

sichtigten Handlung erwägen können, ehe wir zu ihrer Vollziehung schreiten.

Durch das Wort und nur durch das Wort ist unser geistiges Ich mit dem eigenen Körper und mit der Aussenwelt verbunden; nur in Worten gelangt Alles, was ausser uns und in uns vorgeht, zum eigenen Selbstbewusstsein; nur durch Worte können wir die Bewegungen unserer Glieder beherrschen und unser geistiges Wollen verwirklichen. Aus diesem Verhältniss resultirt ferner der bei dem Menschen stattfindende Gegensatz eines innerlichen und äusserlichen Seelenlebens, so wie die Möglichkeit, uns gegen die Aussenwelt abzuschliessen und uns, unbekümmert um alle äusseren Dinge, ausschliesslich unseren eigenen Gedanken und Gefühlen hinzugeben. In dieser Hingebung werden wir, wie ich mit Aristoteles und Hegel glaube, des höchsten und reinsten Glückes theilhaftig, dessen der Mensch fähig ist. Nichts befreit den Menschen mehr von allen irdischen Sorgen und Kümmernissen, nichts erhebt ihn mehr über alle Kleinlichkeiten des täglichen Lebens, als wenn er sich ganz und gar der eigenen Geistesthätigkeit hingibt. Nicht mit Unrecht behauptet Aristoteles, der Mensch brauche nicht auf ein künftiges Leben zu warten, um zum Genuss der Seligkeit zu gelangen; er könne sie hier schon erreichen und zwar durch Denken, in welchem allein er vollkommene Befriedigung finden könne.

## V.

### Ueber die Molecularbewegung in thierischen Zellen nebst Bemerkungen über die feuchte Kammer.

Von Prof. Arthur Boettcher in Dorpat.

**D**ie Mittheilungen über Bewegungserscheinungen an thierischen Zellen sind zur Zeit recht zahlreich geworden. Es scheinen dieselben in der Voraussetzung gemacht worden zu sein, dass die Menge der Beobachtungen die Beweiskräftigkeit derselben steigere. Manche von ihnen bringt aber nur das nackte Factum, dass an dieser oder jener Zellenform eine selbständige Bewegung wahrge-

nommen wurde. Unter welchen Bedingungen diese sichtbar geworden, bleibt zum Theil unerörtert, ja hier und da wird nicht einmal angegeben, unter welchen äusseren Verhältnissen die Untersuchung vorgenommen wurde, und, wenn dieses geschieht, es als selbstverständlich betrachtet, dass die angewandte Untersuchungsmethode thierische Gewebe völlig intact lasse. Ich glaube, dass auf diesem Wege wenig erreicht werden kann, und dass die Aufgabe anders zu fassen ist. Nicht dass Formveränderungen und Ortsveränderungen von Zellen in mikroskopischen Präparaten sich beobachten lassen, soll bewiesen werden, sondern dass diese Bewegungen lebendige sind, an die lebende Substanz geknüpft erscheinen und nicht mechanisch erzeugt werden. Diesen Beweis müssen wir aber noch von der Zukunft erwarten und dürfen vorläufig die angeregten Fragen als offene betrachten.

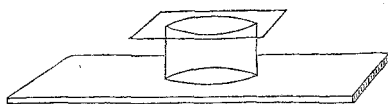
Es soll im Folgenden vorzugsweise von der Molecularbewegung die Rede sein, doch kann ich nicht vermeiden, auf die dieser verwandte „Contractilität“ des Protoplasma gelegentlich Rücksicht zu nehmen, will mich aber in Betreff dieser darauf beschränken, einige Thatsachen namhaft zu machen, welche an einer Bewegungsfähigkeit des Protoplasma in der Ausdehnung, wie vielfach angenommen wird, zweifeln lassen.

Da die Untersuchungen über die Bewegungserscheinungen der Zellen äusserst subtil sind, so hängt der Werth derselben hier besonders von dem der Untersuchungsmethode ab. Ich sehe mich daher genöthigt, gleich zu Anfang näher auf einen Apparat einzugehen, der in neuerer Zeit eine grosse Bedeutung gewonnen hat und mit der Contractilitätsfrage fast unzertrennlich verknüpft ist. Es ist dieses die von v. Recklinghausen zuerst angegebene feuchte Kammer. Mittelst derselben soll für mikroskopische Arbeiten ein doppelter Zweck erreicht werden, die Vermeidung jeden Druckes, wie ihn auch das dünnste Deckgläschen ausüben kann, und die Verhinderung der Verdunstung.

Was den ersten Punkt betrifft, so finde ich die Gefahren des Druckes bei Untersuchung mit einem Deckplättchen nicht so gross, dass die Anwendung der feuchten Kammer absolut nothwendig würde. Man kann es in jedem Falle leicht so einrichten, dass die kleineren und leicht zerstörbaren Gebilde des Präparats durch gröbere unter dem Deckgläschen befindliche Theile vor Druck geschützt und frei

beweglich erscheinen, ohne im Geringsten durch die aufliegende Glasplatte gehindert zu werden. Es ist aus diesem Grunde auch bereits M. Schultze \*) bei seinen Untersuchungen über die Blutkörperchen, die einmal eine zarte Behandlung erfordern, zu der ursprünglichen, alten Methode zurückgekehrt, ja er räth sogar, das auf den Blutropfen gelegte Deckglas mit der Nadel mässig fest anzudrücken, was sich aber wohl nicht unter allen Umständen empfehlen dürfte. So viel steht fest, dass weder die Erscheinungen der Molecularbewegung, noch auch die Form- und Ortsveränderungen der Zellen durch ein Deckglas gehindert zu werden brauchen. Wenn es sich also bloss um die Beseitigung des Drucks handelte, so wäre die feuchte Kammer bei histologischen Forschungen entbehrlich, allein es soll durch sie auch der Nachtheil, den die eintretende Verdunstung auf das Präparat ausübt, aufgehoben werden, und hängt hieran die Voraussetzung, dass leicht veränderliche thierische Gewebe bei Erfüllung dieser Bedingung völlig unalterirt der mikroskopischen Untersuchung unterworfen werden könnten. Wir haben uns nun darüber Rechenschaft zu geben, in wie weit die feuchte Kammer dieser Forderung genügen kann, und finden dazu um so mehr Veranlassung, als die Verdunstung, sofern diese in Betracht kommt, auch durch das Deckglas um ein Bedeutendes herabgesetzt wird. Wir könnten der feuchten Kammer vor letzterem also nur dann einen Vorzug einräumen, wenn bei völliger Behinderung der Verdunstung nicht andere störende Einwirkungen auf das zu untersuchende Object zur Geltung kämen.

Ich habe anfänglich die feuchte Kammer in der Form zur Anwendung gebracht, wie v. Recklinghausen \*\*) sie beschrieben;



später habe ich mir nach dem Vorgange von Kühne \*\*\*) eine andere construiert, wie sie in beistehender Figur abgebildet ist. Es befindet sich auf einem

Objectträger mit Asphaltlack angekittet ein 5—6 Mm. hoher dickwandiger Glasring von beliebigem Durchmesser (1—3 Ctm.), der durch ein Deckglas mit Hülfe von Fett luftdicht geschlossen wird. Das

\*) Arch. für mikr. Anatomie. Bd. I. S. 19.

\*\*) Virchow's Archiv Bd. XXVIII. S. 161.

\*\*\*) Virchow's Archiv Bd. XXX. S. 209.

Wasser liegt am Boden der Kammer, das Object an der unteren Fläche des Deckglases.

Dieser Apparat bietet folgende Vortheile:

1. Man kann sich leicht eine beliebige Menge solcher Kammer herstellen und gleichzeitig mit Verwendung nur eines Mikroskops benutzen, da in jedem Augenblicke der Apparat gewechselt werden kann, ohne dass das Präparat dabei leidet.

2. Man kann einmal eingeschlossene Präparate, so lange man will, einer stündlich und täglich erneuerten Untersuchung unterziehen.

3. Man ist im Stande, ungefähr die Wassermenge zu bestimmen, welche in der Kammer zur Verdunstung kommen soll.

4. Man vermeidet bei Benutzung von Immersionslinsen die Bewegungen, welche der von der Mikrometerschraube dirigitre Tubus unvermeidlich auf das Präparat überträgt, wenn dieses auf dem Objectglase liegt, ein Umstand, der für die Beurtheilung der Bewegungserscheinungen des Protoplasma von grosser Bedeutung ist.

Ich werde später Gelegenheit haben, auf diese Verhältnisse näher einzugehen und durch einzelne Beobachtungen die Vorzüge zu erläutern, die mir die in Rede stehende Form der feuchten Kammer geboten hat. Hier können wir vorläufig von der Form absehen, um den Werth einer feuchten Kammer überhaupt in's Auge zu fassen. Man ist bei Construction dieser Vorrichtung von der Annahme ausgegangen, dass die zu untersuchenden Gewebe mit Wasser gesättigt seien, und dass es, damit dieselben unverändert erhalten würden, nur darauf ankäme, die Verdunstung der ihnen eigenthümlichen Wassermenge zu hindern. Man muss sich aber auch die Frage vorlegen, ob nicht thierische Gewebe beim Verweilen in einem mit Wasserdampf erfüllten Raume Wasser absorbiren und hierdurch verändert werden, ob also nicht die Erscheinungen, die an ihnen zu Tage treten, ganz oder zum Theil auf Rechnung der Wasseraufnahme zu setzen sind. Ich habe die Erfahrung gemacht, dass das Protoplasma in hohem Grade Wasser anzieht, und dass für die mikroskopische Untersuchung desselben in der feuchten Kammer eine grössere Gefahr liegt, als die ist, welche man durch sie vermeiden wollte.

Es kommt jedoch dabei noch ein anderer Umstand in Betracht. Wir haben in der feuchten Kammer nicht bloss einen mit Wasserdampf gesättigten, sondern meist einen übersättigten Raum. Von den bisher empfohlenen Apparaten ist wenigstens kein einziger dar-

nach angethan, die Uebersättigung zu verhüten, und wird auch in Uebereinstimmung hiermit öfter erwähnt, dass während der Beobachtung an der Glaswand der Kammer ein Beschlag in Form kleiner Tröpfchen sich bemerklich mache. Dieser Niederschlag bringt aber den grossen Uebelstand mit sich, dass er das in Untersuchung befindliche Object, welches frei, ohne Deckglas, in der feuchten Kammer ausgebreitet ist, einer allmäligen Maceration unterwirft, weil er sich nicht nur an der Glaswand des Apparats, sondern ebenso gut auch auf diesem bildet. Die anfänglich sehr kleinen Wassertröpfchen fliessen, wie man sich leicht überzeugen kann, zu immer grösseren Tropfen zusammen, so dass das Object mit dem Beginn der Verdichtung der Einwirkung destillirten Wassers ausgesetzt ist.

