

# Abbau und Aufbau von Eiweiß im menschlichen Körper.

Von

**Theodor Panzer.**

---

Vortrag, gehalten den 11. Januar 1911.

*(Mit Experimenten.)*



Im allgemeinen wird einem Nahrungsmittel ein um so höherer Nährwert beigemessen, je reicher es an Eiweißstoffen ist. Die Eiweißstoffe gelten als die wertvollsten Nährstoffe für Mensch und Tier. Ohne Zufuhr von Eiweiß wäre das Leben auf die Dauer nicht möglich.

Soll ein schwächliches Kind oder ein vom Fleische gefallenener Rekonvaleszent zu Kräften kommen, so nährt man ihn mit eiweißreichen Speisen; man gibt ihm Fleisch, Eier und Milch. Man will damit nicht nur ein volleres Aussehen, rundlichere Formen erzielen, sondern man will, daß er — in des Wortes engster Bedeutung — zu Kräften kommt. