hat, welche namentlich durch Brücke's Schüler zur Begründung der von diesem in Uebereinstimmung mit Beale ausgesprochenen theoretischen Bedenken veröffentlicht wurden. Beale hatte damals schon sehr entscheidende Thatsachen gegen die Existenz einer Blutkörperchenmembran namhaft gemacht, nicht nur, dass eine solche nicht sichtbar sei, sondern auch, dass sie nach den Erscheinungen zu urtheilen, welche an den Blutkörperchen wahrgenommen werden, nicht vorhanden sein könne. Er leugnet die vielfach beschriebene Berstung derselben in Folge einer endosmotischen Anschwellung in Flüssigkeiten, behauptet, niemals den Austritt des Inhalts durch eine geborstene Zellmembran gesehen zu haben und legt zum ersten Mal auf die Thatsache Gewicht, dass Blutkörperchen (vom Meer-schweinchen) ihrer ganzen Masse nach sich in einen Krystall verwandeln. Von einer Membran sei dabei nichts zu sehen und könnte eine solche unter den genannten Umständen den rothen Blutkörperchen unmöglich zukommen. Diese Beobachtungen wurden im April-Mai 1861 der Oeffentlichkeit übergeben, alle übrigen Angriffe auf die Blutkörperchenmembran sind später erfolgt, doch haben bekanntlich weder die Angaben Beale's, noch die der übrigen Forscher eine allgemeine Anerkennung sich zu erwerben vermocht.

<sup>1)</sup> Beale, On the Structure and Growth of the tissues. Quaterly Journ. of micr. sc. 1861. April—May. p. 240.

Was meine Untersuchungen betrifft, so habe ich die Gründe, welche für und gegen die Existenz einer Blutkörperchenhülle angeführt werden können, einer sorgfältigen Prüfung unterzogen und bin dabei, wie nicht anders zu erwarten stand, auf einander widersprechende Thatsachen gestossen. Der Widerspruch ist jedoch nur ein scheinbarer und findet darin seine Erklärung, dass die Blutkörperchen nicht zu jeder Zeit und unter allen Umständen sich gleich verhalten. Es kann die äusserste Schicht eines und desselben Blutkörperchens so weich und elastisch dehnbar sein, dass keine Spur einer festeren Rinde an ihm bemerkbar wird, es kann aber dann wiederum eine solche Verdichtung an seiner Peripherie stattfinden, dass die Behauptung, es wäre eine Membran vorhanden, sich rechtfertigen lässt; und umgekehrt kann ein augenscheinliches Bläschen völlig die Eigenschaften einbüssen, an denen vorher seine Bläschennatur erkannt wurde.

Sehr belehrend sind in dieser Beziehung die Erscheinungen, welche durch Druck auf die grossen Amphibienblutkörperchen hervorgerufen werden können. Einerseits ist es längst bekannt und braucht in gegenwärtiger Zeit nicht erst bewiesen zu werden, dass die Substanz der rothen Blutkörperchen oft in hohem Grade elastisch gefunden wird. Diese Beobachtung haben bereits William Cooper<sup>1)</sup>, J. Keil<sup>2)</sup>, Henry Miles<sup>3)</sup>, Della Torre<sup>4)</sup>, Fontana<sup>5)</sup>, John Hunter<sup>6)</sup>, Chr. Schmidt<sup>7)</sup> etc. gemacht und die ungemäin grosse Ausdehnungsfähigkeit der Blutkörperchen, so wie den mannigfaltigen Formenwechsel derselben durch Quetschversuche erwiesen. Am ausführlichsten und genauesten sind die Ergebnisse dieses Verfahrens von Ascherson<sup>8)</sup> beschrieben worden, welcher zu dem Resultate kommt, „dass wir nächst den elastischen Flüssigkeiten keinen Körper von so vollkommener Elasticität kennen, als die Blutkörperchen.“

<sup>1)</sup> W. Cooper, Philos. Transact. 1702. Vol. XXIII. p. 1184.

<sup>2)</sup> J. Keil, Tentamina medico-physica. Lugduni Batav., 1730. p. 100.

<sup>3)</sup> H. Miles, Philos. Trans. 1741. Vol. XLI. Part II. p. 727.

<sup>4)</sup> Eyles Stiles, Philos. Trans. 1765. Vol. LV. p. 256.

<sup>5)</sup> Chr. Schmidt, Ueber die Blutkörner. Würzburg, 1822. S. 29.

<sup>6)</sup> J. Hunter, Versuche über das Blut. Uebersetzt von Hebenstreit. Leipzig, 1797. S. 116.

<sup>7)</sup> Ueber die Blutkörner. S. 28.

<sup>8)</sup> Ascherson, Müller's Archiv. 1837. S. 457 ff.

In neuerer Zeit ist Rollett<sup>1)</sup>, dem die früheren Erfahrungen bis auf ein paar Angaben von Henle, Hassal und Lindwurm unbekannt geblieben zu sein scheinen, auf den Quetschversuch zurückgekommen und hat ihn als entscheidend ausgegeben dafür, dass die Blutkörperchen membranlos seien. Wäre dieses der Fall, so hätte schon längst die Sache erledigt sein müssen, da keine Erscheinung bei Untersuchung frischer Gewebe alltäglicher ist, als die ungemein grosse Dehnbarkeit der Blutkörperchen. Namentlich hat man häufig Gelegenheit in Präparaten aus schleimig erweichten Enchondromen und Colloidkrebsen, in denen sich die Blutkörperchen so ziemlich unter denselben Bedingungen befinden, wie in der künstlich von Rollett bereiteten Leimmasse, das Phänomen in auffallendster Weise zu sehen. Trotz dieser allgemein bekannten Thatsache hat sich aber die Lehre von der Blutkörperchenmembran erhalten und wenn dieses geschehen ist, so müssen auch Gründe dafür vorhanden gewesen sein. Diese sind nicht weit zu suchen, da sogar aus dem Quetschversuche selbst sich Thatsachen ergeben, welche der Annahme einer Membran günstig sind. Wiederholt man denselben häufig, so macht man bald die Erfahrung, dass an Frosch- und Salamanderblutkörperchen auch ein ganz anderer Effect hervorgerufen werden kann, als der erst erwähnte. Man sieht, dass sie mitunter bersten und eine starre Hülle wahrnehmen lassen. Bei C. H. Schultz<sup>2)</sup> findet sich eine Abbildung von einem zersprengten Salamanderblutkörperchen, welches an den Rändern des Risses sich als eine häutige Blase ausweist. Diese Darstellung ist vollkommen richtig, denn ich habe, wenn ich Blutkörperchen aus geronnenem Froschblute zwischen zwei Glasplatten drückte, ganz ähnliche Bilder erhalten. Namentlich einmal war eine rigide Membran ausgezeichnet schön zu sehen, ohne dass das Blut irgend welche Zusätze erhalten hätte. Es war ein Blutkörperchen der Quere nach so geborsten, dass es ein Drittel seiner Länge eingebüsst hatte (Fig. 8. b.). Die Rissöffnung bildete einen von zackigen Contouren begrenzten flach gedrückten Ring, an dem durch wechselnde Stellung des Tubus deutlich ein oberer etwas mehr zurücktretender und ein unterer mehr vorragender Rand unterschied

<sup>1)</sup> Versuche und Beobachtungen am Blute. S. 1 ff.

<sup>2)</sup> System der Circulation. 1836. Taf. I. Fig. 1 b.

werden konnte. Zwischen beiden ragte der Kern mit einer Wölbung so vor, dass er daselbst bloss lag. Solche glückliche Beobachtungen sind selten, sie wiegen aber sehr viele negative auf. Prevost und Dumas haben ebenfalls eine Zeichnung von einem Salamanderblutkörperchen geliefert, an welchem die Membran eingerissen und zurückgeschlagen erscheint, doch dürfte diese nicht vollkommen naturgetreu sein; sie ist aus der Bibliothèque universelle de Genève in die Abhandlung von Chrys. Schmidt übergegangen. (Ueber die Blutkörper, Fig. 4).

Nicht minder beweisend für die Existenz einer Hülle, als die gelegentlich vorkommenden Einrisse, sind die beim Zerquetschen von Amphibienblutkörperchen auftretenden Falten der Oberfläche. Brücke<sup>1)</sup> hat nun zwar sehr richtig gegen die auf die Faltenbildung sich stützende Beweisführung eingewandt, dass an der Oberfläche entstehende Falten keineswegs darthun, es sei ein flüssiger Inhalt von einer festen Hülle umgeben, sondern nur, dass das angewandte Reagens das Innere der Zelle stärker schrumpfen mache, als die äussere oder äusserste Schicht derselben. Dann aber hätte man sich wohl zu hüten, ob die grössere Consistenz der Aussen-schicht nicht etwa erst durch die Einwirkung des Reagens hervorgerufen werde. Darüber ist kein Wort zu verlieren, doch hat dieser Einwand nur in den Fällen Geltung, wo man zur Erzeugung der Faltenbildung Reagentien zu Hülfe nimmt, welche eine Schrumpfung der Blutkörperchen bedingen. Man kann aber auch die Falten an der Oberfläche derselben im unvermischten Blute demonstrieren, wenn man sie einem Druck aussetzt. Ich beschränke mich darauf, einen hierher gehörigen besonders schlagenden Fall durch die Zeichnung wiederzugeben. Fig. 8. c. zeigt ein Froschblutkörperchen, welches unter Anwendung mechanischer Gewalt sich folgendermaassen gestaltet hatte. Die Hauptmasse desselben erschien gefärbt und kuglig ( $\alpha$ ), an einer Stelle aber etwas ausgezogen und hier sah man in einer Rissöffnung den Kern zum grössten Theil frei zu Tage liegen. Gegen die Stelle, an welcher sich die Ruptur befand, liefen von der Wölbung der Kugel herab zahlreiche radiär gestellte Fältchen, die über dem Kern aufhörten. Unter demselben und von den Seiten im Zusammenhange mit den Falten des gefärbten Theils trat

<sup>1)</sup> Die Elementarorganismen. S. 390.

ein dünnes durchsichtiges, farblos erscheinendes Häutchen hervor, welches ebenfalls in Fältchen gelegt war und nichts anderes sein konnte, als ein losgerissener Fetzen einer äusseren Hülle ( $\beta$ ). Dieselbe war isolirt und gar kein Grund vorhanden, die beobachteten Falten auf eine etwaige Schrumpfung tiefer gelegener Zellentheile zu beziehen. Es war an diesem Blutkörperchen unleugbar eine Membran vorhanden; eine solche präjudicirt aber noch nicht einen flüssigen Inhalt, ist vielmehr mit einem zusammengesetzten Bau der inneren Theile sehr gut vereinbar.

Von jeher hat man, wo es sich um den Nachweis der Blutkörperchenmembran handelte, sehr viel Gewicht auf die Einwirkung des Wassers gelegt. Es kann daher auch hier die darauf gegründete Beweisführung nicht übergangen werden. Ich will dem Kugligwerden der elliptischen Blutkörperchen und dem Umstande, dass der Durchmesser der entstandenen Kugel kleiner ist, als der Durchmesser der ursprünglichen Scheibe betrug, nach den Einwürfen, die Brücke hiegegen gemacht hat, keinen besondern Werth beimessen, ich will auch nicht das von Hewson und neuerdings von Preyer<sup>1)</sup> für entscheidend erachtete Herumrollen des Kerns in Schutz nehmen, sondern mich an eine andere Thatsache halten, die mir wichtiger scheint. Bekanntlich löst sich der Farbstoff der Blutkörperchen leicht in Wasser; es entfärben sich dieselben und ist dieses geschehen, so findet man in dem zurückbleibenden Rest an wahrnehmbaren Theilen entweder nur den Kern und eine doppelt contourirte Hülle, oder den Kern mit ein wenig körniger Masse umgeben und diese von der bezeichneten Hülle umschlossen. Es ist ein grosser oder der grösste Theil der unter der Oberfläche liegenden Blutkörperchensubstanz gelöst worden und an die umgebende Flüssigkeit übergegangen. Die äusserste Schicht der Blutkörperchen aber leistet der Einwirkung des Wassers längere Zeit Widerstand und erscheint, wie gesagt, als doppelt contourirte Membran. Sie ist also weniger auflöslich, als die von ihr eingeschlossenen Theile und in diesem abweichenden Verhalten derselben eine gewisse Berechtigung gegeben, sie als Hülle zu bezeichnen. Man wird dagegen geltend machen, dass diese Membran ein durch das Wasser an der Oberfläche der Blutkörperchen er-

<sup>1)</sup> Preyer, Dieses Arch. Bd. XXX. S. 437.

zeugtes Gerinnsel sei, aber diese Annahme lässt sich zurückweisen. Kühne<sup>1)</sup> hat allerdings gezeigt, dass Eiweisstropfen in destillirtem Wasser sich mit einer greifbaren Haut von coagulirtem oder ausgeschiedenem Eiweiss überziehen, aber solche Gerinnsel besitzen ganz andere physikalische und chemische Eigenschaften als die Blutkörperchenhülle, abgesehen davon, dass, wie bereits angeführt, diese letztere auch ohne Wasserzusatz nachweisbar ist. Die Membran der Blutkörperchen ist immer von hyaliner durchsichtiger Beschaffenheit, die im Wasser entstandenen Hüllen der Eiweisstropfen haben ein feinfasriges Aussehen. Die erstere löst sich bei längerem Verweilen in Wasser oder in der feuchten Kammer und wird leicht beim Frieren des Blutes, durch Chloroform oder Aetherdämpfe zerstört, während die Gerinnsel um Eiweisstropfen allen diesen Einwirkungen Widerstand leisten. Erwärmt man Wasser, in dem entfärbte Blutkörperchen sich vorfinden, so wird die Membran derselben sofort vollständig gelöst und kann auch durch Färbemittel nicht mehr sichtbar gemacht werden, während ein wirkliches Gerinnsel dabei sich erhält. Würde es sich um eine Gerinnung des Blutroths handeln, die durch das Wasser hervorgerufen wäre, so müsste dieses eine ebensolche Coagulation auch auf der Oberfläche der Hämoglobinkrystalle bedingen. Diese lösen sich aber bekanntlich in Wasser sehr leicht und vollständig auf, ohne eine Hülle zu hinterlassen.