Wenn nun *ceteris paribus* Wasser auf thierischen Geweben in gleicher Menge sich condensirte wie auf Glas, so könnte der Niederschlag in etwas dadurch controlirt werden, dass man denselben an der Glaswand des Apparats überwachte und, sobald er hier eintritt, der ferneren Uebersättigung der Kammer Schranken setzte. Aber auch damit würde man nicht viel gewinnen. Es wird nämlich, wie ich gefunden habe, der Wasserdampf in der feuchten Kammer immer vorzugsweise auf dem Präparate und in dessen nächster Umgebung niedergeschlagen, so dass dasselbe nach einiger Zeit sich in einem verhältnissmässig grossen Wassertropfen befindet, während an der Glaswand entweder weniger, oder unter Umständen auch gar kein Wasser verdichtet worden ist.

Die Versuche, welche dieses erweisen, sind von mir mit der oben beschriebenen feuchten Kammer angestellt worden. Ich brachte zuerst das Object an die untere Fläche des Deckglases und fand hierbei constant, dass dasselbe sehr bald von einem mehr oder weniger grossen Wassertropfen umschlossen wird. Der Niederschlag an der oberen Glastafel ist aber auch ohne dass derselben ein Präparat anliegt, immer besonders stark und vielleicht auf eine bedeutendere Abkühlung dieses Theils des Apparats zu beziehen. Es war daher nicht leicht zu entscheiden, in wie weit eine Anziehung des Wassers durch das thierische Gewebe bei der Verdichtung desselben in Betracht kam. Um nun diese Fehlerquelle auszuschliessen, brachte ich auf den Rath meines Collegen Buchheim das Object mitten in die feuchte Kammer, indem ich auf dem Boden derselben

durch ein paar Holzstückchen ein Gerüst herstellte, und auf dieses eine kleine Glasplatte legte, welche zum Träger des Objects bestimmt wurde. Im Uebrigen wurde nichts verändert. Sobald nun die Kammer durch Verdunstung des am Boden befindlichen Wassers übersättigt war, zeigte sich wie immer an der unteren Fläche des Deckglases ein Niederschlag, die in der Mitte der Kammer angebrachte Glastafel aber blieb trocken; nichtsdestoweniger erfolgte an dem ihr aufliegenden Object eine Verdichtung, so dass dasselbe nach 24 Stunden von einem ziemlich umfangreichen Wassertropfen umgeben war. Daraus lässt sich nun wohl folgern, dass zwischen Wasser und thierischen Geweben eine stärkere Anziehung stattfindet, als zwischen Wasser und Glas, und wenn dieses der Fall ist, so ist damit eine Thatsache gefunden, welche den Werth der feuchten Kammer für mikroskopische Forschungen bedeutend herabsetzt. Namentlich kommt sie bei den Untersuchungen über das Protoplasma in Betracht, denn es zeigt sich, dass zellige Gewebe in höherem Grade Wasser absorbiren, als fasrige. Ich hatte auf die Glastafel in der Mitte der Kammer gleichzeitig ein Stückchen eines zelligen Sarcoms und ein Stückchen der weichen Hirnhaut gelegt. Um das erstere fand ich am folgenden Tage eine reichliche Menge von Wasser angesammelt, um das letztere nur einen feuchten Rand, während das Glas gar keinen Niederschlag zeigte.

Unterwirft man die Gewebe, welche einige Zeit in der feuchten Kammer gelegen haben, der mikroskopischen Untersuchung, so findet man an ihnen alle die Veränderungen wieder, welche durch directe Behandlung derselben mit Wasser hervortreten. Nicht in allen Fällen sind sie gleich auffällig. Die Intensität der Wasserwirkung ist abhängig einerseits von dem Rauminhalt der Kammer und der Quantität des in sie eingeschlossenen Wassers, so wie andererseits von der Temperatur des umgebenden Mediums. Die Veränderungen der Gewebe erfolgen um so schneller, eine je grössere Wassermenge in eine relativ kleine Kammer gebracht wird und je mehr eine erhöhte Temperatur die Verdunstung fördert. Die grösste erreichbare Vollkommenheit besässe eine feuchte Kammer, in der es niemals zur Bildung eines Niederschlags käme, wenn auch selbst dann die Wasserabsorption von Seiten des Gewebes nicht ganz ausgeschlossen wäre. Dieser Anforderung entsprechen aber die gegenwärtig in Gebrauch befindlichen Apparate keineswegs.

Man könnte einwenden, dass die von v. Recklinghausen construirte Vorrichtung nicht in dem Grade dem gerügten Uebelstande unterworfen sei, wie die von mir benutzte, welche luftdicht geschlossen ist. Der Unterschied kommt jedoch kaum in Betracht. Nach v. Recklinghausen's Angabe muss der Glaszylinder, welcher über den unteren Theil des Tubus oder des Tubushalters geschoben wird, fast vollständig schliessen, ja er empfiehlt, um den Verschluss herzustellen, das Anlegen eines Kautschukrohrs. Ein solches benutzt auch Kühne \*), welcher ausdrücklich hervorhebt, dass der feuchte Raum oben und unten luftdicht abgeschlossen sei und endlich Max Schultze \*\*) bildet eine feuchte Kammer ab, die der v. Recklinghausen'schen völlig entspricht. Ausserdem aber lässt sich gegen die von den genannten Beobachtern empfohlenen Vorrichtungen der Einwand erheben, dass die in einem Stück Fliesspapier zur Verdampfung gebrachte Wassermenge nicht im mindesten bemessen werden kann, wenn man sie nicht vorher wenigstens ungefähr für den Umfang der Kammer berechnet.

Nach diesen Erläuterungen mögen hier einige Beobachtungen Platz finden, welche im einzelnen die Veränderungen enthalten, welche verschiedene Gewebe in der feuchten Kammer erleiden. Meine ersten Versuche wurden mit Blutkörperchen gemacht und zwar habe ich zu denselben Menschen-, Hunde-, Pferde-, Frosch- und Salamander-Blutkörperchen verwandt. Es können dieselben in der feuchten Kammer in 24—48 Stunden völlig zerstört werden, doch lässt sich für jeden Fall nicht genau der Zeitpunkt angeben, bis zu welchem sie sich erhalten. Die Auflösung der Blutkörperchen geschieht bisweilen sehr rasch, ein andermal viel langsamer, immer aber gehen sie früher zu Grunde, als wenn sie bei gleicher Temperatur im Serum aufbewahrt werden, und da die hierbei vorkommenden Zeitdifferenzen durchaus nicht unbedeutend sind, so geht daraus entschieden hervor, dass die feuchte Kammer sehr verändernd auf Blutkörperchen einwirkt. Es ist dabei für die uns interessirende Frage gleichgültig, ob die Zerstörung derselben mehr auf Rechnung des Wasserdampfs oder des atmosphärischen Sauerstoffs zu setzen ist, welcher letztere nach den Versuchen von Alex.

\*) Untersuchungen über das Protoplasma. Leipzig, 1864. S. 124.

\*\*) Archiv für mikrosk. Anatomie Taf. I.

Schmidt \*) ebenfalls zu berücksichtigen wäre. Uns kommt es hier nur darauf an, den Werth der feuchten Kammer für mikroskopische Forschungen festzustellen. Man könnte indess meinen, dass der von mir ungefähr angegebene Zeitraum, in welchem die Zerstörung der Blutkörperchen zu Stande kommt, ein sehr langer und darum noch nicht erwiesen sei, ob während der verhältnissmässig kurze Zeit in Anspruch nehmenden mikroskopischen Untersuchungen die feuchte Kammer ebenfalls einen nachtheiligen Einfluss auf dieselben habe. Es ist jedoch nicht nur von Hause aus plausibel, dass von dem Augenblicke an, in welchem Bestandtheile thierischer Gewebe in dieselbe eingeschlossen werden, auch die Veränderungen an diesen beginnen, wenn überhaupt welche hervorgerufen werden, sondern es lassen sich auch sowohl an den Blutkörperchen, als an anderen Zellen gleich zu Anfang in der feuchten Kammer Umwandlungen erkennen, welche ihr Schuld gegeben werden müssen.

Um ganz frisches Blut verwenden zu können, entnahm ich dasselbe einer Schnittwunde am Finger, strich es dann in sehr dünner Schicht auf das Deckglas und schloss die feuchte Kammer möglichst rasch. Obgleich diese Vorbereitungen nur wenige Augenblicke in Anspruch nahmen, so findet man doch an den Blutkörperchen die Erscheinungen der Schrumpfung, wenn nicht eine grössere Menge Blut auf das Glas getragen worden war. Sie sind verzerrt und bieten mehr oder weniger unregelmässige Formen dar. Sobald nun aber die feuchte Kammer mit Wasserdampf sich sättigt, werden sie scheibenförmig und legen sich meist in Geldrollenform an einander. Etwas später nehmen sie immer mehr die Kugelgestalt an, trennen sich von einander und gehen ihren Farbstoff ab. Die Intercellularflüssigkeit wird roth, das Phänomen der Geldrollenbildung ist verschwunden, während alle Blutzellen das bekannte Aussehen der mit Wasser behandelten besitzen. Diese in kurzer Zeit auftretenden Erscheinungen zeigen sich nicht in gleicher Weise, wenn man in dünner Schicht ausgebreitetes frisches Blut, dessen Körperchen durch Verdunstung gelitten hatten, mit einem Deckgläschen bedeckt. In diesem Falle werden dieselben weder scheibenförmig, noch später kuglig, sondern behalten lange Zeit unverändert ihre Gestalt. — Lässt man nun fernerhin die feuchte Kammer ge-

\*) Virchow's Archiv Bd. XXIX. S. 14 ff.

schlossen, so erblassen die Blutkörperchen immer mehr, während das Serum sich intensiver roth färbt. Nach 24 — 48 Stunden durchschnittlich sieht man nur noch eine feinkörnige Masse in einem rothen Tropfen; es ist kein einziges Blutkörperchen erhalten, dagegen vermag man mit färbenden Substanzen, z. B. Jodlösung die kleinen blassen scharf contourirten Ringe sichtbar zu machen, welche so häufig als collabirte Blutkörperchenmembranen beschrieben worden sind.

