

# Biologisches Centralblatt

unter Mitwirkung von

**Dr. M. Reess**

und

**Dr. E. Selenka**

Prof. der Botanik

Prof. der Zoologie

herausgegeben von

**Dr. J. Rosenthal**

Prof. der Physiologie in Erlangen.

---

24 Nummern von je 2—4 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark.  
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

---

**XIV. Band.**

15. Juni 1894.

**Nr. 12.**

---

**Inhalt:** **Gautier**, Die Ernährung der Zelle. — **Korotneff**, Zur Entwicklung des Mitteldarms bei den Arthropoden. — **Fürbringer**, Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel, zugleich ein Beitrag zur Anatomie der Stütz- und Bewegungsorgane (12. Stück). — **Hertwig**, Die Zelle und die Gewebe. Grundzüge der allgemeinen Anatomie und Physiologie. — Programm für das Werk: „Das Tierreich“. Eine Zusammenstellung und Kennzeichnung der rezenten Tierformen. — Drei Preisaufgaben des Deutschen Fischerei-Vereins. — 66. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. Wien 1894.

---

## Die Ernährung der Zelle<sup>1)</sup>.

Von **Armand Gautier**.

Der Mechanismus, durch welchen die Gewebe ernährt werden, wachsen und ihre spezifischen Produkte aufspeichern, besteht nicht in einer Art von Auswahl oder einer besonderen Anziehungskraft, welche eine jede Zelle auf die verschiedenen Stoffe ausübt, die ihr durch einander gemischt in der Nährflüssigkeit, d. h. in dem Blutplasma gelöst, geboten werden. Wirft man drei Krystalle von Alaun, Kochsalz und Salpeter in ein und dieselbe Lösung, die zugleich mit diesen drei Salzen gesättigt ist, so wird jeder von ihnen das Material an sich ziehen, das zu seinem Wachstum beitragen kann: der Alaunkrystall wird das Kaliumaluminiumsulfat binden, ohne das Kochsalz oder den Salpeter zu ergreifen; das Kochsalz wird das Chlornatrium an sich ziehen; der Salpeter bindet den Salpeter, und keines der Salze wird von den zwei anderen etwas anziehen.

Aber ganz anders als der Krystall, der dadurch, dass er präformierte Substanz auf seinen Flächen niederschlägt, wächst, ernährt sich der lebende Organismus; er formt die Nahrungsstoffe, die ihm durch die Cirkulation zugeführt werden, um, er assimiliert

---

1) Vortrag über biologische Chemie an der Pariser mediz. Fakultät (Revue scientif., 28. April 1894).

sie, wie wir mit einem Worte sagen können, zu seinem eignen, spezifischen Material.

Dies Phänomen der Assimilation ist noch sehr wenig aufgeklärt. Wir sehen zwar, dass der tierische Organismus mit seiner pflanzlichen Nahrung die drei Hauptgruppen von Nahrungsstoffen, Eiweißstoffe, Fette und Kohlehydrate aufnimmt und dass man sie im Tiere wiederfindet; aber nichtsdestoweniger machen die drei verschiedenen Substanzen, bevor sie die definitive Form erlangen, die ihnen die lebende Substanz gibt, wichtige Umbildungen durch, so dass wir sicher nicht annehmen dürfen, dass sie einfach durch Intussusception an ihren Platz gelangt sind, durch eine Art Niederschlag, den jede Zelle und jedes Gewebe, je nach seiner Natur, aus dem Material hervorrufft, das durch die Nahrungsaufnahme zugeführt und kaum durch die Verdauung verändert worden ist. Ossein, Chondrin, Myosin, Elastin, Vitellin, Casein, Hämoglobin und Serumalbumin selbst unterscheiden sich, obgleich die Zusammensetzung analog ist, doch deutlich von Albumin, Legumin und Glutein der Pflanzen. Jede Knochen-, Knorpel-, Muskel-, Bindegewebs- oder Nervenzelle ist ein kleines besonderes Laboratorium, ein wahrer Mikrokosmos, in dem verschiedene Produkte aus gleichem Material, der Nährsubstanz, dargestellt werden. Man weiß übrigens, dass das Glykogen und die Glykose sich bei reiner Eiweißernährung bilden können, dass die Proteinsubstanzen genügen, um Fette zu bereiten, dass ganz besondere Arten von Fetten sich bei jeder Tierart zeigen, ganz gleich, wie die ursprüngliche Nahrung beschaffen ist, und dass folglich wenigstens ein Teil der Kohlehydrate und Fette, bevor er sich in der tierischen Zelle ablagert, eine Reihe komplizierter Veränderungen durchgemacht haben muss.

Wir wollen nun versuchen, etwas Klarheit in das wichtige Phänomen der Assimilation zu bringen und so gut als möglich, die verschiedenen Modifikationen verfolgen und analysieren, die die Proteinstoffe erleiden, wenn sie beim Eindringen in die Gewebe allmählich verdaut, dissoziiert und schließlich von einer jeden Zellart assimiliert werden. Dann wird auch die Genese der Fettkörper und Kohlehydrate, welche sich, wie noch ausgeführt werden soll, durch Zerfall aus Eiweißkörpern bilden können, zugleich verständlich werden.

Wenn ein Eiweißkörper pflanzlichen oder tierischen Ursprungs aufgenommen wird, so zerfällt er zunächst unter Aufnahme von Wasser durch die Einwirkung verdauender Fermente und macht eine Reihe von Spaltungen durch, die ihn in einfachere Moleküle, die Peptone, zerlegen; das sind Substanzen, die noch zur Familie der Eiweißkörper gehören, aber ein viel geringeres Molekulargewicht haben, als das der ursprünglichen Albumine. Der Entstehung von Peptonen geht im Magen die Bildung von Acidalbumin oder Syntonin voraus, dem ersten Produkt aus diesen einfachen Spaltungen. Während nun nach den

Versuchen von Diakonow und nach meinen eigenen das Eieralbumin zum Beispiel ein Molekulargewicht von ungefähr 6000 hat<sup>1)</sup>, ist das Molekulargewicht des Syntonins nicht höher als 2950, also ungefähr um die Hälfte kleiner. Unter der Einwirkung der Magensäuren ist also das Eiweißmolekül zunächst erst in zwei Moleküle von einem halb so großen Gewicht zerlegt; dann wird das Syntonin seinerseits weiter in Propeptone und Peptone umgebildet, die noch geringere Molekulargewichte haben. Der ursprüngliche Eiweißkörper vereinfacht sich also im Verlauf der Verdauung, durch eine Reihe von aufeinander folgenden hydrolytischen Spaltungen, ohne dass er jedoch seinen spezifischen Charakter als Proteinsubstanz einbüßt. Nach den Versuchen von Schützenberger nehmen 100 g trockenen Fibrins bei der Peptonisierung 4 g Wasser auf, was bei einem Molekulargewicht von 6000, wie wir es für das ursprüngliche Fibrin annehmen, der Aufnahme von 12 bis 13 Molekülen Wasser entsprechen würde, d. h. einem sehr tief gehenden Zerfall des Fibrins, dessen Trümmer aber doch noch nach dieser Peptonisierung die Charaktere der Familie der Proteine bewahrt haben.