Es kann aber auch der Farbstoff der Blutkörperchen zum Austritt gebracht und dann die Membran demonstriert werden, ohne dass man dem Blute Wasser oder irgend ein anderes Reagens zugesetzt. Wenn man einen Tropfen frischen Frosch- oder Salamanderbluts zwischen Deckgläschen und Objectträger luftdicht verschliesst, so entfärben sich die Blutkörperchen in einigen Tagen und zeigen eine deutliche Hülle, welche den Kern und mehr oder weniger körnige Substanz in dessen Umgebung einschliesst.

Wir kommen daher nach Allem zu dem Schluss, dass die elliptischen Blutkörperchen der Amphibien unter Umständen in der That eine hüllenartige Beschaffenheit der Oberfläche besitzen, die nicht durch eine Gerinnung erklärt werden kann. Aber ihnen

<sup>1)</sup> Kühne, Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität. Leipzig, 1864. S. 36.

kommt diese Membran nicht zu jeder Zeit zu und namentlich nicht im ganz frischen Zustande, wie folgende mit den zuerst angeführten scheinbar in Widerspruch stehende Erfahrungen beweisen.

Es scheint schon von Eyles Stiles wahrgenommen worden zu sein, dass wenn er Blutkörperchen zwischen zwei Glimmerplättchen quetschte, dieselben gewaltsam getheilt wurden und von den Theilstücken jedes für sich weiter schwamm. Die betreffende Stelle lautet: „The figure of the rings, where they were free, and in their natural state, was circular; but where they were so crowded to gether as to compress one another in their passage, they assumed a variety of different figures, also they generally restored themselves to a circular figure again, unless broken by the compression, which frequently happened, and then the broken parts floated separately <sup>1)</sup>“. Aus manchen anderen Angaben des Verfassers wird es aber wieder zweifelhaft, ob die beobachtete Theilung auf einzelne Blutkörperchen zu beziehen ist. In neuerer Zeit hat Rollett <sup>2)</sup> auf dieselbe aufmerksam gemacht und wird sich jeder leicht überzeugen können, dass die rothen Blutkörperchen aller Wirbelthierklassen, wenn sie einer mechanischen Zerrung unterliegen, häufig zerrissen werden und dass dann beide Hälften zu zwei kleineren Kugeln sich gestalten, an deren Peripherie keine Spur einer Verletzung wahrzunehmen ist. Die Oberfläche beider Theile erscheint vollkommen glatt und glänzend, so dass man an gefärbte Fettropfen erinnert wird. Bei den Amphibien- und Fischblutkörperchen erfolgt nicht selten während der Trennung ein Austritt des Kerns, in anderen Fällen bleibt er aber in der einen Hälfte eingeschlossen. Ein flüssiger Inhalt wird aus dem sich theilenden Körperchen, wie schon Beale hervorgehoben hatte, niemals entleert. Aus den embryonalen Froschblutkörperchen aber werden, wenn sie bersten, ausser dem Kern zahlreiche in Molecularbewegung befindliche Körnchen frei, ohne dass der zurückbleibende Rest wesentlich alterirt erschiene (Fig. 20. c.). Im Uebrigen verhalten sich dieselben wie die rothen Blutkörperchen ausgebildeter Frösche, insofern auch hier eine vollständige Theilung ohne eine wahrnehmbar werdende Hülle möglich ist (Fig. 20. b.). Dann beobachtete

<sup>1)</sup> An account of some microscopic. Observations on the human Blood. Philos. Trans. 1765. Vol. LV. p. 256.

<sup>2)</sup> Versuche und Beobachtungen etc. S. 5.

ich auch, dass sie in Folge mechanischer Einwirkung an einer Stelle ausgezogen wurden, wobei keine Falten an der Oberfläche zur Anschauung kamen, sondern der ganze Fortsatz, abgesehen davon, dass die Molecularbewegung in diesem Theil stillstand, ebenso beschaffen erschien wie die Hauptmasse (Fig. 20. d.).

Diese zuletzt besprochenen Erscheinungen sind mit der Annahme einer Blutkörperchenhülle durchaus unvereinbar. An sie schliesst sich eine andere Thatsache, welche mit ihr in gewissem Sinne verwandt ist und ebenso sehr die Existenz der Membran ausschliesst. Es ist das die Verschmelzung zweier oder mehrerer Blutkörperchen zu einem einzigen Klumpen. Ich habe bei Untersuchung frisch exstirpirter Gewebe, wenn die Blutkörperchen unter dem Druck des Deckgläschens sich fortbewegten, sich vielgestaltig dehnten, aneinander vorüberglitten und an anderen Stellen zusammengedrängt wurden, diese Beobachtung einige Male gemacht. Namentlich überzeugend war sie einmal in Präparaten aus den Graaf'schen Follikeln eines Schweins, das den Tag vorher geschlachtet worden war. Die einzelnen Blutkörperchen waren ungemein dehnbar, wie eine weiche Gummimasse; sie streckten sich bei verhältnissmässig geringem Druck auf's Aeusserste in die Länge und rissen bei Steigerung desselben mitten durch, ohne dass ein Inhalt hervortrat und ohne dass irgend eine Spur der Zerreissung an den getrennten Stücken sichtbar blieb. Diese trieben als homogene dehnbare Kügelchen weiter und vereinigten sich gelegentlich mit anderen, die ihnen begegneten. Auf gleiche Weise sah ich aus mehreren Blutkörperchen nach und nach grössere Gruppen zusammentreten. Anfänglich waren an ihnen die Contouren der einzelnen Kügelchen noch erkennbar; je länger sie aber umherschwammen, desto mehr verloren sich ihre Abgrenzungen und endlich war nichts als ein gleichmässiger Klumpen von zäher elastischer Beschaffenheit wahrnehmbar. Wenn man nun auf diesen einen Druck ausübte, so verhielt er sich hinsichtlich der mannigfaltigen Formveränderungen, deren er fähig war, ganz ebenso wie jedes einzelne Blutkörperchen. Die ursprüngliche Zusammensetzung aus mehreren Stücken wurde auch dabei nicht verrathen und wenn eine abermalige Trennung stattfand, so erfolgte nicht eine Zerlegung in einzelne Blutkörperchen, sondern es theilte sich der ganze Klumpen in ein paar kleinere, wobei sich nicht entscheiden liess,



ob die Trennungslinie sich nach den Berührungsflächen der einzelnen Blutkörperchen richtete. Die Verschmelzung war eine so innige, dass ein Zusammenfließen derselben nicht bezweifelt, wenigstens nicht in Abrede gestellt werden konnte.

In naher Beziehung zu dem Vorhergehenden steht eine andere Beobachtung, die ich für besonders werthvoll halte. Als ich einmal die kernhaltigen gefärbten Blutkörperchen eines Rindsembryo's von 7 Cm. Länge untersuchte, war ich so glücklich zu sehen, dass zwei solcher kernhaltigen Blutkörperchen sich aneinanderlegten und mit einander verschmolzen, so dass sie von dem Augenblick an ein Blutkörperchen mit zwei Kernen bildeten. Die Erscheinungen, welche ich dabei der Reihe nach auftreten sah, lassen sich mit wenigen Worten wiedergeben. Zuerst berührten sich die beiden Blutkörperchen, welche ich kurz vorher getrennt neben einander beobachtet hatte, nur mit einem kleinen Theil ihrer Oberfläche, so dass sie noch fast vollständig getrennt waren (Fig. 18. a.); dann wurde die Vereinigung inniger und die Einkerbung an der Berührungsstelle flacher (b). Zwischen den seitlichen Einschnürungen liess sich jetzt ein über das vereinigte Körperchen hinüberlaufender Contour nicht erkennen; es war eine Bisquitform entstanden, wie man sie gewöhnlich bei Zellentheilungen sieht, in deren Hälften jederseits ein deutlich sichtbarer, granulirter Kern lag. Endlich aber verschmolzen mit einem plötzlichen Ruck die durch die Einkerbung geschiedenen Hälften vollständig mit einander, und ich hatte nun ein kugliges gefärbtes Blutkörperchen mit zwei Kernen vor mir (c). Ich lege dieser Beobachtung um so mehr Bedeutung bei, als sie mit einer Hartnack'schen Immersionslinse (No. 9) angestellt wurde und ich alle beschriebenen Veränderungen der Reihe nach sich entwickeln sah. Sie liefert einerseits den Beweis, dass den in Rede stehenden Blutkörperchen eine Hülle mangelte, andererseits aber veranlasst sie nothwendigerweise zur Vorsicht gegen eine einseitige Beurtheilung derartiger Bilder. Hätte ich die Formen, welche in Fig. 18 b u. c abgebildet sind, nicht unter meinen Augen entstehen gesehen, sondern unter den Blutkörperchen des Embryo einfach vorgefunden, so zweifle ich nicht, dass ich der allgemeinen Annahme gefolgt wäre und in denselben ein sich theilendes Blutkörperchen zu erblicken geglaubt hätte. Es sind für das beschriebene Verhältniss die Abbildungen, welche

Fahrner<sup>1)</sup> und Kölliker<sup>2)</sup> für solche geben, vollkommen zutreffend und ist nicht einmal der Einwand möglich, dass das aus zweien verschmolzene Blutkörperchen auffallend grösser und dadurch von den sich theilenden zu unterscheiden gewesen sein müsse. Denn erstlich ist es bekannt, dass die Grösse der Blutkörperchen, insbesondere bei Embryonen sehr variirt<sup>3)</sup>, und dann kann ich anführen, dass das von mir beobachtete, aus zweien vereinigte Blutkörperchen durchaus nicht wesentlich hinsichtlich seines Umfangs von den grösseren farbigen Blutzellen abstach, welche sich ausserdem im Blute jenes Rindsembryos vorfinden.

Nichtsdestoweniger ist aber nach dieser immerhin vereinzelter Beobachtung kein Grund vorhanden, die Theilung farbiger Blutkörperchen beim Embryo in Zweifel zu ziehen, doch darf ich behaupten, dass nicht Alles, was wie Theilung aussieht, für Theilung zu nehmen sei. Wenigstens dürfte zu den scheinbaren Theilungen wohl die der rothen Blutkörperchen gehören, welche Preyer<sup>4)</sup> bei laichenden oder im Coitus begriffenen Fröschen gefunden hat, und damit auch die Veranlassung wegfallen, mit dem Verfasser aus derselben auf eine Contractilität der rothen Blutkörperchen — eine „spontane Einschnürung“ der Zelle — zu schliessen.

Vor einiger Zeit hat Dr. Roberts<sup>5)</sup> eine Reihe von Beobachtungen veröffentlicht, durch welche er darthun zu können glaubt: „that the envelope of the vertebrate blood-disc is a duplicate membrane; in other words, that within the outer covering there exists an interior vesicle, which encloses the coloured contents, and, in the ovipara, the nucleus.“ Sie stützen sich auf die Einwirkung der Lösungen des salpetersauren Rosanilins und des Tannins, durch welche an der Peripherie der Blutkörperchen plötzlich buckelförmige Hervorragungen entstehen, die vom Autor als Ausstülpungen der äusseren Membran angesehen werden. Allein ausserdem glaubt er

<sup>1)</sup> Fahrner, De globulorum sanguinis in mammalium embryonibus atque adultis origine. Turici, 1845. Fig. I b, h, c.

<sup>2)</sup> Kölliker, Gewebelehre. 1863. S. 634. Fig. 353 a u. b.

<sup>3)</sup> Fahrner und Kölliker geben für Schafembryonen von  $3\frac{1}{2}$  Lin. an, dass der Durchmesser bei den kleineren Blutkörperchen zwischen 0,0025 und 0,0035 Lin., bei den grösseren zwischen 0,005 — 0,0065 Lin. schwanke. a. a. O. S. 7 und S. 634.

<sup>4)</sup> Dieses Arch. Bd. XXX. S. 436.

<sup>5)</sup> Quaterly Journal of micr. sc. 1863. No. XI. p. 170.

sich zur Annahme einer dieser letzteren anliegenden inneren Membran berechtigt, indem jene buckelförmigen Erhebungen durch eine Ergiessung des Zelleninhalts zwischen die beiden Membranen zu Stande kommen sollen. Der Verfasser meint darin eine Bestätigung der von Hensen über die Structur der Blutkörperchen gemachten Erfahrungen zu finden, wofür aber wohl dieser kaum seine Zustimmung ertheilen dürfte. Es sind die Versuche von Roberts von Niemand genauer geprüft worden, obgleich sie interessant genug sind. Allerdings erwähnt Rindfleisch <sup>1)</sup> derselben Reaction der Blutkörperchen gegen Anilinblau, ohne sich jedoch auf eine Erklärung der auftretenden Veränderungen, nachdem er sie vorübergehend für Zellentheilungen angesehen, weiter einzulassen. Auch wird sie von Beale <sup>2)</sup> gelegentlich besprochen, aber ebenso wenig die von Roberts aufgestellte Behauptung, obgleich sie zurückgewiesen wird, widerlegt. Mir scheint es daher der Mühe werth, einen Augenblick bei diesem Gegenstande zu verweilen.

Was zunächst die Anilinfarbe betrifft, so ist mir das Experiment nicht jedesmal geglückt. Die Lösung muss ziemlich concentrirt sein, wenn sie die Blutkörperchen in der von Roberts angegebenen Weise verändern soll. In gleicher Weise wirkt dann auch das essigsäure Rosanilin. Die Blutkörperchen werden dabei kuglig, verlieren ihren Farbstoff und werden durchsichtiger, nehmen dagegen den zugesetzten Farbstoff auf. Der Kern erscheint intensiv roth und die ihn umgebende Masse, so lange das Blutkörperchen intact bleibt, mehr oder weniger granulirt und von einem helleren Farbenton. Es kann sein, dass sich hierauf die Veränderungen der Blutkörperchen beschränken, allein ebenso oft findet man an irgend einer Stelle ihrer Peripherie, oder auch an mehreren zugleich, einen dunkelrothen Fleck, welcher dem äusseren Contour entweder wie ein kleiner Buckel ansitzt, oder auch in ihn eingelagert erscheint. Diese Hervorragung soll nun nach Roberts in einer Ausbauchung der Zellhülle bestehen und die Existenz einer äusseren Membran beweisen, andererseits soll sie aber auch nach innen durch eine membranöse Hülle abgeschlossen sein und darin ihre Erklärung finden, dass sich ein Theil des Zelleninhalts zwischen beide

<sup>1)</sup> Experimentalstudien über die Histologie des Blutes. Leipzig, 1863. S. 9.