Nicht weniger verändernd wirkt die feuchte Kammer auf die elliptischen Blutkörperchen der Amphibien. Bekanntlich gilt als allgemein angenommen, dass in den circulirenden Froschblutkörperchen ein Kern nicht sichtbar sei, wesshalb Manche ihn für ein Artefact erklären wollen. Ich meinerseits finde, dass er nur mit unvollkommenen Instrumenten im circulirenden Blute nicht wahrgenommen wird. Da ich indess auf diesen Punkt später zurückkommen muss, will ich hier nur hervorheben, dass wenn man auch noch so rasch Froschblut in die feuchte Kammer einschliesst, der Kern selbst mit mässigen Vergrößerungen immer sehr deutlich zu sehen ist. Er kann aber für diese wieder unsichtbar werden. Sobald nämlich die feuchte Kammer einige Zeit auf die Blutkörperchen eingewirkt hat, wird der Kern immer undeutlicher und ist endlich mit derselben Vergrößerung, bei welcher er zuvor scharf contourirt erschien, durchaus nicht mehr wahrnehmbar. Das Blutkörperchen erscheint dann vollkommen homogen und ist dicker geworden, als es unmittelbar nach dem Einschluss in die feuchte Kammer war. Es hat jetzt ganz das Aussehen und die elastisch dehnbare Beschaffenheit wie in den Capillaren. Dieses ist die erste Veränderung, welche an Froschblutkörperchen in der feuchten Kammer beobachtet werden kann. Bleiben sie aber längere Zeit dieser ausgesetzt, so beginnt allmählig eine Zerstörung derselben, während welcher man den Kern oft zum Theil oder ganz aus der Substanz der Blutkörperchen hervorragen sieht, dann erblassen sie und zerfallen, so dass an ihrer Stelle endlich nur noch eine moleculäre bräunliche Masse sich vorfindet. Diese Veränderungen treten, wie ich nochmals hervorheben will, früher ein, als der Zerfall der Blutkörperchen im Serum, und entsprechen ganz denen, die man durch ein vorsichtiges Behandeln von Froschblut mit Wasser hervorbringen kann, sobald man nur sich davor hütet, dass nicht durch einen

Ueberschuss eine zu rapide Zerstörung der Blutkörperchen erfolge, in welchem Fall die Erscheinungen andere sind.

Als ein passendes Object, um die Einwirkung der feuchten Kammer zu prüfen, erschienen mir ferner frisch bereitete Blutkrystalle. Bekanntlich lösen sich diese in derselben Menge Serum, in welcher sie entstanden, nicht wieder auf, wenn ihre Bildung unter genügendem Luftzutritt stattgefunden hat \*). In der feuchten Kammer jedoch unterliegen sie einer Lösung, die rascher oder langsamer eintritt, je nachdem die oben angegebenen Bedingungen zur Geltung kommen. Man sieht, dass sobald Wasser in ihrer Umgebung verdichtet worden ist, sie ein zernagtes Aussehen erhalten und allmählig zerfliessen. Noch besser lässt sich der Versuch mit trockenem Krystallpulver anstellen. Hierbei erfolgt zunächst sehr rasch eine Quellung der eingetrockneten Blutkrystalle und dann beginnt, wie bereits angeführt, die Lösung derselben, doch darf man nicht solche Blutkrystalle verwenden, die mit Alkohol gefällt wurden, weil dann, wie sich erwarten lässt, die Lösung ausbleibt.

Ich könnte die Zahl der Beispiele, welche darthun, dass die Wirkung der feuchten Kammer der des tropfbar flüssigen Wassers gleichkommt, leicht durch eine grosse Reihe vervollständigen, doch will ich mich auf die Anführung noch einiger Versuche beschränken, da solche Beobachtungen ohne Schwierigkeit wiederholt werden können. Es interessirte mich zu wissen, wie lange die Flimmerbewegung sich in der feuchten Kammer erhalte und welche Veränderungen die Epithelien in derselben erleiden. Zu dem Zweck wählte ich die Papillen der Froschzunge, welche ich an der unteren Fläche des Deckglases so ausbreitete, dass die Zellen und die sich bewegenden Cilien nach Verschluss der Kammer deutlich übersehen werden konnten. Hier zeigte sich nun namentlich auffallend ein Unterschied, je nachdem die Kammer viel oder wenig Wasser enthielt. Im Allgemeinen gilt, dass die Epithelien der Froschzunge durch Wasseraufnahme anschwellen, Vacuolen bekommen und endlich zerfallen, so wie dass das Aufhören der Flimmerbewegung mit diesen Veränderungen gleichen Schritt hält, allein der Zeitraum, in welchem letztere sich entwickeln, ist sehr verschieden. Ich habe, wenn in die Kammer nur so viel Flüssigkeit gebracht war, dass

\*) Vgl. Virchow's Archiv Bd. XXXII. S. 377.

das Präparat eben feucht erhalten wurde, die Bewegung der Cilien 14 Tage lang andauern gesehen, während sie bei Uebersättigung derselben schon in 24—48 Stunden erloschen war. Ich muss jedoch hinzufügen, dass ich dabei den Einfluss der Temperatur nicht genügend berücksichtigt habe, obgleich ich wohl angeben kann, dass die Beobachtung der 14 Tage lang andauernden Cilienbewegung im Frühjahr bei warmer Witterung geschah. Eine so vorzügliche Erhaltung der Flimmerbewegung wie in diesem Fall könnte nun gerade zu Gunsten der feuchten Kammer verwerthet werden, da nach Valentin \*) bei Fröschen unter günstigen Verhältnissen das Schwingen der Wimpern nur 4—5 Tage nach der Enthirnung im Sommer sichtbar bleibt, allein es ergibt sich, dass die feuchte Kammer ebenso gut auch ein viel früheres Aufhören dieser Bewegung herbeiführen kann. Dieser Umstand allein ist maassgebend, da für die bisher in Gebrauch gezogenen Kammern keine Möglichkeit vorliegt über die Intensität der Wasserwirkung eine Controle auszuüben.

Die erwähnte Vacuolenbildung kann wohl nicht auf etwas anderes, als auf ein directes Eindringen und eine Anhäufung von Wasser in mehr oder weniger grossen Tropfen innerhalb der Epithelialzellen bezogen werden. Es entstehen inmitten des körnigen Protoplasma ein oder mehrere kreisförmig begrenzte helle Flecke, die immer mehr anwachsen und sich zu mächtigen Hohlräumen entwickeln, während ersteres am Rande als periphere Schicht zusammengedrängt wird, so dass es im Verhältniss zur Grösse der Vacuolen nur eine schmale Zone einnimmt. In wasserreichen pathologischen Geweben z. B. in schleimig erweichten Enchondromen findet man häufig Vacuolen ganz in derselben Weise ausgebildet, wie ich sie in Epithelialzellen der Froschzunge durch die feuchte Kammer schon nach 24 Stunden, wenn auch nicht in allen Fällen eintreten sah. Es ist diese Umwandlung der Elementartheile des Gewebes, durch welche sie an Umfang gewinnen und ihre Gestalt einbüssen, von Wichtigkeit, wo es sich um die Beurtheilung der in der feuchten Kammer an ihnen sichtbar werdenden Formveränderungen handelt. Wenn im Verlauf eines Tages innerhalb dieses Apparates sich Erscheinungen ausbilden können, wie die oben an-

\*) R. Wagner's Handwörterbuch der Physiol. Bd. I. S. 510.

gegebenen, so darf die Einwirkung desselben für die ersten Paar Stunden nicht gleich Null gesetzt werden. Ich finde es aber in den neueren Arbeiten über die Bewegungserscheinungen thierischer Zellen wiederholt ausgesprochen, dass die Beobachtungen stundenlang fortgesetzt wurden und glaube, dass sich schon aus diesem Grunde gegen die bisherige Beweisführung für die an jenen wahrzunehmenden vitalen Erscheinungen viel Einwendungen erheben lassen. Aber auch andere Erfahrungen fordern zur Vorsicht auf. Ich habe wenigstens hinsichtlich der Molecularbewegung Beobachtungen gemacht, welche es nicht zulassen sie als ein Lebensphänomen der Zelle anzusehen. Bevor ich diese anführe, dürfte aber eine Verständigung über einige allgemeinere Fragen erforderlich sein.

Wir haben von Hause aus keinen Grund die Körnchenbewegung im Innern der Zellen von einer besonderen Organisation dieser uns abhängig zu denken, so lange die Beziehung einer solchen zur Bewegung nicht direct nachgewiesen ist. Es wäre aber allerdings möglich, dass wir zu einer derartigen Annahme hingedrängt würden, wenn sich herausstellte, dass die im Innern von Zellen sich bewegendenden Körnchen Erscheinungen darbieten, welche wir an in freier Flüssigkeit tanzenden Partikelchen nicht wahrnehmen. Würde sich ermitteln lassen, dass die Molecularbewegung in Zellen nur so lange andauert, als wir aus anderen Erscheinungen veranlasst werden sie als lebend anzusehen, so wie dass die Bewegung der Körnchen durch Gefährdung der Integrität der Zelle sistirt wird, ohne dass das Aufhören derselben physikalisch erklärt werden könnte, so wären wir berechtigt den Grund der Bewegung entweder in der lebenden Zellensubstanz oder in den Körnchen selbst als lebenden Theilchen zu suchen. Es hängt daher Alles davon ab, ob irgend welche Unterschiede in dem Verhalten der im Innern von Zellen und der in freier Flüssigkeit sich bewegendenden Körnchen nachweisbar sind, oder ob sich Thatsachen finden, aus welchen sich entnehmen lässt, dass jene von denselben Kräften in Bewegung gesetzt werden, welche in Flüssigkeit suspendirte Carmin - Pigmentkörnchen, Schwefeltheilchen u. s. w. zu einer solchen antreiben.

Wenn wir uns nach der Veranlassung umsehen, welche in neuerer Zeit zu der Annahme geneigt gemacht hat, dass die Molecularbewegung in organischen Zellen eine vitale Erscheinung sei,

so lässt sich diese auf die wohlbegründete Reform der Zellenlehre zurückführen. Es hat sich herausgestellt, dass die Zelle nicht ein mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen sei. Diese Voraussetzung lag aber der Auffassung der Molecularbewegung als einer physikalischen Erscheinung zu Grunde. Man war also vollkommen berechtigt gegen die Richtigkeit dieser Annahme Zweifel zu hegen. Allein es fragt sich, ob die physikalische Erklärung der Molecularbewegung mit der genaueren Erkenntniss des Baues der Zelle nicht vollkommen gut vereinbar ist. Ich will hier nur von denjenigen Zellen reden, die mich ihrer Molecularbewegung wegen beschäftigt haben und muss mich in Bezug auf diese dem anschliessen, was M. Schultze ausführlich begründet hat. An den Blutzellen der Froschembryonen, den farblosen Blutzellen ausgebildeter Wirbelthiere, den Speicheldrüsenkörperchen und Eiterkörperchen habe ich, wie bereits Andere vor mir, weder eine Membran im früheren Sinne, noch auch einen von dieser umschlossenen mit Flüssigkeit gefüllten Raum nachweisen können. Dagegen habe ich mich vielfach überzeugt, dass das Protoplasma nicht eine durchweg gleichmässig zähflüssige mit Körnchen erfüllte Masse ist, sondern der Forschung noch ein grosses Feld offen lässt. Für die Speicheldrüsenkörperchen hat schon Brücke \*) dargethan, dass dieselben nach der Behandlung mit Kochsalz vom Kern radiale Fortsätze zur Peripherie senden, so wie dass dieselben durch Harnstoff in Formen übergehen, welche zeigen, „dass die Hülle mit festen Theilen im Innern des Körperchens in unmittelbarer Verbindung steht, oder, was im Grunde auf dasselbe hinausläuft, sich in relativ feste Gebilde fortsetzt, die tief in das Innere hineinragen.“ Ich bin zu ganz gleichen Resultaten auch an den rothen Blutkörperchen der Amphibien gelangt, wie an einem anderen Orte mitgetheilt werden soll, da ich mich hier auf die Zellen mit Molecularbewegung beschränken will. Wenn nun aus solchen Beobachtungen hervorgeht, dass das Protoplasma einen sehr zusammengesetzten Bau besitzt, so bleibt die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass zwischen den relativ festen Theilen sich mit Flüssigkeit gefüllte Räume befinden, die nach aussen, wenn auch nicht durch eine chemisch und physikalisch vom „Inhalt“ differente Membran, so doch überhaupt durch eine Schicht Proto-