Die Magen- und Darmpeptone, ebenso wie die zum Teil versapften Fette und die Zucker von der Formel  $C_6H_{12}O_6$ , die aus der hydrolytischen Spaltung der Kohlehydrate und Saccharosen stammen, dringen in das Lymphgefäßnetz ein, das wieder von den Kapillaren der Mesenterialvenen umgeben ist. In diesem Augenblick macht sich eine Art Auswahl aus den durch die Verdauung entstandenen Stoffen geltend. Die einen dringen in die Blutgefäße, die anderen, besonders die Fette und Zucker, bleiben in den Chylusgefäßen. Aber auf dem Durchgang durch die Lymphknoten des Mesenteriums haben die Eiweiß- und Fettkörper durchgreifende Veränderungen erfahren. Sie haben dort eine Menge von besonderen Zellen, die Lymphkörperchen, angetroffen, welche sich ihrer bemächtigen, sie so zu sagen verdauen, und welche auf Kosten der ursprünglichen Nährstoffe, wie auch deren Anfangszustand gewesen sein mag, neue Albumin- oder Fettstoffe absondern, die für jede Tierart konstant sind. Bei der Berührung mit ihnen sind die Peptone vollständig verschwunden und während ihres kurzen Durchgangs in Serumalbumin umgewandelt; die besonderen vegetabilischen Fette sind, ganz unabhängig von der Art ihrer Fettsäuren, ganz oder fast ganz in Tristearin, Trimargarin, Triolein oder andere tierische Glyceride umgewandelt. Diese Art zweiter Verdauung, aus der neue, für jede Species eigentümliche und im großen und ganzen von der Natur der Nahrungsmittel unabhängige Stoffe hervorgehen, ist nicht verständlich, wenn man nicht voraussetzt, dass die Leukoeyten im Innern der Mesenterialdrüsen die vom Darm gelieferten Substanzen absorbiert,

1) Siehe des Verfassers „Cours de Chimie“, Abschnitt III, S. 141.

dann assimiliert und umgebildet und schließlich die neuen Stoffe ausgeschieden haben, die aus der eigentümlichen Art ihrer Funktion resultieren. Einer der Beweise, dass die entstandenen Fette nicht mehr gleich den eingeführten sind, gründet sich nicht allein auf die Konstanz in der Zusammensetzung der neuen Fettkörper für jede Tierpezies, auch wenn man die Fettkörper in der Nahrung variiert, sondern auch darauf, dass man in den Chylusfetten verschiedene stickstoffhaltige Fette findet, wie Amidodistearin  $(C_3H_5(NH_2)(C_{18}H_{35}O_2)_2)$ , welche klar beweisen, dass diese Fettkörper wenigstens zum Teil durch Dissimilation sehr komplizierter stickstoffhaltiger Stoffe entstanden sind.

Wenn die so entstandenen Stoffe in den Ductus thoracicus gekommen sind, gelangen sie ins Blut und mit diesem zu den verschiedenen Geweben, denen sie als Nahrung dienen. Wir werden darauf noch zurückkommen.

Ein anderer Teil der aus der Verdauung hervorgegangenen Produkte, der durchaus nicht unwichtig ist, gelangt in die Kapillaren der Mesenterialvenen und kommt durch die Pfortader zu den Leberzellen. Die ursprünglichen Albuminstoffe, die durch die Peptonisierung gespalten und alsdann durch die Lymphkörper verändert worden sind, sind als solche im Pfortaderblut nicht mehr zu finden. Selbst während der Verdauung sind die Peptone aus ihm verschwunden. An ihrer Stelle trifft man dafür einen giftigen Körper, besonders wenn sich das Tier von Fleisch genährt hat, das karbaminsäure Ammonium  $CO < \begin{matrix} NH_2 \\ ONH_4 \end{matrix}$  eine Substanz, die durch Austritt von Wasser Harnstoff  $CO(NH_2)_2$  geben kann (Nencki, Paulow, Hahn).

Die Albuminoide sind also unausgesetzt seit ihrem Austritt aus dem Verdauungstraktus weiter zerfallen; wenigstens ein Teil dieser Stoffe hat das Radikal  $CO-NH_2$  abgegeben, das das karbaminsäure Ammonium bilden hilft. Diese Gruppe  $CO-NH_2$  stammt aus dem Eiweißmolekül, das also erstens in karbaminsäures Ammonium zerfallen ist, und zweitens — was konsequenter Weise erfolgen musste — in einige komplizierte Amide (Glykoproteine, Tyroleucin etc.), die aus der starken hydrolytischen Spaltung der Eiweißstoffe, die ihr Harnstoffradikal verloren haben, stammen (Schützenberger). Man weiß, dass aus diesen Amidn wieder durch Zerfall die Leucine  $C_nH_{2n+1}NO_2$  und die Leucine  $C_nH_{2n-1}NO_2$  entstehen. Es ist nun experimentell festgestellt, dass, wenn man Tiere mit komplizierten Amidn, z. B. Leucin, Glykokoll, Asparagin und sogar mit Ammoniumsalzen von organischen Säuren, besonders mit Salzen der Milchsäurereihe, füttert, der Stickstoff dieser Verbindungen zum größten Teil in Form von Harnstoff ausgeschieden wird. Die hydrolytischen Spaltungen, die die Proteine schon während der Darmverdauung und weiter in den Lymphknoten

und Gefäßen des Mesenteriums und Darms durchmachen müssen, führen also schon zu einem sehr weit vorgerückten Stadium in der Umwandlung in Harnstoff.

Aber, gleichgiltig ob die Proteinsubstanz, wenn sie zu den Leberzellen gelangt, schon teilweise durch Hydrolyse in komplizierte Amide zerfallen ist, oder ob sie die Reihe der aufeinanderfolgenden modifizierenden Spaltungen noch nicht durchgemacht hat; jedenfalls verändert sie sich beim Durchgang durch die Leber ganz auffallend. Aus dem größeren Teil des Stickstoffs wird dort Harnstoff gebildet, aus dem andern Teil des Moleküls entsteht gleichzeitig Glykokoll, Taurin, Tyrosin, Glykogen und Cholesterin.