<sup>2)</sup> Quaterly Journ. of micr. sc. 1864. No. XIII. Trans. p. 35.

ergossen habe. Von einem so eigenthümlichen Bau der Blutkörperchen habe ich mich nicht überzeugen können, zumal da sich jene Erscheinung auf sehr einfache Verhältnisse zurückführen lässt. Es tritt nach meinen Erfahrungen durch das Reagens nicht bloss eine Ausbauchung, sondern eine vollständige Berstung der Blutkörperchen ein, wie sich daraus erkennen lässt, dass da, wo der peripherische rothe Fleck auftritt, eine körnige Masse denselben entströmt und unmittelbar in ihrer Nähe liegen bleibt. Wenn nun jener rothe Fleck sich bildet, so geschieht dieses dadurch, dass, nachdem ein Theil des Innern entleert worden, der Farbstoff auf die aus der Oeffnung zuletzt hervorquellenden Theile sich niederschlägt, die dann in dieser und in ihrer Umgebung liegen bleiben. So entsteht jene buckelförmige Erhebung an der Oberfläche, die Roberts für eine vorgetriebene Membran gehalten hat. Eine Membran besitzen die mit Anilinfarben behandelten Blutkörperchen allerdings, aber grade da, wo die Vorwölbung existirt, ist sie nicht vorhanden, weil sie daselbst eine Berstung erfuhr. Dieses lässt sich genauer darthun, wenn man die weiteren durch den Farbstoff bedingten Veränderungen der Blutkörperchen ins Auge fasst. Es erfolgt nemlich endlich auch ein Austritt des Kerns (Amphibien, Vögel), und zwar findet man denselben in allen Stadien des Durchbruchs vor, so dass er bald zu  $\frac{1}{3}$ , bald zu  $\frac{1}{2}$ , bald zu  $\frac{2}{3}$  über der Oberfläche der Blutkörperchen hervorragt. Schlüpft er ganz hervor, so ist in vielen Fällen von einer Oeffnung nichts zu sehen; er hinterlässt eine starre, doppelt contourirte, von dem Farbstoff durchdrungene, membranöse, kuglig geformte Hülle, in deren Innerem sich nichts mehr erkennen lässt. Später bekommt diese Hülle Risse und Sprünge, und verhält sich beim Druck wie die hartschaligen Eier mancher Entozoen; in diesem Stadium kann es dann am wenigsten bezweifelt werden, dass man es mit einer künstlich erzeugten Membran zu thun hat.

Einige abweichende Erscheinungen bietet das Tannin dar, wenn man dasselbe in der von Roberts angegebenen Concentration (Gr. iij auf Unc. j Wasser) auf Blutkörperchen einwirken lässt. Es sollen hier besonders die Froschblutkörperchen berücksichtigt werden. Hier soll nun auch eine Ausbauchung der äusseren Membran zu Stande kommen, nachdem die von dem Verfasser statuirte innere durchbrochen worden und den Inhalt hat austreten lassen. Die

dabei hervortretenden Knospen (pullulations) schliessen noch einen stark lichtbrechenden, bläschenförmigen Körper (vesicular body) ein, von welchem die äussere Hülle durch imbibirte Flüssigkeit abgehoben werden soll. Diese Erklärung ist nicht nur gezwungen, sondern widerspricht auch der directen Wahrnehmung. Sobald die Tanninlösung mit Blut in Berührung kommt, werden die Blutkörperchen wie bei Wasserzusatz kuglig, der Kern tritt deutlich hervor, und so lange das Blutkörperchen intact bleibt, auch das ihn umgebende Protoplasma, dann aber schiesst an irgend einer Stelle der Peripherie oder an mehreren zugleich, oder auch an mehreren hinter einander ein Theil des Inhalts mit einem Ruck hervor. Hiebei gestalten sich die Blutkörperchen verschieden, was, wie nicht bezweifelt werden kann, von der abweichenden Beschaffenheit der einzelnen abhängig ist. An einem Theil derselben bemerkt man, dass sich da, wo die Ruptur stattgefunden, äusserlich eine von dem Tannin gelbbraunlich gefärbte körnige Masse ansammelt, die meist eine mehr oder weniger rundliche Form besitzt und der Oberfläche des Blutkörperchens dicht anliegt (Fig. 2 b''); es kann aber auch der Fall eintreten, dass die austretenden Körnchen sich weiter in der Umgebung zerstreuen. Für diese Blutkörperchen kann keinen Augenblick ein Zweifel darüber obwalten, dass man es mit einer einfachen Berstung derselben zu thun habe, nicht nur weil man den ganzen Vorgang beobachten kann, sondern auch, weil endlich eine starre Hülle übrig bleibt, die mit dem übrigen Inhalt in gleicher Weise auch ihren Kern verloren haben kann. An anderen Blutkörperchen aber sieht man durch die Tanninlösung plötzlich eine Hervorragung entstehen, die Roberts als Ausbauchung der Membran deutet. An einigen erscheint sie dunkel gefärbt, glänzend und undurchsichtig (Fig. 2 b. b'), an anderen findet sich solch ein dunkles glänzendes Körperchen noch von einem blasseren Hof umgeben (Fig. 2 a. c). Die Contouren beider sind scharf, so dass man in den Irrthum verfallen kann, zu meinen, die buckelförmige Erhebung hänge *continuirlich* mit der äusseren Hülle des Blutkörperchens zusammen. Dieses ist jedoch nicht der Fall. Es handelt sich hiebei in gleicher Weise wie oben um eine vollständige Berstung der durch das Tannin entstandenen starren Hülle und um einen Austritt des Inhalts. Hier findet nur der Unterschied statt, dass der letztere sich nicht in Form kleiner Körnchen, welche vom

Tannin niedergeschlagen werden, ausserhalb mehr oder weniger zerstreut, sondern en masse coagulirt wird. Entweder besteht dieses Coagulum aus dem Blutfarbstoff, welcher sich hervordrängt und dann finden wir dunkle undurchsichtige, glänzende Buckel an der Peripherie der Blutkörperchen, oder es findet während des Durchbruchs eine Scheidung des Farbestoffs von dem farblosen Protoplasma statt, derart, dass jener von diesem eingeschlossen wird. Hierdurch entstehen an dem Buckel zwei Contouren, ein äusserer blasserer und ein innerer dunkler, durch welchen Roberts irrtümlich zur Annahme eines Bläschens (vesicular body) veranlasst worden ist. Es wird jedoch weder der eine noch der andere durch die Blutkörperchenhülle gebildet, wie durch die Behandlung des Präparats mit Essigsäure sich ergibt. In diesem Fall löst sich der ganze aus dem Blutkörperchen hervorgeschossene Fortsatz in eine gleichmässig körnige Masse auf, die allmählich verschwindet, während die Membran bleibt und durchaus keine Ausbauchung zeigt. Aber selbst wenn auch dieselbe an dieser mitbetheiligt wäre und vorgetrieben erschiene, wie Roberts meint, so wäre darum doch noch immer nicht die Existenz einer physiologischen Membran bewiesen, da die Eiweiss coagulirende Wirkung des Tannins vor allen Dingen in Betracht kommt.

Wenn demnach einerseits bei Discussion der Frage, ob die Blutkörperchen eine Hülle besitzen, von allen Versuchen Abstand genommen werden muss, durch welche ein derartiges Gebilde nachträglich erzeugt werden kann, so müssen andererseits auch diejenigen Behandlungsweisen der Blutkörperchen vermieden werden, welche eine sehr eingreifende Wirkung insofern mit sich bringen, als sie eine präexistirende Membran zu vernichten im Stande sind. Dahin gehört die Erwärmung der Blutkörperchen bis auf mehr, als die Körpertemperatur beträgt. Bekanntlich sind zuerst von Beale <sup>1)</sup> die dabei auftretenden Umwandlungen der Blutkörperchen, welche er von Hause aus so eingehend beschrieben, dass später kaum etwas hat hinzugefügt werden können, gegen die Blutkörperchenhülle verwerthet worden. In demselben Sinne erwähnt ihrer M. Schultze <sup>2)</sup>, der die Säugethierblutkörperchen bei 52° C., die der Vögel bei

<sup>1)</sup> Quaterly Journ. of micr. sc. 1864. No. XIII. Transact. p. 36.

<sup>2)</sup> Archiv für mikr. Anatomie. Bd. I. S. 8 ff.

53—54° C., und die des Frosches bei 45° C., wie von Beale angegeben worden war, zu vielgestaltigen Tropfen sich auflösen sah. Wenn dieses nun auch unter Erscheinungen stattfindet, die hinlänglich beweisen, dass zur Zeit eine Hülle der Blutkörperchen nicht vorhanden sei, so geschieht es doch erst bei einer so hohen Temperatur, dass der ganze Versuch dadurch an Beweiskraft verliert. Mit nicht geringerem Recht könnte man behaupten, dass die von Kölliker <sup>1)</sup> entdeckte Einwirkung des Harnstoffs auf Blutkörperchen die Nichtexistenz der Membran darthue, und das ist doch bisher Niemand eingefallen. Ich kann hinzufügen, dass eine concentrirte Lösung von Jodwismuth — Jodkalium, die ich Herrn Dragendorff verdanke, in geringerem Grade ganz ähnliche Veränderungen der Froschblutkörperchen erzeugt, wie der Harnstoff oder eine hohe Temperatur, aber darum halte ich mich nicht für berechtigt darin einen Beweis zu sehen, dass denselben auch ursprünglich eine Membran nicht zukäme. Dasselbe gilt von dem Einfluss hoher Kältegrade auf Blutkörperchen und den Schlussfolgerungen, welche Rollett hieran geknüpft hat. Organische Gewebe erleiden beim Frieren sehr auffällige Veränderungen. So lange daher nicht im einzelnen Falle bestimmt werden kann, was für ein Prozess dem Verschwinden der auf anderem Wege nachweisbaren Blutkörperchenmembran zu Grunde liegt, kann nicht erwartet werden, dass die Vertheidiger derselben durch solche Versuche sich sollen schlagen lassen. Sehen wir daher zu, was sich ferner hinsichtlich der Membran ermitteln lässt.

In merkwürdig entgegengesetzter Weise sind bald zu Gunsten, bald zu Ungunsten einer solchen die Erscheinungen bei der Krystallisation des Blutes ausgebeutet worden. Während man von einer Seite hierin grade einen Beweis für die Existenz einer Hülle gefunden hat, wird von der anderen hervorgehoben, dass die Verwandlung der Blutkörperchen zu Krystallen direct die Nichtexistenz derselben darthue. Ich habe mich mit diesem Gegenstande vielfach beschäftigt und die verschiedensten Methoden befolgt, um die Krystallbildung einzuleiten. Von diesen will ich besonders namhaft machen die Behandlung des Blutes mit Chloroform, Aether, Alkohol und schwefelsaurem Natron, so wie das Frieren des Blutes.

<sup>1)</sup> Zeitschrift für wiss. Zool. 1855. Bd. VII. S. 183.

Wenn man diese die Blutkrystallisation herbeiführenden Mittel nur in geringem Grade einwirken lässt, so gelingt es leicht, die Verwandlung der einzelnen Blutkörperchen zu Krystallen während der Beobachtung unter dem Mikroskope eintreten zu sehen; und zwar sind die Erscheinungen bei den Blutkörperchen des Hundes, der Katze, des Menschen und des Pferdes einander gleich. Aber es kommt doch vor, dass das eine und das andere Mal die bis zur vollständigen Krystallisation sichtbar werdenden Umwandlungen der einzelnen Blutkörperchen verschieden ausfallen und daher auch eine verschiedene Auslegung erfahren können; hieraus erklärt sich, warum Kölliker <sup>1)</sup> aus denselben das Vorhandensein einer Hülle, Beale <sup>2)</sup> aber das Gegentheil beweisen zu können behauptet. In der That lässt sich dieses sehr gut verstehen, wie aus der Beschreibung der vorkommenden Formen einleuchten wird. Vor der Besprechung derselben möchte ich jedoch bemerken, dass meine Erfahrungen hierüber auf mehrere Jahre zurückreichen und ich mir wiederholt vorbehalten habe auf die Verwandlung der Blutkörperchen bei der Krystallisation zurückzukommen (dieses Archiv Bd. XXVII. S. 408; Bd. XXXII. S. 128). Meine, dieser Abhandlung beigegebenen Zeichnungen sind zum Theil vor drei Jahren (1863), zum Theil später entworfen worden.

Einer der gewöhnlichsten Fälle, welchen man namentlich leicht bei Hundebloodkörperchen eintreten sieht, ist der, dass das ursprünglich runde Scheibchen sich in die Länge streckt und citronenförmig wird; es entsteht dabei im Innern desselben ein kleiner Krystall, der rundum von einer Art Hülle umschlossen wird, die beiderseits zu einem flachen Bogen gestreckt erscheint (Fig. 11). Dieses Verhalten ist schon von Bursy <sup>3)</sup> angegeben worden. Indem der Krystall wächst, verkleinern sich die seitlichen Bögen immer mehr, werden flacher und schwinden endlich ganz. Aus anderen Blutkörperchen sieht man gleichzeitig zwei Krystalle entstehen, die entweder gekreuzt sind (Fig. 12), oder sich mit einem Ende berühren. Auch hier findet man zwischen den beiden Krystallen anfangs eine blasse Substanzbrücke ausgespannt, die aber immer mehr in den

<sup>1)</sup> Handbuch der Gewebelehre. 1863. S. 627.

<sup>2)</sup> a. a. O. S. 38. Structur der einfachen Gewebe. Leipzig, 1862. S. 38.

<sup>3)</sup> Bursy, Ueber den Einfluss einiger Salze auf die Krystallisation des Blutes. Inaug.-Dissert. Dorpat, 1863. S. 65.



