

Bau der rothen Blutkörperchen

von

Dr. J. Kollmann,
a. o. Prof. a. d. Univ. München.

Mit Tafel XXVI.

I.

J. W. FREER Professor der Physiologie an der medic. Schule zu Chicago hat WALES's Illuminator¹⁾ für die Untersuchung der Blutkörperchen benützt. Die verbesserte Methode, bei auffallendem Licht mit starken Vergrösserungen beobachten zu können, hat eine überraschende Eigenthümlichkeit an den auf einer Glasplatte festgetrockneten Blutkörperchen wahrnehmen lassen. Die menschlichen Blutkörperchen erscheinen nicht als einfache biconcave Scheiben, sondern besitzen im Centrum der Concavität eine warzenförmige Erhöhung von $\frac{1}{10000}$ engl. Zoll Breite an der Basis (s. Fig. 1). Die centrale Erhebung ist umgeben von einem ringförmigen Graben, der bekannten Depression, während die Begrenzung der Blutscheibe verhältnissmässig dick und abgerundet ist.

Die Untersuchung der Froschblutkörperchen mit auffallendem Licht ergab ein ähnliches Resultat. In dem mittleren Abschnitt bemerkt man eine ovale Vertiefung, in deren Centrum die Erhebung

1) Discovery of a new anatomical Feature in human blood, corpuscles. Im Chicago medical Journal 1869 Vol. XXVI p. 225.

WALES's Illuminator ist ein Spiegelchen, das in dem Tubus unmittelbar über dem Objectiv angebracht ist. Durch einen seitlich im Tubus befindlichen Schlitz wird der Illuminator (meist mit Lampenlicht) erhellt. Das nach abwärts reflectirte Licht macht das Object sichtbar.

des ovalen Kerns zum Vorschein kommt (Fig. 2). Die beigegebenen Figuren sind der Arbeit FREER's auf ausdrücklichen Wunsch entnommen, den er mir, während eines Aufenthalts in München im Sommer 1872, kundgab. Ich hatte damals auch Gelegenheit, mit diesem Illuminator unter Herrn FREER's Anleitung die eben erwähnten Einzelheiten an den Blutkörperchen zu constatiren.

FREER schliesst aus seinen Beobachtungen, dass das Blut der Amphibien und das des Menschen gleichartig sei in seinen Hauptcharacteren, was die Erhebung im Innern, den Kern, die umgebende Depression und die verdickten Ränder betrifft. FREER schreibt also den Blutkörperchen der Amphibien eine centrale Depression zu, wie dem der Säugethiere; und den Blutkörperchen der Säugethiere einen Kern, wie ihn die übrigen Wirbelthierklassen besitzen.

Ich betone zunächst den letzteren Umstand. Die kleine Erhebung im Centrum des menschlichen Blutkörperchens scheint mir von einer festeren organisirten Substanz herzuführen, welche beim Trocknen in dieser Weise zum Vorschein kommt. Ich gebrauche nicht den Ausdruck »Kern« dafür, wie FREER, um eine falsche Vorstellung zu verhüten, sondern bezeichne sie als festere Substanz, als Stroma, das, soweit sich dessen Natur mit Hilfe von Reagentien studiren lässt, den Namen Protoplasma verdient.

Der Ausdruck Protoplasma ist, das will ich im Voraus bemerken, mit Vorbedacht gewählt. Es bedarf wahrlich dieser ausdrücklichen Erklärung. Den rothen Blutkörperchen eine solche Substanz zuzuschreiben, ist gelinde ausgedrückt: unvorsichtig. ROLLET lässt dies unzweideutig durchblicken in seinem Artikel »Vom Blut« STRICKER's Handbuch p. 296. Ich fasse dieses Protoplasma im Sinne von M. SCHULTZE und KÜHNE, die ROLLET als Gewährsmänner von gutem Klange nennt, und verweise der Kürze halber auf den Artikel STRICKER's, in dessen Handbuch Cap. 1, p. 7, in der Voraussetzung, dass dort der Ausdruck Protoplasma richtig gedeutet ist. Nur ein Zusatz scheint mir hier wichtig, zu dem ich veranlasst bin durch die neueren Arbeiten über den Bau der Blutkörperchen. Auf die Bewegung der Zellen wird ein übermässig hoher Nachdruck gelegt. Als ob sie das einzige Kriterium wäre, auf dessen Grund man von Protoplasma reden darf. Als ob chemische Veränderungen¹⁾, wenn sie sich in solcher Weise an einem Elementarorganismus, an einem nahezu selbständigen organisirten Theil

1) Ich will hier nur an die Aufnahme und Abgabe des Sauerstoffs und den CO² erinnern. Es ist gleichgültig, ob sich die Blutkörperchen dabei verhalten wie ein Platinschwamm oder wie ein Eisenstück.

abspielen nicht auch Bewegungen wären? Oder sollten die chemischen Vorgänge bei den rothen Blutkörperchen vielleicht ausnahmsweise nicht an Protoplasma gebunden sein? Ist das, was man sich unter Stroma des rothen Blutkörperchens denkt, kein lebendiges Eiweiss, kein Protoplasma? »Nein« lautet die Antwort ROLLET's (a. a. O. p. 295). Es lässt sich freilich wenig dagegen vorbringen, denn das Stroma hat wie es scheint noch Niemand sicher gesehen, seine Existenz beruht bis jetzt nur auf einer Annahme. »In den Bau der gefärbten elastisch dehnbaren Substanz der rothen Blutkörperchen, geht ein Stroma ein, welches zunächst die Form und die eigenthümlichen mechanischen Eigenschaften bedingt. Mit dieser Annahme (!) lassen sich die Erscheinungen, welche eine Reihe von Reagentien hervorbringen gut in Uebereinstimmung bringen«. Das ist der Standpunct unseres heutigen Wissens über dieses Stroma. Ob es ein mikroskopisch nachweisbares Gefüge besitze, eine Structur, bleibt in dem angeführten Artikel unerörtert.

Ich habe mich lange mit dem Blut vom Frosch und mit dem von Säugethieren beschäftigt und will nun den Nachweis des oft genannten Stroma versuchen, will zeigen, dass in dem Blutkörperchen organisirtes Eiweiss existirt, und will die Gründe vorbringen, welche mich veranlassen, die Existenz dieses Stroma auch im frischen Blutkörperchen anzunehmen.

Man sieht, meine Ansicht nähert sich bis zu einem gewissen Grade der von BRÜCKE, aber sie weicht in Bezug auf das sog. Oökoïd doch wesentlich von seiner Auffassung ab; sie steht aber in directem Gegensatz zu der ROLLET's, wie gleich nachher zu erfahren ist.

Wenn ich mich nun zunächst gegen ROLLET wende, so geschieht es, weil er sich in dem eben citirten Artikel als Referent und Kritiker der Arbeiten über den Bau der rothen Blutkörperchen zunächst in den Vordergrund gestellt hat. In seiner Darstellung soll sich unser Wissen concentriren, aber sein Geist zerstreut wie ein Convexspiegel das ohnehin schon spärliche Licht, und Dunkelheit herrscht nur um so mehr ringsum.

Sein Ideengang ist leicht zu verfolgen, durch den er schliesslich dahin gelangt, alle auf ein sichtbares Stroma bezüglichen Beobachtungen entweder anders zu deuten, oder sie für Täuschungen zu erklären. Aus der ganzen Darstellung sieht man die heftige Opposition, den Blutkörperchen irgend etwas zuzugestehen, was an das alte Zellschema erinnert. Er bestreitet erst die Bläschnennatur, dann nachdem er die Gründe gegen die Existenz einer Membran gesammelt, muss er die Deutung der HENSEN'schen Bilder und alle folgenden Angaben, welche über ein sichtbares Stroma berichten, für nichtig erklären. Ich finde,

man kann die Bläschnatur bestreiten, ohne darum so radical weiterzuschreiten. Es unterliegt doch keinem Zweifel, seit jenen Erörterungen über das, was man eine Zelle zu nennen habe, ist die Frage, ob die Blutkörperchen Membranen besitzen von untergeordneter Bedeutung, für die Zellentheorie keine Principienfrage mehr. Ihre physiologischen Eigenschaften genügen, die Zellennatur zu erweisen. Wir brauchen uns nach keiner Membran umzusehen, ja wir können selbst den Kern vermissen, ohne die Zelle preisgeben zu müssen. Es ist nachgerade überflüssig geworden, immer auf's Neue zu wiederholen, dass die Function des Wortes »Zelle« sich geändert habe. Aber man muss auf der andern Seite auch nicht vergessen, dass ein »Elementarorganismus« eine Membran besitzen kann, ja er kann im Inhalt sogar einen Kern aufweisen, und so der alten früher gültigen Vorstellung von einer Zelle nahe kommen, ohne deshalb von der modernen Auffassung bei Seite gestossen zu werden.

Man sieht, wir sind auf einem dem alten ganz entgegengesetzten Standpunct angekommen. Ehedem galt Membran, Inhalt und Kern, kurz das Bläschen, als eine Bedingung ohne die der Ehrentitel »Zelle« verweigert ward, heute ist es für einen schaffenden und sich vermehrenden Elementarorganismus eine zweifelhafte Empfehlung, von einer beengenden Hülle oder einem soliden Kern belastet zu sein. Der früheren Zellentheorie zu Liebe hat man Membranen angenommen, wo keine nachgewiesen worden sind, der heutigen opfert man jede, auch wenn sie sich nachweisen lässt.

In den früher engezogenen Kreis, der nur die unzweifelhaften Zellen, die Bläschen, einschloss, hat jetzt eine bunte Gesellschaft freien Zutritt. Es finden sich Leutchen ein mit sehr sonderbarem Aussehen, kernlose Monaden, Protisten, Amoeben, weisse Blutkörperchen etc., die sich nicht durch eine glatte feine Aussenseite, durch eine solide Begrenzung auszeichnen, deren Character im Gegentheil etwas sehr wechselndes, veränderliches hat. Aber gerade diese besitzen eine hervorragende Eigenschaft, sie zeigen die Erscheinung des Lebens am deutlichsten in der Bewegung.

Nach dem heutigen Standpunct unseres Wissens können wir sagen, die Merkmale der Zelle als Gattung sind in den allgemeinen Umrissen wohl erkannt. Die Hauptcharacterere jener bunten Schaar von Elementarorganismen sind aufgefunden. Alle aus denen reges Leben, sei es durch Bewegung oder chemische Verwandlung oder physiologische Function in irgend einer Form hervorleuchtet, sind in die früher so streng begrenzte Gesellschaft der Zellen aufgenommen. Der Gattungsbegriff

steht fest, aber bei den rothen Blutzellen handelt es sich nach diesem Umschwung unserer Anschauungen nur darum, die Charactere der Species »rothes Blutkörperchen« durch Untersuchungen festzustellen. Ich betone dies ausdrücklich, weil mich bedünkt, man verfare gegen die rothen Blutkörperchen mitunter hart, man bestreite Eigenthümlichkeiten, welche der Species zukommen können, ohne ihre Stellung innerhalb der Gattung zu compromittiren. Die rothen Blutkörperchen des Menschen und der Säugethiere werden wohl stets unter den Gattungsbegriff »Zelle« fallen, und vielleicht in einer der ersten Reihen dieser modernen Gesellschaft figuriren, obwohl sie erst seit kurzer Zeit wegen ihres guten Benehmens wieder Einlass erhalten haben. Ihre Stellung als Zellen ist nach meiner Meinung unangreifbar und die Besorgniss überflüssig geworden, die Entdeckung einer Membran könne diese neue Stellung gefährden. Im Gegentheil! Man könnte daraus gerade schliessen, dass M. SCHULTZE mit weitschauendem Blick das Richtige auch für die rothen Blutkörperchen getroffen habe, wenn er meinte, dass die Ausscheidung einer chemisch differenten Membran das Zeichen eines beginnenden Rückschrittes sei. Angenommen, die membranlosen weissen Blutkörperchen mit ihren amöboiden Bewegungen verwandelten sich in rothe und erhielten dabei eine Hülle, so wäre das eine glänzende Bestätigung jenes Ausspruches. Denn in der That, dann verlieren sie bei diesem Standeswechsel ein auffallendes und mit Recht bewundertes Attribut ihres früheren Lebens, die Bewegung. Doch über den Ursprung der rothen Blutkörperchen lässt sich noch vielfach streiten und ich will darauf keinen grossen Werth legen.

