

Nr. 8.

1914

Sitzungsbericht  
der  
Gesellschaft naturforschender Freunde  
zu Berlin

vom 13. Oktober 1914.

Vorsitzender: Herr D. v. HANSEMANN. —

---

Herr R. DU BOIS-REYMOND sprach über Volumänderungen organischer Gewebe mit besonderer Berücksichtigung der „Schwebefauna“.

---

**Volumänderungen organischer Gewebe mit Berücksichtigung der „Schwebefauna“.**

Von Prof. R. DU BOIS-REYMOND in Berlin.

Vor acht Jahren habe ich dieser Gesellschaft über eine Untersuchung berichtet, an die ich heute anknüpfen will (vgl. unsere Sitzungsber. 1903, Nr. 8). Ich war damals von der Entdeckung QUINCKE's (Pflügers Arch. Bd. 3, S. 332) ausgegangen: daß mit dem Quellungsvorgang Kontraktion verbunden ist. Wenn ein gegebenes Volum quellbarer Substanz mit einem gegebenen Volum Wasser anquillt, so ist das Volum der gequollenen Substanz geringer als die Summe der gegebenen Volume vor der Quellung.

QUINCKE berechnet die Größe dieser Volumverminderung auf die Menge des aufgenommenen Wassers und gibt an, daß sie bei der Quellung von Eiweiß über 3% des Wasservolums betragen könne. Um eine solche Volumverminderung von Wasser durch mechanischen Druck hervorzubringen, würde es mehrerer hundert Atmosphären bedürfen. Es ist aber, wie QUINCKE dazu bemerkt, eine willkürliche einseitige Annahme, daß die Volumverminderung auf das Quellungswasser allein bezogen werde, da die quellende Substanz ebensogut daran beteiligt sein könne.

Was die allgemein chemisch-physikalische Anschauung von der Quellung betrifft, begegnete ich mich mit OVERTON, der von anderen Gesichtspunkten ausgegangen war, in der Auffassung, daß die Quellungsflüssigkeit in der quellbaren Substanz „gelöst“ sei, so daß der gequollene Stoff als eine festweiche „Lösung“ von Wasser betrachtet werden müsse (Pflügers Arch. Bd. 92, 1902, S. 273).

Die von QUINCKE entdeckte Tatsache führt auf eine Frage, an die QUINCKE selbst nicht gedacht zu haben scheint, nämlich ob die tierischen Gewebe, die in trockenem Zustande quellungsfähig sind, im natürlichen durchtränkten Zustande die Flüssigkeit ebenfalls unter Volumverminderung gebunden enthalten? Diese Frage läßt sich durch Bestimmung des absoluten und spezifischen Gewichtes von Gewebsproben im natürlichen und im getrockneten Zustande entscheiden. Die Untersuchung lehrt, daß tatsächlich tierische Substanzen mit ihrer Gewebsflüssigkeit geringeren Raum einnehmen, als die getrocknete Substanz und die aus dem Gewichtsverlust berechnete Flüssigkeitsmenge in getrenntem Zustande einnehmen würden.

Demnach ist das spezifische Gewicht der tierischen Gewebe etwas größer, als es sein würde, wenn sich die Gewebsflüssigkeit in dem Gewebe in freiem Zustande befände.

Diese Feststellung wendete ich vor acht Jahren dazu an, um der weitverbreiteten Gewohnheit entgegenzutreten, daß überall, wo vom Übertreten von Flüssigkeiten in oder aus organischen Substanzen die Rede ist, von der Durchlässigkeit oder Undurchlässigkeit von „Grenzschichten“ die Rede ist.

Da die Flüssigkeit mit den Geweben nicht unverändert, sondern unter beträchtlicher Kontraktion vereinigt ist, ist offenbar die gesamte Menge der Gewebssubstanz an dieser Bindung beteiligt, es handelt sich nicht um bloßes Eingeschlossenensein durch eine Grenzschicht, sondern um eine durchgreifende Zustandsänderung der gesamten Masse.

Da es mir trotz anhaltender Bemühungen nicht gelang, bei dieser Art von Versuchen einen befriedigenden Grad von Genauigkeit und Übereinstimmung zu erzielen, was sich wohl zur Genüge aus der Beschaffenheit des Gegenstandes erklärt, habe ich diese Versuche nicht weiter fortgeführt, bis sich mir eine neue Frage aufdrängte, die sich auch bei verhältnismäßig ungenauen Bestimmungen mußte beantworten lassen.