Wir wollen gleich beweisen, dass diese vollständige Spaltung des ursprünglichen Eiweißes wirklich erfolgt.

Was den Harnstoff anlangt, so haben Meissner schon um 1864 und später Gscheidlen konstatiert, dass die Leber, die Milz und die Niere viel mehr Harnstoff enthalten als die meisten anderen Organe: Muskeln, Lungen u. s. w., die nur wenig liefern. Cyon beobachtete, dass das Blut der Lebervenen viel reicher an Harnstoff ist als das von irgend einer andern Vene, und besonders als das der Pfortader. Zum Beispiel liefert ein Liter Pfortaderblut 0,9 g Harnstoff, ein Liter Lebervenenblut aber 1,4 g. Die Leber fabriziert also Harnstoff, die angestellten Experimente haben es endgiltig festgestellt. v. Schroeder spritzte durch die Gefäße von verschiedenen Organen, die er frisch dem lebenden Tier entnommen hat, Blut, in dem Ammoniumlaktat oder gar Ammoniumkarbonat gelöst war, und fand, dass die Salze im Lebergewebe in Harnstoff umgewandelt werden, aber bloß im Lebergewebe. Schmiedeberg und Halleorden, die mit den Ammoniumsalzen von organischen Säuren arbeiteten, und Nencki, Schultzen und Salkowski, die Glykokoll, Alanin, Leucin und andere stickstoffhaltige Verbindungen benutzten, haben bewiesen, dass, wenn man Tiere mit diesen Substanzen füttert, der Harnstoff, den sie ausscheiden, auffallend zunimmt, ohne dass dem entsprechend das Eiweiß von Geweben zerstört wird; denn die Menge von Schwefel im Harn, die ein Maß für den Zerfall von Eiweiß ist, nimmt nicht zu. Also müssen sich die eingeführten Amide und Ammoniaksalze im Körper in Harnstoff verwandeln, und zwar geschieht das, wie wir gesehen haben, während der Verdauung und in der Leber. Ausgenommen ein Teil des Glykokolls, der in diesem Organ, wie wir noch sehen werden, zur Bildung von Gallensäure verwandelt wird, verwandeln sich also diese Verbindungen in Harnstoff. Und umgekehrt nimmt die Harnstoffausscheidung ab oder hört ganz auf, wenn die Leberfunktion gestört ist. Seit Frerichs weiß man, dass bei schweren Lebererkrankungen der Harnstoff im Urin beträchtlich schwindet, während man an seiner Stelle Leucin und andere stickstoffhaltige Körper auftreten sieht, die sonst im normalen

Zustand nie vorkommen. Bestätigende Beobachtungen über den Einfluss von Leberkrankheiten auf die Harnstoffsekretion sind von Brouardel gemacht worden und haben zu denselben Schlüssen geführt.

Man kann heutzutage die harnstoffbildende Thätigkeit dieser Drüse nicht mehr in Zweifel ziehen.

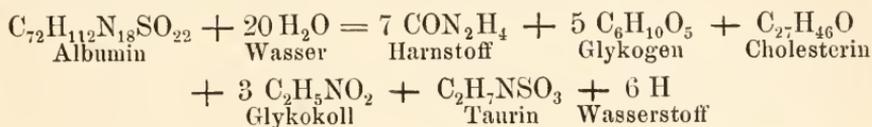
Was die Bildung von Glykogen anlangt, so sind die Beweise ebenso überzeugend. Seit Cl. Bernard weiß man, dass die Leber mit diesem Kohlehydrat auch dann beladen ist, wenn man Tiere lange bloß mit Fleisch ernährt. von Mehring und Naunyn haben dies bestätigt: das fettfreie Muskelfleisch und das Albumin von gekochten Eiern genügen, um die Glykogenbildung zu unterhalten. Ein weiterer Beweis für die Bildung des Glykogens in der Leber, selbst wenn sie vom lebenden Körper getrennt ist, ist von Seegen geliefert worden. Zwei frische, gleich schwere Stücke von derselben Leber eines Hundes wurden in zwei Reagensgläsern gethan, die mit Blut von dem Tier gefüllt waren. In das eine von ihnen gab er noch eine Lösung von Peptonen; dann brachte er die beiden Gefäße in ein Wasserbad von 35° und ließ Luft hindurchströmen. Nach Verlauf einiger Stunden bestimmte er die Zuckermenge in den beiden Leberstücken und fand, dass das Stück, welches in dem Blut ohne Pepton gelegen hatte, 2,56% Glykose enthielt, dasjenige, das sich im peptonisierten Blut befand, 3,54%. Zugleich stieg der Glykogengehalt in der peptonisierten Leber von 2,2% auf 2,8%. In diesem Stück hat sich also sowohl Glykogen als auch Glykose gebildet. Lépine hat vor kurzem Seegens Beobachtungen bestätigt (C. Rendus, Heft 115, S. 304 u. Heft 116, S. 419).

Vom Cholesterin weiß jeder, dass die Galle bei ihrem Einfluss in den Darm davon eine bestimmte Menge mit sich führt, nämlich 0,5 bis 2,5 pro Mille. Und andererseits ist nach den Analysen von Drosdorff das Lebervenenblut viel reicher an Cholesterin als das Blut der Pfortader und der Leberarterien. Er hat für 1000 g Blut gefunden: in den Lebervenen 3,52 g; in der Pfortader 1,50 g; im Arterienblut 1,60 g. Die Leber entsendet also mehr Cholesterin, als sie aufnimmt, und zwar beträchtlich mehr.

Auch die Bildung von Glykokoll und Taurin in der Leber ist unleugbar; die Gallensäuren beweisen es. Die Glykocholsäure entsteht unter Abspaltung von Wasser aus der Verbindung von Glykokoll  $C_2H_5NO_2$  mit Cholalsäure  $C_{24}H_{40}O_5$ ; in gleicher Weise bildet sich die Taurocholsäure aus Taurin  $C_2H_7NSO_3$  und Cholalsäure; deren Entstehung scheint an den Zerfall der Eiweißkörper in den Blutkörperchen und an Chlosterin geknüpft zu sein. Unter der Form der Taurocholsäure wird dann der aus diesem Zerfall resultierende Schwefel definitiv ausgeschieden.

So liefert also in der Leber die Spaltung der Eiweißkörper Harn-

stoff, Glykogen, Cholesterin, Glykokoll und Taurin. Wir wollen nun darthun, dass weder freier Sauerstoff noch Sauerstoff in der Verbindung von Oxyhämoglobin irgend etwas mit diesen Umbildungen zu thun hat, die einfach auf hydrolytischen Prozessen beruhen. Wenn ich die Zwischenprodukte unberücksichtigt lasse, so verdeutlicht, glaube ich, die folgende Gleichung diesen in der Leber erfolgenden Zerfall der Proteinsubstanz:



Diese Gleichung erfordert verschiedene Erläuterungen, Folgerungen und Untersuchungen über ihren Wert.

Erstens zeigt sie, dass der Harnstoff, der sich in der Leber bildet, aus der Hydrolyse der Eiweißkörper, nicht aus ihrer Oxydation resultiert. Sie drückt aus, dass der Sauerstoff nicht bloß bei dieser Bildung von Harnstoff nicht beteiligt ist, sondern dass dies Phänomen sogar unter Reduktion von statten geht und mit der Tendenz, Wasserstoff frei zu machen, wie es aus unserer Gleichung hervorgeht. In Wirklichkeit verbindet sich dieser Wasserstoff, ganz oder zum Teil, mit verschiedenen Zwischenprodukten aus dem Eiweißzerfall und bewirkt so, dass in den Leberzellen außerordentlich stark reduzierende Stoffe entstehen, deren Vorhandensein und deren Bedeutung wir nachher beweisen wollen.

Unsere Gleichung lehrt ferner, dass sich aus 110 g trockenen Eiweißes (einer Menge, die bei einem normalen erwachsenen Menschen die tägliche Ration in der Nahrung sein soll) 28,5 g Harnstoff bilden sollten; aber wie wir sehen werden, zerfällt auch in der Milz, im Fettgewebe, im Gehirn u. s. w. ein Teil der Eiweißkörper unter Bildung von Harnstoff, und in diesen Fällen steigt nach einer der obigen analogen Gleichung, die weiter unten mitgeteilt werden soll, die Harnstoffmenge, die 110 g Eiweiß entspricht, auf 33 g pro Tag. Das Mittel aus den beiden Zahlen, 30 g, entspricht der Wirklichkeit; wir scheiden normal in 24 Stunden 30 g Harnstoff aus.

In der Leberzelle wird also das Eiweiß zerstört, es entsteht Harnstoff, Glykogen, Cholesterin und die Gallensäuren, Derivate sehr einfacher Amidverbindungen (Glykokoll und Taurin); das haben wir bewiesen. Es bleibt uns noch zu beweisen, dass dies Phänomen nicht an eine Oxydation gebunden ist, dass das Lebergewebe reduzierend wirkt, und dass die Dissoziation des Eiweißmoleküls sich wie bei den Gärungen durch Bakterien, durch einfache hydrolytische Spaltung vollzieht.

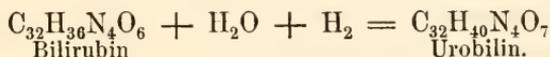
Bevor wir aber die Beweisführung antreten, muss ich bemerken, dass die Physiologie und die Thätigkeit der Leberzelle nur ein besonderer Fall der Thätigkeit der meisten lebenden Zellen ist, nur ein

besonderer Fall, der infolge der Entdeckung der Glykogenproduktion zu weit abseits gestellt ist von dem gewöhnlichen Fall. In fast allen Zellen und Zellgeweben werden die Eiweißkörper so ziemlich auf dieselbe Weise zerstört. Ueberall erscheinen neben dem Harnstoff oder komplizierten analogen Stickstoffverbindungen (harnsauren Salzen und Xanthin- oder Kreatinverbindungen) verschiedene Fett- oder Kohlehydratverbindungen, die einander entsprechen und ersetzen. Wir konnten das Phänomen der Spaltung der Eiweißsubstanzen deswegen in den Leberzellen genauer analysieren, weil das homogene und relativ mächtige Lebergewebe sich dazu besonders eignet. Aber überall, wo in einer tierischen Zelle das Protoplasmaeiweiß zerfällt, finden wir entweder Harnstoff oder harnsaure Salze oder Stoffe der Kreatingruppe, die diese ersetzen, und neben ihnen bald Fett an Stelle des Glykogens, wie im Fettgewebe, bald beide Substanzen neben einander, wie in den Muskeln, bald Myelin, Cerebrin oder Cholesterin, wie im Nervengewebe, bald sogar stickstoffhaltige Körper, wie Chondrin, Chitin, die scheinbar zu Fetten und Kohlehydraten keine Beziehungen haben, in Wirklichkeit aber zwischen den Kohlehydraten und den eigentlichen Eiweißkörpern stehen. Und diese verschiedenen Substanzen, die einander ersetzen und sich entsprechen, sind stets, wie in der Leber, unter Reduktion entstanden. Wir werden zwar keine Gallensäuren weiter finden; denn sie sind ganz charakteristische Produkte der Leberzellen; aber dafür sehen wir an ihrer Stelle die Oxydationsprodukte des Schwefels ( $\text{SO}_3\text{H}_2$  und  $\text{SO}_4\text{H}_2$ ), mit den Amidosäuren zu Basen oder Phenolen verbunden.

Jede Zellart ernährt ihr Protoplasma und baut ihre besondern Proteinstoffe, auf Kosten derselben Albuminstoffe, die durch das Blut zugeführt werden, aus durch den Durchgang durch den Verdauungstrakt erheblich vereinfachten Stoffen. Das Geheimnis, wie der synthetische Aufbau bei der Assimilation erfolgt, ist ebenso groß, wie das der besonderen Eigenschaft der Zelle. Im Muskel entsteht das Muskulin oder vielmehr das Myosinogen; im Knochen das Ossein; in der Bindegewebszelle die elastischen und Bindegewebsfasern; in den Drüsenzellen die Pepsine, Diastasen, Toxine oder Gifte, die für jede Zelle besondere sind. Von diesen Produkten verlässt ein Teil den Ort der Entstehung und übt wo anders seine Thätigkeit aus, der andere, wie die Muskelsubstanz, zerfällt am Orte durch die Arbeitsleistung des Gewebes zum Teil in einfachere stickstoffhaltige Körper (Kreatin, Hippur- und Inosinsäure, Leukomaine u. s. w.), zum Teil in stickstofffreie Produkte (Milchsäure, Glykogen). Aber ob sich Harnstoff bildet oder nicht, ob er zum Teil oder ganz und gar durch verschiedene Amide oder Urate ersetzt wird, ob das Protoplasma bei diesen Umbildungen, die bei den verschiedenen Zellen verschieden sind, je nach der Verschiedenheit der Produkte, weniger nach dem Mechanismus der Ent-

stehung, freie Kohlensäure abgibt oder nicht, jedenfalls wirkt das Protoplasma der Zelle stets reduzierend. Wir wollen beweisen, dass in dieser ersten Phase der Dissimilation der Zerfall des protoplasmatischen Eiweißmoleküls immer ohne jede Einwirkung von Sauerstoff erfolgt. Erst nach diesem ersten Stadium der Dissoziation der Eiweißbestandteile des Protoplasmas werden die Produkte der Zellthätigkeit, die nun für die Verbrennung empfänglich sind, oxydiert durch Sauerstoff und durch einen Mechanismus, der ganz verschieden von dem ist, durch den der Harnstoff entstand und der Zucker und die Fette, d. h. durch einen der Oxydation gerade entgegengesetzten Vorgang.