\*) Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre. IX. Bd. S. 12 u. 15.

plasma nach aussen abgeschlossen sind. Das ist aber Alles, was erforderlich ist, um eine Diffusion zuzulassen und die Bewegung der Körnchen im Innern der Zelle von dieser abhängig zu machen. Auf der anderen Seite können die Ortsbewegungen, welche die Molecüle wahrnehmen lassen, als eine Thatsache verwerthet werden, welche es in hohem Grade wahrscheinlich macht, dass begrenzte mit Flüssigkeit gefüllte Räume innerhalb des Protoplasma sich vorfinden, ja es wird diese Wahrscheinlichkeit bedeutend dadurch erhöht, dass man die Excursionen der Körnchen grösser und die Bewegung lebhafter werden sieht, sobald Zellen, die Molecularbewegung zeigen, mit Wasser behandelt werden, eine Erscheinung, auf die ich grosses Gewicht legen muss und auf die ich weiter unten zurückkomme.

Für das Studium der Molecularbewegung bietet sich ein ausgezeichnetes Object, welches alle übrigen mir bekannten an Vorzüglichkeit übertrifft, in den Blutkörperchen von Froschembryonen (*Rana temporaria*). Es gilt dieses von den Blutkörperchen solcher Froschlarven, die noch mit Kiemen versehen sind, namentlich von denen der jüngeren. Vergleichen wir sie mit Speicheldrüsenkörperchen, an denen man bisher vorzugsweise die Körnchenbewegung verfolgt hat, so gewähren sie vor diesen mannigfache Vortheile. Sie sind beträchtlich grösser als Speicheldrüsenkörperchen. Auch die in ihnen enthaltenen Molecüle erscheinen umfangreicher, viel resistenter, stärker lichtbrechend als die der letzteren und sind in den bereits farbig schimmernden Blutkörperchen röthlich gefärbt. Endlich machen die Körnchen der Froschblutkörperchen viel grössere Excursionen als die der Speicheldrüsenkörperchen. Man kann daher die Molecularbewegung in jenen schon mit Vergrösserungen deutlich beobachten, welche in diesen kaum eine körnige Beschaffenheit erkennen lassen. Dieser Umstand, welcher zufällig mir zu gut kommt, mag es entschuldigen, wenn ich einer Auffassung der Molecularbewegung in Zellen entgegenzutreten wage, welche nicht nur durch einen anerkannten Physiologen gestützt wird, sondern bereits auch von Andern mit Zustimmung aufgenommen worden ist.

Schneidet man einer Froschlarve auf dem Objectträger die Kiemen ab und bringt diese mit den austretenden Blutkörperchen möglichst rasch in den Focus des Mikroskops, so findet man in allen Blutkörperchen eine äusserst lebhafte Molecularbewegung; es

sind nicht solche vorhanden, denen sie mangelte und die als abgestorben bezeichnet werden könnten. In der Bewegung der Körnchen erkennt man keine Gesetzmässigkeit, wenn sie sich auch in einem begrenzten Raum der Zelle um einander hin und her bewegen. Behandelt man dann das Präparat vorsichtig mit Wasser, so wird die Bewegung derselben nicht nur nicht gehemmt, sondern im Gegentheil immer lebhafter. Das einzelne Blutkörperchen nimmt an Umfang zu und in gleichem Verhältniss wächst der Raum, in welchem eine Gruppe von Körnchen ihren wirbelnden Tanz auführt, was sich daraus entnehmen lässt, dass die vorkommenden Ortsveränderungen der einzelnen Molekel, die mit Leichtigkeit in's Auge gefasst werden können, allmählig an Ausdehnung gewinnen. Dabei geben die Blutkörperchen, welche schon eine Färbung erkennen lassen, ihren Farbstoff ab und werden ganz hell und durchsichtig; endlich erfolgt dann, wenn man mit dem Wasserzusatz fortfährt, ein Bersten, indem plötzlich an einer Stelle der Oberfläche die Körnchen hervorschiessen. Soweit stimmt die Beobachtung völlig mit der der Speichkörperchen, über die wir Brücke genaue Angaben verdanken. Das Verhalten der herausgestossenen Körner habe ich aber ganz anders gefunden. Ich führe zunächst an, was Brücke \*) über dieselben mittheilt: „die herausgestossenen Körner, sagt er, tummelten sich anfangs munter umher, aber nicht sämmtlich getrennt von einander, sondern theilweise zu kleinen Gruppen vereinigt. Manchmal näherten sich auch Körner wieder, die sich zuerst von einander entfernt hatten und nach einiger Zeit trat Ruhe ein, in der man den grössten Theil der Körnchen in zusammenhängenden Gruppen gelagert fand.“ Diese Thatsache, die ich für die Speichkörperchen vollkommen bestätigen kann, lässt sich zu Gunsten der Annahme ausbeuten, dass die Bewegung der Körnchen in diesen von besonderen Impulsen abhängig sei, welche in Zusammenhang mit den Lebenserscheinungen des kleinen Organismus stehen und mit dessen Zerplatzen aufhören wirksam zu sein. Wäre die Molecularbewegung der Zellen eine rein physikalische Erscheinung gleich der Bewegung kleiner Partikel in freier Flüssigkeit, könnte man sagen, so müssten die ausgetretenen Körnchen in gleicher Weise ausserhalb fortfahren sich zu bewegen, wie innerhalb

\*) a. a. O. S. 10.

der Speichelkörperchen. Weil dieses aber nicht der Fall ist, so müssten sie von einer vitalen Kraft in Bewegung gesetzt werden, die allmählig erlösche. Hiermit lässt sich nun aber das Verhalten der aus einem platzenden Froschblutkörperchen austretenden Körnchen nicht in Einklang bringen. Diese kommen nach ihrer Ausstossung nicht zur Ruhe, sondern setzen ihre tanzende Bewegung ununterbrochen fort. Sie treten ebenso wenig zu Gruppen zusammen, sondern bewegen sich einzeln um einander gerade so wie die Farbstoffkörnchen, Schwefeltheilchen u. s. w. in freier Flüssigkeit es thun, und zwar geschieht dieses nicht etwa bloss unmittelbar nach ihrem Austreten aus den Blutkörperchen, sondern lässt sich an ihnen mit Hülfe der feuchten Kammer beliebig lange verfolgen.

Es konnte nicht fehlen, dass diese Beobachtung mein Interesse in hohem Grade rege machte. Ich suchte daher, da ich für Speichelkörperchen und Blutkörperchen den gleichen Grund der Bewegung voraussetzen musste, eine Erklärung für das Auffallende derselben zu gewinnen und brachte Froschblutkörperchen in Speichel, um ihr Verhalten in diesem mit dem in Wasser zu vergleichen. Hierbei stellt sich besonders scharf der Vortheil heraus, den die grossen grobkörnigen Blutzellen gegenüber den blassen fein granulirten Speichelkörperchen für die Untersuchung der Bewegungserscheinungen darbieten. Man sieht nun zunächst die Blutzellen in derselben Weise sich verändern, als wären sie mit Wasser behandelt worden. Sie schwellen an und werden kuglig, wenn sie es wie bei jüngeren Embryonen nicht schon waren. Die Bewegung der Körnchen wird lebhafter. Dann tritt auch hier ein Bersten ein, wobei nicht selten der Kern zur Hälfte oder ganz aus der Masse des Blutkörperchens hervorschiesset. Die frei gewordenen Molekel schwirren anfangs noch mit Lebhaftigkeit umher, dann ballen sie sich zu immer grösseren Gruppen zusammen und kommen endlich zur Ruhe. Im Wasser findet also die Bewegung der Körnchen, wenn sie aus den Blutkörperchen der Froschembryonen ausgetreten sind, ungestört ihren Fortgang, im Speichel dagegen werden sie bald zum Stillstand gebracht. Soll man nun daraus schliessen, dass eine bewegende Kraft, welche von den Lebenserscheinungen der Zelle abhängig ist, vom Speichel vernichtet oder überwunden werde, während sie in Wasser nicht erlischt, oder

soll man daraus folgern, dass im Speichel die Bedingungen einer physikalischen Molecularbewegung nicht gegeben sind. Ich glaube, dass die letztere Erklärung die weniger gesuchte ist und kann zur Stütze derselben eine Reihe von Versuchen anführen, welche mit andern Molecularbewegung zeigenden Substanzen angestellt wurden. Das Verhalten der Carminkörnchen zeigt, je nachdem sie in Wasser oder in Speichel suspendirt sind, ganz denselben Unterschied; in ersterem geht die zitternde Bewegung unausgesetzt in gleicher Weise fort, in letzterem dagegen kommen die Farbstoffpartikelchen bald zur Ruhe. Wir sehen zwei tanzende Körnchen sich aufeinander zu bewegen, sich berühren und nicht wieder trennen. Sie können dann beide zusammen noch einen geringen Grad von Beweglichkeit zeigen, treffen sie aber mit einem dritten und vierten Körnchen zusammen, so schwindet diese und der geballte Haufen liegt vollkommen bewegungslos da. Auf diese Weise vereinigen sich endlich alle Carminkörnchen zu grösseren und kleineren Gruppen und nun findet man im Präparate gar keine Bewegung mehr.

Dieselben Erfahrungen wie mit Carminkörnchen habe ich mit Pigmentkörnchen aus der Chorioidea des Frosches und mit Zinnoberteilchen gemacht. Bisweilen jedoch, wenn der angewandte Speichel von sehr dünnflüssiger Beschaffenheit ist, dauert die Bewegung länger und ist der Unterschied bei Vergleichung mit den in Wasser schwirrenden Körnchen weniger auffallend, aber doch immerhin wahrnehmbar. Ich kann daher nach dem Vorhergehenden die Thatsache, dass in Molecularbewegung befindliche Körnchen, sei es, dass sie aus dem Innern von Zellen stammten oder nicht, in Wasser ungestörten Fortgang der Bewegung zeigen, im Speichel aber in dieser gehemmt werden, nur aus der viscidn Beschaffenheit des letzteren erklären, durch welche ein Aneinanderkleben und Zusammenballen der kleinen Partikelchen bis zu völliger Vernichtung ihrer Beweglichkeit gegen einander eintritt.