Winkel, den sie bilden, zurücksinkt und endlich ganz verloren geht. Dasselbe zeigt sich, wo man zur Zeit drei Krystalle aus einem Blutkörperchen hervorgehen sieht (Fig. 12). Jene blasse Substanzbrücke, die zwischen den Krystallen gesehen wird, oder der flache Bogen, der, wenn ein einziger Krystall in dem Blutkörperchen entsteht, diesem seitlich anliegt, könnte als gespannte Membran gedeutet werden, innerhalb der die Krystallbildung vor sich geht. Ohne Zweifel ist es die ursprüngliche äusserste Grenzschicht des Blutkörperchens, die sich in anderen Fällen noch deutlicher als solche erkennen lässt. In Fig. 13 habe ich eine Reihe von Hundebloodkörperchen dargestellt, die für die Existenz der Membran beweisend zu sein scheinen. Es sind nach einmaligem Frieren von Hundeblood in einer verschlossenen Flasche innerhalb einer blassen Hülle ein oder mehrere Krystalle entstanden, ohne dass die kreisförmige Begrenzung des Blutkörperchens verloren gegangen wäre<sup>1</sup>). Dieses Verfahren liefert, wie ich früher mitgetheilt habe, (dieses Archiv Bd. XXXII. S. 375) jedes Mal sehr kleine, je einem Blutkörperchen entsprechende Krystalle. Das sind unzweifelhaft die Fälle, von denen Kölliker angibt, dass sie das Vorhandensein einer Hülle darthun; auf eine ähnliche Beobachtung an Froschbloodkörperchen hat sich auch kürzlich in demselben Sinne Owsjannikow<sup>2</sup>) gestützt. Aber diese Erfahrungen beweisen nur, dass, wie ich oben auch durch andere Versuche dargethan habe, die rothen Blutkörperchen unter Umständen eine dichtere peripherische Schicht besitzen, welche länger widersteht. Eine Membran im Sinne der Schwann'schen Zellentheorie verdient sie nicht genannt zu werden. Als entscheidend sehe ich an, dass die dichtere Beschaffenheit der Blutkörperchenoberfläche nicht immer vorhanden ist und namentlich den circulirenden Blutkörperchen nicht zukommt, so wie dass, wenn sie vorgefunden wird, sie sich bei der Krystallisation der Blutkörperchen schliesslich auch in Krystallsubstanz verwandelt. Sie stimmt also mit dem sogenannten Inhalt der Blutkörperchen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung überein. Dagegen unterscheidet sie sich chemisch sehr wesentlich von den Kernen der Blutkörperchen, welche weder beim Frieren des Blutes, noch durch Chloro-

<sup>1</sup>) Dieses Verfahren liefert, wie ich früher mitgetheilt habe (dies. Arch. Bd. XXXII. S. 375, jedes Mal sehr kleine, je einem Blutkörperchen entsprechende Krystalle.

<sup>2</sup>) Bulletin de l'académie des sciences de St. Petersburg. T. VIII. p. 361 sq.

form- und Aetherdämpfe, noch durch concentrirte Salzlösungen oder verdünnte Säuren und Alkalien zerstört werden. Diese findet man immer in der aufgehellten Blutflüssigkeit, gleichviel welches der genannten Mittel man zur Aufhellung des Blutes verwandte; sie stammen aber nicht von der Oberfläche der Blutkörperchen, welche leicht löslich ist, sind nicht „collabirte oder geschrumpfte Hüllen“, sondern sind aus dem Centrum der Blutkörperchen frei geworden.

Mit der erwähnten wechselnden Beschaffenheit der Blutkörperchenoberfläche hängt es zusammen, dass man, während einerseits die Krystallisation Anhaltspunkte zur Annahme einer Membran liefert, auf der anderen Seite keine Spur einer solchen entdecken kann, und man eine ganz directe Verwandlung des ganzen Blutkörperchens vor sich gehen sieht. Auf diese Fälle beruft sich Beale. Hiebei verändert sich der ursprünglich kreisförmige Contour des Blutkörperchens derart, dass er durch grade Linien und Winkel ersetzt wird, die unter den Augen des Beobachters immer deutlicher sich ausbilden. Der sich bildende Krystall liegt dann nicht in dem Blutkörperchen, sondern die Oberfläche desselben entspricht der Oberfläche des Blutkörperchens. Es kann daher hier weder von einer Hülle, noch von einem Stroma die Rede sein, das ihn einschliesst. Man sieht in diesem Falle bald mehr prismatische, bald mehr tafelförmige Krystalle aus den Blutkörperchen hervorgehen (vgl. Fig. 15), bald aber auch aus dem bei Beginn der Beobachtung scheibenförmigen oder maulbeerförmigen Körperchen eine oder mehrere Nadeln gleichzeitig hervorschiessen, durch deren Anwachsen das ganze Blutkörperchen nach und nach krystallinisch wird. So erhält man kleine zierliche Drusen, wie ich sie in Fig. 14 dargestellt habe.

Was ist nun der Grund davon, dass einmal bei der Krystallisation eine Art Hülle um den Krystall sich bemerkbar macht, ein ander Mal aber nicht? Hierauf kommt es gewiss allein an, wenn über die histologische Bedeutung der unter Umständen auftretenden Membran ein Urtheil abgegeben werden soll. Würde man sich darüber von Hause aus Rechenschaft gegeben haben, so hätte nicht von der einen Seite behauptet werden können, dass die Vorgänge bei der Krystallisation der Blutkörperchen für eine Membran an denselben, von der anderen Seite dass sie gegen eine solche beweisend seien. Solch ein Widerspruch konnte nur bei einseitiger

Behandlung der Frage entstehen, indem die Vertreter der ersten Ansicht nur die eine und die der zweiten nur die andere Form der Verwandlung kennen zu lernen Gelegenheit gehabt haben. Sobald man sich aber durch eine ausgedehntere Beobachtung überzeugt, dass beide vorkommen, dass also unter Umständen bei der Krystallisation eines Blutkörperchens eine Hülle sich zeigt, in anderen Fällen aber nicht, so wird uns die Frage sehr nahe gerückt, wovon dieses abhängig sei.

Zur Erläuterung derselben sehe ich mich genöthigt, auf einige früher von mir mitgetheilte Thatsachen zu verweisen. Ich habe gezeigt, dass es einen grossen Unterschied macht, ob das Blut bei hinreichendem Sauerstoffzutritt an freier Luft krystallisirt, oder bei Verschluss in einer Flasche (vgl. dieses Archiv Bd. XXXII. S. 372 ff.). Im ersteren Falle findet eine vollständige, im letzteren nur eine unvollständige Oxydation statt. Es wird entweder die Substanz des Blutkörperchens mit Ausnahme des Kerns ganz oxydirt (bei ungehindertem O-zutritt), oder es wird dieselbe nur zum Theil verwandelt und hinterbleibt von der ursprünglichen Masse des Blutkörperchens ein den Krystall einschliessender Rest (bei Abschluss der atmosphärischen Luft). Diese Hülle ist der zuletzt sich oxydirende Theil des Blutkörperchens; er krystallisirt aber endlich auch, sobald das Blut nicht von der Luft abgeschlossen wird. Kühne<sup>1)</sup> hat kürzlich angegeben, dass nicht eine Hülle, sondern das „Stroma“ die Krystalle einschliesse. Wenn auch in Berücksichtigung mancher Präparate (Säugethierblut) gegen diese Auffassung der Sache nichts eingewandt werden kann, so gibt es doch andere Fälle, die viel eher von einer Membran zu sprechen erlauben. Man findet, dass häufig in einer doppelt contourirten kreisförmig begrenzten Hülle ausser den Krystallen nichts weiter sichtbar ist (Fig. 13). Hier wäre es sehr schwer, sich damit abzufinden, dass der Krystall innerhalb des „Stroma“ enthalten sei.

Man hat es ganz in seiner Hand, die Blutkörperchen so krystallisiren zu lassen, dass eine Hülle nicht sichtbar wird, oder auch so, dass die Krystallbildung innerhalb des zum Theil noch erhaltenen Blutkörperchens erfolgt. Um jenen Zweck zu erreichen, muss man das die Krystallisation herbeiführende Mittel auf sauer-

<sup>1)</sup> Dieses Archiv. Bd. XXXIV. S. 423.

stoffreiches Blut einwirken lassen, um dieses zu ermöglichen, den Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs erschweren. Es ist oben schon davon die Rede gewesen, dass Hundebutkörperchen, die man in einem verschlossenen Gefäße frieren lässt, im Innern Krystalle abscheiden und jedes Mal Bilder liefern, wie sie in Fig. 11, 12, 13 wiedergegeben sind. Der Gegenversuch ist hierbei schwer zu machen, weil bei freiem Luftzutritt die Einwirkung der Kälte viel zu energisch ist, als dass die Krystallisation des einzelnen Blutkörperchens beobachtet werden könnte. Dagegen erlaubt folgendes Verfahren eine hinreichende Controle und eine Beurtheilung dessen, in wie weit der Sauerstoff auf die Art der Verwandlung des Blutkörperchens und auf den Umstand, ob an demselben eine Hülle sichtbar wird, oder nicht, von Einfluss ist.

Man fülle ein enges Probirröhrchen mit defibrinirtem Hundebut, stelle es an einen kühlen Ort und warte den Zeitpunkt ab, bis sich die Blutkörperchen vollständig gesenkt haben. Dieses geschieht meist erst im Verlauf einiger Tage, worauf man an der Oberfläche eine bald höhere, bald niedrigere Serumschicht antrifft. Hebt man darauf das Serum mit einer Pipette und -Fließpapier vollständig ab, so erhält man im Glase einen Rest, der fast nur aus Blutkörperchen besteht; die Form derselben ist bei der Mehrzahl eine maulbeerförmige. Dieses Blut ist jetzt für die Krystallisation vollständig vorbereitet, d. h. es krystallisirt sofort beim Contact mit der atmosphärischen Luft. Man bedarf keines besondern Agens (Niederer Temperatur, Chloroform, Aether, Salze etc.), um die Krystallisation herbeizuführen. Grade desshalb kann man aber auch die Bedingungen um so besser controliren, unter welchen die Verwandlung der Blutkörperchen vor sich geht. Bringt man ein Tröpfchen des erwähnten Blutes unter einem Deckglase in den Focus des Mikroskopes, so sieht man, dass am Rande, wo die Luft Zutritt hat, ein Blutkörperchen nach dem andern sich zu einem Krystall umbildet, während die in der Mitte des Präparates sich nicht verändern. Die Krystallisation des einzelnen Blutkörperchens findet ganz allmählig statt und ist sichtlich zu verfolgen. Dabei zeigt sich nun, dass die Krystalle im Innern der Blutkörperchen entstehen, so dass sie von einer Art Hülle eingeschlossen sind, endlich aber verliert sich auch diese, indem der Krystall anwächst, und nun liegt er vollkommen frei da. Es findet also bei

langsamem Luftzutritt eine ganz allmähliche Metamorphose der einzelnen Theile des Blutkörperchens in Krystallsubstanz statt.

Schliesst man dagegen einen Tropfen desselben Blutes in die von mir angegebene feuchte Kammer ein, indem man ihn in möglichst dünner Schicht an der unteren Fläche des Deckglases ausbreitet, oder setzt man ihn in dem oben erwähnten Apparate einem Sauerstoffstrome aus, so nimmt man folgende Veränderungen an den Blutkörperchen wahr. Die Maulbeerform verschwindet, indem der Umfang des Körperchens wächst und es einen scharfen kreisförmigen Contour erhält. Dabei wird die Farbe desselben heller; es erscheint jetzt bei durchfallendem Licht gelblich, während es vorher rothbräunlich aussah: die Substanz, die in Gestalt einer Maulbeere erstarrt schien, ist nun weich, dehnbar und veränderlich, wie bei Berührung der einzelnen Blutkörperchen ersichtlich ist<sup>1)</sup>. Dann treten weitere Umwandlungen ein, welche zur Krystallbildung führen. Diese beginnt auch hier immer am Rande des Blutropfens und zwar bemerkt man erstens, dass ein Theil der hell gewordenen Blutkörperchen immer mehr erblasst und sich endlich löst, zweitens aber geht ein anderer Theil direct in Krystalle von bald mehr nadelförmiger, bald mehr tafelförmiger Gestalt über. In der Umgebung dieser ist im Gegensatz zu dem Fall, wo die Krystallisation unter dem Deckgläschen stattfand, niemals eine Hülle vorhanden, sondern es wird die ganze Masse des Blutkörperchens, d. h. die sogenannte Membran und der Inhalt gleichzeitig verwandelt. Man hat also hierbei nicht Gelegenheit, die Bildung der Krystalle innerhalb der Blutkörperchen zu sehen, obgleich hier auch häufig je ein Krystall einem Blutkörperchen entspricht.

Aus dem Vorhergehenden leuchtet ein, dass die Membran, wo sie an einem Blutkörperchen sichtbar wird, nicht ein vom „Inhalt“ desselben chemisch wesentlich differentes Gebilde ist, da sie sich ebenso wie dieser als krystallisationsfähig erweist. Sie findet sich

<sup>1)</sup> Rollett gibt an, es sei ihm niemals gelungen, ausserhalb des Organismus direct die Rückkehr eines sternförmigen Blutkörperchens in die normale Gestalt zu beobachten u. s. w. (Moleschott, Untersuchungen etc. Bd. IX. S. 494). Wenn ihm dieses nicht gelungen ist, so ist es entweder durch eine grosse Menge Serum verhindert worden, oder dadurch, dass die Blutkörperchen der Einwirkung des Sauerstoffes überhaupt entzogen waren.

nur bei sauerstoffarmen Blutkörperchen und verschwindet sofort bei Sättigung derselben mit Sauerstoff. Hierin liegt allerdings ein Unterschied, der auf einen chemischen Prozess hinweist, aber er ist nicht ausreichend, um den histologischen Begriff der Membran zu rechtfertigen.