Aber das ist seltsam: Wir hören die Versicherung, »dass in den Bau der gefärbten elastisch-dehnbaren Substanz der rothen Blutkörperchen ein Stroma eingeht, welches zunächst die Form und die eigenthümlichen mechanischen Eigenschaften bedingt«, aber jeder erneute Nachweis dieses Stroma, jeder Beitrag, dieses Postulat der Physiologie und Histologie zu erfüllen, wird für einen Irrthum erklärt. Seltsam, weil man gerade das Gegentheil erwarten sollte.

Ich stimme damit überein, »es sei entschieden vorzuziehen, sich erst über die directen Resultate der an den Blutkörperchen angestellten Versuche und Beobachtungen zu belehren, als sich von vorne herein unter dem Bann unfertiger Theorien die unbefangene Betrachtung der Erscheinungen zu verkümmern«. Aber man darf diese kluge Enthaltensamkeit auch nicht zu weit treiben.

Zu viel bringt Gefahr ins Haus. Ich halte es z. B. für eine etwas zu weit gehende Vorsicht, wenn man nach der Einwirkung von Rea-

gentien die rothen Blutkörperchen vom Frosch platzen sieht, und doch nicht den Schluss auf eine Membran wagt, welche an solchen Präparaten überdies noch deutlich genug zu sehen ist. Man mag annehmen, sie sei erst entstanden, aber ihre Nichtexistenz unter solchen Umständen behaupten wollen, legt die Vermuthung nahe, der gefürchtete Bann sei auch dort in voller Wirkung, wo man sich sonst frei von ihm wähnt.

Der »Eindruck des Aufplatzens« rührt doch davon her, dünkte ich, dass die Körperchen wirklich aufplatzen. Eine an der Oberfläche härtere Schicht reißt entzwei, und gewaltsam entleert sich der gespannte Inhalt. Die Kühnheit zu einer solchen Erklärung des Eindruckes halte ich nicht für bedenklich. Doch ich will zunächst nicht den Nachweis einer Membran versuchen, erkläre im Gegentheil ausdrücklich, dass so oft ich dieses Wort in den folgenden Blättern gebrauche, stets nur von jenem »Kunstproduct« die Rede ist, oder von »jener scheinbaren Membran«, die nach Reagentien sichtbar wird. Hier handelt es sich darum, einiger Versuche zu erwähnen; bei denen das »Stroma« des rothen Blutkörperchens zum Vorschein kommt, jene »weiche elastisch dehnbare Substanz« von der ROLLET spricht, an die man allgemein glaubt, wenn sich auch Jeder ein anderes Bild von ihr entwirft. Noch Niemand hat sie sicher am frischen Blutkörperchen gesehen, und ich bin mir wohl bewusst, dass all' meine Reagentien nur ein Zerrbild zum Vorschein kommen lassen. Aber es ist immerhin besser als gar keines. Man kann sich doch einigermaßen eine Vorstellung von der Natur dieses Stroma machen.

Es handelt sich ferner darum zu erfahren, welche Structur dieses Stroma wohl besitze, das die Hauptmasse dieses schwimmenden lebendigen Wesens ausmacht, eines Wesens, das als biconcave Scheibe in einer Flüssigkeit von geringerer Dichtigkeit und trotz vieler Hindernisse auf seiner Bahn unausgesetzt thätig ist!

Mit Hülfe von Reagentien oder von Experimenten wurde dieses Stroma schon wiederholt gesehen, man hat schon oft dieses Verfahren mitgetheilt, wodurch es sich nachweisen lässt, aber von vielen Seiten wird die Wirkung jener Mittel in Zweifel gezogen. Man sträubt sich geradezu, dieses Kunstproduct von Stroma zu sehen, obwohl die andern ja wohl wissen, wie wenig mit dem Zugeständniss gewonnen ist, obwohl sie zugestehen, dass es dann wahrscheinlich sehr wenig von seiner ursprünglichen Beschaffenheit noch an sich trage. Man sträubt sich, statt wie schon erwähnt, jeden neuen wenn auch noch so unbedeutenden Fund dieser Art freudig anzuerkennen und sorgfältig zu registriren.

Ich will nun in Folgendem versuchen, die bezüglichen Angaben,

durch eigene Beobachtungen vermehrt, zusammenzustellen. Vielleicht gelingt es mir, einige Skeptiker wenigstens zu einer vorurtheilsfreien Prüfung längst bekannter Experimente zu veranlassen.

ROLLET bestreitet (a. a. O. p. 294) den in KNEUTTINGER'S Abhandlung des Weiteren beschriebenen Einfluss von Harnstoff auf die rothen Blutkörperchen und spricht von einer Missdeutung der beobachteten Erscheinung, wenn gesagt werde, man hätte kernhaltige Eiweisskugeln austreten sehen. Ich habe denselben Vorgang unzählige Male gesehen. Man kann den Kern und den daran hängenden Eiweissballen in flagranti, während des Ausschlüpfens beobachten, um mich eines Ausdrucks zu bedienen, der jedes Missverständniss ausschliesst. Nun geht aber aus den Mittheilungen ROLLET'S deutlich hervor, dass er auch dieselbe Wirkung wahrgenommen hat, aber wie das so häufig geht, er giebt der Sache eine andere Deutung. »Während des Uebergangs in die Kugelgestalt stossen einzelne Körperchen den Kern aus. Dieser vergrössert sich beim Frosch weniger, viel mehr beim Triton, und nimmt das merkwürdige Ansehen eines weidläufigen (!) von Maschen durchbrochenen Balkengitters an«. Diese ausgestossene durchbrochene Masse ist der von mir und KNEUTTINGER erwähnte Eiweissballen. Im Innern steckt der wenig veränderte Kern, wie nicht schwierig nachzuweisen ist. Es hiesse Eulen nach Athen tragen, wollte ich von dem Verfahren sprechen, bei dem am besten dieser Vorgang zu beobachten ist. Hat im Ganzen auch wenig Einfluss. Doch wer sich des Genaueren für die betreffenden Concentrationsgrade interessirt, findet in der KNEUTTINGER'Schen Abhandlung genügende Auskunft. Ich wiederhole nur, dass Harnstoff mit einem »Ruck« und nach vorhergehenden heftigen Geburtswehen eine Kugel granulirter Substanz, Stroma, natürlich verändertes Stroma, ausstösst, in welchem der wenig veränderte Kern steckt (s. Fig. 3). Schnell geht das Bild vorüber, die beiden Theile zeigen sich nur einen Augenblick vor ihrer Vernichtung. Der Moment naht, sobald jene Formen auftreten, die in Fig. 4, 5, 6 dargestellt sind, sobald das gelbe und nun schon rund gewordene Körperchen helle Inseln zeigt. Verfolgt man diese glänzenden Stellen, wie sie auftauchen; sich vergrössern, und wieder untergehen, so drängt sich die Ueberzeugung auf, es seien die Anfänge der nun bald folgenden Trennung in farbstofffreies Stroma und eine farbstoffhaltige Kugel. Die Veränderungen im Körperchen sind sehr heftig, man kann dies abgesehen von dem Werden und Entstehen dieser Inseln daraus schliessen, dass die Kugel Stösse erhält, die aus ihrem eigenen Innern kommen. Die hellen Stellen sind gequollenes Stroma — das den Farbstoff schon ausgestossen hat, und von einem Punct der Kugel bis zum andern den Raum füllt. Das farblose Stroma

lässt das Licht ungehindert passiren, und so erscheinen diese Stellen wie helle Inseln auf der gelben Kugel. Diese Stellen können den Eindruck von Alveolen machen, ohne in der That Vertiefungen zu sein.

Doch kümmern wir uns nicht weiter um die Deutung des Vorganges, sondern fragen wir, wo man sonst noch Stroma nach Zusatz von Reagentien beobachtete. Ich lasse zunächst RINDFLEISCH sprechen, der seine Erlebnisse bei Gelegenheit experimenteller Studien über die Histologie des Blutes¹⁾ getreu berichtet. Er fand nach manchem Kreuz- und Querzug, dass die rothen Blutkörperchen, indem sie in Blutcoagulis im Leib der Frösche Kugelgestalt annehmen, einen Theil ihres Inhaltes austreten lassen. Es war die Zeit, wo das Anilinblau vielfach als Färbemittel für Zellen und Gewebe empfohlen wurde. Nach dem Zusatz sah er an jedem der in der Coagulis aufbewahrten Blutkörperchen eine zweite Zelle ansitzend, welche durchaus den Anforderungen entsprach, die man nach der SCHULTZE-Brücke'schen Theorie an eine ganz junge aller möglichen Entwicklung fähigen Zelle stellen konnte. Etwas kleiner als das Blutkörperchen selbst²⁾, kugelförmig, aus einem feinkörnigen durch das Anilin tief blau gefärbten Protoplasma bestehend, zeigten sie keinerlei peripherische Erhärtungsschichten, wohl aber einen tief blau gefärbten gleichfalls runden Kern. Als RINDFLEISCH ganz frische Blutkörperchen mit Anilin behandelte, und die Reaction unter seinen Augen von Statten gehen liess, sah er, wie sich die Blutkörperchen rundeten, dunkelroth wurden, plötzlich aber erblassten und zu gleicher Zeit an irgend einer Stelle ihrer Peripherie eine kugelige Masse hervortrat, die sich auch sofort blau färbte und in den meisten Fällen in zwei Schichten theilte, eine centrale tief blau gefärbte und homogene, den Kern und eine peripherische weniger tief gefärbte, feinkörnige, das Protoplasma.

Ein anderer Abschnitt derselben Mittheilungen gehört nicht minder hierher. RINDFLEISCH fand an kleinen Blutcoagulis, welche den dünnen Nervenstämmchen eines paradorsalen Lymphsackes anhefteten, am dritten Tage des Extravasates Gebilde, die er auf den ersten Blick als embryonale Bildungszellen begrüßte. Sie waren aus rothen Blutzellen entstanden. Einige von ihnen sind Zellen mit deutlichem Kern, aber ohne Membran und meist mit Ausläufern versehen. Das Protoplasma, welches nach aussen nicht durch eine Membran begrenzt ist, enthält in grösserer oder geringerer Menge rothe Tropfen und andere dunkle Körnchen. Das räthselhafteste Attribut dieser Zellen, die Ausläufer, welche drei bis sieben an der Zahl sich dadurch auszeichnen, dass sie sämmtlich

1) RINDFLEISCH, Experimentalstudien. Leipzig 1863.

2) Siehe dessen Fig. 2.

von einer bestimmten kleinen Stelle der Zellenoberfläche ausgehen, waren Falten der umgestülpten Membran. »Was ich vor mir hatte, fährt R. fort, war wirklich die geplatze und zurückgeschlagene alte Hülle der rothen Blutkörperchen. Dieser Thatsache gegenüber ist es wohl kaum noch eine Hypothese zu nennen, wenn ich annehme, dass in einer mit Aufquellung verbundenen Veränderung des Blutkörpercheninhaltes das mechanische Moment gegeben sei, welches die Membran anspannt und zunächst an einer Stelle zum Platzen bringt. Durch den entstandenen Riss dringt das Protoplasma hervor und kehrt dabei die zu enge Hülle dergestalt nach aussen um, dass jetzt die früher innere Oberfläche nach aussen zu liegen kommt«.