So viel über das Verhalten der aus Zellen frei werdenden Körnchen. Aber auch die Erscheinungen der Körnchenbewegung innerhalb der Zelle finde ich der Annahme einer vitalen Kraft nicht günstig.

Trocknet man eine Froschlarve mit Fliesspapier, bringt sie dann auf einen Objectträger und durchschneidet ihr den Schwanz, so fiesst in der Regel eine zur Untersuchung genügende Quantität

Blut aus. Wenn man nun dieses nicht allzu eilig mit einem Deckgläschen vor Verdunstung schützt, so findet man unter dem Mikroskope die Blutkörperchen geschrumpft und die eingeschlossenen Körnchen bewegungslos. Es wären also solche Blutkörperchen als abgestorben anzusehen, wenn in der Körnchenbewegung eine Lebenserscheinung sich kundgäbe. Sie wären den abgestorbenen Speicheldrüsenkörperchen gleich zu stellen. Nichtsdestoweniger lässt sich die Molecularbewegung in den Blutkörperchen durch vorsichtiges Behandeln derselben mit Wasser wieder herstellen. Indem sie kuglig werden und erblassen, beginnt mit steigender Lebhaftigkeit der Tanz der Molekel im Innern und bleibt so lange andauernd, bis durch ein Zerplatzen des Körperchens dieselben entführt werden, um frei in der Flüssigkeit umherzuschwärmen. Man kann diese „Wiederbelebung“ der Blutkörperchen sowohl durch tropfbar flüssiges Wasser, als auch durch Wasserdampf in der feuchten Kammer bewerkstelligen. Die auftretenden Erscheinungen sind hier wie dort dieselben, nur dass in letzterem Fall für das Kugligwerden der Blutkörperchen und den Beginn der Molecularbewegung ein grösserer Zeitraum in Anspruch genommen wird. Hierin ergibt sich neben den schon oben beigebrachten ein neuer Beweis, dass thierische Zellen in der feuchten Kammer ganz wesentliche Veränderungen erleiden. Andererseits aber möchte ich Gewicht darauf legen, dass Wasser, von dem es bekannt ist, dass es einen äusserst zerstörenden Einfluss auf Blutkörperchen ausübt, Bewegungserscheinungen hervorruft, die man geneigt ist als ein Lebensphänomen anzusehen. Es ist dieses ein Widerspruch, der nur dadurch gelöst werden kann, dass man die Molecularbewegung auf physikalische Ursachen zurückführt.

Zu keinem anderen Resultat bin ich bei Untersuchung der Eiterkörperchen gelangt. In Bezug auf diese muss ich zunächst erwähnen, dass Brücke\*) für Eiterkörperchen überhaupt annimmt, dass ihnen Molecularbewegung eigenthümlich sei, von Recklinghausen\*\*) fand dieselbe in den menschlichen Eiterkörperchen, machte aber die Beobachtung, dass sie den Eiterkörperchen aus

\*) a. a. O. S. 8.

\*\*) Ueber Eiter- und Bindegewebskörperchen in Virchow's Archiv Bd. XXVIII. S. 164 ff.

der Augenkammer des Frosches mangelte. Beide Beobachter haben jedoch den Eiter nicht unverändert untersucht. Brücke empfiehlt, denselben „je nach seiner Consistenz und je nach dem Quellungs- oder Schrumpfungsgrade der Eiterkörperchen unvermischt zu untersuchen, oder ihm Wasser zuzusetzen“ und von Recklinghausen verdünnte den Eiter mit diluirten Zucker- und Salzlösungen oder mit den natürlichen Transsudaten, und bediente sich ausserdem der feuchten Kammer. In den Eiterkörperchen des Frosches konnte er die Bewegung durch Behandlung derselben mit destillirtem Wasser hervorrufen.

Es liegt hierin schon die Andeutung dessen, was ich dagegen einzuwenden habe. Jeder Zusatz von Flüssigkeiten ist zu vermeiden, wenn man vor allen Dingen feststellen will, ob eine Erscheinung, die von dem Leben der Zelle abhängig sein soll, ihr ursprünglich angehört, oder erst durch die Behandlung in ihr entstanden ist. Ich habe in den Körperchen dicken rahmigen Eiters vom Menschen niemals eine Spur von Molecularbewegung entdecken können, sie aber jedesmal bei der Verdünnung auftreten gesehen. Ich würde aber zu viel sagen, wenn ich behaupten wollte, dass es keinen Eiter gibt, dessen Körperchen ohne Verminderung der Concentration des Menstruum nicht schon die Bewegung wahrnehmen liessen. Es variirt bekanntlich die Menge der Interellularflüssigkeit beim Eiter ungemein, und von dieser ist es abhängig, ob man in den Körperchen eine Molecularbewegung antrifft, oder nicht. Sollten nun aber darum die des dünnen Eiters, der gemeinhin für „verdorben und schlecht“ gilt, mehr Lebensenergie besitzen, als die des consistenten, und sollten die letzteren erst durch destillirtes Wasser auf das höchste Maass einer functionellen Thätigkeit gebracht werden können?

Was ich hier über die Molecularbewegung der Eiterkörperchen gesagt habe, muss ich ebenso für die farblosen Blutkörperchen aufrecht erhalten. Weder in denen des Menschen oder der Säugethiere, noch in denen der Amphibien (Frosch, Salamander) finde ich eine Bewegung der Körnchen, doch wird sie durch Wasser oder durch die feuchte Kammer nach einiger Zeit sehr deutlich. Es ist sogar möglich, die Molecularbewegung längere Zeit nach der Entleerung des Blutes hervorzurufen. Im Froschblut, welches geronnen mehrere Tage unter einer Glasglocke vor Verdunstung ge-

schützt gestanden hatte, waren die Körnchen der grob granulirten farblosen Blutkörperchen so unbeweglich wie in den circulirenden, zeigten aber, mit Wasser behandelt, sogleich ein lebhaftes Schwirren der Körnchen im Innern. Aehnliche Erfahrungen habe ich mit menschlichem Blute gemacht. Ich verdünnte das Blut eines Leukämischen, das ich 24 Stunden nach dem Tode aus dem Herzen und den grossen Gefässstämmen genommen hatte, mit Serum und setzte demselben eine wässrige Lösung von Anilinroth zu. Die Kerne der zahlreichen weissen Blutzellen wurden in Folge dessen sehr intensiv gefärbt. Gleichzeitig aber entstand in diesen Blutkörperchen eine äusserst lebhafte Molecularbewegung, die nach der angegebenen Behandlung schwer auf eine Lebensäusserung der Zellen bezogen werden kann.

Nach diesen Bemerkungen über die farblosen Blutkörperchen sei es mir erlaubt noch einmal auf die Eiterkörperchen zurückzukommen. Wie bereits erwähnt war es von Recklinghausen nicht entgangen, dass die Einwirkung des Wassers von Bedeutung für die Entstehung der Molecularbewegung sei, ja er sah dieselbe abwechselnd durch Verdünnung und Concentration des Menstruum mittelst Verdunstung erscheinen und schwinden, während die Körperchen ihre Form änderten. Nachdem er dieses angeführt, fährt er folgendermaassen fort: „Gewiss deutet nun der Umstand, dass die Formveränderungen wieder zu der früheren Stärke zurückgebracht werden können, darauf hin, dass die Molecularbewegung nicht auftrat, weil durch den Wasserzusatz das Absterben der Körper eingeleitet wurde; sondern wahrscheinlich sind auch in den ganz frischen Körpern die Körner in jener eigenthümlichen Bewegung, sie werden aber, ebenso wie der Kern, erst sichtbar, wenn die Substanz des Körperchens etwas angeschwollen und ihr Lichtbrechungsvermögen dadurch vermindert ist“ \*). Die Molecularbewegung steht allerdings mit dem Absterben nicht in nothwendigem Zusammenhange. Wir kennen unzweifelhaft lebende Zellen, wobei ich nur auf die oben angeführten Blutkörperchen der Froschembryonen hinweisen will, in denen die Molecularbewegung sehr lebhaft ist. Dieselbe ist mit dem Leben der Zelle ohne Zweifel verträglich und lässt sich darum von einem Eiterkörperchen oder

\*) a. a. O. S. 167.

einem farblosen Blutkörperchen, in dessen Innerem durch Wasseraufnahme die Bewegung beginnt und immer auffälliger wird, nicht sagen, wann der Tod desselben eintritt; es lässt sich aber noch weniger behaupten, dass es so lange lebendig bleibe, als die Bewegung der Körnchen währt. Hierbei würde zunächst ein bemerkenswerther Widerspruch hinsichtlich der Andauer der vorausgesetzten Contractilität des Protoplasma sich herausstellen, da von allen Beobachtern, welche für dieselbe eingetreten sind, übereinstimmend angegeben wird, dass die durch Wasser kugelförmig angeschwollenen Körperchen ihre Contractilität eingebüsst hätten und todt seien. Man sähe sich daher zu dem Schluss gedrängt, dass ein Eiterkörperchen oder ein farbloses Blutkörperchen, dessen Contractilität durch Wasser ertödtet worden, um so lebhaftere Lebenserscheinungen in seiner Molecularbewegung entfalte, und dass umgekehrt einem Eiterkörperchen oder farblosen Blutkörperchen, so lange es contractil ist, die vitale Molecularbewegung in höherem Grade wenigstens abgehe. Das ist denn aber doch nicht gut möglich, da eine Zelle nicht gleichzeitig todt und lebendig sein kann, oder wenigstens angenommen werden müsste, dass sie erst dann die eine Art der Lebensäusserung zu erkennen gebe, wenn die andere entweder noch nicht eingetreten oder bereits erloschen ist. Kurz und gut es schliessen sich bei den Eiter- und farblosen Blutkörperchen die Molecularbewegung und die Form- und Ortsveränderungen zum Theil aus, und kann dieser Umstand wohl in hohem Grade Bedenken erregen, wenn beide Erscheinungen als verwandte, als vitale bezeichnet werden.