Es lässt sich auch an Amphibienblutkörperchen nachweisen, wie sehr der Sauerstoffgehalt derselben auf die Beschaffenheit ihrer Oberfläche von Einfluss ist. An diesen ist vorzugsweise die Lehre von der Blutkörperchenhülle ausgebildet worden und das nicht ohne Grund, da sie sich an ihnen in der That demonstriren lässt. Aber niemals an sauerstoffreichen Blutkörperchen, sondern an solchen, die nach der Entleerung aus den Gefässen der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs einige Zeit entzogen gewesen sind. Solche findet man in jedem Blute, das in dicker Schicht geronnen ist, wesshalb Blut, das in einem engen Gläschen aufgefangen wird, die beste Gelegenheit bietet, solche Blutkörperchen kennen zu lernen. Sie erscheinen starr, nicht dehnbar beim Druck und mit einer deutlichen Hülle versehen. Alle diese Eigenschaften verlieren sie aber sehr bald beim Contact mit der Luft; sie werden weich und zäh wie Gummi und haben nun eine Oberfläche, an der sich nicht mehr eine von der übrigen Masse unterscheidbare membranöse Schicht wahrnehmen lässt.

Um diese Verwandlung erfolgen zu sehen, genügt es nicht, das Blut in dünner Schicht auf dem Objectträger auszubreiten, weil die Eintrocknung zu rasch vor sich geht. Man muss es daher entweder in die feuchte Kammer einschliessen, oder noch besser in dem oben erwähnten Apparate mit Sauerstoff behandeln. In beiden Fällen sind die auftretenden Veränderungen der Blutkörperchen gleich, doch sieht man sie unter der letzteren Bedingung rascher entstehen. Sie färben sich zunächst heller, werden dicker, so dass sie wie gequollen aussehen und den Kern nicht mehr so deutlich wie vorher wahrnehmen lassen. Dabei sind sie wieder so elastisch dehnbar geworden, wie die circulirenden Blutkörperchen. Weiterhin lassen sie ohne mechanische Einwirkung den Kern austreten, bekommen ein tropfenähnliches Aussehen und werden zum grossen Theil kuglig. Doch verhalten sich nicht alle gleich, einige sind viel resistenter als andere, deren Widerstandsfähigkeit nach der Zeit, welche sie zur Umwandlung bedürfen, abgeschätzt werden

kann. Schliesslich sieht man sie in dem Apparate in kleinere Tropfen von meist kugliger Gestalt und glänzender Beschaffenheit zerfallen. Diese gruppieren sich anfangs um den Kern, der völlig frei wird, werden aber schon durch geringe Strömungen im Präparate leicht fortgeschwemmt. Ihre Oberfläche ist ganz intact und in diesem Stadium keine Andeutung einer festeren Hülle aufzufinden (Fig. 16). Es geht das schon daraus hervor, dass das Blutkörperchen in mehr oder weniger zahlreiche tropfenähnliche Gebilde sich theilt.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so lässt sich behaupten, dass die elastisch dehnbaren hüllenlosen Blutkörperchen des Frosches nach der Entleerung aus den Gefässen eine starre Beschaffenheit und eine Art Hülle erhalten, dass diese ihnen aber wieder genommen werden kann, wenn man Sauerstoff auf sie einwirken lässt. Sie erhalten dann vorübergehend ganz das Aussehen und die Eigenschaften circulirender Blutkörperchen, werden aber nachträglich noch weiter verändert und in kleinere Theile zerlegt.

Hierbei ist von besonderem Interesse das Verhalten des Kerns der Blutkörperchen. Wenn dieselben in der feuchten Kammer bis zu einem gewissen Grade weich und zäh geworden sind und ein tropfenähnliches Aussehen angenommen haben, so rollt der Kern in ihrem Innern hin und her, was ich durchschnittlich nach 24 Stunden beobachtete. Er rollt aber nicht wie Hewson meinte, in einer mit Flüssigkeit gefüllten Blase, sondern er wechselt seine Lage, weil die Masse, welche ihn umgibt, so weich ist, dass sie ihm nach allen Richtungen seiner Schwere zu folgen erlaubt. Dabei kommt es auch häufig zum theilweisen oder vollständigen Austritt desselben. Man findet häufig, dass er zur Hälfte, zu drei Viertheilen oder ganz aus der Masse des Blutkörperchens hervorragt, ohne dass an der Oberfläche desselben eine Hülle ihm Widerstand leistete, oder an der entstehenden Vorwölbung zu erkennen wäre, oder nach vollständiger Trennung des Kerns durch eine Rissstelle sich verriethe (Fig. 10). Dieses Herumrollen des Kerns ist grade ein Beweis gegen die Existenz einer Hülle. Wenn es sich zeigt, dann hat das Blutkörperchen jede membranartige Beschaffenheit der Oberfläche eingebüsst und ist zu einer durchweg gleichmässig weichen Masse geworden, welche dem Kern ohne Weiteres den Austritt gestattet. Solche veränderte Blutkörperchen hat Preyer<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Dieses Archiv Bd. XXX. S. 437.

vor sich gehabt, welcher „mehrere Stunden oder auch Tage lang“ Salamanderblut in der feuchten Kammer beobachtete; er schliesst wie Hewson aus dem Herumrollen des Kerns auf die Existenz einer Hülle, während es ihm grade das Gegentheil hätte beweisen sollen.

Wenn nun Blutkörperchen auf die angegebene Weise in der feuchten Kammer constant verändert werden, so erscheint es gerechtfertigt einen Augenblick bei der Frage zu verweilen, ob nicht das Bedingende in etwas anderem, als dem Sauerstoff zu suchen wäre. Ausser diesem kann aber nur noch das Wasser in Betracht kommen, da wir einen etwaigen Einfluss der Temperatur nach den Erfahrungen von Beale und M. Schultze ausschliessen können. Diese haben gelehrt, dass den beschriebenen allerdings ähnliche Veränderungen der Blutkörperchen erst bei einer verhältnissmässig sehr hohen Temperatur eintreten, wie sie während der Untersuchung niemals zur Geltung kommt. Dem Wasserdampf in der feuchten Kammer ist ebenso wenig Bedeutung beizulegen, denn erstlich habe ich bei den Versuchen immer möglichst wenig Wasser in die Kammer eingeschlossen, so viel als ich für hinreichend hielt, um die Verdunstung zu hindern und dann, wenn auch selbst in diesem Falle, wie ich dargethan habe, eine Absorption von Wasser von Seiten des Blutes zugelassen werden muss, ist es bekannt, dass Wasser, sobald es mit Blutkörperchen in Berührung kommt, ganz andere Veränderungen an diesen hervorruft, als die in Rede stehenden sind. Man weiss, dass Wasser grade eine Blutkörperchenhülle sichtbar macht, hier aber sehen wir jede Spur einer solchen schwinden. Es bleibt also nichts anderes übrig, als die Metamorphosen, welche Blutkörperchen in der feuchten Kammer erleiden, der Einwirkung des Sauerstoffs zuzuschreiben. Dazu ist um so mehr Grund vorhanden, als einerseits nach der Extravasation bereits veränderte Blutkörperchen in der feuchten Kammer wieder ganz das Aussehen und die Eigenschaften der circulirenden annehmen und andererseits Blutkörperchen, die in der feuchten Kammer einem continuirlichen Kohlensäurestrom ausgesetzt werden, keine von den geschilderten Verwandlungen erleiden. Die Sättigung der Blutkörperchen mit dieser oder jener Gasart ist von wesentlichem Einfluss auf ihr morphologisches Verhalten. Wenn sie in eine unveränderliche Form gebannt scheinen und entweder



Scheiben von bald elliptischer, bald kreisförmiger Gestalt, oder in anderen Fällen gezackte, maulbeerähnliche Körperchen darstellen, so wird diese Form durch den Sauerstoff der Luft ebenso veränderlich, als sie vorher unveränderlich schien. Diese handgreifliche Umwandlung, die sich hauptsächlich auf das Verhalten der oberflächlichsten Schicht der Blutkörperchen bezieht und hier ein nachweisbares membranartiges Gebilde vollkommen verschwinden macht, vollzieht sich bereits bei der Einwirkung gewöhnlichen Sauerstoffs auf Blutkörperchen.

Unvergleichlich grösser ist aber die Veränderung, welche die morphologische Beschaffenheit derselben durch erregten Sauerstoff erleidet. Dieser bedingt nicht nur eine hellere Färbung, ein Weichwerden der Masse, so dass sie sich nach allen Richtungen dehnt und streckt und gelegentlich theilt, sondern macht, dass die Substanz der Blutkörperchen sich löst, indem sie sich mehr und mehr bis auf einen geringen Rest verkleinert. Zuerst geschieht dieses mit der äussersten Schicht, der Blutkörperchenhülle der Autoren, dann kommen die mehr nach innen gelegenen Theile an die Reihe und endlich verschwindet auch alles farblose körnige Protoplasma. Nur ein kleines, blasses Scheibchen im Centrum jedes Säugethierblutkörnchens und der Kern in den Blutkörperchen der Fische, Amphibien und Vögel widersteht, sonst ist Alles in der „lackfarbenen“ Lösung enthalten, was von Formbestandtheilen ursprünglich im Blutkörperchen vorhanden war.

Hier wären zunächst die Versuche A. Schmidt's<sup>1)</sup> mit ozonhaltigem Terpenthinöl zu erwähnen. Mit demselben konnte er in kürzester Zeit ganz gleiche Veränderungen der Blutkörperchen herbeiführen, wie sie durch den atmosphärischen Sauerstoff erst nach einer verhältnissmässig langen Zeit zu Stande kommen. Dann brachte er wichtige Gründe bei, dass die Auflösung der Blutkörperchen durch kräftige Entladungsschläge, die Rollett nachgewiesen, „auf einer Oxydation derselben mittels des durch die Electricität erregten Blutsauerstoffs“ beruhe. Endlich habe ich mich bemüht zu zeigen, dass bei der äusserst rapid erfolgenden Lösung der Blutkörperchen durch Chloroformdämpfe ebenfalls eine Erregung des Sauerstoffs in Betracht komme, so wie dass auch die Aufhel-

<sup>1)</sup> Dieses Archiv Bd. XXIX. S. 26.

lung und Krystallisation des Blutes beim Frieren sowohl zu dem Blutsauerstoff als zu dem atmosphärischen Sauerstoff in einer unleugbaren Beziehung steht.

Alle diese Thatsachen weisen mit Entschiedenheit darauf hin, dass der atmosphärische Sauerstoff, oder einfacher ausgedrückt, dass die Respiration einen directen Einfluss auf die morphologische Entwicklung der rothen Blutkörperchen ausübe. Ich will zur Erläuterung dessen nur die Veränderungen der Blutkörperchen zusammenstellen, welche sie durch das Frieren des Blutes, durch Electricität und durch Chloroformdämpfe erleiden, weil diese am genauesten untersucht sind, und sie mit den Formen vergleichen, welche uns im lebenden Blute begegnen.

Die experimentell hervorgerufene Oxydation der Blutkörperchen, sei es, dass man sich niedriger Temperatur, der Electricität, oder des Chloroforms bediene, führt in allen drei Fällen dieselben Verwandlungen herbei. Die Blutkörperchen schmelzen von aussen nach innen zu immer kleineren Körperchen zusammen, bis endlich alle Bestandtheile derselben mit Ausnahme des Kerns gelöst sind. Die entstandene Flüssigkeit ist gleichmässig roth und durchsichtig und kann bei geeigneter Behandlung bis auf den letzten Rest krystallisiren. Es geschieht dieses, wie ich gezeigt habe, nicht durch eine Verminderung der Lösungsmittel des Blutfarbstoffs, sondern durch eine weitere Oxydation desselben.

Die Thatsache, dass alle in der aufgehellten Blutflüssigkeit enthaltenen Bestandtheile in Krystallform sich ausscheiden, ist aber von ungemein grosser Tragweite für unsere Anschauungen über die Verwandlung der Blutkörperchen durch den Oxydationsprozess. Es lässt sich mit Sicherheit nachweisen, dass in der „lackfarbenen“ Lösung nicht nur das in den Blutkörperchen enthaltene Blutroth sich vorfindet, sondern dass ebensowohl auch das farblose körnige Protoplasma derselben gelöst worden ist. Es ist dieses jetzt von dem ursprünglichen Blutroth nicht mehr trennbar, sondern geht gemeinschaftlich mit diesem in Hämoglobinkrystalle über. Die anfänglich sehr differenten Eigenschaften beider haben sich völlig ausgeglichen, was mit anderen Worten wohl so ausgedrückt werden kann: das farblose körnige Protoplasma der Blutkörperchen ist durch Oxydation zu krystallisationsfähigem Hämoglobin geworden.

Was durch die energische Wirkung hoher Kältegrade, der

Electricität und des Chloroforms in wenigen Augenblicken erreicht werden kann, das tritt allmählich ebenso auch durch den atmosphärischen Sauerstoff ein. Wenn ein zackig und körnig erscheinendes Blutkörperchen beim Contact mit der Luft sich hellroth färbt, vollkommen homogen, weich und dehnbar wird, so bezeichnet das nur den Anfang eines Processes, der schliesslich auch mit der Lösung nicht nur des Blutroths, sondern auch des farblosen Protoplasma endet. Es bildet sich wie in dem ersteren Falle eine durchsichtige rothe Lösung<sup>1)</sup>, die bis auf den letzten Rest krystallisationsfähig ist. Hier findet also ebenso, doch viel langsamer, eine Verwandlung der farblosen körnigen Substanz statt, welche die rothen Blutkörperchen einschliessen.

Ein analoger Vorgang, lässt sich voraussetzen, vollzieht sich in der Blutbahn des lebenden Organismus, indem die farblosen Blutkörperchen zu rothen umgebildet werden. Die Bedingungen dafür sind in der Aufnahme des atmosphärischen Sauerstoffs durch die Blutkörperchen und in der von A. Schmidt<sup>2)</sup> nachgewiesenen Erregung desselben gegeben. Es lässt sich demnach nicht ohne Grund behaupten, dass eine während des Kreislaufs nach und nach zu Stande kommende Verbrennung des Protoplasma der farblosen Blutkörperchen der Entstehung der rothen zu Grunde liege. Zu dieser Hypothese berechtigt sowohl die Betrachtung der Blutkörperchen von Embryonen, als auch die erwachsener Individuen. Halten wir uns zunächst an jene, so tritt uns eine Erscheinung von grossem Gewicht entgegen. Es ist das die Thatsache, dass die ersten Blutzellen mehr oder weniger grobe Körnchen einschliessen und dass diese, in demselben Maasse, als die Zellen sich färben verloren gehen. Je älter der Embryo wird, desto homogener und röther erscheinen seine Blutkörperchen. Ich will das an Froschblutkörperchen, deren Beobachtung im Ganzen weniger Schwierigkeiten bietet, genauer zu erläutern suchen.