PREYER¹⁾ fährt später in sichtlicher Entrüstung empor über solche Ausdrücke wie Membran oder Hülle des Blutkörperchens, und gar darüber, dass die Blutkörperchen ihre Membran zurückgeklappt hätten. In der That, die Verirrung ist haarsträubend. Nur Eins lässt sich zur Entschuldigung vielleicht sagen, RINDFLEISCH meinte immer die künstlich gemachten, durch Insulte aller Art erst entstandenen Membranen. Es war also ein Kunstproduct, das keine Aufregung verdient. Doch davon abgesehen bieten die Mittheilungen von R. Vieles das der Berücksichtigung werth scheint. In den Blutcoagulis, die in den Lymphsäcken der Versuchsthiere aufbewahrt waren, also unter sehr günstigen Umständen, geschieht die Trennung des rothen Blutkörperchens in einen Protoplasmaaballen der den Kern enthält, und in eine Hülle. Der Farbstoff, der dritte Bestandtheil, war bereits zerstört. Was innerhalb einiger Tage an dem in den Lymphsäcken aufbewahrten Blut erreicht wurde, kam auch zu Stande bei der Behandlung frischen Blutes mit Anilin. Dieselbe Erscheinung unter ganz anderen Umständen! Zwischen der Veränderung unserer Objecte im Leib des Thieres, durch Harnstoff und Anilin herrscht ein Grad von Uebereinstimmung, dessen Werth schwer in die Wagschale fiele, wenn . . . die Beobachter ihn bestätigen könnten. Aber das macht, wie es scheint, unüberwindliche Schwierigkeiten. BODE hat sich viel Mühe gegeben, die eben erwähnten Bilder wiederzufinden, aber es ist ihm völlig missglückt. Zwei Jahre vor seiner Arbeit hatte OWSJANIKOW auf die beachtenswerthen Untersuchungen von RINDFLEISCH hingewiesen und erwähnt »wie richtig das Heraustreten des ganzen Zelleninhaltes nach Zusatz von Anilinblau wiedergegeben sei«. Er habe eben solche Bilder gehabt nach Zusatz von einer Zuckerlösung mit Spiritus zu ganz frischem Blute. —

In Fig. 7 habe ich einen Theil jener Abbildungen copirt, welche

1) VIRCHOW'S Archiv Bd. 30. p. 425.

den von RINDFLEISCH beobachteten Einfluss von Anilin auf die Froschblutkörperchen darstellen, und in Fig. 8 ist der Effect meiner Anilinlösung zu sehen! Man sieht, die Bilder sind, was das Stroma betrifft, völlig gleich. Eine hellblau tingirte und granulirte Masse, natürlich ein Kunstproduct, enthält im Innern den dunkel gefärbten Kern.

Der Leser wird begreiflich finden, dass ich jetzt der Untersuchungen BÖTTCHER's am Salamander- und Froschblut gedenke, die an jene von ROBERTS erinnern. Beide benutzten für ihr Studium die Gerbsäure. BÖTTCHER demonstirte, »dass nach ihrer Anwendung der grosse Kern eine unebene Oberfläche besitzt. Er ist mit zahlreichen stachelartigen Fortsätzen ringsum besetzt, so dass er wie ein Stechapfel aussieht. In einem Theil der Blutkörperchen reichen sie bis an die äussere Hülle, die doppelt contourirt erscheint, und verleihen dem ganzen Blutkörperchen ein strabliges Ansehen. (Seine Fig. 4^a.) Sie hängen zum Theil mit der Hülle continuirlich zusammen. Die einzelnen Stacheln sind farblos oft 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 feststehend in radiärer Richtung von ihm auslaufen«. Ich habe zu dieser einfachen und klaren Schilderung des Stroma nichts beizufügen; so ist es nach Zusatz von Tannin. Meine Figuren 9 und 10 sind nur eine Illustration dieser Angaben. Es giebt kaum ein Reagens, das die beschriebenen Veränderungen oder die Bilder 9 und 10 mit solch unfehlbarer Regelmässigkeit entstehen lässt (Lösungen von 0,5:100 und 0,3:100) wie Tannin. Nach dem Bersten der Hülle tritt aus dem Innern eine ganze Wolke heller farblos nur mit ganz feinen Körnchen durchsetzter Masse, die aber sofort derb granulirt, also stark verändert wird.

Für die Frage nach dem Stroma ist von dem grössten Interesse die bekannte Arbeit BRÜCKE's über den Bau der rothen Blutkörperchen.

Hören wir einige Details, die wohl nicht Jedem gegenwärtig sind.

Die Wirkung der 2% Borsäure ändert zunächst die elliptische Scheibenform. Der Kern der Blutkörperchen ist von besonderer Deutlichkeit aber weniger regelmässig gestaltet und gelagert als sonst. Oft liegt er an einer Seitenfläche des Körperchens und überragt die Oberfläche desselben. Bei einem Theil ist der Kern und seine nächste Umgebung weiss, der übrige Zellenleib gelb, in einem andern findet das entgegengesetzte statt: die Randzone wird farblos durchsichtig und um den Kern ballt sich eine grünliche Masse zusammen, welche bis-

weilen ziemlich gleichmässig rund ist, bisweilen gegen die Peripherie gerichtete spitze, strahlenförmige Hervorragungen zeigt.

Hier muss eine Berichtigung Platz finden bezüglich dieser strahlenförmigen Hervorragungen. Man stellt sie sich in der Regel so vor, wie bei HENSEN (Fig. 5 a, b, d), bei BÖTTCHER (Fig. 9 b, c) oder bei ROLLET (STRICKER's Handbuch Fig. 73 a). Aber keine dieser Abbildungen entspricht vollkommen genau dem Sachverhalt. Wäre das Verhalten der rothen Blutkörperchen in diesem Fall so einfach, so würde man sich kaum der Ueberzeugung eines leicht nachweisbaren Stroma verschliessen können. Denn dann läge es ja im Centrum des Blutkörperchens zusammengeballt, die gegen die Peripherie gerichteten spitzen Fortsätze stellten einen Theil dieses Stroma dar, der Beweis wäre selbst von Gegnern wie ROLLET unumstösslich geliefert. Die stachelförmigen Hervorragungen sind aber Wülste des in toto geschrumpften Körperchens (s. Fig. 44). An den hellen Stellen ist durch Schrumpfung die Schicht äusserst dünn, das Licht wird wenig abgelenkt; dort wo die Masse durch die Schrumpfung hingedrängt wurde, ist die Passage des Lichts durch die Häufung des Farbstoffes schwierig, und so findet man den Mittelpunkt des Ballens mitunter ganz braun. Die strahlenförmigen Hervorragungen sind also Wülste, Scheidewände benachbarter Einsenkungen, welche je nach ihrer senkrechten oder horizontalen Lage zur Richtung der Lichtstrahlen weiss oder gelb erscheinen. Davon kann man sich jeden Augenblick überzeugen, während ein solch geschrumpftes rothes Blutkörperchen rollt (Fig. 42). Die Veränderung ist nicht bei allen Blutkörperchen in demselben Präparate gleich stark, man kann die allmählichen Uebergänge bis zur extremen Form nachweisen.

Doch hören wir BRÜCKE weiter über die Veränderungen durch Borsaure. Diese grünliche Masse »oder dieser sog. Kern drängt bei seiner Wanderung gegen den Rand des Blutkörperchens nicht allein den Contour der scheinbaren Membran hervor, sondern man findet bei sorgfältiger Beobachtung denselben an der betreffenden Stelle unterbrochen, indem er an der Abdachung des Kerns mit einem schmalen lippenartig aufgehobenen Rande aufhört. Bisweilen tritt aus der so angedeuteten Oeffnung eine Partie des Kerns hernienartig hervor, ohne dass zwischen dem hervorragenden und dem darin steckenden Theile eine Einschnürung vorhanden wäre. Hat sich der Kern vom Körperchen getrennt, dann sieht man einen bald helleren bald dunkleren Ring, der vom Rande einer napf- oder kesselförmigen Grube, in welcher der Kern zuletzt gesteckt hatte, herzuführen scheint«.

Die eben erwähnten Vorgänge sind nicht schwierig zu verfolgen; ich habe »den lippenartig aufgehobenen Rand, und ein andermal den

hernienartig hervorgeprägten Kern, ohne Einschnürung an dem noch feststehenden Theil« gesehen, ferner »den bald helleren bald dunkleren Ring, der dem Rand einer kesselförmigen Grube gleich«. Die Schlüsse, welche Brücke aus diesen Vorgängen gezogen hat, sind bekannt, und es unterliegt für mich keinem Zweifel, dass sie die bisherigen Annahmen eines Stroma nicht allein bestätigen sondern sogar erweitern. Ich sage erweitern, weil ich einen Fortschritt darin erblicke, dass Brücke eine innige Verbindung annimmt zwischen dem Zooïd und dem Oekoid. Wenn das Stroma uns helfen muss, die Form des Blutkörperchens zu erklären, so lässt sie sich bei einem solchen von Brücke geschilderten Bau doch einigermaßen begreifen.

Die Borsäure veranlasst aber noch andere interessante Veränderungen an den rothen Blutkörperchen, die mir für die Beurtheilung unserer Stromafrage von Wichtigkeit scheinen. Eine solche Veränderung ist in Fig. 43 abgebildet; im Centrum des ovalen Körperchens ist eine helle granulirte Masse zu bemerken. Der Farbstoff nimmt eine breite Bandzone ein ¹⁾. Um die Natur dieser Trennung vollständig kennen zu lernen, braucht man nur verdünnte Essigsäure zuzusetzen. Innerhalb des geballten Stroma liegt dann der wenig veränderte, ovale Kern. In der folgenden Fig. 44 erscheint das Stroma durch den ganzen Baum vertheilt. Der Kern liegt in der Mitte, und von ihm gehen feine Fäden aus. Nachdem es sich hier um Kunstproducte handelt, ist die Versicherung unnöthig, dass Essigsäure nur dazu beiträgt den Effect der Borsäure schärfer zu markiren. Doch will ich auf die Fig. 45 verweisen, welche ohne Zusatz den Inhalt des Stroma erkennen lässt. Sind die Blutkörperchen rund geworden, so kann das Stroma sammt dem Kern sich auf der einen Hälfte der Hohlkugel zurückgezogen haben (s. Fig. 46). Aehnliche Bilder, nur etwas seltener, erzeugt die 2% Säure, denn sie wirkt zu energisch, zerstört in dem ersten Moment der Berührung den Farbstoff, der gerundete Kern scheint nur allein übrig zu bleiben, wenigstens vermögen selbst gute Instrumente keine Spur einer Membran oder eines Oekoids aufzuweisen. Ersetzt man jedoch vorsichtig die Borsäure durch Anilin, so findet man um die Kerne das Stroma in abenteuerliche Formen ausgezogen, welche theils die chemische Wirkung der Borsäure zu Stande brachte, theils die Strömung zwischen den beiden Gläsern. Man begegnet da grösseren und kleineren Resten der künstlichen Membran, und damit zusammenhängend verändertem Stroma, dessen Masse oft verschwindend gering ist (Fig. 47, 48, 49, 20). In andern

1) Ich brauche kaum hervorzuheben, dass es noch Veränderungen mancherlei Art giebt, deren Erörterung z. Z. kein weiteres Interesse bietet.

Fällen ist die periphere Schicht des rothen Blutkörperchens gänzlich vernichtet, dagegen das Stroma noch zum grössten Theil erhalten, aber verzerrt (Fig. 21, 22, 23).

In-*Fig. 23* ist das Stroma am besten erhalten, und dieses Bild noch um deswillen interessant, weil 1^o/₆ Borsäure und darauf folgender Zusatz von Essigsäure dasselbe Resultat (*Fig. 14*) giebt. 2^o/₆ Borsäure ist ein sehr heroisches Mittel. Das zeigt sich, wenn man den Effect studirt in dem Augenblick, wo sich beide Flüssigkeiten, Blut und Reagens, berühren. Da wird erst ein Theil der rothen Blutkörperchen in kleine Partikel zerrissen durch die Stärke der osmotischen Vorgänge, die zunächst folgenden Schaaren verlieren den Farbstoff und es bleiben kleine feinkörnige Massen zurück: kleine Portionen des geretteten Stroma und im Innern der Kern (*Fig. 24*).