Man weiß schon seit langer Zeit, dass die Gewebe in besonderen Fällen starke reduzierende Wirkungen ausüben. Gibt man z. B. an Tiere Jodate oder Bromate, so werden die Salze reduziert und in Jodide und Bromide verwandelt, die man dann im Harn findet. Ebenso verbindet sich Indigosulfosäure beim Durchgang durch Gewebe mit zwei Atomen Wasserstoff und wird farblos, weil Indigweiß entstanden ist. Wenn man Bilirubin ins Blut injiziert oder im Darm absorbieren lässt, so beladet es sich mit Wasserstoff, nimmt Wasser auf und wird zu Urobilin:



Diese und noch andere Beobachtungen beweisen, dass, obgleich beim Tier das Blut ein oxydierender Körper ist, doch wenigstens ein Teil der Zellen in unseren Geweben reduzierend wirken und wie Bakterien funktionieren können. Für diese Behauptung, die neueren Datums ist, habe ich seit 1881 verschiedene Beweise geliefert. Besonders hob ich damals hervor, dass der Körper reduzierende Substanzen produziert, wie die Ptomaine, das Indigogen, die Extraktiv- und Farbstoffe des Harns, die sehr oxydabel sind. Dann hat Ehrlich 1890 gezeigt, dass das Protoplasma sehr vieler, wenn nicht aller Zellen diese reduzierenden Fähigkeiten besitzt. Seine höchst ingenüose Methode besteht darin, dass man beim lebenden Tier durch Injektionen in die Venen lösliche Natronsalze von Alizarinblau, Cörulein u. s. w. bringt; das sind stark färbende Stoffe, die sich dadurch auszeichnen, dass sie bei Aufnahme von Wasserstoff, zu farblosen Körpern werden, die für jedes Gewebe durch das stärkere oder weniger starke oder durch das schnellere oder langsamere Verschwinden der blauen Farbe die Bestimmung ermöglichen, ob seine Reduktionsfähigkeit stark oder schwach ist.

Nachdem solche Injektionen mit blauen Farbstoffen in Gefäße von Kaninchen oder Meerschweinchen gemacht worden sind, tötet man das Tier und untersucht sofort die Färbung der verschiedenen Organe. Man bekommt dann folgende Resultate:

Die weiße Substanz vom Gehirn und Rückenmark zeigt keine Bläuung. Sie muss daher Wasserstoff an das Cörulein abgegeben haben und wirkt also stark reduzierend. Die graue Substanz bleibt dagegen gefärbt;

Die quergestreiften und glatten Muskelfasern sind leicht gebläut;

Die Synovialmembranen bleiben gefärbt;

Die Knorpel sind ungefärbt, also stark reduzierend;

Die Knochen sind ungefärbt oder stellenweise blau;

Das Blutserum, Lymphe und Synovia sind blau;

Die Epithelien und Schleimhäute sind schwach gefärbt;

Drüsen, die während des Lebens Cörulein oder Indigo nicht reduzieren, sind die Speicheldrüsen, das Pankreas, die Thymusdrüse, die Milchdrüsen, die Lymph- und Schleimdrüsen.

Unter den Organen, welche eine sehr energische Reduktionsfähigkeit zeigen, muss man die Leber an erster Stelle nennen. Sie ist ganz und gar ungefärbt, ausgenommen auf den Durchschnitten der Gallengänge. Die Leberzellen bilden also, wie schon gesagt ist, ein reduzierendes Gewebe.

Die Marksubstanz der Nieren bleibt stark blau gefärbt, die Rindensubstanz ist aber ganz farblos.

Das Lungengewebe und die Pleura sind wie im normalen Zustand gerötet, also reduzieren auch sie.

Folglich sind die weißen Partien im Gehirn, Rückenmark und Nerven, die Muskeln, Knorpel, die Leber, die Rindensubstanz der Niere, das Lungenparenchym u. s. w. während des Lebens durchaus reduzierende Gewebe, obgleich sie fortwährend von sehr sauerstoffreichem Blut durchströmt werden.

Nach dem Tode nimmt die Reduktionsfähigkeit der Gewebe sehr zu. Unter diesen Umständen kann ja nicht mehr der Sauerstoff aus dem Blute an die Reduktionsprodukte herankommen und sie verändern; aber das Zellprotoplasma fährt fort zu funktionieren, wie ich vor zwei Jahren zusammen mit Landi besonders fürs Muskelgewebe gezeigt habe.

Bei Tieren, denen man Cörulein injiziert hat, werden das ganze Gehirn und die glatten und quergestreiften Muskeln nach dem Tode binnen 2 bis 15 Minuten vollständig entfärbt. Die Thränen-, Ohrspeichel- und Lymphdrüsen und das Herz werden in 15 bis 45 Minuten entfärbt. Dagegen werden das Pankreas und die Submaxillardrüsen nur sehr langsam oder überhaupt gar nicht entfärbt.

Man kann die Experimente leicht im Probierglase wiederholen, wie ich es mit Leberpulpa und mit Muskeln gemacht habe. Wenn man verdünnte Lösungen von indigosulfosaurem Natrium, Kaliumbromat oder Kaliumjodat der Berührung mit Streifen von frischem Fleisch in einer Stickstoffatmosphäre aussetzt, so sieht man, wie der Indigo rapide sich in Indigweiss verwandelt, wie die Jodate und Bromate zu Jodiden

und Bromiden werden, wie mit einem Worte, das Muskelgewebe stark reduziert. Dieselben Erfolge kann man mit Bierhefe anstatt mit Muskelfleisch erhalten.