Die Blutkörperchen der jüngsten Froschlarven erscheinen kuglig fast farblos und sind mit groben und feinen Dötterkörnchen so dicht erfüllt, dass der Kern von ihnen vollkommen verdeckt zu sein pflegt (Fig. 19). Die kleineren jener Körnchen zeigen die lebhaft

<sup>1)</sup> Vgl. A. Schmidt, dieses Archiv Bd. XXIX. S. 15.

<sup>2)</sup> Ueber Ozon im Blute. Dorpat, 1862. Hämatologische Studien. Dorpat 1865. S. 12.

teste Molecularbewegung. Dann sieht man diese grossen runden Zellen, wenn man Tag für Tag untersucht, eine hellgelbe Färbung annehmen, gleichzeitig damit aber die Körnchen an Zahl und an Grösse abnehmen (Fig. 20. a.). Man nimmt jetzt in jedem Blutkörperchen deutlich den Kern wahr. Das tanzende Spiel der Körnchen in seiner Umgebung erhält sich, ja ist vielleicht noch auffälliger, als in den dichter erfüllten Blutkörperchen früherer Stadien. Auch die Kugelform der Blutkörperchen ist noch unverändert dieselbe. Dann aber werden sie elliptisch, die Farbe ist intensiver, das ganze Blutkörperchen mehr homogen, doch mangeln den elliptischen Körperchen in der ersten Zeit die schwirrenden Molekel im Innern nicht; sie sind aber klein und weniger zahlreich, auch die Schwingungen derselben nicht so ergiebig wie früher. Endlich verlieren sie sich ganz, so dass das rothe Blutkörperchen der ältesten Froschlarven ebenso homogen gefunden wird, wie das entwickelter Frösche. Aber es hat darum ebenso wenig wie dieses alle farblose körnige Substanz eingebüsst, doch ist dieselbe vorzugsweise auf die Umgebung des Kerns beschränkt und ist hier nicht anders als durch eine geeignete Behandlung sichtbar zu machen.

Bei dieser Entwicklungsreihe, welche an den embryonalen Froschblutkörperchen mit ungemein grosser Schärfe und Sicherheit übersehen werden kann, ist zunächst die Thatsache gar nicht zu bezweifeln, dass ursprünglich farblose Blutzellen nach und nach zu farbigen werden, dann aber ist es auch ebenso unleugbar, dass sie neben der Farbe ihren morphologischen Charakter ändern, indem aus der kugligen Zelle eine elliptische Scheibe und aus dem körnerreichen Protoplasma eine homogene, weiche, dehnbare Substanz wird. Dasselbe gilt für die embryonalen Blutkörperchen der Fische<sup>1)</sup> und Vögel<sup>2)</sup>.

Wenn wir von diesen Erfahrungen ausgehend uns nach den zur Zeit im Blute erwachsener Individuen vorkommenden Formen umsehen, so müssen wir erwarten, eine beständige Regeneration des Blutes vorausgesetzt, in demselben zum Theil reichlich Protoplasma enthaltende körnige und zum Theil mehr homogene farbige Formen, sowie zwischen beiden zahlreiche Uebergangsstufen anzutreffen. Das ist nun in der That auch der Fall. Ich habe für das

<sup>1)</sup> Reichert, Studien des physiologischen Instituts zu Breslau. 1858. S. 25.

<sup>2)</sup> Reichert, Das Entwicklungsleben im Wirbelthierreich. 1840. S. 139.

Salamanderblut und ebenso auch für das Blut der Frösche und des Haushuhns den Nachweis liefern können, dass in demselben Blutkörperchen vorkommen, um deren Kern eine bedeutende Menge Protoplasma mit bis an die Oberfläche sich erstreckenden zahlreichen Fäden angehäuft ist, dass neben diesen solche vorhanden sind, die eine viel beträchtlichere homogene, rothe peripherische Schicht und verhältnissmässig wenig körnige Substanz im Innern besitzen und endlich drittens Blutkörperchen, die durchweg homogen erscheinen, an denen wenigstens vermittelt der bisher in Anwendung gezogenen Untersuchungsmethoden eine den Kern umgebende körnige farblose Substanz nicht demonstrirt werden kann. Die erstgenannten Formen stehen, was ihre Structur anlangt, ebenso wie die ersten Entwicklungsstadien farbiger Blutkörperchen bei Embryonen den farblosen Zellen des Blutes sehr nahe, während die der zweiten und dritten Art sich von diesen immer mehr entfernen. Wenn wir nun an der allgemein anerkannten Thatsache festhaltend, dass die farblosen Blutzellen zu farbigen werden, den Gang der Metamorphose andeuten wollen, um uns eine Vorstellung darüber zu bilden, welche Form der farbigen Blutkörperchen sich aus der anderen entwickelt, so müssen wir die an farblosem Protoplasma reichen für die jüngsten, und die ganz homogenen für die ältesten Entwicklungsstufen halten. Ich habe mich gefreut, kürzlich zu ersehen, dass Erb<sup>1)</sup> auf einem anderen Wege zu einem ähnlichen Resultate gelangt ist.

Ganz analoge Erfahrungen wie die eben für die elliptischen Blutkörperchen besprochenen macht man an denen des Menschen und der Säugethiere. Vor allen Dingen werden auch hier für die Bildung derselben die Beobachtungen an embryonalen Blutkörperchen entscheidend sein müssen, und ist desshalb die Erfahrung von unschätzbarem Werthe, dass sich im Blute junger Embryonen kernhaltige rothe Blutkörperchen vorfinden, deren Ursprung aus farblosen keinen Augenblick verkannt werden kann. Es sind das verhältnissmässig grosse, kugelförmige und leicht körnige Körperchen, neben denen andere kleiner, scheibenförmig und homogen erscheinen. Sie stehen zu diesen gleichzeitig mit ihnen vorkommenden in demselben Verhältniss, wie die embryonalen Froschblutkörper-

<sup>1)</sup> Dieses Archiv Bd. XXXIV. S. 138.

chen zu den später sich entwickelnden Formen. In beiden Fällen findet eine Umgestaltung der Form, eine Verkleinerung und ein Schwund der im Innern der Blutkörperchen enthaltenen körnigen Substanz statt, wenn wir die Blutkörperchen der älteren Individuen mit denen der jüngeren vergleichen.

Was die Blutkörperchen erwachsener Säugethiere und des Menschen betrifft, so habe ich oben gezeigt, dass dieselben in der feuchten Kammer, wenn sie in viel Serum suspendirt werden, völlig entfärbt werden können, dass aber dabei eben solch ein Unterschied hinsichtlich ihrer Zusammensetzung sich herausstellt wie bei den Froschblutkörperchen. Ein Theil derselben bietet das Ansehen farbloser Protoplasmaklumpchen mit einem kleinen cirkelrunden Kern im Innern, von einem anderen aber bleibt, wenn der Farbstoff an das Serum übergeht, nichts weiter übrig, als der Kern. Da haben wir wieder dieselbe Differenz, die man früher damit zu bezeichnen sich begnügte, dass man sagte, ein Theil der Blutkörperchen sei resistenter als der andere. Die resistenteren sind die protoplasmareichen, die leicht zerstörbaren Blutkörperchen die, deren körnige Masse zum grössten Theil oder schon ganz geschwunden ist. Das kann man auch beim Frieren des Blutes, bei Behandlung desselben mit Chloroform, Essigsäure etc. nachweisen, wobei immer zunächst der Farbstoff sich löst, dann erst kommt das den Kern umgebende Protoplasma an die Reihe. Es ist daher einleuchtend, dass diejenigen Blutkörperchen, welche viel Protoplasma einschliessen, gegenüber denen, die davon nur Spuren oder gar nichts enthalten, resistent erscheinen müssen. Jene sind gleichzeitig grösser, diese von geringerem Umfange und blasserem Aussehen, und es kann in dieser Beziehung der Unterschied sehr beträchtlich ausfallen. Hier ist daher der Ort, einiger Blutkörperchenformen Erwähnung zu thun, die viel von sich reden gemacht haben, ohne dass ihre Bedeutung festgestellt worden wäre. Ich meine einerseits die von Wharton Jones <sup>1)</sup> unter der Bezeichnung „nucleated bloodcells — uncoloured stage“ beschriebenen Gebilde und andererseits die Zimmermann'schen „Elementarbläschen“ <sup>2)</sup>. So Verschiedenartiges man darunter auch verstanden haben mag, so

<sup>1)</sup> Philos. Trans. 1846. Part I. p. 63.

<sup>2)</sup> Rust's Magazin. 1848. Bd. 66. S. 171. Dies. Arch. Bd. XVIII. S. 221.

gehören beide doch unzweifelhaft zusammen. Der erste der genannten Beobachter hat seiner Angabe vorzugsweise das Blut der Kaltblüter zu Grunde gelegt, der zweite das der Säugethiere und des Menschen, daher ist es wohl gekommen, dass man bisher die Zusammengehörigkeit jener Formen übersehen hat.

Was zunächst die nucleated cells, uncoloured stage des englischen Beobachters anlangt, so sind diese vollkommen farblosen, blasen, aus einem Kern und aus einer scheinbaren Hülle bestehenden, im Uebrigen aber den rothen Blutkörperchen ähnlichen Gebilde bekanntlich im Froschblut häufig zu sehen. Aber sie kommen in diesem doch nicht in dem Umfange vor, als von Wharton Jones und Anderen vorausgesetzt worden ist. Bei lebenskräftigen, frisch eingefangenen Fröschen habe ich sie nur vereinzelt und bisweilen gar nicht gefunden, bei heruntergekommenen Winterfröschen dagegen oft recht zahlreich.

Ich spreche hier von einer unmittelbar nach der Entleerung vorgenommenen Untersuchung des Blutes. Lässt man dagegen einige Zeit bis zur Vornahme der Untersuchung verstreichen oder setzt man dieselbe an demselben Präparate länger fort, so finden sich jene Zellen jedes Mal im Froschblut vor. Ihre Zahl mehrt sich mit jedem Augenblick und man kann häufig das Erblassen eines rothen Blutkörperchens und die Verwandlung desselben in die in Rede stehende Form direct beobachten. Es gibt ein Theil der rothen Blutkörperchen ungemein leicht den Farbstoff an das Serum ab und dann entspricht der Rest vollkommen dem, was Wharton Jones beschrieben hat. Dieses geschieht, wie ich mich vielfach überzeugt habe, sehr bald nach Anfertigung des Präparates und kann nach wenigen Minuten schon eine wesentliche Veränderung vieler Blutkörperchen eingetreten sein. Zum Theil sind daher die „nucleated cells, uncoloured stage unzweifelhaft Kunstproducte, aber ich will nicht in Abrede stellen, dass sie auch im circulirenden Blute namentlich bei wässriger Beschaffenheit desselben sich vorfinden. Bei Beobachtung des Kreislaufs in der Fröschschwimmhaut kann man darüber keine sichere Auskunft erhalten. Sie sind auch mit der Hartnack'schen Immersionslinse (No. 9) in den Capillaren nicht zu erkennen, wohl aber sieht man von Zeit zu Zeit scheinbar freie Kerne, die in Form und Grösse den Kernen der rothen Blutkörperchen gleichkommen und sich jedenfalls von den weissen

Blutkörperchen unterscheiden, das Sehfeld passiren, und diese könnten immerhin von einem blassen Contour, dessen Unsichtbarkeit unter den erwähnten Verhältnissen erklärlich wäre, umgeben sein. Dafür scheint allerdings der Umstand zu sprechen, dass man auch bei äusserst rapider Anfertigung der Präparate von direct aus den Gefässen aufgefangenem Blute oft einzelne solcher Körperchen antrifft. Wir hätten demnach im Froschblute wirklich vollkommen farblose und ausserdem sehr blass, wenig gefärbte, Blutkörperchen, die sich aber ungemein leicht entfärben, auseinander zu halten. Nach der Entfärbung sind diese von jenen nicht mehr zu unterscheiden.

Wharton Jones führt auch nucleated cells, uncoloured stage für das Blut des Menschen und der Säugethiere an (a. a. O. S. 73), aber es bezieht sich dieses auf Blut, das er mit Wasser verdünnt hatte. Es sind daher darunter zunächst solche Blutkörperchen zu verstehen, die durch das Wasser ihres Farbstoffs beraubt waren, ebensolche Kunstproducte, wie sie bei längerem Zuwarten im Froschblute entstehen. Und hierin liegt die Verwandtschaft der Wharton Jones'schen Angaben mit denen von Zimmermann. Dieser Beobachter bediente sich, um seine Elementarbläschen in grösserer Menge sichtbar zu machen, ziemlich concentrirter Salzlösungen (schwefelsaure Magnesia, schwefelsaures Natron etc.) und bemüht sich darzuthun, dass die rothen Blutkörperchen dem Gesetze der Endosmose und Exosmose nicht unterworfen wären (a. a. O. S. 219). Seitdem ist von Bursy und mir dargethan worden, dass jene Stoffe das Hämoglobin, wenn auch nicht durch Diffusion, so doch überhaupt an das Serum übertreten lassen und eine massenhafte Krystallbildung bedingen. Dass also Salzlösungen die rothen Blutkörperchen erblassen machen, kann nicht bezweifelt werden und darum ebensowenig, dass die in ungeheuer grosser Anzahl durch dieselben von Zimmermann sichtbar gemachten Elementarbläschen Kunstproducte sind. Ich habe, als Bursy zahlreiche Versuche mit einer grossen Reihe von Salzen anstellte, Gelegenheit gehabt, sie ungemein häufig zu sehen und habe nie daran zweifeln können, dass ich entfärbte rothe Blutkörperchen vor mir hatte. Die Entfärbung findet aber auch hier, ebenso wie beim Frieren des Blutes, oder durch Chloroform- und Aetherdämpfe u. s. w. nicht dadurch statt, dass ein gefärbter flüs-



siger Inhalt durch eine Membran nach aussen diffundirt, sondern dadurch, dass der Farbstoff peripherisch sich ablöst. Dabei lehren auch die Versuche mit Salzlösungen, dass ein Theil der Blutkörperchen mehr disponirt ist, das Hämoglobin fahren zu lassen, als ein anderer, und dass man je nach der Concentration der Lösung eine grössere oder geringere Menge farblos zu machen vermag.