Unter dem Einfluss der Wärme gelingt eine Trennung des rothen Blutkörperchens in eine farbstoffhaltige und farbstofffreie Partie. Bilder wie *Fig. 25* wurden auch schon anderwärts beschrieben. An der Temperaturgrenze zieht sich der Farbstoff nach einem oder den beiden Polen, und das den Kern enthaltende Stück ist farblos und leicht granulirt. Andere Blutkörperchen haben den Farbstoff völlig verloren, Stroma sammt Kern bildet noch eine oblonge granulirte Masse (*Fig. 26*). Der Anblick solcher Bilder ist nicht lange vergöunt, denn auch die Wärme vernichtet rasch, was sie kurz vorher entstehen liess.

Nach dem Vorausgegangenen ergibt sich eine bemerkenswerthe Uebereinstimmung bezüglich des Effectes, den sehr verschiedene Reagentien auf das sog. Stroma des Blutkörperchens üben; sie ist bemerkenswerth, weil sie durch die Mittheilungen verschiedener Beobachter bestätigt ist. Aber trotz alledem wissen wir noch Nichts über die Form, welche jenes Stroma besitzt.

Während dieser Untersuchung gab es eine Zeit, in der ich mich vor der Annahme *Brücke's* über die Natur des Zooïd und dessen Zusammenhang mit dem Oekoid vollständig beugte. Es war damals, als ich die Wirkungen der 1^o/₆ Borsäure und des Anilins in den *Fig. 17* und *27* gesehen hatte. Das Bild mit dem centralen hellen Fleck (*Fig. 27*) dann die *Fig. 17* erschienen als Oekoide, aus dem sich das Zooïd herausgearbeitet hatte. Diese Figuren waren um so werthvoller, als sie jene in der Abhandlung von *RINDFLEISCH* endlich deuten halfen. Als ich die ersten Versuche mit Anilinblau vornahm, war es mir zwar bald gelungen Protoplasma sammt Kern zu isoliren, aber die Membran verhielt sich wesentlich anders. *RINDFLEISCH* zeichnete in die Membran einen Ring (*Fig. 7*); in der Ueberzeugung auf die Treue der Abbildungen, die mich bezüglich des Stroma nicht getäuscht hatten, erschien mir meine

Figur 27 nur der Schlüssel zum Verständniss seiner auffallenden Bilder. Ich sah mit Anilin das Oekoid gefärbt. Die ganze Breite des Ringes schien mir Oekoid, die poröse Masse desselben lag also vor meinen Augen.

Aber nur kurze Zeit sollte mein Vergnügen über das Oekoid währen.

Die folgenden Bilder Fig. 18, 19, 20, 28 und 29 erschütterten mein Vertrauen, das endlich anderen ähnlichen Erscheinungen gegenüber nicht länger mehr Stand hielt. Ich bemerkte, dass diese sowohl als jene von RINDFLEISCH auch eine andere Deutung zuließen. Die blauen Ringe waren die Hüllen der rothen Blutkörperchen, tingirt, und an manchen Stellen hing noch Stroma. Jene Fig. 27, der ich später noch oft begegnete, war eine leere Membran, und der helle Fleck im Centrum das Loch, aus dem Stroma und Kern ausgetreten waren. Eine künstliche Membran umschliesst das künstliche nachweisbare Stroma. Das schien das wenig erfreuliche Resultat mühevoller Untersuchungen.

Ich erinnerte mich einer charakteristischen Stelle bei PREYER (p. 433) an der er über den Harnstoff spricht. »Erst sehen die Blutkörperchen aus wie eine von tief einschneidenden Fjorden zerrissene Insel, dann aber beginnt bei jedem Blutkörperchen eine sich anders gestaltende Veränderung. Zahllose kleine Kugeln, ganze Zacken, Kolben, Perlschnüre, Fäden, Kegel u. s. w. lösen sich ab. Alle erdenklichen Formen sind dabei vertreten; alle kehren im Extravasatblut wieder, und zwar ganz genau dieselben Formen«. Ich kann hinzufügen: ähnliches tritt ein beim Zerquetschen, ähnliches bei der Wärme und der Electricität. »Diese Erscheinungen sind unvereinbar mit der Annahme einer Membran« (PREYER).

»Untersucht man die eben erwähnten abgelösten Tropfen, Kugeln, Zapfen mit Essigsäure und verfolgt ihr endliches Schicksal unausgesetzt beobachtend, so findet man nicht selten, dass sie nach der Entfärbung als blasse Kugeln umherschweben« schreibt HENSEN. Nach ihm hätte nicht allein das Blutkörperchen im frischen Zustand eine Membran, sondern selbst jede Kugel, die wir durch Hitze, die Electricität, den Druck oder den Harnstoff zu isoliren vermögen! —

Die Angaben von HENSEN lassen sich, so merkwürdig es klingen mag, theilweise bestätigen. Diese losgetrennten Theile zeigen in der That nach Verlust des Farbstoffs noch blasse Kugeln. Das ist unbestreitbar. SCHMIDT und SCHWEIGGER-SEIDEL haben auch eine Erklärung dieser auffallenden Thatsache gegeben. »Die Bruchstücke, in welche Froschblutkörperchen durch Harnstoff zerfallen, verhalten sich dem Chloroform gegenüber wie die ganzen Blutkörper. Jedes hinterlässt ein zartes Bläschen«. Bläschen ist freilich eine falsche Bezeichnung, sie müssten sagen eine helle kuglige

Masse; sie ergänzten auch diese mangelhafte Beschreibung durch den Zusatz »ein Bläschen, das sich allerdings nicht weiter verkleinert«. Diese hellen kugligen Massen, welche nach Verlust des Farbstoffes unter solchen Umständen sichtbar werden, sei es nun mit Chloroform oder Jod oder irgend welcher Säure, sind die Rückstände des Stroma. Wir dürfen daraus schliessen, wie NEUMANN bei der Wirkung der Electricität, dass unter den angewendeten Agentien eine Verflüssigung des Stroma erfolgt, und dass das verflüssigte Stroma mit dem Hämoglobin zu einem mit dem umgebenden Medium nicht mischbaren Flüssigkeitstropfen sich vereinigt; Nicht-Mischbarkeit ist von endlicher Dauer und deshalb sehen wir nach einiger Zeit den Farbstoff verschwinden, und auch das farblose Plasma nur kurze Zeit dem Untergang entgehen. Aus HENSEN'S Versuch, dem frischen rothen Blutkörperchen eine Membran zuzuschreiben, wird also wieder ein Beweis für die Existenz eines Stroma. Doch wodurch ist das Stroma begrenzt?

Diese Frage erscheint wohl Manchem überflüssig, ja sie erschien mir selbst kaum einer erneuten Ueberlegung werth, wenn nicht das Platzen einer Membran unter den verschiedensten Umständen immer wieder zur Beobachtung käme, wenn man nicht immer wieder eine Membran sähe, wenn auch nach Anwendung von Reagentien, welche den Gedanken nahelegte, dass sie auch im frischen Zustande existirte, wenn nicht eine Menge Erscheinungen mich mit derselben Gewalt zur Annahme einer solchen drängen würden, wie sie BRÜCKE zu der eines Oekoids bestimmten.

Ich brauche keine Erörterung über den Vorgang des Platzens vom rothen Blutkörperchen zu geben. Diejenigen, welche an dem mit Reagentien behandelten Blutkörperchen die Existenz einer Membran nicht läugnen, werden auch die plötzliche Zerreißung derselben zugeben müssen. Anders verhält es sich mit der Frage, ob die Membran in der That ein Kunstproduct sei?

Die Gründe, welche immer wieder ins Feld geführt werden, sie sei ein Kunstproduct, wurden von BÖTTCHER vollkommen widerlegt. Wenigstens hat man meines Wissens nichts mehr dagegen vorgebracht, dass er die Identität der am Blutkörperchen sichtbaren Membran mit der auf der Oberfläche von Eiweisstropfen durch destillirtes Wasser entstandenen (KÜHNE) bestreitet. Die letzteren Membranen nennt er mit Recht Gerinnsel, welche andere physikalische und chemische Eigenschaften haben als jene Blutkörperchenhülle, welche nach Zusatz von Wasser etc. zum Vorschein kommt.

Aber derselbe Beobachter bestreitet trotz dieser unläugbaren Thatsache dennoch die Existenz einer Membran, und meint der Widerspruch

sei nur ein scheinbarer. Er findet eine Erklärung darin, dass die Blutkörperchen nicht zu jeder Zeit und unter allen Umständen sich gleich verhalten: ein Ausweg, der weder mir noch Anderen gefallen will, obwohl er angenehm wäre. Dann könnte man je nach der Wirkung des Reagens annehmen, das eine Blutkörperchen hätte aus unbekanntem Gründen eine Membran gehabt, das andere nicht. Allein BÖTTCHER musste schliesslich auf diesen Ausweg kommen, so lange er versuchen wollte, mit Hilfe von solchen oder ähnlichen Experimenten diese Frage zu entscheiden.

Eine Beweisführung dafür oder dagegen ist mit Hilfe von Reagentien unmöglich. Ich hoffe dies zu zeigen durch eine genaue Beschreibung jener Vorgänge, welche der Zusatz einer der bekannten Stoffe an den rothen Blutkörperchen bedingt. Nehmen wir den am meisten bekannten Harnstoff, unter dessen Einfluss das Blutkörperchen auch bei verschlossenem Präparat hin- und hergestossen wird, als ob eine Eruption in seinem Innern sich vorbereite! Helle Inseln von verschiedener Form (Fig. 4, 5, 6) entstehen, oder besser sie tauchen auf, um bald wieder zu versinken und Neuen Platz zu machen. Es giebt oft ein Bild, als ob der Inhalt ins Kochen gerathe. Ich zweifle nicht, dass schon Viele diese Erscheinung beobachtet. Und wenn man mit einem guten Instrument das allmälige Werden dieser Bilder verfolgt, so wird man sich der Ueberzeugung nicht verschliessen können, dass die Wirkung einer 15% Harnstofflösung auf diese zarten Organismen sich ungefähr ebenso verhalte, wie der kraftvolle Kiefer eines hungrigen Fleischerhundes zu einem Weissbröckchen. Niemand wird sich wundern, wenn da nach kurzer Zeit sehr abenteuerliche Formen entstehen. Die Blutkörperchen finden sich in der That unter ähnlichen Bedingungen, wenn wir sie durch unsere Reagentien »durch unsere Messer« zerlegen, durch Messer, die wir so wenig in der Gewalt haben, die schonungslos zerstören, die in einem und demselben Präparat so verschieden wirken, hier noch mit voller Schärfe, dort schon abgestumpft eingreifen und dabei ihre hilflosen Opfer anfallen, die einen noch jung, andere in voller Reife, noch andere greisenhaft schwach, schon der eigenen Auflösung nahe. Wie wäre sonst eine solche Musterkarte von abenteuerlichen Formen denkbar (s. bei PREYER z. B. Taf. XV, Fig. 8—35), wie sie jeder Blutstropfen darbietet, sei er der Einwirkung des Harnstoffs ausgesetzt oder der Borsäure, der Wärme, der Electricität, oder in ein Extravasat eingeschlossen. Doch bleiben wir bei der Wirkung des Harnstoffs. Bei jener ebenerwähnten Lösung, die man so gern anwendet, werden Blutfarbstoff und Stroma durch einander geknetet, gemischt, verändert, in einem

Grade, den wir nur theilweise aus den heftigen »Stößen« des Körperchens begreifen können.