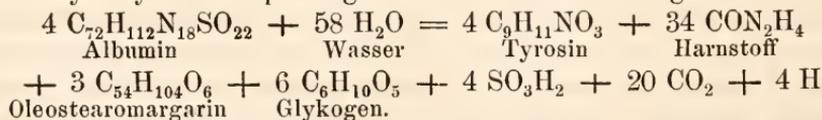
Also reduzieren die meisten lebenden und funktionierenden Zellen der Gewebe, die protoplasmatischen Teilchen, in denen sich das Phänomen der Assimilation abspielt und in denen die Dissimilation der Albumine beginnt. Bokorny hat bewiesen, dass das reduzierende Prinzip dem Protoplasma anhaftet, dass es zu den Colloidstoffen gehört, also nicht diffusibel ist, dass es alkalisch reagiert und dass es seine Wirkung durch Erwärmung und durch Behandlung selbst mit verdünnten Säuren verliert. Und diese Albuminbestandteile können nicht nur nicht oxydiert werden im Protoplasma, vielmehr resultieren aus ihrem hydrolytischen Zerfall, wie in unserer obigen Gleichung deutlich ist, stark reduzierende Stoffe und freier Wasserstoff, Wasserstoff, den ich in meiner Arbeit über die Funktion des aus dem Körper gelösten Muskels nachgewiesen und den auch Gréhant eben im normalen Blut gefunden hat, in das er zum Teil übergeht. Nur die Zerfallsprodukte des reduzierenden Protoplasmas, die Zucker, das Glykogen, Fette, Amidverbindungen, verschiedene stickstoffhaltige Säuren, harnsaure Salze, die in dieser ersten, sozusagen anaëroben Phase sich bilden, oxydieren sich dann in einer zweiten Phase in der Peripherie der von Blut umflossenen Zelle, oder werden durch die Strömung fortgeschwemmt und dann direkt ausgeschieden.

So findet sich definitiv die Beobachtung bestätigt, die ich schon vor zwölf Jahren machte, dass das anaërobe Leben, wie man es nur für die niederen Mikroorganismen annahm, auch der Modus der feinen und ursprünglichen Funktion der tierischen Zellen ist, wenigstens der Mehrzahl unter ihnen (S. Gaz. hebdom., 1. Juli 1881, Fonctionnement anaërobie des tissus, Arch. de physiol., 5. Série, t. IV, p. 1). Um die Richtigkeit dieser fundamentalen und ganz unerwarteten Wahrheit festzustellen, stützte ich mich auf zwei Arten von Beweisen: erstens wies ich darauf hin, dass der tierische Organismus als Reduktionsprodukte außer den Ptomainen und Leukomainen, welche ich kurz vorher entdeckt hatte, dieselben Stoffe liefert, deren Bildung ich im Verlauf der Eiweißzerstörung durch anaërobe Bakterien beobachtet hatte. Zweitens bewies ich nach demselben Prinzip topischer Beobachtung, dass die Sauerstoffmenge, die man in unseren sämtlichen Exkreten findet, um 19 Prozent, also um fast ein Fünftel, die dem Tier in derselben Zeit durch die Atmungsluft gelieferte Sauerstoffmenge übersteigt. Daraus folgt, dass ungefähr ein Fünftel der tierischen Exkrete bloß durch Fermentation entsteht und direkt seinen Sauerstoff der Nahrung und den Geweben entnimmt, ohne irgendwelchen aus der Luft zu beziehen. Das heißt: Die Dissimilation von einem Fünftel unserer Nahrungsmittel und Gewebe erfolgt durch einen Prozess, bei dem kein

Luftzutritt statt hat, ganz ähnlich der Dissimilation durch das Buttergärungsferment oder durch die Bierhefe oder durch Fäulnisbakterien. Dass die Produkte, die bei all diesen Vorgängen sich bilden, analog durch Dissoziation des Eiweißmoleküls ohne Sauerstoffeinwirkung entstehen, ist eine notwendige Konsequenz.

Wenn sich also in der Leber aus Eiweißsubstanz Harnstoff, Glykogen, Cholesterin, Glykokoll, Taurin und Tyrosin bilden, so können diese nicht durch Oxydation entstanden sein, da wir eben gesehen haben, dass die Leberzellen stark reduzierende Organe sind. Das Auftreten von Glykokoll, Taurin, Tyrosin und selbst von Harnstoff, Stoffe, die auch im Probierringlas unter Einwirkung von Wasser, das erwärmt wird oder dem man Säuren oder Alkalien zusetzt, auf Eiweißstoffe entstehen, beweist, dass die Moleküldissoziation eine Hydrolyse ist. Damit ist die Richtigkeit unserer oben ausgeführten, auf die Leber bezüglichen Gleichung erwiesen<sup>1)</sup>.

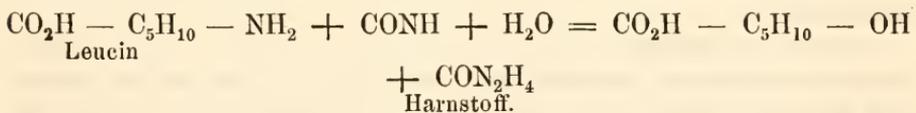
Aber bei diesem Zerfall des Proteinmoleküls ohne Luftzutritt funktioniert jede Zelle, was ihre Zwischenprodukte anlangt, in einer ihr eigentümlichen Art und Weise; darauf haben wir schon hingewiesen. In den Bindegewebszellen und in vielen anderen ist die Protoplasmazerstörung begleitet vom Auftreten von Fetten. Manchmal, z. B. bei den weißen Blutkörpern und im Gehirn, bilden sich Lecithine, Cholesterin, Cerebrin anstatt der Fette. Im Muskel sind es die Fettkörper, das Glykogen und die Milchsäure, die man so leicht daraus gewinnt; in diesem Fall ist der Harnstoff ersetzt durch Amidverbindungen, Kreatin, Leukomaine, harnsaure Salze u. s. w. Aber wenn wir ein paar allzu merkwürdige Derivate unberücksichtigt lassen, uns bloß erinnern, dass die Bildung von Tyrosin das erste Resultat der Albuminhydrolyse ist, dass aus diesem später durch Oxydation Benzoessäure entsteht und Hippursäure, wenn wir weiter sehen, dass der meiste Stickstoff in den Harnstoff übergeht, dass dabei zugleich Fette sich bilden und manchmal Glykogen, aus dem wieder Fettkörper werden können, und zwar, wie noch ersichtlich werden wird, ohne Zutritt von Sauerstoff, und wenn wir uns endlich ins Gedächtnis zurückrufen, dass das Zellprotoplasma stets reduziert und entweder freien oder nur schwach gebundenen Wasserstoff enthält, so gelangen wir zu folgender Gleichung, die ganz allgemein den Zerfall des Zelleiweißes im ersten Stadium der Dissimilation ausdrückt und in der alles sich aus einer Reihe hydrolytischer Spaltungen bildet. Die Gleichung lautet:



1) Während ich den Artikel schreibe, hat Ch. Richet Versuche beendet, die beweisen, dass die Leber, wenn sie aus dem Körper entfernt und sogleich mit Blut gewaschen und dann in Paraffin gebracht wird, fortfährt, Harnstoff zu bilden.