Diese Frage betrifft die Ausdehnung der Gewebe und der gequollenen Substanzen bei Temperaturänderungen.

Da fast alle tierischen Stoffe und Gewebe zum größten Teile aus Wasser bestehen, wird man annehmen dürfen, daß ihre Ausdehnung mit zunehmender Temperatur annähernd gleich der des Wassers sein müsse. Berücksichtigt man aber, daß das Wasser in den Geweben zum Teil in der Weise gebunden ist, daß es auf geringeren Raum zusammengedrängt erscheint, so wird man zu der Vermutung geführt, daß die Ausdehnung der Gewebe mit zunehmender

Temperatur von der des Wassers merklich abweichen dürfte: Entweder könnten die nämlichen Kräfte, die das Wasser auf den geringeren Raum beschränken, auch dessen Wärmeausdehnung behindern, oder es könnte, indem die ganze auf verhältnismäßig geringen Raum zusammengehaltene Wassermenge sich ausdehnt, die Ausdehnung größer werden als die des gewöhnlichen Wassers.

Über diese Frage stellte ich Versuche an, indem ich Stücke Muskelfleisch unter Wasser bei verschiedenen Temperaturen wog. Wäre die Ausdehnung des Muskelgewebes die gleiche wie die des Wassers, so würde das Unterwassergewicht sich mit der Temperatur nicht verändern. Es trat aber eine Veränderung in dem Sinne auf, daß bei den höheren Temperaturen das Unterwassergewicht des Fleisches abnahm.

Da bei diesen Versuchen das Fleisch im Wasser nicht bloß seine Temperatur änderte, sondern zugleich auch aufquoll und ausgelaugt wurde, machte ich weitere Versuche mit Fleischstücken, die unter Xylol gewogen wurden. Unter Xylol ändern sich Volum und Gewicht von Fleischstücken in 24 Stunden kaum merklich. Bei diesen Versuchen fand ich, daß das Gewicht der untergetauchten Fleischstücke bei wachsender Temperatur zunahm.

Daß das Gewicht des untergetauchten Fleisches sich in den beiden Versuchen entgegengesetzt verhält, ist paradox, erklärt sich aber einfach daraus, daß das Volum des Fleisches mit steigender Temperatur schneller zunimmt als das Volum des umgebenden Wassers, aber langsamer als das des umgebenden Xylols.

Ob ein untergetauchter Körper, wenn er zugleich mit der umgebenden Flüssigkeit erwärmt wird, im Vergleich zur Flüssigkeit schwerer oder leichter wird, hängt eben davon ab, ob er sich bei gleicher Temperaturänderung stärker oder schwächer ausdehnt als die Flüssigkeit.

Daraus, daß die Muskelstücke unter Wasser bei höherer Temperatur gewogen leichter erscheinen, ist mit Sicherheit zu schließen, daß sie sich mehr ausdehnten als Wasser, und der Betrag, um den das Unterwassergewicht abnimmt, gibt ohne weiteres das Maß für die Größe des Unterschiedes in der Ausdehnung. Bei den Versuchen mit Xylol nahm aber das Gewicht des untergetauchten Fleisches zu, und daraus folgt zunächst nur, daß die Ausdehnung des Fleisches geringer ist als die des Xylols, was von vornherein zu erwarten war. Um die Größe der Ausdehnung zu ermitteln, mußte daher bei diesen Versuchen die Größe der verdrängten Xylolmenge bestimmt und festgestellt werden, um wieviel die gefundene Gewichtsänderung von der durch die gleichzeitige Verminderung

des Auftriebes infolge der Erwärmung des Xylols abwich. Bei diesem mittelbaren Verfahren konnten natürlich viel leichter größere Fehler in der Messung entstehen.