HENSEN meinte, als er an den abgeschnürten Kugeln nach Zusatz eines Reagens noch eine Membran erkennen wollte, der Harnstoff habe in solchen Fällen wohl die Membran erweicht, nicht aber das Protoplasma. Wenn man die Art der Zerstörungen verfolgt, wird man sagen müssen, dass der Harnstoff nicht nur die Membran, wenn eine solche vorhanden, sondern auch das Stroma erweicht habe, dass er namentlich die charakteristische Structur vernichtet und das Ganze in einen zähflüssigen Brei verwandelt habe. Das Stroma müsste eine absonderliche Widerstandsfähigkeit besitzen, wenn es diesen Angriffen Widerstand leisten, wenn es nur geringe Veränderungen erfahren sollte. Dass dem so sei, haben SCHMIDT und SCHWEIGGER-SEIDEL nachgewiesen und jeder aufmerksame Beobachter kann sich davon überzeugen. Ist diese Auffassung von der Wirkung des Harnstoffs richtig, und nahezu die meisten Agentien verhalten sich darin gleich, dann kann man verstehen, warum die von einem farbigen Blutkörper abgeschnürten Tropfen wieder mit dem Mutterkörper ohne weiteres zusammenfließen. Die Wiedervereinigung wäre undenkbar, wenn auf dem Mutterkörper noch eine festere Grenzschrift vorhanden wäre. Nicht allein diese ist längst zerstört, sondern auch Blutfarbstoff und Stroma in eine ziemlich gleichmässige Mischung gebracht, die mit andern gleichveränderten Massen zusammenfließen kann. Darin liegt nichts überraschendes. Es wäre überraschend wenn sie nicht zusammenflössen.

Doch die Beobachtung der ersten Einwirkung des Harnstoffs, die Rückstöße der Kugel, das Auftauchen und Verschwinden der hellen Flecke, das Auffinden des Stroma an den abgeschnürten Kugeln, nachdem sie sich entfärbt, macht einige Mühe, bleiben wir bei den landläufigen Zacken und Kolben. Was müssen das für osmotische Vorgänge sein, dass solch abenteuerliche Gestalten entstehen können! Ausdruckvolle Stossseufzer des sterbenden Blutkörperchens sind es doch wohl nicht, diese Kolben und Zacken, die es hüfflos dem Reagens entgegenstreckt. Es sind also die Folgen mechanischer Eingriffe der Zusatzflüssigkeit. Von chemischen Wirkungen will ich schweigen, weil wir kaum etwas davon wissen, aber diese mechanischen Eingriffe, diese Zerstörungen sehen wir. Und nachdem es uns glücklich gelungen, das Blutkörperchen in Fetzen zu reißen, zu Brei zu zerstampfen und durch Kälte oder den Blitz zu zerstören, rufen wir lächelnd: das kommt eben daher, dass es keine Membran besitzt, nach einer Misshandlung, die in gleichem Verhältniss gedacht, selbst die Knochenschwarte eines vorweltlichen Sauriers spurlos vernichtet hätte.

Wenn man die Reagentien in einem solchen Concentrationsgrad und solcher Schonungslosigkeit wirken lässt, kann es freilich nicht an Beweisen fehlen von dem Mangel einer Membran. Doch untersuchen wir einmal, wie viel Berechtigung der andere Einwurf habe, die Membran, welche man nach einer schwächern Einwirkung des Harnstoffs oder anderer Agentien finde, sei Kunstproduct. BÖTTCHER hat schon eine schlagende Thatsache dagegen vorgebracht, aber sie fand vielleicht um deswillen wenig Beachtung, weil er trotz alledem selbst die Existenz einer Membran im Princip läugnet. Bleiben wir also dabei, jedes Reagens vermag bei einer bestimmten Concentration künstlich eine Membran zu erzeugen.

Das Zusammenfliessen der von einem Blutkörperchen abgeschnürten Tropfen oder Zacken hat man schon wiederholt gesehen. Der Vorgang, selbst der Moment der Wiedervereinigung, bietet nichts besonderes Auffallendes. Wie nun, wenn nicht Partikel zusammentreffen, wenn die Vereinigung zweier nur rund gewordener sonst aber unversehrter gefärbter Blutkörperchen zu Stande kommt?

Das Ereigniss, wobei aus zwei rothen Blutkörperchen Eins wird, geschieht nicht langsam, wie bei der Umarmung der Amoeben, sondern mit einem überraschenden Act, mit einem »Ruck«. ROLLET schildert diesen Vorgang (Stzgsbchte. 1865. p. 188) so: zwei eben unter electrischen Schlägen kugelig gewordene Blutkörperchen legen sich aneinander, bald flachen sich die aneinander grenzenden Convexitäten ab, die Berührung wird eine ausgedehntere, die Grenzlinie verschwindet mit einem Ruck spurlos und nun existirt eine grosse zweikernige Kugel. Für BÖTTCHER, der dieselbe Erscheinung beobachtet, ist sie gerade wie für ROLLET ein Beweis, dass die Membran fehle. Aber HENLE macht hierzu eine treffende Bemerkung (Jahresbericht 1866). »Ich wüsste nicht, was der »Ruck« bedeutet haben könnte, wenn nicht die plötzliche Beseitigung eines Hindernisses, welches der Vereinigung der Körperchen im Wege stand, und dies kann doch nur etwas wie eine Membran gewesen sein, die durch irgend einen Zufall an der Berührungsfläche der Körperchen zerstört wurde«. Die Gegner einer Membran werden kaum die Richtigkeit dieses Schlusses bestreiten, aber sie werden sagen »allerdings, aber diese Membran ist Kunstproduct«. Sie sprechen also von einem Kunstproduct, auch wenn sie es nicht sehen, denn so lange die Kugel noch gelb ist, kann man nie eine Membran, auch eine künstliche, nicht sehen. Sie verfallen in denselben Fehler, den sie den Anhängern beständig vorwerfen.

Aus optischen Gründen können weder Anhänger noch Gegner am rothen Blutkörperchen eine Membran sehen, sie können nur auf

Gründe gestützt dieselbe voraussetzen oder verwerfen. Vergessen wir nicht, welches Hinderniss für alle unsere Beobachtungen am rothen Blutkörperchen darin liegt, dass wir von den Veränderungen im Innern nur selten etwas wahrnehmen können, so lange der Farbstoff dasselbe erfüllt. Jene ganze Reihe zerstörender Wirkungen, welche mit der Vernichtung des Farbstoffes endigt, geht nahezu spurlos vorüber für unser Auge, und immer muss der Natur der Sache nach die endliche Annahme oder die Negation einer Membran geschehen durch eine Schlussfolgerung von einem wahrnehmbaren Vorgang auf eine unsichtbare Structur.

Und dasselbe Verfahren hat sich bis heute wiederholt; denn die Beobachtung mit jedem Reagens führt schliesslich an dieselbe Grenze. Es lässt sich z. B. die Frage, ob die rothen Blutkörperchen im frischen Zustand eine Membran besitzen, auch nicht mit Hülfe der Borsäure entscheiden. Wenn Reagentien überhaupt eine Membran künstlich erzeugen, dann geschieht das auch sicherlich durch Borsäure, und dass dem so sei, davon kann sich jeder überzeugen, der Formen wie in Fig. 14, 15, 16, 27, 28, 29 vor sich hat. Aber es kommen auch andere zu Gesicht, die nach stundenlanger Behandlung mit Borsäure, mit Ueberosmiumsäure u. s. w. nach tagelangem Liegen in Wasser keine Membran zeigen (Fig. 29—35). Glaubt man vielleicht in diesen Säuren oder in dem Wasser bliebe die Bildung der Membran so lange aus, als der Farbstoff unversehrt sei, und erst mit seiner Zerstörung entstehe die Membran? Sicherlich nicht, selbst die hartnäckigsten Gegner werden nun sagen, sie ist vorhanden, aber sie ist während der Anwesenheit des Farbstoffs unsichtbar — mit seiner Zerstörung lässt sie sich erst erkennen. Mit andern Worten, sie schliessen gerade wie die Anhänger es machen, von dem was sie sehen, auf Etwas was sie nicht sehen.

Die Gegner setzen eine durch Reagentien entstandene künstliche Membran voraus, die Anhänger eine natürliche. Nun kommt es darauf an, auf welcher Seite die Stärke der Gründe liegt.

Diejenigen, welche durch Reagentien eine Membran entstehen lassen, müssen consequent weiter sagen, dass alle Reagentien, in dem Augenblick der Berührung eine Membran erzeugen; daraus folgt weiter, dass die Reagentien die kaum entstandene auch sofort wieder vernichten. Ich erinnere nur an den Harnstoff. Nachdem mir diese Voraussetzung wenig zusagt, gehöre ich seit langer Zeit zu denjenigen, die an die Existenz einer Membran im frischen Zustande glauben, welche durch Reagentien nach Verlust des Farbstoffs sichtbar werden kann. Ist das nicht der Fall, so ist sie durch die Wirkung der Reagentien vernichtet. Auf diesem Wege erklärt sich mir die Erscheinung des Berstens ungezwungener — wir Anhänger deuten sie so, dass eine schon durch die

Organisation vorhandene Membran reisst, die andere Partei lässt eine erst künstlich entstandene bersten.

Das Letztere hätte nun gerade nichts sehr Auffallendes, wenn es nicht so rasend schnell ginge. Bringt man einen Tropfen Blut dicht an den irgend eines Reagens, so dass erst durch das Deckglas sich die beiden Flüssigkeiten berühren, so hat man die grösste Eile nöthig, um das Bersten an der Berührungsstelle zu sehen. Innerhalb einiger Secunden (2–3) müsste also die Membran entstehen und vergehen! Ist für mich etwas zu schnell, ich glaube daher lieber, das Bersten rührt von der Membran her, die schon im frischen Zustand vorhanden war.

Wendet man nicht allzu feindliche Concentrationsgrade an, so kann man mit den meisten Reagentien eine Membran nach der Entfärbung des rothen Blutkörperchens erkennen. Sind dieselben Mittel zu concentrirt — so findet man keine Membran. Und dieser Verschiedenheit kann man begegnen in demselben Präparat, je nachdem man bekanntlich die Berührungsstelle der beiden Flüssigkeiten untersucht oder die ferner liegenden Bezirke. Bei der Annahme einer schon vorhandenen Membran ist die Lösung dieses Räthsels einfacher. Es will mir wenigstens nicht einleuchten, warum die stärkere Concentration keine Gerinnung auf der Oberfläche des rothen Blutkörperchens bedingen soll, während die schwächere das mit vieler Regelmässigkeit zu Stande bringt.

Wenn schwache Concentrationsgrade stets eine Membran deutlich werden lassen, welche stets das gleiche Aussehen hat, wie dies bei Säuren und Alkalien, Wasser und Electricität, Kälte und Wärme, im Harn und in Wunden der Fall ist, so hat man doch mehr Berechtigung zur Annahme, die von der Natur vorhandene werde unter den verschiedensten Umständen sichtbar, als dass man glauben sollte, die stärksten Contraste verursachten immer dieselbe Erscheinung.

Ein weiterer Beweggrund, die Existenz einer Membran vorauszusetzen, liegt für mich in dem Unterschied, welcher diese Membran vor dem Inhalt auszeichnet. Das Stroma kann gefällt werden, coaguliren, schrumpfen, sich aufblähen, körnig werden, die Membran bleibt in denselben Fällen, soweit man bisher beobachtet hat, unverändert, glashell.

Wenn nach Behandlung mit Tannin das rund gewordene Blutkörperchen platzt, und jene ebenerwähnte Wolke von Stroma sich langsam entleert (Fig. 10), so muss eine natürliche Hülle nothwendig kleiner werden. In der That dies geschieht, die Membran zieht sich wie eine stark gespannte Kautschukblase langsam zusammen, und presst wie jene aus der verhältnissmässig kleinen Oeffnung den Inhalt heraus. Sie kann um zwei Drittel ihres früheren Umfanges kleiner werden, ohne eine

Falte zu bilden, was man wahrscheinlich von einem Gerinnsel nicht mittheilen kann ¹⁾.

Wenn Membranen sich »umklappen«, wie dies RINDFLEISCH an rothen Blutkörperchen in den Extravasaten gefunden, oder ich nach Zusatz namentlich der Essigsäure oftmals beobachtete, so gehört dazu einige Elasticität, und Gerinnsel dürften sich schwerlich ebenso verhalten.