Es darf jedoch nicht unberücksichtigt bleiben, dass Zimmermann die „Elementarbläschen“ nicht nur in mit Salzlösungen vermischtem Blute, sondern auch bei der mikroskopischen Untersuchung der Plasmaschicht, die sich auf langsam gerinnendem Blute bildet, gefunden hat. (Rust's Magazin Bd. 66, S. 173. Virchow's Arch. Bd. 18, S. 227.) Er erwähnt namentlich das Pferdeblut und das Blut von einem Pneumoniker. Wenn wir uns veranlasst gesehen haben, die grosse Masse der durch Salzlösungen sichtbar gemachten Elementarbläschen als künstlich erzeugte auszugeben, so kann das nicht auf diesen Fall Bezug haben. Man findet allerdings in dem Liquor von Pferdeblut, dessen Gerinnung man verzögert, die Zimmermann'schen Elementarbläschen, aber in viel geringerer Menge, als nach Behandlung desselben Blutes mit Lösungen von  $\text{SO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NaO}$  etc. Doch sind diese im Pferdeblut vorkommenden Formen zum Theil wenigstens auch entfärbte Blutkörperchen. Ich erlaube mir zur Begründung dessen zunächst darauf hinzuweisen, was ich oben über die während der Beobachtung im unvermischten Blute stattfindende Entstehung der nucleated cells, uncoloured stage von Wharton Jones gesagt habe. Ein gleiches Verhalten habe ich an Säugethierblutkörperchen wahrgenommen. Ein Theil derselben lässt seinen Farbstoff unmittelbar nach der Entleerung fahren und es hinterbleibt dann entweder der freie Kern oder der Kern mit etwas farbloser Masse umgeben. Das sind die Zimmermann'schen Elementarbläschen. Somit liegt etwas Wahres auch in der bereits im Jahre 1818 von Home freilich für alle farbigen Blutkörperchen gemachten und vielfach bekämpften Angabe, dass der Farbstoff (the colouring matter) sich  $\frac{1}{2}$  Minute nach der Entleerung des Blutes von dem Rest des Körperchens trennen solle. Eine grosse Zersetzbarkeit eines Theils der Blutkörperchen ist wenigstens unzweifelhaft, und kann die Verwandlung derselben in ganz frischem Blute sowohl von Amphibien als von Säugethieren direct beobachtet werden. Allem Anschein

nach steht der Uebertritt ihres Farbstoffs an die Intercellularsubstanz in Zusammenhang mit der eintretenden Gerinnung, was mit grosser Wahrscheinlichkeit behauptet werden kann, seitdem Al. Schmidt nachgewiesen hat, dass der Uebergang von Hämoglobin an das Blutplasma Bedingung für die Gerinnung sei. Wäre diese Entdeckung nicht auf experimentellem Wege gemacht worden, so würde man vielleicht durch die im Liquor sanguinis beobachteten Zimmermann'schen Elementarbläschen auf sie geleitet worden sein. Die Entstehung dieser bildet die nothwendige Ergänzung, welche die Histologie des Blutes zu der bereits glänzend bewahrheiteten Gerinnungstheorie Schmidt's zu liefern hatte.

Wenn ich darnach auch den grössten Theil der im unvermischten Blute bemerkbaren sogenannten Elementarbläschen für Artefacte, die durch Entfärbung entstanden sind, erklären muss, so will ich dabei doch zulassen, dass ähnliche Formen im circulirenden Blute vorkommen, aber gewiss in geringerer Anzahl und von noch kleinerem Durchmesser, als ihn durchschnittlich die in der sich absetzenden Plasmaschicht des Pferdeblutes befindlichen Körperchen besitzen. Auf diese Blutbestandtheile hat, abgesehen von Zimmermann, in neuerer Zeit Beale aufmerksam gemacht. Seine Angabe über dieselben lautet: „They are much smaller than the latter (the ordinary red corpuscles); they exhibit a granular appearance, and are colourless. They might be described as small white corpuscles, but many are much smoother than the colourless corpuscles. It is not easy to see these corpuscles unless the blood is examined by powers magnifying upwards of 1000 diameters. Such corpuscles are exceedingly faint, and can only be distinguished if great care be employed. I believe that corpuscles exist which are so very transparent as not to be visible“<sup>1)</sup>. Später hat M. Schultze<sup>2)</sup>, wie es scheint, ohne von dieser Stelle etwas zu wissen, dieselben Gebilde als „Körnchenbildungen“ beschrieben und allen denjenigen, welche sich eingehender mit dem Blute beschäftigen wollen, angelegentlichst empfohlen. Ich sehe mich genöthigt, hier abermals zu constatiren, dass wenn in jenen „Körnchenbildungen“ etwas Neues aufgefunden worden ist, das Verdienst davon dem englischen Beob-

<sup>1)</sup> Quaterly Journal of micr. sc. Januar 1864. Trans. p. 41.

<sup>2)</sup> Archiv für mikr. Anatomie. Bd. I. S. 36.

achter zukommt. Aber es ist auf der anderen Seite unzweifelhaft, dass sie unter die Elementarkörnchen Zimmermann's gehören, zu welchen dieser aber auch noch andere, nachträglich entfärbte Blutkörperchen gerechnet hat. Ja man kann sogar sagen, dass bei Zimmermann die Zersetzungsproducte des Blutes die Hauptsache ausmachen; daher kommt es auch, dass er als „Anwalt für die so arg verkannten Rechte des Blutes“ schlechte Geschäfte gemacht hat. Dieses führt uns zu der von ihm aufgestellten Hypothese über die Bildung der Blutkörperchen und zu einer Vergleichung derselben mit denen Anderer. Wharton Jones und Zimmermann kommen darin überein, dass jener seine nucleated cells, uncoloured stage und dieser die „Elementarbläschen“ in farbige Blutkörperchen sich umwandeln lässt; beide sehen jene blassen Formelemente des Blutes als Entwicklungsstufen der rothen an, mit dem Unterschiede jedoch, dass ersterer ihnen eine Entwicklung aus der feingranulirten Form der weissen Blutkörperchen zuschreibt, sie somit als eine Uebergangsstufe zwischen den farblosen und rothen Blutkörperchen betrachtet, während letzterer die genetische Beziehung der rothen Blutkörperchen zu den weissen bestreitet und sie direct aus den „Elementarbläschen“ entstehen lässt.

Eine gleiche Bedeutung ist Beale geneigt, den von ihm beschriebenen kleinen farblosen Körperchen beizulegen. „These blood-corpuscles, sagt er, are probably young ones, the germinal matter of which has only just commenced to undergo conversion into the red formed material“ (a. a. O. S. 42). Max Schultze glaubt, sie für Producte der Gewebsauflösung, für Detritusbildungen halten zu müssen (a. a. O. S. 38). Diesen verschiedenen Hypothesen gegenüber sei es mir erlaubt, auch das anzuführen, was ich nach meinen Untersuchungen für das Wahrscheinlichste halte.

Ich habe oben die Gründe dafür auseinandergesetzt, warum ich die an körnigem Protoplasma reichen farbigen Blutkörperchen für die jüngsten, die mehr homogenen für ältere Entwicklungsstufen derselben halten muss. Es ist ferner hervorgehoben worden, dass die Oxydation der Blutkörperchen durch erregten Sauerstoff die körnige Substanz im Innern derselben löst und krystallisirbar macht. Der Lösung geht jedoch ein Homogenwerden derselben voraus. Dann findet eine von der Peripherie zum Centrum vorschreitende Verkleinerung der Blutkörperchen statt. Ein Theil der-

selben wird dabei sehr rasch bis auf den Kern (das centrale blasse Scheibchen in dem Blutkörperchen der Säugethiere) gelöst, ein anderer aber widersteht länger und erscheint vorübergehend als kleines farbloses Protoplasma Klümpchen mit eben solch einem Kern im Innern, bis endlich auch dieser vollständig frei wird. Diese Veränderungen lassen sich am besten beim Frieren des Blutes bei einer nicht zu niedrigen Temperatur übersehen, weil hierdurch eine verhältnissmässig wenig energische Oxydation und daher eine langsamere Lösung der Blutkörperchen eingeleitet wird. Die dabei sich entwickelnden farblosen Reste, die als Klümpchen verschiedener Grösse erscheinen, je nachdem um den Kern mehr oder weniger Protoplasma angehäuft ist, entsprechen vollkommen dem, was Beale (s. oben) als kleine weisse Blutkörperchen und M. Schultze als Körnchenbildungen beschrieben hat, die sich im normalen Menschen- und Säugethierblute vorfinden. Ich zweifle daher nicht, dass diese Gebilde die Reste untergehender rother Blutkörperchen sind. Vielleicht eröffnet der Umstand, dass man sie experimentell durch eine Oxydation der rothen Blutkörperchen darzustellen vermag eine weitere Einsicht in die morphologischen Veränderungen, welche die Blutkörperchen durch die Respiration erleiden. Mir scheint wenigstens Alles darauf hinzudrängen, dass in ihr der wichtigste Factor für die Metamorphose derselben zu suchen sei. Ich habe mich von der Richtigkeit der bisherigen Hypothesen, die sich auf die Milz oder die Leber beziehen, nicht überzeugen können und werde später einmal hierauf zurückkommen. Dafür dagegen, dass für die Entstehung und für die ganze Lebensgeschichte der rothen Blutkörperchen die fort und fort stattfindende Sättigung derselben mit Sauerstoff von grösstem Belang sei, liegen schon wichtige Thatsachen vor und werden, wie ich nicht zweifle, bei dem allgemeinen Interesse, das sich gegenwärtig diesem Gegenstande zugewandt hat, bald noch wichtigere beigebracht werden. Der vollständige Beweis wird freilich nicht eher geliefert werden können, als bis es gelungen sein wird, die farblosen Blutkörperchen durch Oxydation roth zu färben. Es könnte daher jetzt die Behandlung solcher Fragen überhaupt müssig erscheinen, allein ich glaube, dass wenn wir bei den bisherigen Theorien der Blutbildung stehen bleiben wollen, dieses Capitel der Physiologie für die Zukunft ebenso steril sein wird, als es lange genug gewesen ist.

Das Vorhergehende nöthigt mich, die Frage aufzuwerfen, ob die rothen Blutkörperchen „Zellen“ genannt werden dürfen, wozu ich um so mehr gedrängt werde, als dieselbe von einer Seite kürzlich verneint worden ist. „Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, sagt M. Schultze, dass die rothen Blutscheibchen des Menschen und der Säugethiere, wie ich schon früher hervorhob, aus einer vom Protoplasma contractiler Zellen so durchgreifend verschiedenen Substanz bestehen, dass, da ihnen zugleich ein Kern fehlt, der Name „Zelle“, mit dem sie vielfach belegt werden, ihnen nicht zukommt.“ Was den Kern betrifft, so habe ich in dieser Abhandlung den Nachweis zu liefern mich bemüht, dass er in den rothen Blutkörperchen existirt, es kann daher der auf ihn sich beziehende Einwand gegen die Zellennatur derselben als beseitigt angesehen werden. Ich will jedoch in Bezug auf denselben hier noch hervorheben, dass er eine verschiedene Beschaffenheit in den mannigfaltigen Formen der rothen Blutkörperchen besitzt. Er ist im Allgemeinen bei den grösseren protoplasmareichen auch entsprechend grösser, als in den kleineren, blasseren und mehr homogenen Blutkörperchen. Dieses ist namentlich an den Froschblutkörperchen sehr deutlich nachweisbar. Bei der erstgenannten Form erscheint er gross, unregelmässig contourirt und mit unebener Oberfläche, bei der letzteren dagegen bedeutend kleiner und vollkommen glatt. Aber auch in den Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen kommen ähnliche Unterschiede vor. Die Grösse der aus ihnen frei werdenden Kerne ist bedeutenden Schwankungen unterworfen, so dass ein Theil derselben kaum die Hälfte oder ein Drittel des Durchmessers anderer erreicht, und auch hier steht dieselbe im Verhältniss zur Grösse und Resistenzfähigkeit des ganzen Blutkörperchens. Wenn nun gleichzeitig mit der Abnahme des farblosen Protoplasma im Blutkörperchen der Kern sich verkleinert, so kann ich das nicht anders deuten, als dass er mit der Substanz des ganzen Körperchens eine Involution erleidet, die seine Entdeckung ohne Zweifel in hohem Grade erschwert hat. Wenn er nun aber auch verkümmert, so ist er doch immer nachweisbar und als integrierender Bestandtheil des Blutkörperchens bei Erörterung der Frage, ob es eine Zelle zu nennen sei, in Betracht zu ziehen.