Bisher ist keine Beobachtung bekannt geworden, welche eine Erklärung der in den Eiterkörperchen sichtbar werdenden Molecularbewegung durch Diffusion unzulässig erscheinen liesse, ja ich glaube aus meinen Untersuchungen Gründe dafür namhaft machen zu können. Wenn dagegen von Recklinghausen voraussetzt, dass auch in den ganz frischen Eiterkörperchen die Körner in jener eigenthümlichen Bewegung sich befänden, aber erst durch Wassereinwirkung sichtbar würden, so findet diese Annahme darin eine Widerlegung, dass es Zellen mit groben, deutlich wahrnehmbaren Körnchen gibt, von denen ausgesagt werden kann, dass jedes einzelne derselben in Ruhe sei, so lange nicht die Aufnahme von Wasser stattgefunden hat. Ich könnte hier auf die grobgranulirten

Blutkörperchen der Frösche verweisen, die jedem Histologen seit Wharton Jones bekannt sind, allein ein noch viel instructiveres Object bieten Zellen, in denen Carminkörnchen eingeschlossen sind. In Betreff dieser Farbstoffpartikel kann, auch wenn sie sich im Innern von Zellen befinden, kein Zweifel darüber sein, ob sie sich bewegen, oder nicht. Carminhaltige Zellen sind daher sehr empfehlenswerth zur Entscheidung der Frage, ob in Zellen eine Körnchenbewegung, die ursprünglich nicht vorhanden war, erzeugt werden könne. Ich habe dieselben in der früher von mir \*) befolgten Weise, oder auch nach von Recklinghausen's \*\*) Anweisung in den Lymphsäcken des Frosches entstehen lassen. Sie zeigen frisch

Anmerkung. Es sei mir gestattet, bei dieser Gelegenheit ein paar Bemerkungen in Bezug auf eine meiner früheren Arbeiten zu machen. Die farbstoffhaltigen Zellen sind in neuerer Zeit vielfach besprochen worden, weil einerseits die Thatsache als neu behandelt wird, dass es möglich sei, künstlich die Aufnahme fester Partikel in das Innere von Zellen zu bewirken, und weil andererseits an dieselbe ein Beweis für die selbständige lebendige Thätigkeit des Protoplasma geknüpft wird. Was das letztere betrifft, so halte ich diese Angelegenheit noch nicht für erledigt und werde später auf sie zurückkommen, hinsichtlich der Entdeckung farbstoffhaltiger Zellen aber dürfte mir die Andeutung nicht versagt sein, dass ich bereits vor mehr als sieben Jahren das Eindringen von Carminkörnchen in Zellen beobachtet habe. Ich hatte damals gereizte Wundflächen des Froschschenkels mit in Wasser fein zerriebenen Carmin in Berührung gebracht und fand dabei in den neugebildeten Zellen eine Erscheinung, deren ich wie folgt Erwähnung that: „Was aber das wesentlich Interessante ausmachte, war die Anwesenheit von Carminkörnchen im Innern von Zellen (Fig. 4). Man sah dieselben bald nur mit einzelnen Körnchen gefüllt, wobei der Zellkern gleichzeitig deutlich erschien, bald war die Anhäufung des Carmins im Innern der Zelle grösser, doch auch hier liess sich der Kern noch erkennen, bald endlich erschien dieselbe so vollgepfropft, dass sie eine dunkelrothe Masse darstellte.“ Wenn ich nun auch gern zugesteh, damals nicht ermittelt zu haben, dass, wie neuere Untersuchungen gelehrt, die Farbstoffkörnchen direct von aussen in die Zellen eindringen, so bleibt mir doch immer das Recht, die Thatsache selbst festgestellt zu haben. Sie ist dann späterhin von Billroth, der meine Versuche wiederholte (Archiv der Heilkunde 1862. S. 57), bestätigt worden, bevor Häckel eine neue Ansicht über das Eindringen der Farbstoffkörnchen in das Innere von Zellen aussprach, als er

\*) Ueber Ernährung und Zerfall der Muskelfasern. Virchow's Archiv. Bd. XIII. S. 240.

\*\*) a. a. O. S. 185.

untersucht, gleichviel ob sie viel oder wenig Carminkörnchen einschliessen, niemals eine Bewegung dieser, doch bleibt dieselbe nicht lange aus, sobald sie durch die Behandlung mit Wasser anschwellen. Es tanzen dann die Farbstofftheilchen in einem bestimmten Bezirk der Zelle ebenso um einander, wie die Körnchen der Froschblutzellen, der Speicheldrüsenkörperchen oder der in einem diluirten Menstruum suspendirten Eiterkörperchen etc. Dieser Versuch mit den carminhaltigen Zellen lässt sich aber auch mit gleichem Erfolge anstellen, wenn sie nicht mehr frisch sind, sondern bereits längere Zeit von ihrem Bildungsorte entfernt waren. Ich brachte ein Coagulum aus dem Lymphsack des Oberschenkels, welches eine Menge

dieser Erscheinung von Neuem begegnete (Die Radiolarien. Leipzig, 1862. S. 103). Dieses ist der eine Punkt, den ich glaubte berühren zu dürfen, ausserdem aber kann ich nicht unterlassen, mit einigen Worten der Muskelkörperchen und meiner Beziehung zu der über dieselben entstandenen Streitfrage zu gedenken. Meine oben citirte Abhandlung hat zum Theil die Veranlassung zu der langwierigen Discussion gegeben, welche durch Max Schultze (Ueber Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe. Archiv für Anatomie etc. 1862.) gewissermaassen ihren Abschluss gefunden, nachdem sie mir eine mitunter sehr scharfe Polemik eingetragen. Man hat aber mir gegenüber ausschliesslich nur auf einen Punkt Gewicht gelegt, auf die Behauptung, dass die Muskelprimitivbündel von einem Kanalsystem durchzogen seien, dessen Knotenpunkte von mit einer Hülle versehenen Zellen gebildet würden. Jetzt sagt man, dass feine Protoplasmastränge sich zwischen den Fibrillen binziehen, welche die einzelnen grösseren Protoplasmanhäufungen mit Kern unter einander verbinden (M. Schultze a. a. O. S. 27). Dass diesen die Bedeutung von Zellen zukomme, wird gegenwärtig wohl Niemand mehr leugnen, obgleich die Demonstration einer Membran an denselben, wie ich mich seitdem durch vielfache Bemühungen überzeugt habe, am normalen Muskel nicht möglich ist. War es nun ein so grosses Versehen, wenn ich, unter dem Vorurtheile der Zeit stehend, auch an diesen Protoplasmaeklumpchen eine Hülle zu finden wähnte, während Andere sie an hundert anderen Zellen fanden, denen sie ebenso wenig zukommt? Das Wesentliche meiner Untersuchungen über die Muskelfaser liegt in dem Nachweis, dass in ihr Körperchen sich vorfinden, die einer lebhaften Fortpflanzung fähig sind, wesshalb ich es für geboten erachtete, sie als wirkliche Zellen anzusehen, während bis dahin immer nur von den Kernen die Rede gewesen war, oder von den Lücken, in denen diese liegen. Man hatte vor mir zwar hier und da eine Vermehrung der Kerne beobachtet, die Beziehung der Muskelkörperchen zur Eiterung aber habe ich nachgewiesen und habe in dieser Beziehung auch keinen Widerspruch erfahren.

solcher Zellen enthielt, in das durch Decapitation des Frosches gewonnene Blut, das sehr bald gerann und die Farbstoffzellen einschloss. Das Ganze wurde darauf durch ein Uhrgläschen vor Verdunstung geschützt. Nach vier Tagen war das Blutgerinnsel zerflossen, die rothen Blutkörperchen meist zu tropfartigen Massen zerfallen, die Kerne zum grossen Theil frei, an den carminhaltigen Zellen aber keine wesentliche Veränderung. Die Farbstoffkörnchen waren vollkommen in Ruhe, doch begann auf Wasserzusatz eine ebenso lebhaftere Bewegung, wie ich sie vorher an den frischen hatte auftreten gesehen.

Hieraus geht zum Mindesten das mit Entschiedenheit hervor, dass in Zellen, die ursprünglich keine Molecularbewegung besitzen, eine solche durch Wasser erzeugt wird. Es kann für die verhältnissmässig groben Carminkörnchen nicht zugelassen werden, dass sie von Hause aus in einer Bewegung, aber in einer nicht sichtbaren sich befänden und dürfte daher schwer sein, in diesem Fall den Impuls der Bewegung von den lebenden Theilen der Zelle abhängig zu machen; es dürfte aber auch eben so schwer sein, einen Unterschied zu finden in der Bewegung der künstlich eingeschlossenen Farbstofftheilchen und solcher Körnchen, die in Zellen präexistiren. Oder sollte es erlaubt sein zu der Ausflucht zu greifen, dass die Erscheinung an sich gleich, dass der Impuls aber ein verschiedener sein könne? Ich glaube, dass man dabei das Naheliegende übersehen und etwas Unhaltbares ergreifen würde. Wenn in manchen Zellen, wie in den Blutzellen der Froschembryonen, den Speichelkörperchen, den Körperchen eines dünnen Eiters ursprünglich eine Molecularbewegung gefunden wird, so scheint auch hier die Entwicklung jener Erscheinung von dem diluirten Medium abhängig zu sein, in dem sie sich befinden.

Schliesslich will ich noch einige Beobachtungen erwähnen, die für die vitale Auffassung der Molecularbewegung in Anspruch genommen werden könnten, die aber mindestens mit einer Herleitung derselben aus physikalischen Ursachen verträglich sind. Es ist von Brücke\*) für die Pigmentzellen der Froschembryonen angegeben worden, dass die Bewegung der Körnchen innerhalb der Zellen eine grössere Energie zu haben scheine, als die Molecularbewegung

\*) a. a. O. S. 8.