Aus dieser ersten Dissoziation der Eiweißsubstanz resultieren also zugleich Harnstoff (oder Verbindungen, die zur Kreatin-, Harnsäure- und Xanthinreihe gehören und die teilweise oder ganz einander ersetzen können), Zucker, Glykogen, Fettkörper (Lecithin, Cholesterin und Milchsäure können sie in verschiedenen Verhältnissen vertreten), Tyrosin, manchmal etwas Glykokoll oder Taurin (das letztere enthält zum Teil den aus dem Eiweiß stammenden Schwefel), endlich Kohlensäure, die abhängig ist von der Menge der produzierten Fettkörper. In dieser ersten Phase, die sich ganz ohne Luftwirkung abspielt, bildet sich gleichzeitig eine geringe Menge von stark reduzierenden Stoffen und sogar von etwas freiem Wasserstoff.

Von diesen Stoffen geht ein Teil, der Harnstoff, das Kreatin (das sich in Kreatinin verwandelt), einige Leukomaine u. s. w. in den Harn und werden direkt ausgeschieden. Ein zweiter Teil, das Glykokoll und das Taurin, gelangen teilweise in die Galle in Form von gepaarten Säuren, Glykochol- und Taurocholsäure. Das Tyrosin findet man fast in sämtlichen Drüsen: Milz, Leber, Lungen u. s. w., aber es wird besonders in Benzoesäure umgewandelt, die sich mit Glykokoll verbindet und so die Hippursäure bildet, von der die Nieren den Körper befreien. Die eigentlichen Amidosäuren, Glykokoll, Leucin u. s. w. und die Ammoniumsalze selber gehen über in Harnstoff, wie das direkte Experiment es festgestellt hat; ihr stickstoffhaltiges Radikal vereinigt sich dann nämlich mit der Cyangruppe CONH, dem Ausgangsprodukt bei der Zerstörung der Eiweißmoleküle, deren wesentlichen Bestandteil es ausmacht:



Das ist das Schicksal der in dieser ersten Dissoziationsphase gebildeten Stickstoffverbindungen, in der Phase, die sich ohne Luftzutritt abspielt und in der bloß die Eiweißsubstanzen im Protoplasma angegriffen werden.

Wenn diese Substanzen und ihre Stickstoffderivate verschwunden sind, bleiben bloß noch stickstofffreie Körper übrig, Kohlehydrate und Fette oder analoge Verbindungen, die zur selben Zeit wie die eben genannten Stoffe entstehen oder direkt durch die Nahrung zugeführt und in den Geweben aufgespeichert wurden. Von diesen verschwinden zuerst die Kohlehydrate, das Glykogen, aus dem sich leicht hydrolytisch Zucker bildet, und die Glykose, die man in kleinen Mengen überall im Körper findet; ein Teil verwandelt sich nämlich in Fett, wieder ohne Mitwirkung des Sauerstoffs des Blutes, ein anderer wird oxydiert. Erst damit beginnt die zweite Phase der Dissimilation, die Phase der Oxydation, in der die Luft mitwirkt, und die die Be-

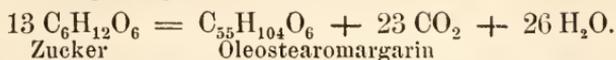
stimmung hat, dem Organismus Wärme zu liefern und ungefähr drei Viertel der gesamten dem Körper zu Gebote stehenden Energie hervorzubringen.

Die Glykose, die unausgesetzt durch die Verdauung und von der Leber dem Blute zugeführt wird, verschwindet dort langsam. Eine unbedeutende Menge wird in nicht bekannte Verbindungen übergeführt durch eine Art Gärung, die bei Erwärmung des Blutes auf 54° sistiert wird (Cl. Bernard). Ein Kilogramm den Gefäßen entnommenes Hundeblood verzehrt bei 38° ungefähr 4 Gramm Glykose in 24 Stunden (Lépine und Barral).

Die Muskelkontraktion verursacht auch eine erhebliche Verminderung von der im zugeführten Blute enthaltenen Glykose, wie besonders die schönen Versuche von Chauveau gezeigt haben. Das Glykogen nimmt gleichzeitig im Muskel ab, der zwar in der Ruhe reduziert, aber im Zustand der Thätigkeit oxydiert. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man durch einen Muskel eine gut gesäuberte Stahlnadel sticht: solange der Muskel in Ruhe bleibt, behält die Nadel ihren metallischen Glanz; bringt man aber den Muskel zur Kontraktion, so bedeckt sich infolge der eintretenden Oxydation die Nadel mit Rost. Die aus dem Muskelblut verschwundene Glykose und Glykogen werden bei der Kontraktion in Kohlensäure, Wasser, Milchsäure und Fett verwandelt, und ihre latente potentielle Energie hat sich durch die Verbrennung der Kohlehydrate umgesetzt in bemerkbar werdende kinetische, hat also direkt dem Tiere die Energie geliefert, die es zur Arbeit gebraucht und auch die Wärme, die es nötig hat.

Wenn der Muskel in Ruhe ist, wird der größte Teil der Kohlehydrate des Körpers, nämlich die, die die Nahrungsaufnahme zuführt und wohl auch die in der Leber sich bildende Glykose, vermittelt einer richtigen Gärung, die in bestimmten Zellen, besonders in den Bindegewebszellen sich vollzieht, in Fette verwandelt. Wenn man ein Individuum ausschließlich mit einer Nahrung versorgt, die sich aus Zucker und Stärke zusammensetzt, so wird es eine Stunde nach Aufnahme derselben durch Lungen und Haut enorme Mengen von Kohlensäure ausatmen, die von der Gärung des Zuckers herrührt, der sich in Fett umsetzt, und dabei nimmt die in derselben Zeit absorbierte Sauerstoffmenge nicht wesentlich zu. (Riche et Hanriot, C. R., t. CXIV, p. 371). Man weiß übrigens schon lange, dass die Fettbildung bei den Tieren durch reichliche Ernährung mit Kohlehydraten befördert wird. Die Versuche von Chaniewsky, Munk und vielen anderen über den Fettansatz bei Gänsen, Hunden und Schweinen haben übrigens gelehrt, dass 70 bis 80 Prozent des im Organismus entstehenden Fettes von der Spaltung der Nahrungskohlehydrate herkommen. Diese rein fermentative Umwandlung von Zucker in Fett-

körper und Kohlensäure kann nach Richet und Hauriot durch folgende Gleichung ausgedrückt werden:



Das so gebildete Fett wird besonders im Panniculus adiposus abgesetzt.