Der zweite Einwand, den Schultze erhebt, ist der, dass die

Substanz der rothen Blutkörperchen von dem Protoplasma contractiler Zellen durchgreifend verschieden sei. Von der Eigenschaft der „Contractilität“ will ich hier nicht reden nach den Zweifeln, die ich kürzlich Veranlassung gehabt habe, gegen dieselbe auszusprechen, da auch wohl Schultze nicht so consequent sein wird, alle Formelemente, an denen jene Contractilität nicht nachgewiesen werden kann, nicht mehr Zellen zu nennen. Es handelt sich mehr darum, ob die übrigen Eigenschaften der rothen zu denen der farblosen Blutkörperchen ein so durchgreifend verschiedenes Verhalten zeigen, dass ihnen jener gemeinschaftliche Name verwehrt werden müsste. Dazu ist nun erstens desshalb kein Grund vorhanden, weil die farbigen Zellen embryonaler Blutkörperchen mehr Aehnlichkeit als Verschiedenheit im Vergleich mit den farbigen besitzen und weil, wie zuerst Hensen gezeigt hat und wie von mir in weiterem Umfange nachgewiesen worden ist, die rothen Blutkörperchen erwachsener Individuen ebenfalls farbloses körniges Protoplasma einschliessen; zweitens aber finde ich auch in dem Falle keine Berechtigung, die Bezeichnung „Zelle“ fallen zu lassen, wenn bei Berücksichtigung der homogenen, meiner Ansicht nach älteren Blutkörperchen, die Substanz derselben sich wesentlich verschieden zeigt von dem Protoplasma junger Zellen. Es kann nicht bestritten werden, dass die rothen Blutkörperchen Elementartheile sind, die eine ganz besondere Metamorphose durchmachen, weil sie unter ganz besonderen Bedingungen existiren, wie sie für keine andere Art Zellen im Organismus gegeben sind. Andere Zellen unterliegen ihrerseits wieder Verwandlungen, durch welche ihre Substanz vom „Protoplasma contractiler Zellen“ nicht weniger durchgreifend verschieden wird, als die der rothen Blutkörperchen. Ich finde wenigstens, um nur ein Beispiel anzuführen, dass die „Stachel- und Riff-Zellen“ (M. Schultze) keine grössere Verwandtschaft mit einem „contractilen“ Körperchen haben, als die rothen Blutkörperchen.

Max Schultze hat selbst dazu beigetragen, die engen Grenzen eines Zellenschemas zu durchbrechen, will er nun ein anderes ebenso enges entwerfen und die Bezeichnung „Zelle“ ausschliesslich für das junge, noch „contractile“ Gebilde reserviren. Warum gehört es denn nothwendig zum Begriff der Zelle, dass sie contractil sei? Es scheint mir, dass diese Forderung schon Manchen

dahin gebracht hat, Contractilität zu finden, wo keine existirt, ebenso wie früher die Membran, weil man sie für einen integrierenden Bestandtheil jeder Zelle ansah, ohne Grund demonstrirt worden ist. Es ist ein grosser Vorzug, dass die Histologie einen so kurzen bündigen, allgemein verständlichen und eingebürgerten Ausdruck von historischer Bedeutung besitzt, wie der der Zelle ist. Derselbe kann, wenn man auch versucht hat, ihn durch ein achtsylbiges Wort zu verbannen nicht leicht durch ein anderes ersetzt werden, und noch weniger durch viele, wie es geschehen müsste, wenn nach der engen Definition, der Schultze das Wort redet, die elementaren Bestandtheile der Gewebe in Bezug auf ihre Berechtigung zu den Zellen gezählt zu werden einer Kritik unterliegen würden. Was aber würde eine neue Terminologie, die mit der Vergangenheit bräche, der Wissenschaft nützen? Ich glaube sehr wenig. Es ist daher meiner Meinung nach besser, bei der einmal üblichen Bezeichnung zu bleiben und sich bewusst zu werden, dass der damit verknüpfte Begriff wegen der mannigfaltigen Metamorphosen, welche die Elementartheile im zusammengesetzten Organismus erleiden, ein sehr weiter sein muss. Gewiss ist es leichter, die Vorstellungen, die sich an ein Wort knüpfen, zu ändern, als einen eingebürgerten brauchbaren Ausdruck zu verbannen.

In Betreff der rothen Blutkörperchen hat sich die Reformbestrebung in einer eigenthümlichen Weise geäußert. Es ist nicht lange her, so sagte man, die rothen Blutkörperchen haben keine Membran, also gibt es Zellen ohne Membran; es ist demnach das Schleiden-Schwann'sche Zellenschema falsch. Jetzt dagegen argumentirt Schultze so: die rothen Blutkörperchen sind anders beschaffen, als das Protoplasma contractiler Zellen, folglich sind sie keine Zellen. Das hätte man früher einfacher haben können, wenn man gesagt hätte, die rothen Blutkörperchen haben keine Membran, also sind sie keine Zellen. Ob man ein contractiles Protoplasma oder eine Membran als Maassstab nimmt, finde ich ziemlich einerlei; es wird dadurch wesentlich derselbe Standpunkt gekennzeichnet. Da nach schon einmal gemachten Erfahrungen die lebendigen Formen sich nicht zwingen lassen, ist es besser, die Sache umzukehren und zuzulassen, dass es Zellen ohne Membran gäbe und Zellen, die aus einer von contractilem Protoplasma durchaus differenten Substanz bestehen. Wenn sie mit der Zeit sich vollständig

verändern und wenn aus zwei ursprünglich gleichen Elementartheilen zwei völlig von einander verschiedene hervorgehen, so hängt das von den Bedingungen ab, unter denen sie sich entwickeln. Warum soll der eine oder der andere aufhören, deshalb Zelle zu sein, so lange er in anatomischer und physiologischer Beziehung eine Selbständigkeit erkennen lässt; und wann soll er aufhören es zu sein? Ich kehre bei dieser Frage zu den rothen Blutkörperchen zurück. Soll man die eben sich färbenden embryonalen Blutkörperchen noch Zellen nennen dürfen oder nicht? Und wenn dieses zugestanden wird, wie lange soll ihnen das Recht bleiben so zu heissen? Wann tritt der Zeitpunkt ein, wo sie es nicht mehr sind? Selbst wenn man auf die Contractilität, d. h. auf die gelegentlich vorkommenden Form- und Ortsveränderungen Rücksicht nehmen wollte, dürfte sich dieses schwer bestimmen lassen, aber vorausgesetzt, es wäre möglich, so ist es doch nicht erlaubt, ein und dasselbe Individuum, so lange es für sich gesondert fortbesteht, im späteren Alter anders zu benennen, als es in seiner Jugend geheissen hat, auch wenn es im Laufe der Zeit seine Eigenschaften geändert haben sollte. Ein solches Verfahren auf menschliche Individuen angewandt, würde uns nöthigen, Jemand, der am Ende seiner Tage Haar und Zähne verloren, eine runzlige Haut erhalten, die Zeugungsfähigkeit eingebüsst hat, oder gar an allen vier Extremitäten gelähmt worden ist, den Gattungsnamen „Mensch“ zu versagen. Es liesse sich wenigstens darüber streiten, ob zwischen dem lebenskräftigen Jüngling und dem hinfälligen Greise nicht ein grösserer Unterschied besteht, als zwischen dem zum Theil gefärbten, grosskernigen embryonalen Blutkörperchen und dem späteren homogenen biconcaven rothen Scheibchen. Der Elementarorganismus, der zur Blutscheibe geworden ist, hat als solcher ebenso wenig aufgehört zu existiren, wie ein durch Alter oder Krankheit verwandelter zusammengesetzter Organismus, wenn auch in beiden Fällen die äussere Physiognomie durchgreifend verändert, einzelne Bestandtheile wesentlich anders zusammengesetzt und die Fortpflanzungsfähigkeit verloren gegangen sein kann.

Die allgemein anerkannte genetische Beziehung der rothen Blutkörperchen zu den weissen lässt es ferner wünschenswerth erscheinen, dass gleich wie wir der Bezeichnung derselben als „Zellen“ das Wort reden müssen, auch bei Benennung ihrer einzelnen Theile



auf diese Genese Rücksicht genommen werde. Seit Rollett die Veränderungen, welche Blutkörperchen beim Frieren erleiden, bekannt gemacht hat, hat man sich ziemlich allgemein daran gewöhnt, nach ihm von einem „Stroma“ der rothen Blutkörperchen zu sprechen, welches nach Lösung des Farbstoffs zurückbleibt. Abgesehen davon, dass die farblose Substanz der rothen Blutkörperchen vorzugsweise um den Kern angehäuft ist und nicht ein geschlossenes Gerüst für den Blutfarbstoff bildet, welcher vielmehr die äusserste Schicht einnimmt und nur von ausstrahlenden Fäden daselbst durchsetzt erscheint, ist dieser Ausdruck histologisch nicht gerechtfertigt, man müsste dann das Protoplasma der farblosen Blutkörperchen, so wie das anderer junger Zellen auch ein Stroma nennen. Er ist aber auch historisch nicht sanctionirt, denn es war gar kein Grund vorhanden, nachdem schon Hensen den Nachweis geliefert hatte, dass in den farbigen Blutkörperchen der Frösche eine farblose körnige Materie enthalten ist, die von ihm gewählte Bezeichnung mit dem Worte „Stroma“ zu vertauschen, zumal da durch dieses in die Lehre von der Zelle etwas hineingetragen wird, was aller Analogien entbehrt. Ausserdem aber hat dasselbe zu zahlreichen Missverständnissen Anlass gegeben, die ihrerseits dazu auffordern müssen, es zu vermeiden.

Wenn man nämlich die Arbeiten durchgeht, in denen seit einiger Zeit von einem Stroma der rothen Blutkörperchen die Rede gewesen ist, so findet man, dass darunter bald die nach vollständiger Aufhellung des Blutes zurückbleibenden kleinen blassen Scheibchen — die Kerne — verstanden werden, bald aber diese mit Einschluss der sie umgebenden farblosen Masse. Es ist das sehr verständlich, wenn man berücksichtigt, dass die letztere durch dieselben Einflüsse gelöst wird, wie das Blutroth, und kommt daher ausschliesslich auf den Grad der Einwirkung an, ob überhaupt und wie viel farbloses Protoplasma als Rest der Blutkörperchen in der aufgehellten Flüssigkeit zurückbleibt. Dann aber verhalten sich, wie ich schon angeführt habe, nicht alle Blutkörperchen gleich, so dass unter denselben Bedingungen von dem einen ein grösserer, von dem anderen ein kleinerer Rest hinterlassen wird.

Ich will, um dieses zu erläutern, nur auf die Veränderungen verweisen, welche die Blutkörperchen beim Frieren durchmachen, da auf diesen Versuch sich zunächst die Erfahrungen beziehen, die

über das „Stroma“ gemacht worden sind. Lässt man Blut, gleichviel von welchem Wirbelthier frieren, so sieht man, dass ein Theil der Blutkörperchen sofort bis auf die zurückbleibenden Kerne gelöst wird, ein anderer aber wird zwar gleichzeitig entfärbt, aber es findet sich als Rest noch farblose Masse in der Umgebung des Kerns. Wiederholt man dann die Procedur, so schwindet diese auch. In anderen Fällen, wenn man Blut z. B. vom Hunde in dünner Schicht bei sehr niedriger Temperatur ( $-20^{\circ}$  bis  $-26^{\circ}$  R.) der Kälte aussetzt, so geht die ganze Masse der Blutkörperchen bis auf die Kerne sofort in Lösung über. Wenn man nun das Frieren des Blutes überhaupt als das Maassgebende für die Trennung von Blutroth und Stroma ansehen wollte, so käme man einmal in den Fall einen grösseren, andermal einen kleineren farblosen Rest als Stroma zu bezeichnen, und das ist in der That wiederholt geschehen. Durch das Frieren geht nicht nur das Blutroth, sondern auch das farblose Protoplasma an das Serum über und der dann zurückbleibende Rest enthält nicht Alles, was an farbloser Grundlage in dem Blutkörperchen vorhanden war. Es ist daher die Trennung des Blutroths von dem farblosen Antheil der Blutkörperchen durch niedere Temperatur ebenso wie durch jedes andere Agens, das eine Lösung herbeiführt, etwas ganz Precäres. Eine absolute Trennung kann nur zwischen den Kernen und den übrigen Bestandtheilen erzielt werden, indem das farblose Protoplasma und die gefärbte Substanz gemeinschaftlich sich lösen, jene aber ungelöst zurückbleiben. Daher ist es gekommen, dass von Vielen die Kerne „Stroma“ genannt worden sind, obgleich Rollett damit mehr hat bezeichnen wollen, so dass eine ziemlich allgemeine Verwirrung in Betreff des darunter zu verstehenden Bestandtheils der rothen Blutkörperchen daraus hervorgegangen ist. Diese wird leicht zu vermeiden sein, wenn man sich daran gewöhnt, die Kerne und das Protoplasma derselben zu unterscheiden und sich zu erinnern, dass der Ausdruck „Stroma“ bei seiner Allgemeinheit beide in sich begreift.

(Fortsetzung folgt.)

---

## Erklärung der Abbildungen.

## Tafel X.

- Fig. 1. Salamanderblutkörperchen mit einer Tanninlösung von 0,5 pCt. und dann mit verdünnter Essigsäure behandelt.
- Fig. 2. Blutkörperchen vom Haushuhn ebenso behandelt. Die doppelt-contourirte Hülle in Fig. 1 und 2 erscheint in der Abbildung etwas zu dick.
- Fig. 3. Blutkörperchen des Hundes. a Gewöhnliche Scheibenform; b Maulbeerform; c und c' Stechapfelform.
- Fig. 4. Hundeblutkörperchen nach momentanem Verweilen in siedendem Wasser.
- Fig. 5. Hundeblutkörperchen. a Gewöhnliche Scheibenform; b—d successive Veränderungen derselben durch Chloroform; d und d' der Kern.
- Fig. 6. Kernhaltiges menschliches Blutkörperchen aus etwas faul gewordenem Blute, mit salpetersaurem Rosanilin behandelt.
- Fig. 7. Kernhaltige Blutkörperchen einer tuberkulösen Frau, mit salpetersaurem Rosanilin behandelt.
- Fig. 8. Froschblutkörperchen durch Druck verändert.
- Fig. 9. Froschblutkörperchen mit schwefelsaurem Natron behandelt.
- Fig. 10. Froschblutkörperchen nach 24stündigem Verweilen in der feuchten Kammer.
- Fig. 11, 12, 13, 14 u. 15. Krystallisirende Hundeblutkörperchen.
- Fig. 16. Froschblutkörperchen in der feuchten Kammer mit Sauerstoff behandelt.
- Fig. 17. Blutkörperchen des Schweins. a Maulbeerform; b und c dieselbe durch Druck spindelförmig ausgezogen.
- Fig. 18. Kernhaltige Blutkörperchen eines Rindsembryo von 7 Cm. Länge.
- Fig. 19. Blutkörperchen der jüngsten Froschlarven (*Rana temporaria*).
- Fig. 20. Blutkörperchen etwas älterer Froschlarven.