Um möglichst einwandfreie Ergebnisse zu erhalten, machte ich endlich eine Reihe von Versuchen auf folgende Weise: Die untere Hälfte des Körpers eines frisch getöteten und abgehäuteten Frosches diente als Versuchsobjekt, indem die Probe auf elektrische Erregbarkeit der Muskeln nach vollendetem Versuch dazu diente, zu beweisen, daß die Bestimmung für normales lebendes Gewebe gelten dürfe. Solch ein Stück Frosch wurde in einem großen und weiten Reagenzglas, das mit Luft gefüllt blieb, unter Kochsalzlösung von 1:100 bei niedriger Temperatur gebracht und bis zum Ausgleich der Temperatur, etwa eine Stunde, darin gelassen. Dann wurde es herausgenommen und unter der Kochsalzlösung gewogen, was nur wenige Minuten dauerte, und gleich darauf, oberflächlich abgetrocknet, wieder in das Glas gebracht, das nun abermals in luftgefülltem Zustand in warme Kochsalzlösung gestellt wurde. Nach Ausgleichung der Temperatur wurde dann in der warmen Lösung gewogen. Auf diese Weise wurden die Fehler durch Aufquellen oder Auslaugung sehr gering, weil das Muskelfleisch nur während der Wägungen selbst mit der Kochsalzlösung in Berührung kam. In einer Anzahl Fälle konnte bei einer dritten Wägung, die unter den gleichen Bedingungen wie die erste gemacht wurde, festgestellt werden, daß keine merkliche Änderung in Gewicht oder Volum eingetreten war.

Die Größe der Ausdehnung läßt sich in guter Übereinstimmung aus zehn Versuchen mit Stücken von Hundemuskel von je etwa 4 ccm unter Xylol und 26 Versuchen an Froschschenkeln zu rund 0,00075 angeben. Auf 1 ccm und 1° kommt eine Volumänderung von 0,75 cmm. Für destilliertes Wasser ist die mittlere Ausdehnung zwischen 20° und 30° 0,00025 für jeden Grad. Für Xylol ist bei LANDOLT und BÖRNSTEIN als mittlerer Ausdehnungskoeffizient zwischen 1 und 100° angegeben 0,00115. Demnach steht das Muskelgewebe hinsichtlich der Änderung seines Volums bei Änderung der Temperatur ziemlich genau in der Mitte zwischen Wasser und Xylol. Die Ausdehnung des Muskelgewebes ist ungefähr dreimal so groß wie die der entsprechenden Menge Wasser.

Es ist klar, daß diese Eigenschaft tierischer Gewebe, sich beim Erwärmen verhältnismäßig sehr stark auszudehnen, in all den Fällen in Betracht kommt, in denen lebende Wesen im Wasser treiben, und daher namentlich für die Lehre vom Plankton Bedeutung haben kann.

Nun hat OSTWALD (Zur Theorie der Schwebevorgänge usw., Pflügers Arch. Bd. 93, S. 251, 1903) mit Recht darauf aufmerksam gemacht, daß für die Bewegung des Planktons in Wasser neben der Schwere, von der das Sinken oder Steigen abhängt, der Wasserwiderstand gegen die Bewegung in Betracht komme. OSTWALD hat weiter ausgeführt, daß bei Veränderung der Temperatur des Wassers zwar dessen spezifisches Gewicht sich ändere, aber in viel höherem Maße die innere Reibung oder Viskosität des Wassers, von der der Widerstand gegen die Bewegung abhängig ist. OSTWALD kommt daraufhin zu dem Schluß, daß auf die Vertikalbewegungen des Planktons die Temperatur des Wassers vorwiegend durch die Veränderung der inneren Reibung einwirke.

OSTWALD's Beweisführung ist unwiderleglich richtig, soweit seine Voraussetzung zutrifft. In dieser aber liegt der Keim zu einem Trugschluß, der dazu verführt, der Temperaturänderung jeglichen Einfluß, abgesehen von dem auf die innere Reibung, abzusprechen, wie es z. B. STEUER in seiner „Planktonkunde“ (Leipzig 1910, S. 229) tut. OSTWALD sagt nämlich: Das Schweben kann immer nur ein langsames Steigen oder Fallen sein. Dies ist leicht dahin mißzuverstehen, als müsse ein und derselbe Organismus im Wasser entweder immer steigen oder immer fallen. Diese Auffassung ist aber falsch, denn ein Organismus, der bei einer gegebenen Temperatur mit dem umgebenden Wasser im Gleichgewicht ist, wird bei Zunahme der Temperatur entweder steigen oder sinken, je nachdem er sich stärker oder schwächer als Wasser ausdehnt. Dagegen kann die Veränderung der inneren Reibung, mag sie auch noch so groß sein, doch nur auf die Geschwindigkeit einer der Richtung nach schon gegebenen Bewegung Einfluß haben.