Man hat auch beobachtet, dass es sich beim Zerfall von Protoplasmaeiweiß bildet, das zugleich mit Harnstoff und den analogen stickstoffhaltigen Körpern bald Glykogen gibt, bald Fette und Kohlensäure, öfter Kohlehydrate und Fette zugleich, und zwar im Verlauf der Dissimilationsphase ohne Mitwirkung von Sauerstoff. Aus diesen stufenweisen Umbildungen des Eiweißes resultieren daher, wenn man die stickstoffhaltigen Körper, die schon besprochen sind, unberücksichtigt lässt, fast bloß Fettkörper. Das sind also die eigentlichen Reservestoffe für die Verbrennung. Diese Fette können von nun an nur noch eine Reihe von Oxydationen durchmachen. Doch noch bevor sie direkt verbrannt werden, scheinen sie unter Einwirkung besonderer Fermente verseift zu werden: dadurch entsteht Glyzerin, das selbst wieder oxydieren kann, und Fettsäuren. Aus diesen bilden sich infolge der Alkaleszenz des Blutes lösliche Natriumsalze (Stearate, Oleate u. s. w.), die mit der Zeit vom Blutstrom fortgeschwemmt werden. Sie werden dann allmählich durch den freien oder an Haemoglobin gebundenen Sauerstoff oxydiert und zerfallen zum Schluss, wie schon seit Woehler bekannt ist, in Wasser und Kohlensäure.

Die Zwischenprodukte bei der Oxydation der Fettkörper sind noch nicht genau festgestellt. Man weiß nur, dass sich successive Bernsteinsäure, Mesoxalsäure, Oxalsäure, vielleicht auch Capron- und Buttersäure bilden. Diese Säure findet man wenigstens allgemein in den Geweben und Exkreten.

So verschwinden schließlich in Form von verbrannten und unbrauchbaren Stoffen die Nahrungsbestandteile, Eiweiße wie Fette und Kohlehydrate. Wir haben sie beobachtet von ihrem Eintritt in den Magen ab bis zur Ausscheidung aus dem Körper durch Nieren, die Lungen und die Haut. Bloß die kompliziertesten von ihnen, die Eiweißkörper scheinen assimiliert zu werden. Die andern werden einfach zu Reservestoffen.

Also kommen wir zum Schluss: Die Dissimilation, die sich in der Zelle abspielt, ist die Folge ihrer Funktionsart. Sie spielt sich in zwei Phasen ab. In der ersten, der der hydrolytischen Spaltung, der Phase der Gärung ohne Luftzutritt, entsteht aus dem Protoplasmaeiweiß Harnstoff oder analoge Verbindungen (harnsaure Salze, Kreatinkörper u. s. w.), und zugleich bilden sich dem entsprechend die Kohlehydrate und Fettkörper. In der zweiten Phase, der Phase der Oxydation, verschwinden ihrerseits die Zucker und Fette, (die

entweder aus der Dissimilation des Eiweißes resultieren oder aus der Nahrung stammen). Die Kohlehydrate werden teilweise verbrannt; der größere Teil wird aber, besonders wenn die Muskulatur in Ruhe ist, in Fette verwandelt, und zwar durch einen einfachen Gährvorgang, bei dem eine große Menge Kohlensäure frei wird. Schließlich verschwinden auch die Fettkörper selbst infolge einer richtigen Verbrennung, einer langsamen, aber völligen Oxydation.

Das einfache Phänomen der Oxydation, das offenbar in allen Gewebszellen, wo Fette entstehen, dasselbe ist, hat keinen weiteren Effekt als den, dass es dem Körper die große Wärmemenge liefert, über die er verfügt. Das Verschwinden der an Kohlenstoff reichen Reduktionsprodukte, die aus der Dissociation des Eiweißes resultieren, macht die zweite Phase aus, die Oxydationsphase in der Dissimilation. Sie bringt dem Tier allein drei Viertel der Energie, über die es verfügt.

Doch diese Oxydationsprozesse, die nur, so zu sagen, an der Peripherie der Zellen und mit Hilfe des unaufhörlich vom Blute herbeigeschafften Sauerstoffes vor sich gehen, vollziehen sich nicht direkt. Jaquet hat 1892 gezeigt, dass das Blut fast gar nicht die am allerleichtesten oxydierbaren Stoffe oxydiert. Sie absorbieren dagegen sehr schnell Sauerstoff, wenn man dem Blut eine geringe Menge vom Gewebe oder von einem abgekühlten Extrakt bestimmter Organe (wie Lunge, Muskeln u. s. w.) zusetzt. Solche Extrakte enthalten ein richtiges Oxydationsferment, das in Wasser löslich und in Alkohol ausfällbar ist. Seine oxydationsanregenden Eigenschaften verliert es ganz, wenn man eine Lösung desselben auf 70 bis 80 Grad erwärmt.

Bei den Tieren fällt uns besonders dies Oxydationsphänomen auf, durch das zum großen Teil die Wärme geliefert wird, und das ist der Grund, warum wir so lange die Funktionen der Gewebe, die ohne Luftzutritt ausgeübt werden, verkannt haben. Aber gerade diese Funktion des Zellprotoplasmas, die unbeeinflusst ist vom Zutritt von freiem Sauerstoff, bildet den für jede Zelle eigentümlichen Abschnitt ihres Lebens, durch den jedes Gewebe sich von anderen unterscheidet, in dem die besonderen Stoffe gebildet werden, die Fermente, die stickstoffhaltigen Zwischenprodukte, die oft besonders starke Wirkungen hervorrufen können (Ptomaine, Leukomaine, Toxine), endlich die Reservestoffe, die der Körper benutzt, wenn er sie nötig hat, um seinen Bedürfnissen der Reproduktion, der Wärmeproduktion oder der mechanischen Arbeit Genüge zu leisten.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: [14](#)

Autor(en)/Author(s): Gautier Armand

Artikel/Article: [Die Ernährung der Zelle 417-432](#)