der frei in der Flüssigkeit umherschwirrenden Pigmentkörner. Auch ich habe an andern Zellen, wenn sie durch Wasser sich zu vergrössern begannen, dasselbe wahrgenommen und die grösste Lebhaftigkeit der Bewegung dann beobachtet, wenn die Anschwellung das Maximum erreicht hatte. Ich sehe desshalb aber nicht die Nothwendigkeit, die grössere Energie der innerhalb der Zelle tanzenden Körnchen auf eine vitale Kraft zu beziehen, sondern muss darauf zurückkommen, dass wenn auch die Zelle nicht ein einfaches Bläschen mit einer vom Inhalt chemisch differenten oder besonders differenzirten Membran ist, doch immerhin bei einem zusammengesetzten Bau derselben Diffusionsströmungen zur Geltung kommen müssen, sobald in ihr mit Flüssigkeit gefüllte kleinere Räume existiren, welche die schwirrenden Körnchen einschliessen. Damit hängt aber eng zusammen, dass die innerhalb der Zelle befindlichen Körnchen lebhafter sich bewegen müssen, als die frei in der Flüssigkeit vorhandenen und zwar um so lebhafter, je intensiver die Strömung ist, was mit den Erfahrungen der Wassereinwirkung völlig übereinstimmt. Bei den Eiterkörperchen und farblosen Blutkörperchen, welche anfangs keine Molecularbewegung zeigen, scheint ein Theil der zähen Grundsubstanz des Protoplasma in Wasser gelöst zu werden und dadurch erst ein Freiwerden der Körnchen innerhalb begrenzter, Flüssigkeit einschliessender Räume bedingt zu sein. Dieses scheint mir der Grund der in ihnen durch Wassereinwirkung entstehenden Molecularbewegung zu sein, so wie auch die annehmbarste Erklärung für die wachsende Mächtigkeit ihrer Schwingungen zu enthalten. Es hat daher auch nichts Auffallendes, wenn bei plötzlicher Berstung eines Eiterkörperchens oder eines Speicheldörperchens und Ausstossung der tanzenden Körnchen, der Rest der Körnermasse bewegungslos zurückbleibt. Mit dem Zerplatzen des vielfährigen Bläschens hören die Bedingungen der Diffusion auf. Die Körnchen, welche herausgestossen werden und weiter schwärmen, sind solche, die in der Zelle schon frei beweglich waren, die, welche zurückbleiben, wahrscheinlich zum Theil solche, die beim Collabiren der Masse mechanisch festgehalten werden, zum Theil aber wohl auch solche, die in der zähen Grundsubstanz des Protoplasma eingebettet, auch vor dem Bersten der Zelle sich nicht in Bewegung befanden. Wenn man nun beobachtet, dass ein Körperchen

beim Zerplatzen zusammenfällt, seine Gestalt unregelmässig, sein Contour rauh wird und — seine Molecularbewegung mit einem Schlage vernichtet ist, so will dieses letztere nur so viel sagen, dass nach Entfernung eines Theils der beweglichen Körnchen, die zurückbleibenden von der zusammenfallenden Masse in ihrer Bewegung gehemmt werden. Es ist einleuchtend, dass diese Wirkung, wie durch mechanische Zerstörung der Zelle, so auch durch Reagentien, welche das Protoplasma schrumpfen machen, eintreten muss.

Ich habe aber auch die Beobachtung gemacht, dass zurückbleibende Körnchen unter günstigen Verhältnissen sich sehr lebhaft bewegen. Beim Bersten der embryonalen Froschblutkörperchen in Wasser wird mitunter der Kern mit dem grössten Theil der ihn umgebenden Körnermasse völlig ausgestossen; es bleibt nur mit wenigen Körnchen ein dünnwandiges kugliges Bläschen zurück, welches nicht collabirt d. i. die Blutkörperchenmembran der Autorenen, von der es hier gleichgültig ist, ob sie ursprünglich vorhanden war, oder erst nachträglich sich bildete. Innerhalb dieser Blase nun sah ich die restingen Körnchen nicht nur nicht still stehn, sondern den ganzen Raum längere Zeit hindurch, so lange ich beobachten konnte, in allen Richtungen durchwandern. Es konnte beim Rollen des Bläschens kein Zweifel darüber sein, dass sie sich innerhalb desselben befanden, und war ebenso wenig zweifelhaft, dass eine hochgradige Zerstörung des Körperchens vorlag, die sich unter meinen Augen vollzogen hatte. Es ergibt sich daher aus diesem Fall, dass die Molecularbewegung eines geborstenen Körperchens nicht vernichtet wird, wenn dasselbe nicht zusammenfällt.

Wie in der Ueberschrift dieses Aufsatzes angedeutet ist, hat hauptsächlich von der bisher besprochenen Bewegungserscheinung die Rede sein sollen. Ich kann jedoch diesen Gegenstand nicht verlassen, ohne wenigstens kurz die Form- und Ortsveränderungen der Zellen, aus welchen man auf die Contractilität des Protoplasma geschlossen hat, zu berühren. Zwar möchte ich dieselben lieber ganz übergehen, weil ich noch nicht hinlängliche Erfahrungen gesammelt habe, um mich mit gleicher Bestimmtheit über sie äussern zu können, wie ich es über die Molecularbewegung gethan. Aber

es sind beide Arten der Bewegung nach übereinstimmender Angabe der meisten Beobachter so verwandt unter einander, dass ich aus diesem Grunde die Contractilitätsfrage wenigstens zu streifen mich gezwungen sehe. Ich beanspruche dabei nicht eine Widerlegung der für die selbständige Bewegungsfähigkeit des Protoplasma herbeigezogenen Thatsachen zu liefern, aber ich glaube wenigstens darthun zu können, dass alle darauf hinielenden Untersuchungen mit viel grösserer Vorsicht aufzunehmen seien, als es bisher geschehen ist.

Vor allen Dingen muss daran erinnert werden, dass es für die meisten thierischen Zellen unmöglich ist, sie in völlig unverändertem Zustande der Beobachtung zugänglich zu machen. Hier hat nun die feuchte Kammer ausbelfen müssen, indem man voraussetzte, dass in ihr die Gewebe gar nicht alterirt würden. Diese Voraussetzung ist aber, wie ich oben erörtert habe, eine ungegründete. Man kann daher nicht umbin, alle in der feuchten Kammer beobachteten Protoplasmaabewegungen mit Misstrauen zu betrachten und wenigstens zu verlangen, dass die mit derselben verknüpften Uebelstände, welche zu zahlreichen Täuschungen führen können, vermieden würden. Es ist das nicht bloss ein theoretisches Bedenken, das ich vorbringe, sondern ein Bedenken, das durch unbestreitbare Thatsachen eingegeben wird.

Bekanntlich sind es neben den Eiterkörperchen die farblosen Blutkörperchen, an welchen man vorzugsweise die mannigfaltigen Formveränderungen studirt hat. Es sind diese von verschiedenen Beobachtern so genau beschrieben worden, dass ich mir hier eine wiederholte Aufzählung derselben wohl ersparen kann. Ich will nur hinzufügen, dass ich sie in der vielfach geschilderten Weise unendlich häufig gesehen habe. Wenn nun diese amöboiden Bewegungen eine Lebensäusserung der Zelle wären, so müssten sie an den circulirenden farblosen Blutzellen besonders deutlich auftreten. Dieses ist aber wenigstens bei denen des Frosches nicht der Fall. Man darf dagegen nicht einwenden, dass die Beobachtung der Blutkörperchen in der Froschschwimmhaut zu viel Schwierigkeiten bereite, um die Wahrnehmung ihrer feinen Fortsätze (Pseudopodien) zu ermöglichen, denn wenn welche sich bilden, dann sieht man sie vollkommen deutlich. Ich habe mich zu diesen Beobachtungen der Hartnack'schen Immersionslinse No. 9 bedient, nachdem ich

gewöhnlich dem Frosch, um durch Bewegungen desselben nicht gestört zu werden, vorher mit einer Nadel Gehirn und Rückenmark zerstört hatte. Auf die ausgebreitete Schwimmbhaut wird ein der Form dieser entsprechendes dünnes Deckglas gebracht und mit ein paar Wachskügelchen fixirt. Nach diesen Vorbereitungen ist die Immersionslinse bei Untersuchung des Capillarkreislaufs von ausgezeichnetem Werthe. Mit ihr nimmt man in den kreisenden rothen Blutkörperchen, wie bereits erwähnt, den diesen vielfach bestrittenen Kern bei guter Beleuchtung sehr scharf wahr. Aber auch der Contour der farblosen Körperchen erscheint in erwünschter Reinheit. Nichts destoweniger findet man an ihnen nicht die mannigfaltigen Gestaltveränderungen, die man einige Zeit nach der Entleerung des Blutes aus den Gefässen auftreten sieht, vielmehr sind sie ziemlich unveränderlich. So lange sie in der Blutflüssigkeit schwimmen, sind sie immer kuglig, nur wenn sie an der Wand des Gefässes haften bleiben, verändert sich ein wenig die Form. In engen Gefässen hat man hinreichend Gelegenheit ein einzelnes farbloses Blutkörperchen zu fixiren und den Wechsel, dem es unterliegt, zu verfolgen. Es verweilt oft lange Zeit an demselben Ort, rückt dann zögernd weiter, indem es immer wieder von neuem Halt macht und wird endlich gänzlich entführt, worauf andere seine Stelle einnehmen und den Beobachter ihrerseits fesseln. Bei diesem beständigen Wechsel findet man eine Erscheinung constant. Sobald das farblose Blutkörperchen an die Gefässwand sich anlegt, geschieht dieses mit einer Abplattung des Kugelsegments, mit welchem es diese berührt. Es sitzt ihr mit breiter Basis auf. Wird es dann vom Blutstrom weiter geführt, so erfolgt dieses auf zweierlei Weise. Entweder rollt das Blutkörperchen um seine Axe vorwärts, indem es continuirlich mit der Wand in Contact bleibt, und dann sieht man immer wieder das Körperchen an seiner jedesmaligen Berührungsfläche sich abplatten und breiter werden, oder es wird von der Wand völlig losgerissen, wobei die Art des Losreissens verschieden sein kann. In einigen Fällen, wenn es ein starker Strom erfasst, wird es mit einem plötzlichen Ruck getrennt und nimmt dann sofort die Kugelgestalt wieder an, in anderen aber wird es allmählig länger und länger ausgezogen, so dass die ursprünglich breite Basis in einen Stiel oder Fortsatz sich verwandelt, mit welchem es der Gefässwand ansitzt, und an dem es

häufig hin und her flottirt, bis endlich auch dieser nicht mehr festhält, sich trennt und in das Blutkörperchen zurücksinkt, so dass es wieder zur Kugel wird. In noch anderen Fällen kommt eine Erscheinung vor, die vielleicht in sehr naher Beziehung zu dem beobachteten amöbenartigen Kriechen der Blutkörperchen steht. Man sieht dieselben, wie eben angegeben, durch den Blutstrom mehr oder weniger stielartig ausgezogen, dann erfolgt, wie man aus der Bewegung der gleichzeitig vorbeieilenden rothen Blutkörperchen entnehmen kann, ein Nachlass der Stromgeschwindigkeit, das ausgezogene farblose Blutkörperchen macht gegen seinen Fortsatz eine rückgängige Bewegung, verschmilzt mit diesem, wird kuglig und trennt sich dabei häufig von der Gefäßwand, um in den Blutstrom einzutreten.

Es geht aus diesen Angaben hervor, dass man mit der Immersionslinse sehr gut feine Fortsätze, wenn sie vorkommen, an den circulirenden Blutkörperchen der Froschschwimmhaut wahrnehmen kann. Sie erscheinen jedoch immer nur dann, wenn die farblosen Blutzellen an der Gefäßwand haften bleiben und immer nur da, wo die Berührung stattfindet. Niemals habe ich sie an der freien, dem Blutstrom zugekehrten Fläche gesehen, welche immer eine scharfe kugelförmige Begrenzung besitzt. Es wird innerhalb der Gefäße aus einem farblosen Blutkörperchen niemals eine vielgestaltige Platte, welche hierhin und dorthin Fortsätze aussendet und den unaufhörlichen Wechsel der Form zeigt, wie ihn namentlich M. Schultze durch den heizbaren Objecttisch hervorgerufen hat. Vielmehr lassen sich die in den Capillaren auftretenden Formveränderungen sehr einfach auf eine klebrige Beschaffenheit der Oberfläche und auf die mechanische Wirkung des Blutstroms zurückführen.