Man sieht, die Anhänger einer Membran haben für ihre Meinung wenigstens ebensoviel Gründe als die Gegner. Das Bild, das ich auf Grund meiner Erfahrungen von dem Froschblutkörperchen entwerfe, ist folglich wesentlich verschieden von dem in STRICKER'S Handbuch. Die rothen Blutkörperchen der Frösche sind biconcave elliptische Scheiben. Aus dem Centrum der Concavität erhebt sich auf beiden Flächen eine ovale Erhöhung, die grösstentheils durch den Kern bedingt ist. Die glashelle, elastische Membran, welche erst nach Entfernung des Farbstoffs sichtbar wird, umschliesst ein dichtes Gefüge (Netzwerk) von feinen nur leicht granulirten Eiweissfäden. Diese bilden in ihrer Totalität das Stroma. Das Stroma ist farblos. In den kleinen Räumen, welche die Fäden des Stroma zwischen sich lassen, sitzt das Hämoglobin. Die weichen elastischen Eiweissfäden sind zwischen Membran und Kern ausgespannt. Nur durch einen gewissen Grad ihrer Spannung ist die charakteristische Form des Blutkörperchens möglich. Gegen eine allzu starke Verkürzung der Fäden wirkt das in den Maschenräumen vertheilte Hämoglobin.

Ich will meine Ansicht in Kürze begründen, soweit dies durch die früheren Mittheilungen nicht schon geschah.

Was die Berechtigung giebt, das Blutkörperchen vom Frosch biconcav zu nennen, bedarf wohl keiner besonderen Auseinandersetzung. Wenn die Concavität nicht so auffallend in die Augen springt wie bei den Säugethieren, so rührt dies eben von der Anwesenheit des Kernes her. Die Existenz der Concavität lässt sich ja leicht nachweisen. Eine vollendete Abbildung dieser biconcaven ovalen Scheibe hat ROLLET gegeben (STRICKER'S Handbuch Fig. 68^b). WELKER hat auf seinen Modellen die centrale Depression ebenfalls deutlich markirt. Am schärfsten ist sie an den getrockneten Blutkörperchen zu sehen mit WALES'S Illuminator Fig. 2.

1) Die Annahme eines Oekoid hätte eine bedeutende Stütze erhalten, wenn die Grenzschicht des rothen Blutkörperchens nicht zusammenfallen, wenn sie stets in ihrer früheren Gestalt weiterschwimmen würde.

Ich brauche wohl kaum hervorzubeben, dass der Nachweis dieser Form bei den ovalen Blutkörperchen aller Kaltblüter, ferner der Vögel und derjenigen Säuger, welche ovale Blutkörperchen besitzen, einen werthvollen Beitrag lieferte für die Aehnlichkeit dieses elementaren Gebildes in der ganzen Reihe des bewirbelten Thierreiches.

Die Farblosigkeit des Stroma und die Existenz zahlreicher kleiner zusammenhängender Räume, in denen das Hämoglobin vertheilt ist, scheint mir aus der Wirkung verschiedener Reagentien hervorzugehen. Wenn es Einflüsse giebt, unter welchen das rothe Blutkörperchen sich spalten lässt in Kern und Stroma einerseits, und den Farbstoff andererseits, so darf man daraus, glaube ich, schliessen, dass beide Substanzen innerhalb der Membran einen gewissen Grad von Selbständigkeit besitzen. Man wird sich den Farbstoff in loserem Zusammenhang wohl als den leichter zerstörbaren in Form einer äusserst weichen schleimigen Eiweisssubstanz vorstellen und sagen müssen, er finde sich in den zusammenhängenden Spalten des farblosen aber festeren Stroma. Ein Reagens, das leicht diese Trennung zu Stande bringt, ist der Harnstoff und zwar in einer Lösung von 8%. An vielen Körperchen öffnet sich die Membran an einer bestimmten Stelle und lässt Kern sammt dem farblosen Stroma heraustreten. Der Farbstoff bleibt noch längere Zeit als eine gelbliche Kugel bei Seite liegen (Fig. 3).

Ein weniger eingreifender Weg ist der Einschluss des Blutkörperchens in ein Bluteoagulum. RINDFLEISCH hat darüber berichtet und seine Worte lauten: Die flachen rothen Blutkörperchen werden kuglig, die Membran platzt und der Zellinhalt zersetzt sich in eine gefärbte und eine ungefärbte Substanz. Die gefärbte scheidet sich in kleinen Tropfen aus, welche in der Flüssigkeit suspendirt bleiben, ebenso wie die ungefärbte Substanz, welche den Kern einschliesst. In solchen Fällen scheidet sich also das Hämoglobin aus in Form einzelner kleiner Tropfen. Beim Zusatz von Anilin zu dem in Blutextravasat eingeschlossenen rothen Blutkörperchen verschwindet der Farbstoff — die Membran wird deutlich, und nebenan liegt das farblose Protoplasma mit Kern.

Hierher gehört die Erscheinung, dass der Farbstoff verschwindet, ohne dass sich die ovale Form ändert. Jene Elemente, welche diese merkwürdige Gestalt bedingen, die Stromafasern, werden durch die Zerstörung des Farbstoffs nicht alterirt. Ich erinnere an den Einfluss der Essigsäure. Die durch Kälte entfärbten ovalen oder elliptischen Reste der Blutkörperchen zeigen noch eine ähnliche Dehnbarkeit und Elasticität, wie die intakten Blutkörperchen (ROLLET).

Auch jene farblosen kernhaltigen Zellen »nucleated cells uncoloured Stage« von WHARTON JONES fallen hier in die Wagschale. BÖTTCHER be-

trachtet sie zwar als im Untergang begriffene Formen, und BODE p. 15 als Zersetzungsproducte farbiger Körperchen, aber es ist für unsere Frage gleichgültig, ob diese Blutzellen in progressiver oder regressiver Metamorphose begriffen sind, ja es wäre selbst gleichgültig, wenn es sich herausstellte, dass sie im kreisenden Blut überhaupt nicht vorkommen¹⁾, jedenfalls kann man nicht sagen, die an ihnen bemerkbare Membran und der deutlich sichtbare feingranulirte Character des Inhaltes sei durch Reagentien hervorgerufen. Kurz innerhalb des sog. frischen Blutes giebt es Blutkörperchen mit Kern und leicht granulirtem Stroma, welche farblos sind — für mich ein Zeichen, dass das Hämoglobin ein im Innern der Zelle theilweise selbständiges Element ist, ein halbweicher, leicht trennbarer Eiweisskörper. Dafür sprechen ferner eine Menge der verschiedensten und längst bekannten Experimente. Sie zeigen, wie man in dem einen Fall das Stroma sammt der Membran vernichten könne, ohne dass der Farbstoff seine chemischen und physiologischen Eigenschaften verliert, und in dem andern gerade umgekehrt, zwar die Form, Stroma, Membran unverändert bleibt, das Hämoglobin dagegen zerstört wird. Wasser löst die Blutkörperchen völlig auf, das Hämoglobin ist dagegen, wenn auch verdünnt, im Stande Kohlensäure und Sauerstoff abwechselnd aufzunehmen und abzugeben. ROLLET'S Versuche verdienen hier volle Beachtung. Arterielles wie venöses Blut macht der Entladungsstrom durchsichtig; ist er lange angewendet worden, dann ist das Stroma vernichtet. Qualitativ ändert sich aber das Verhalten des electricisirten Blutes zu O und CO₂ nicht. Kohlenoxydgas hat auf das Stroma des rothen Blutkörperchens keinen sichtbaren Einfluss, aber die physiologischen Eigenschaften des Hämoglobin sind in hohem Grade alterirt, so dass die Substitution irgend eines andern Gases von nun an unmöglich ist. »Unter dem Mikroskop zeigen die Körperchen solchen Blutes noch dieselben successiven Formenwechsel, wie die unveränderten Blutkörperchen« (ROLLET). Das Stroma blieb also durch Kohlenoxyd unverändert, und musste auf den Entladungsstrom sich verhalten wie das des reinen Blutes, ergo folgt daraus die Richtigkeit meiner Thesis: Farbstoff und Stroma sind zwei von einander trennbare und selbständige Elemente der Blutzelle. Der halbflüssige Farbstoff füllt die kleinen Räume des Stroma.

Ich stelle mir das Verhältniss von Stroma und Hämoglobin so vor, wie NEUMANN das von Stroma und Protoplasmaliquidität an den weissen Blutkörperchen (Arch. f. Anat. u. Phys. 1867. p. 44). Das Stroma hält das Hämoglobin theils in geschlossenen Räumen mechanisch fest, theils ist es mit ihm durch die Kraft der Adhäsion verbunden.

1) Was übrigens kaum festzustellen ist.

Für den Zusammenhang der Stromafäden mit der Oberfläche des Kerns und der begrenzenden Membran, ferner für einen gewissen Spannungszustand dieses Stroma, der dem Tonus der Muskeln analog wäre, lassen sich zahlreiche Erscheinungen anführen. Doch ich will nur die eine hervorheben, welche theilweise neu und zugleich sehr auffallend ist.

Schon oben wurde erwähnt, dass Zusatz von Wasser die rothen Blutkörperchen schrumpfen mache. Das klingt paradox, und widerspricht den geläufigen Vorstellungen. Aber die Thatsache lässt sich nicht bestreiten. Ja noch mehr, die rothen Blutkörperchen verharren in diesem Zustande der Schrumpfung oft mehrere Tage (Fig. 41, 42, 34, 35, 36, 37, 38). Diese Wirkung des Wassers zwingt zu der Annahme, dass die ovale Form von Eigenthümlichkeiten der Organisation herrühre, und nicht wie BEALE meint von Bedingungen, unter welchen die Circulation von Statten geht. Man muss wohl diese durch Wasser entstandenen Bilder auf eine Erstarrung des Stroma zurückführen, ähnlich vielleicht der Todesstarre, auf eine Gerinnung. Durch diese Gerinnung tritt gerade wie bei dem Muskel eine Verkürzung ein, und nachdem die Membran kein Hinderniss der Verkürzung entgegengesetzt, sehen wir jene Formen, die wir als geschrumpfte rothe Blutkörperchen bezeichnen. Die Gerinnung kann eine sehr vollständige sein und damit der Einfluss auf die Form sehr grell hervortreten (s. Fig. 44 und 42), oder sie ist unvollständig und erstreckt sich nur auf einige Bezirke des rothen Blutkörperchens in höherem oder geringerem Grade¹⁾. Geschah die Gerinnung vorzugsweise auf der einen Seite, so rollt sich das Blutkörperchen wie ein Blatt (Fig. 34, 35). In demselben Präparat begegnet man Blutkörperchen, an denen die Erstarrung sich in einzelnen Bezirken gelöst hat unter der langen Einwirkung des Wassers; in andern nicht, deren eine Hälfte kaum verändert scheint, während die andere wie ödemates geschwollen ist. So war z. B. in Fig. 36 die Erstarrung des Stroma in der Umgebung des Kerns noch stark, an den Rändern hatte sie nachgelassen, es zeigten sich die Erscheinungen der Quellung — der Vergrößerung über den normalen Zustand hinaus. In Fig. 37 war die Verkürzung auf der einen Hälfte des Körperchens noch deutlich bemerkbar, in der andern fanden sich die Folgen der Wasseraufnahme. Bei noch andern ist die Quellung noch weiter gediehen; nur mehr an Einem Punct zeigt sich die Verkürzung in Form einer Telle — die farblos erscheint, und sonst wohl auch Vacuole genannt wird (Fig. 38).

1) Eine weitere Schilderung all' der möglichen Variationen scheint mir z. Z. überflüssig.