Man darf daher die Veränderung der Gewichts- und Volumverhältnisse des Wassers und des Planktons durch die Temperatur keinesfalls völlig außer Betracht lassen, im Gegenteil, in allen den Fällen, in denen es gilt, abwechselndes Steigen und Fallen zu erklären, sind diese allein maßgebend.

Die oben mitgeteilten Beobachtungen über die Größe der Wärmeausdehnung tierischer Gewebe lassen es fast sicher erscheinen, daß das Steigen und Fallen des Planktons in viel höherem Grade, als bisher angenommen werden konnte, von der Temperatur abhängig ist. Man muß sich gewöhnen, das spezifische Gewicht organischer Stoffe und Gewebe nicht als feststehend anzusehen, sondern in jedem Falle die herrschende Temperatur zu berücksichtigen. Das Verfahren von BRANDT, die Ausgleichung des spezifischen Gewichts dadurch herbeizuführen, daß die Temperatur der Versuchsfüssigkeit geändert wird, ist von diesem Standpunkte aus mit groben Fehlern behaftet. Dies

Verfahren ist zwar schon längst verworfen worden, aber auch in manchen anderen Fällen dürfte es sich empfehlen, die Volumänderung der Organismen selbst sorgfältiger zu beachten.

Bei dem heutigen Stande der Planktonforschung läßt sich, soweit ich beurteilen kann, nicht wohl entscheiden, ob die erwähnte starke Wärmeausdehnung organischen Gewebes wirklich eine bedeutende Rolle für die Bewegung des Planktons spielt oder nicht. Wenn dies der Fall ist, müßte im allgemeinen mit steigender Temperatur auch ein Steigen des Planktons zu beobachten sein. Soweit mir bekannt, besteht die Neigung, die Bewegungen des Planktons auf aktive Ortsbewegung, Taxis, der Organismen zu beziehen. Daher ist auch, wie mir scheint, der größte Teil der Beobachtungen gleich auf diese Auffassung zugeschnitten, so daß es schwer ist, ein vorurteilfreies Urteil zu gewinnen. Einige Tatsachen scheinen aber zu dieser herrschenden Auffassung sehr schlecht zu passen. Wenn z. B. (vgl. STEUER, Planktonkunde, S. 383) gewisse Erscheinungen als Phototaxis angesprochen werden und, wo sich das Gegenteil zeigt, „Umkehr der Phototaxis“ angenommen wird, kann man mit dieser Erklärung wohl kaum zufrieden sein. Wenn ferner (ebenda S. 377) zusammenfassend von LOHMANN'S Untersuchungen gesagt wird, daß sie auf gleichzeitige Wanderung der verschiedensten Organismen hinweisen, so liegt es nahe, statt der biologischen Hypothesen eine physikalische Ursache zu suchen.

Zum Schluß sei hervorgehoben, daß die besprochenen Verhältnisse sich nicht bloß auf die Erscheinungen am Plankton, sondern natürlich auch auf alle übrigen Fälle beziehen, in denen Organismen unter Wasser ihren Auftrieb ändern. Die Kontraktion bei der Quellung gewährt z. B. die Möglichkeit, das Aufsteigen und Absteigen von Wasserschnecken und Radiolarien, über das wiederholt gestritten worden ist, zu erklären (vgl. EIMER, Arch. f. mikr. Anat. 47, S. 213, 1880; VERWORN, Pflügers Arch. 48 S. 149 und 50 S. 427).

Man kann die Gewebsflüssigkeit, auch abgesehen von ihrem, wie oben gezeigt worden ist, an die Gewebssubstanz gebundenen Zustande, als eine Lösung von bestimmter Konzentration ansehen, die im allgemeinen von der Konzentration der umgebenden Flüssigkeit nicht unerheblich abweicht. Lösungen von verschiedener Konzentration zeigen aber ziemlich verschiedene Größe des Ausdehnungskoeffizienten. In Fällen, in denen das spezifische Gewicht der organischen Substanz dem der umgebenden Flüssigkeit bei mittlerer Temperatur nahe liegt, kann dieser Unterschied sehr wohl ausreichen, bei Temperaturänderungen, die im Bereiche der Wahrscheinlichkeit liegen, Aufsteigen oder Absinken der Organismen zu veranlassen.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [1914](#)

Autor(en)/Author(s): Bois-Reymond René du

Artikel/Article: [Volumänderungen organischer Gewebe mit Berücksichtigung der "Schwebefauna". 373-378](#)