Auch an Eiterkörperchen habe ich Aehnliches beobachtet. Untersucht man ganz frischen ausgeräusperten Schleim von Personen, die an acutem Rachen- und Laryngealcatarrh leiden, unverdünnt, was sehr gut angeht, so zeigen die in demselben eingeschlossenen Eiterkörperchen weder Molecularbewegung, noch Formveränderungen. Es können die letzteren durch den dicklichen Schleim kaum verhindert werden, denn ich habe gleichzeitig in demselben die Cilien mit ausgehusteten Cyliinderepithelien deutlich und lange schwingen gesehen.

Man kann nach dem Vorhergehenden in der Behandlung der Zellen, welche leicht Formveränderungen unterliegen, nicht vorsichtig genug sein und ist vor Allem der Grundsatz festzuhalten, dass die Beobachtung derselben ohne irgend welche diluirende Flüssigkeiten und möglichst rasch geschehe. Ich finde, dass farblose Blutkörperchen und Eiterkörperchen ihre Bewegungen und Formveränderungen immer erst nach einiger Zeit auf dem Objectträger beginnen. Vor den Gefahren, welche die feuchte Kammer mit sich bringt, habe ich schon oben gewarnt. Was soll man nun davon halten, wenn Freyer über seine Blutuntersuchungen, die mit einer solchen angestellt wurden, Folgendes angibt: „In den ersten fünf bis zehn Minuten zeigen die contractilen Zellen (in der feuchten Kammer) meist keine oder nur geringe Formveränderungen, was wahrscheinlich durch Temperaturwechsel, mechanischen Reiz, Luftzutritt und damit Veränderung des Gasgehaltes des Saftes u. a. m. bedingt wird, vielleicht auch mit der Gerinnung des Tropfens zusammenhängt. Man kann um den störenden Einfluss der letzteren auszuschliessen den Tropfen vor der Beobachtung im feuchten gerinnen lassen und das Gerinnsel abheben oder fein zerzupfen. Es bleibt immer noch eine hinreichend dicke Schicht des Saftes zurück, in der die amöboiden Bewegungen nach und nach unbeschreiblich mannigfaltig werden. Bei diesem Verfahren wird wer sein Auge einige Stunden nicht vom Objecte abwendet, die Angaben Häckel's vollkommen bestätigen.“\*)

Ich habe bei Beobachtungen in der feuchten Kammer gefunden, dass in den hervorgetretenen Fortsätzen farbloser Blutkörperchen Molecularbewegung vorhanden war, während die Körnchen in allen übrigen Theilen der Zelle sich in Ruhe befanden, und ich habe grade in den Fortsätzen vorzugsweise häufig Vacuolen gesehen. Ersteres führt auch von Recklinghausen für Eiterkörperchen an: „Man sieht zwar häufig fast in der ganzen Ausdehnung der Zelle tanzende Körnchen, immer aber wird man erkennen, dass sie an derjenigen Stelle, wo sich Ausläufer bilden, am lebhaftesten schwirren.“\*\*) Nach dem, was ich oben über die feuchte Kammer mitgetheilt habe, scheint mir hiebei eine nahe Beziehung

\*) Ueber amöboide Blutkörperchen. Virchow's Archiv Bd. XXX. S. 418 u. 419,

\*\*) a. a. O. S. 165,

zu der Wirkung derselben vorhanden zu sein. Aber ich will nicht behaupten, dass diese allein bei den eintretenden Formveränderungen der Zellen zu berücksichtigen wäre. Es liegt die Möglichkeit einer Täuschung noch in vielen anderen Umständen. von Recklinghausen \*) fand die allerlebhaftesten Formveränderungen an den Eiterkörperchen, wenn er sie mit den natürlichen Transsudaten behandelte. Nun weiss man aber durch Alex. Schmidt, dass die fibrinogene Substanz derselben eine chemische Verbindung mit Bestandtheilen der Zelle eingeht, was diese nicht unverändert lassen kann. Dieser chemische Prozess ist ebenso bei den Formveränderungen der Blutkörperchen in Anschlag zu bringen. Ausserdem kommen aber noch mechanische Störungen in Betracht. Ich will hier absehen von den Erschütterungen des Objecttisches, die unvermeidlich sind; mehr Gewicht wäre auf die dem Object mitgetheilten Bewegungen zu legen, welche die Immersion verursacht, da die meisten Untersuchungen über die Bewegungserscheinungen der Zellen mit Stipplinsen angestellt wurden. Dass durch dieselben leicht Strömungen im Präparate entstehen, wird Jeder wissen, der mit solchen Linsen gearbeitet hat. Und wenn nun farblose Blutkörperchen oder Eiterkörperchen an der Glastafel kleben, so befinden sie sich solchen Strömungen im Präparate gegenüber ganz in demselben Verhältniss, wie die der Capillarwand anhaftenden farblosen Blutzellen dem Blutstrom gegenüber. Es wären dadurch Verzerrungen derselben nach allen Richtungen denkbar, ja ich glaube gesehen zu haben, dass die Ortsbewegungen der Körperchen zwischen zwei Glasplatten, vorausgesetzt dass sie nicht gedrückt werden, lebhafter sind, als wenn sie in der feuchten Kammer unbedeckt untersucht werden. Hierin liegt auch die grosse Gefahr des heizbaren Objecttisches, weil die Erwärmung auf 38—40° C. eine lebhafte Verdunstung hervorrufen muss. Ich finde, dass M. Schultze dieses selbst bemerkt: „Bei der Beobachtung auf dem warmen Objecttisch, sagt er, entstehen oft plötzlich sehr lebhafte Strömungen in dem Präparate, wahrscheinlich bedingt durch eine da oder dort am Rande des Deckgläschens lebhafter vor sich gehende Verdunstung. Bei solchen, das ganze Gesichtsfeld in die grösste Aufregung versetzenden Bewegungen sah ich die kriechenden Körperchen

\*) a. a. O. S. 164.

stets ihren Platz behaupten.“\*) Wenn sie ihren Platz behaupteten, so heisst das doch nur, dass sie weniger beweglich sind, zum Glase eine stärkere Adhäsion haben, als die rothen Blutkörperchen, nicht aber, dass sie von der Strömung unbeeinflusst blieben. Ja könnte sein, dass weil sie an der Glastafel kleben, ihre Bewegung unter lebhaftem Formenwechsel eine kriechende ist.

Ich will mich indess nicht in Muthmaassungen erschöpfen, glaube aber, dass ich berechtigt war, einige Zweifel gegen die von Vielen schon als erwiesen betrachtete Contractilität des Protoplasma auszusprechen. Selbst an den Pflanzenzellen, an denen die Bewegungserscheinungen am stärksten sind, habe ich mich nicht überzeugen können, dass dieselben unzweifelhaft vitaler Natur seien. Bei der Untersuchung der Staubfadenhaare von *Tradescantia virginica* und *Tradescantia discolor* war es mir immer auffallend, dass die Bewegung meist erst einige Zeit nach Anfertigung des Präparats völlig in Gang kommt, und dabei habe ich häufig gesehen, dass die Anordnung des Protoplasma zu Fäden erst während der Beobachtung stattfand. Die Körnchen waren anfangs ziemlich gleichmässig in der Cellulosehülle vertheilt, zum Theil in Ruhe, zum Theil aber in einer Bewegung, welche sich von der Molecularbewegung nicht unterschied; erst allmählig entwickelte sich eine bestimmte Richtung der Strömung, die immer energischer wurde. Hierbei beobachtete ich oft, wie seitwärts liegende Körnchen, die von dem Strom lange Zeit nicht berührt wurden, sich nach und nach diesem anschlossen, bis endlich alle vorhandenen zu fadenförmigen Strängen an einander gereiht, in Fluss gerathen waren. Mir scheint die Umhüllung des Protoplasma von einer festen Kapsel, in der es nicht ausweichen kann, für die Frage, wie diese Strömungen entstehen, sehr belangreich, da ein mechanisches Fortreissen desselben von Diffusionsströmungen innerhalb der Hülle sehr wohl denkbar wäre. —

Um Missverständnisse zu vermeiden, möchte ich mich schliesslich vor der Zumuthung verwahren, als wollte ich läugnen, dass das Leben der Zelle eine continuirliche Bewegung sei. Ich glaube hier wohl unterscheiden zu müssen zwischen der lebendigen Bewegung, welche durch den Stoffwechsel, das Wachsthum und die

\*) a. a. O. S. 11.

Fortpflanzung sich zu erkennen gibt, und der Contractilität, welche heutzutage discutirt wird. Es werden freilich beide nach dem Vorgange von Häckel\*) von einigen identificirt. Wenn aber dieser Forscher behauptet, schon die Theilung der organischen Zelle beweise ihre Contractilität, weil die Theilung ohne Contraction nicht denkbar sei, so kann ich ihm in dieser Beziehung nicht beipflichten. Es lassen sich die durch den Stoffwechsel bedingten Formveränderungen der Zellen sehr gut denken, ohne dass man für dieselben eine Contractilität im Sinne der Muskelcontractilität in Anspruch zu nehmen braucht. Die Annahme einer solchen muss zu Consequenzen führen, die sich nicht halten lassen. Wollte man mit Häckel weiter schliessen, so könnte man sagen, die einfache Atrophie (Abmagerung) beruhe auf einer Contraction der Zellen, da diese thatsächlich kleiner werden, und der Zerfall derselben durch Fettmetamorphose beweise ihre Contractilität, weil sie in kleine Partikel zertheilt werden.

Aber die Vertheidiger der Contractilität des Protoplasma gehen noch weiter. Sie sehen in diesem nicht bloss eine Substanz, die wie die Muskelfaser auf Kürze sich zusammenzieht, sondern eine Substanz, von welcher ebenso wohl auch der Impuls zur Contraction ausgeht. Es wird dem Protoplasma eine selbständige, „spontane“\*\*) Bewegungsfähigkeit zugesprochen, die der der niedern Thiere ganz gleich sei. Danach unterscheidet sich die Zelle zusammengesetzter Organismen in nichts von dem Organismus der Amöben, der Radiolarien etc. Hierin liegt meiner Ansicht nach eine Behauptung, welche nicht durch die bei der Fortpflanzung vorkommende Zellentheilung erledigt werden kann, und möchte ich nach vorstehenden Mittheilungen mindestens die Möglichkeit nicht übersehen, dass die amöboiden Bewegungen der Zellen, wie sie auf dem Objectträger sich beobachten lassen, unabhängig von dem Leben derselben durch äussere Einflüsse hervorgerufen werden.

\*) Die Radiolarien. 1862. S. 106.

\*\*) Vgl. Rollett in Moleschott's Untersuchungen etc. Bd. IX. S. 430.