Für die Beachtung der Thatsache, dass Wasser Schrumpfung bedingt, sind einige andere Formen nicht minder lehrreich. Oft findet man auf der Oberfläche der rothen Blutkörperchen helle Stellen, Flecke, unregelmässig zerstreut. Es sind Vertiefungen, durch eine partielle Gerinnung des Stroma bedingt. Man findet alle möglichen Formen; bald sieht das rothe Blutkörperchen hell gefleckt aus mit grossen oder kleinen Tupfen besetzt (Fig. 39, 40), oder quergestreift (Fig. 41), oder es sind die Vertiefungen radienartig um den Kern gestellt (wie bei der Fig. 71 *a* und *b* in STRICKER'S Handbuch, ROLLET). Die Wirkungen des Wassers auf die rothen Blutkörperchen sind sehr wechselnd, das lässt sich nicht läugnen¹). Bald beginnt die Gerinnung des Stroma in den Randschichten, und die Masse des Hämoglobin wird nach dem Kern gedrängt (Fig. 11 und 12), oder die Gerinnung erfasst die um den Kern liegende Masse, und der Farbstoff füllt die Randpartien. In dem ersteren Fall erscheint der Kern wie ein fixer Punct, gegen den die Membran herangezogen wird.

Ich sehe nun in der Schrumpfung der rothen Blutkörperchen nach Zusatz von Wasser ein Festwerden des Stroma und eine Bestätigung meiner Hypothese, dass dasselbe zwischen Kern und Membran gespannt sei. Die Wirkungen anderer selbst sehr verschiedener Einflüsse lassen sich, wenn sie ähnliche Formveränderungen hervorbringen, wie mir scheint, nur durch eine Gerinnung, durch ein Festwerden dieses Stromagerüstes erklären. Schon Eingangs wurde erwähnt, dass die Borsäure eine ähnliche Schrumpfung zu Stande bringe wie Wasser (Fig. 11 und 12), (BRÜCKE). HÜHNELDT hat sie mit kohlenurem Ammoniak und Salmiak, ROLLET auch bei Anwendung anderer Salzlösungen gesehen, HENSEN nach Zuckerwasser, ich jüngst wieder nach Zusatz von Pyrogallussäure, Tannin, Harnstoff und Ueberosmiumsäure. Aber auch die einfacheren Formen der Schrumpfung sind constant. Ich citire zum grössten Theil ROLLET, wenn ich sage, dass bei Zusatz der erwähnten Substanzen oder vieler Salzlösungen die Blutkörperchen wie bei der Wasserwirkung sehr gleichmässig gefleckt sind, indem farbige und farblose Stellen sehr regelmässig miteinander abwechseln. Oder es erscheinen, senkrecht zur langen Achse, über die Breitenflächen hinlaufende Wülste (Fig. 43 *a* und *b*), und blassere oder farblose Zwischenräume zwischen denselben, mit andern Worten, es entstehen Gerinnungen des Stroma in der verschiedensten Ausdehnung. Bald strahlenförmig, bald reihenweise, kurz eine wechselvolle Reihe von Wirkungen auf das Blutkörperchen.

¹) Ich habe schon wiederholt erwähnt, dass ich diese Beobachtungen nur an nicht defibrinirtem Blute gemacht habe.

Es giebt unter all den erwähnten Substanzen zwei, welche dieselbe Reihe von Veränderungen, wie sie Wasserzusatz langsam hervorruft, unter den Augen – rasch – entstehen lassen, nämlich Borsäure und Ueberosmiumsäure. Ich will jedoch nicht davon reden, wie die peripheren Partien (s. Fig. 11 und 12), oder die centralen hauptsächlich die Wirkung zeigen (Fig. 43 a, b und 44); wichtiger sind die sonst wenig beachteten Uebergangsstufen (Fig. 39, 40) deswegen, weil die farbigen und farblosen Stellen entstehen und allmähig wieder untergehen. Man kann nicht sagen, dass an diesen Stellen der Farbstoff vernichtet sei, oder verändert, denn allmähig dringt vom Rande her die gelbe Fluth wieder herein. Der Farbstoff war also nur verdrängt. Für mich darin ein neuer Beleg, dass Wasser und eine Menge anderer Substanzen eine partielle Gerinnung hervorrufen und damit eine partielle Schrumpfung ¹⁾. Vom Rande der hellen Stellen her geschieht die Lösung der coagulirten Massen, vielleicht dadurch, dass der übrige Inhalt die Wirkung der noch geringen Säuremenge neutralisirt.

Aehnlich wie Wasser und wie die erwähnten Substanzen wirkt auch die Kohlensäure. Wenn das Blutkörperchen in einem etwas verdünnten Serum sich befindet, berichtet S. STRICKER (PFLÜGER's Archiv 1868), dann genügt eine Spur von Säure um folgendes Bild hervorzurufen: der gefärbte Leib zieht sich von der Membran zurück und halbt sich um den Kern herum (Fig. 11 u. 12); so wie aber ein Ueberschuss zugesetzt wird, verbreitert sich der gefärbte Leib wieder, bis dessen Grenzen mit denen der Membran zusammenfallen. Tauscht man nun die Kohlensäure gegen atmosphärische Luft aus, so kehrt das alte Bild wieder.

Ich nehme an, dass das Stroma des Leibes schon im frischen Zustand vorhanden sei, STRICKER vermuthet einen Körper, der unter dem

1) Nachdem das Licht an diesen farblosen Stellen das Stroma ungehindert passirt, und diese sehr hell erscheinen, hat man mit Recht von Vacuolen gesprochen. Aber nicht alle hellen Flecke sind so zu deuten. Ich erinnere nur an die oben geschilderten hellen Inseln bei Harnstofflösungen. Dort entstehen sie offenbar dadurch, dass das Stroma auf kleine Bezirke zusammengedrängt wird, und der Farbstoff ausweichen muss. Andere helle Flecke, die offenbar den Eindruck von kleinen Alveolen machen, rühren von glänzenden Tröpfchen im Innern der rothen Blutkörperchen her (Fig. 42). LEYDIG gedenkt farbloser Lücken an den rothen Blutzellen vom Frosch und Landsalamander, die man im Winter wahrnimmt und zwar bald eine einzige grössere, bald einen Trupp kleinere (Lehrbuch d. v. Histologie p. 449). REMAK vermuthet, dass die reichliche Pigmentbildung in der Leber und Milz während des Winterschlafes die Blutkugeln um einen Theil ihres Farbstoffes beraube. Die eben erwähnten Lücken sind, wie ich wohl vermuthen darf, identisch mit den von mir unter denselben Umständen gesehenen glänzenden Tröpfchen, und also keine Vacuolen.

Einfluss des Wassers erst ausgeschieden wird. Diese Verschiedenheit der Voraussetzung hat eine Verschiedenheit in der Deutung zur Folge. Ich sehe in der Wetzsteinform, die nach Wasserzusatz entsteht, eine Quellung und dadurch eine verminderte Spannung des ursprünglichen Stroma, S. STRICKER eine mächtige Contraction durch Erstarren, durch Festwerden des Zoöid. Wenn sich der Leib zum Klumpen ballt, ist das Stroma nach STRICKER's Ansicht fest ausgeschieden, und ich sage, das (gequollene) Stroma wird nach Zufuhr der CO_2 coagulirt, und die damit verbundene Verkürzung ist es, welche den Leib zu einem Klumpen ballt. Nach meiner Deutung ergeben die Experimente S. STRICKER's, dass CO_2 das unversehrte Stroma nicht anzugreifen vermag¹⁾, dagegen das in Wasser gequollene coagulirt und die bekannte Form der Schrumpfung hervorruft. Wird ein Ueberschuss von Säure zugesetzt, so löst sich der Niederschlag, wie bei vielen andern Säuren, die Schrumpfung hört auf; entfernt man einen Theil der Säure durch atmosphärische Luft, so kehrt das alte Bild wieder; nach meiner Deutung entsteht durch Entfernung des Säureüberschusses von Neuem der Niederschlag und damit die Schrumpfung.

Aus den angeführten Beobachtungen über die Schrumpfung des rothen Blutkörperchens ergiebt sich, dass sie keineswegs im Widerspruch stehen mit meiner Annahme von dem Zusammenhang des Stroma mit der Oberfläche des Kerns und der begrenzenden Membran. Die Schrumpfung erscheint als die Folge einer Gerinnung dieses Stroma.

Vergrößerung der rothen Blutkörperchen und zwar in toto oder in dem Bereich einzelner Durchmesser scheint mir aber geradezu ein Beweis für meine Vorstellung vom Bau derselben und nur durch eine solche Structur begreiflich.

Ich will zuerst die Vergrößerung der rothen Blutkörperchen in toto erwähnen. Eine der auffallendsten Formen ist jene schon vielfach erwähnte plötzliche und gleichmässige Erweiterung aller Durchmesser unter der Einwirkung von Säuren²⁾, wobei aber der Farbstoff im Moment der Erweiterung meist verschwindet. Es sind bestimmte Concentrationsgrade der Essigsäure, welche diese Erscheinung mit der grössten Regelmässigkeit bedingen. Mit einem sichtbaren Ruck wächst der Umfang. Das Stroma wird durch einen Säureüberschuss theilweise gelöst; wenn dies in allen Durchmessern gleichmässig geschehen ist, lässt die Spannung desselben nach und es erfolgt die Erweiterung, bis

1) Man bekommt bekanntlich auf Zuleitung von CO_2 zu frischem Blut gar keine nachweisbaren Veränderungen.

2) Siehe hierüber KNEUTTINGER.

die Ausdehnung des Inhaltes und die Elasticität der Membran einander das Gleichgewicht halten (Fig. 34). Bisweilen ist die Erweiterung so rapid, dass die Membran an irgend einer Stelle einreißt und der Inhalt gleichsam herausgeschleudert wird. Ich betone, dass die Spannung des Stroma in einem bestimmten Verhältniss zu der verschiedenen Länge der Durchmesser geändert werden muss, soll nicht die ellipsoide Form verloren gehen. Nur unter solchen Umständen ist die Erhaltung derselben denkbar.

Wenn Blutkörperchen rund werden, so wie man das nach Zusatz von Wasser oder wässrigen Lösungen bemerkt, dann erscheinen dieselben bekanntlich kleiner, sie nehmen diejenige Gestalt an, welche bei gegebener Oberfläche den grössten Körperinhalt besitzt; der Halbmesser der Kugel ist kleiner, als der Quer- und Längsdurchmesser der normalen Form. Doch es wäre falsch zu vermuthen, dass die Masse der gelben Kugel eine gleichmässige Mischung der Bestandtheile enthalte, das weitere Verhalten verbietet eine solche Auffassung. Die Lösung des Stroma ist erst theilweise geschehen. Denn vor dem Erblässen vergrössert sich die Kugel, sie schwillt an, und zwar gleichmässig nach allen Durchmessern (Fig. 33), soweit es die Elasticität der Membran gestattet, und diese Erscheinung kann man wahrnehmen in demselben Präparat, das nach Zusatz z. B. von Essigsäure die Vergrösserung mit Beibehalten der ellipsoiden Form hervorbrachte. Diese letztere Form findet sich dann an der unmittelbaren Berührungsstelle der beiden feindlichen Stoffe, die erstere in den tieferen Schichten des Blutes, dort wo die zerstörende Wirkung aus naheliegenden Gründen eine langsamere ist. In dem ersten Fall geschieht das Quellen des Stroma so lange es noch mit der Membran in Verbindung ist — im zweiten erst, nachdem es von der Membran durch Wasser gelöst wurde.

Ich habe diese merkwürdigen Erweiterungen auch nach Zusatz von Anilinblau, von 4% Borsäure und bei langsamer Erwärmung gesehen. Früher begegnete mir dieses Phänomen nur bei gleichzeitigem Verlust des Farbstoffs, aber neuerdings sah ich eine ruckweise Anschwellung, während der Blutfarbstoff noch am Platz blieb (Fig. 34 und 33).

Es ist gewiss sehr wahrscheinlich, dass das Loslösen der Membran vom Stroma unter den verschiedensten Abstufungen, bald schnell, bald langsam, bald vollständig, bald nur theilweise geschehen werde. In der That giebt es eine Menge Zeichen, welche eine solche Vermuthung als richtig erweisen. Nur durch eine rasche aber unvollständige Lösung dieser Verbindungen zwischen Kern und Membran und die darauf folgende heftige Verkürzung lässt es sich erklären, dass oft nach Wasserinwirkung der Kern im Innern des Körperchens, wie mit einem Ruck

verschoben wird, während das Körperchen selbst wie in Folge eines Rückstosses, in entgegengesetzter Richtung sich fortbewegt. Der Kern liegt dann excentrisch im Körperchen (Fig. 16). Solche Vorgänge treten nicht nur bei der Wasserwirkung ein, Säuren, Alkalien, Harnstoff, Wärme, Borsäure, Anilin wirken oft in derselben Weise.

Hierher gehören ferner die häufigen Angaben über Ortsveränderung des Kerns. So hat BRÜCKE (B. d. Blutk. p. 84) mitgetheilt, dass nach Anwendung der Borsäure die Achse des Kerns oft schief, ja in einzelnen Fällen sogar senkrecht gegen die lange Achse des Ellipsoids gestellt sei. Die Fig. 16 zeigt einen solchen Fall; an der einen Hälfte der Membran sind die Verbindungen gelöst, an der andern erhalten: der Kern muss der Ortsveränderung des Stroma folgen.

Ist ein solches Verhalten möglich ohne eine directe Verbindung des Stroma mit der Membran, lassen sich Bilder wie Fig. 16 erklären ohne einen solchen Zusammenhang?

Für einen directen Zusammenhang sprechen ferner die Beobachtungen von RINDLEISCH. Ich erinnere an jene umgestülpte Membran, an die zurückgeschlagene Hülle, die noch an dem Stroma der rothen Blutkörperchen festhing. Ferner darf man hier an die Bemerkungen BÖTTCHER's erinnern über den Character der Kernfortsätze am rothen Blutkörperchen nach Zusatz von Tannin (Fig. 9).

Die angeführten Fälle vom Einfluss der verschiedensten Agentien zeigen entweder Schrumpfung oder einen gewissen Grad eigenthümlicher Erweiterung, der die ganze Aufmerksamkeit verdient. Es sind immer niedere Concentrationsgrade und geringe Mengen jener feindlichen Substanzen. Geht man zu stärkeren Gemengen über, dann treten jene gewaltsamen Veränderungen auf, welche BRÜCKE in seiner Abhandlung über die Wirkung der Borsäure so vortrefflich beschrieben hat. Sie beruhen auf einer Quellung (Ausdehnung des Stroma). Man hat den Eindruck, »als ob sich das Stroma durch seine Contraction aus seiner Umhüllung herausarbeite und letztere sich gleichzeitig zurückziehe«. Das bald allmälige, bald gewaltsame Lösen der zahlreichen Verbindungsfäden zwischen Kern und Membran, das Aufquellen derselben kommt genau in der von BRÜCKE beschriebenen Weise zu Stande. Das aufquellende Stroma kann den Kern an eine Seite drängen, so dass seine Contour den der Membran überschreitet. Der Kern wird herausgedrückt, »an der betreffenden Stelle ist der Contour unterbrochen, indem er an der Abdachung des Kerns mit einem schmalen lippenartig aufgebohenen Rande aufhört«. »Aus der Oeffnung ragt eine Partie des Kerns hernienartig hervor. Und ist das Stroma herausgedrückt, sieht man die glatte glashelle Membran mit unwiderstehlicher Deutlichkeit vor sich liegen«.

Wenn ROLLET durch Entladungsschläge oder durch Druck auf das Deckglas den Kern aus der weichen Masse herauszutreiben vermochte, ohne dass diese letztere ihr rundliches glattes Aussehen einbüßte, (Stzgsbechte. 1862. p. 94), so ereignet sich offenbar dasselbe, was man bei Borsäure langsam verfolgen kann. Die Einwirkung auf das Stroma mag eine andere sein, der Vorgang selbst, die Art der Wirkung entzieht sich unserm Blick, wir sehen nur das Endresultat, und dies steht nicht im Widerspruch mit einem Bau des Blutkörperchens, wie ich ihn voraussetze, ebenso wenig, wie die Wirkungen der Borsäure oder anderer Stoffe.

Ich verzichte darauf, noch andere Erscheinungen, wie z. B. jene an den im Serum eingeschlossenen rothen Blutkörperchen zu erörtern, es wird sich dazu Gelegenheit bieten in einem weiteren Artikel über das Blut anderer Wirbelthiere. Nur soviel sei im Voraus bemerkt.

Die rothen Blutkörperchen der Säugethiere besitzen wie jene der niedern Wirbelthierklassen eine Membran.

Die Form ist abhängig von dem im Innern vorhandenen Stroma, das ähnliche Beschaffenheit besitzt wie das im rothen Körperchen des Frosches.

Was BÖTTCHER als Kern des rothen Blutkörperchens bei Mensch und Säugethier bezeichnet hat, ist bald das isolirte Stroma gewesen, bald die geschrumpfte Membran, eine Deutung, zu der auch NEUMANN auf Grund seiner Versuche mit Electricität a. a. O. p. 35 gekommen ist, ebenso SCHMIDT und SCHWEIGGER-SEIDEL (Bemerkungen p. 495).

Die Erhöhung im Centrum der Concavität, welche man an getrockneten menschlichen Blutkörperchen bemerkt (Fig. 4), rührt von dem im Blutkörperchen existirenden Stroma her.

Erklärung der Abbildungen Taf. XXVI.

Fig. 1. Blutkörperchen vom Menschen getrocknet, bei auffallendem Licht mit WALES'S Illuminator gesehen. *a* Inmitten der centralen Depression eine kleine Erhebung; *b* geschrumpftes Blutkörperchen, *c* ein rothes Blutkörperchen ohne diese Erhebung; *d* idealer Durchschnitt eines menschlichen rothen Blutkörperchens (nach FREER).

Fig. 2. Rothes Blutkörperchen vom Frosch bei auffallendem Licht; *a* um den Kern eine centrale Depression; *b* rothes Blutkörperchen mit centraler Depression aber ohne Kern; *c* ein geschrumpftes Blutkörperchen; *d* idealer Durchschnitt (nach FREER).

Fig. 3. Wirkung der 80/0 Harnstofflösung: Trennung in Farbstoff und Stroma, im Innern des Stroma der Kern.

- Fig. 4. Wirkung 2% Borsäure. Trennung des rothen Blutkörperchens in eine farblose und gefärbte Substanz, während die ovale Form noch besteht.
- Fig. 5. Wirkung des Harnstoffs. Der Vorgang durchaus ähnlich dem vorigen — nur ist in diesem Fall die farblose Substanz in Zusammenhang mit dem Kern.
- Fig. 6. Wirkung des Harnstoffs. Das rothe Blutkörperchen ist rund geworden.
- Fig. 7. Wirkung des Anilin nach RINDFLEISCH.
- Fig. 8. " " " nach FREY's Angabe hergestellt. Trennung der Membran vom Stroma, das den Kern enthält. In beiden Fällen färbte sich das Stroma hellblau, der Kern dunkel.
- Fig. 9. 10. Wirkungen des Tannin. Fig. 9 Fäden bis zur Hülle (BÖTTCHER). Fig. 10 Borsten der Membran, Austritt des Stroma sammt dem Kern, das Stroma wird körnig unter dem Einfluss des Tannin, die elastische Membran verkleinert sich, die Oeffnung in der Membran für die Entleerung des Inhaltes deutlich zu sehen.
- Fig. 11. Wirkung des Wassers, des Harnstoffs, der Borsäure, der Ueberosmiumsäure; Einfluss der Kohlensäure, des kohlen-sauren Ammoniaks, des Salmiaks, der Pyrogallussäure, verschiedener Salzlösungen, des Zuckerwassers etc.!! Der Inhalt ist durch Schrumpfung nach der Mitte des Körperchens gedrängt. Die »strahlenförmigen Hervorragungen« sind Falten.
- Fig. 12. Ein solches Körperchen von der Seite gesehen.
- Fig. 13. Wirkung der Borsäure. Trennung von Stroma und Farbstoff im Innern des noch ovalen rothen Blutkörperchens. Das Stroma, farblos, hat sich um den Kern zusammengezogen — der Farbstoff bildet eine Randzone.
- Fig. 14. Eine andere Wirkung desselben Reagens, vom Kerne gehen Fäden aus, ein Niederschlag füllt den Raum, der Farbstoff ist vernichtet.
- Fig. 15. Borsäure; Farbstoff vernichtet, Randzone hell, Stroma um den Kern geballt.
- Fig. 16. Borsäure: Stroma sammt dem Kern nach der einen Seite retrahirt, der Kern liegt quer.
- Fig. 17. Wirkungen derselben Säure, nur etwas stärkerer Concentrationsgrad
18. } (2%) Die Membran ist nur theilweise erhalten, das Stroma entweder
19. } sammt dem Kern herausgerissen wie bei 17, oder durch die Strömung
20. } ausgewaschen, wie bei 18, 19 und namentlich bei 20; durch Anilin gefärbt.
- Fig. 21. } Wirkungen derselben Borsäure. Die Membranen sind zerstört, die Form
22. } des Stroma theilweise erhalten sammt dem Kern 21 u. 22, oder durch die
23. } Strömung der Zusatzflüssigkeit verzogen 22; bei 23 einzelne vom Kern ausgehende Fäden dunkler tingirt.
- Fig. 24. Wirkung 2% Borsäure! Membran und Farbstoff zerstört. Kern und ein Theil des Stroma erhalten.
- Fig. 25. Wirkung einer Temperatur zwischen 50—54°C. Trennung des Farbstoffs vom Stroma innerhalb des Blutkörperchens.
- Fig. 26. Dieselbe Temperatur. Farbstoff und Membran zerstört, Stroma und Kern erhalten. Gleich der Borsäure-Wirkung Fig. 24.
- Fig. 27. } Wirkung 2% Borsäure; der Inhalt hat sich entleert, die Hüllen sind zu-
28. } rückgeblieben und lassen die grosse Oeffnung sehen, durch welche das
29. } Stroma passirte. Durch Anilin gefärbt.

- Fig. 30. Veränderungen durch Wasser, Wärme, Anilin, Ueberosmiumsäure, Borsäure. Das einzige Zeichen, dass in dem sonst noch gefärbten und ovalen Blutkörperchen sich der Einfluss des Reagens geltend macht, ist der dreieckige Kern.
- Fig. 31. Vergrößerung des Blutkörperchens unter dem Einfluss derselben Substanzen. Die Vergrößerung erstreckt sich auf alle Durchmesser, doch behält das Blutkörperchen dabei seine Farbe und seine ovale Form; kann langsam oder mit einem »Ruck« geschehen.
- Fig. 32. Rundwerden der rothen Blutkörperchen und Rundung des Kerns durch dieselben Mittel.
- Fig. 33. Die gelbe Kugel (Fig. 32) erweitert sich ebenfalls durch dieselben Zusätze wie bei 31 ohne den Farbstoff zu verlieren.
- Fig. 34—41. Verschiedene Schrumpfungsgrade unter der Wirkung des Wassers. Hierher gehört noch zur Vervollständigung der durch Wasser entstehenden Formen: Fig. 41 und 42. In Fig. 41 und 42 sind die centralen Partien gequollen, die Randzone geschrumpft, in 36 ist das gerade Gegentheil zu sehen; 37: Auf der einen Hälfte Quellung, auf der andern Schrumpfung. 38: Vacuole *i. e.* Schrumpfung an einer Stelle. 39, 40: Vacuolen kleinerer und kleinster Art; 41: vertiefte Felder, wie bei 39 und 40 durch partielle Coagulation des Stroma entstanden.
- Fig. 42. Helle glänzende Tropfen im Innern von rothen Blutkörperchen bei Winterfröhen, wohl zu unterscheiden von Vacuolen nach Zusatz von Essigsäure.
- Fig. 43. Pyrogallussäure, *a* von der Fläche, *b* von der Kante. Enorme Schwellung des Kerns. Im übrigen Theil partielle strahlenförmige Coagulation des Stroma.
- Fig. 44. Wirkungen der Ueberosmiumsäure und Borsäure. Schwellung des Kerns und Schwellung der Ränder. In dem Bereich der centralen Depression Schrumpfung.

München Februar 1873.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1873

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Kollmann Julius

Artikel/Article: [Bau der rothen Blutkörperchen 462-493](#)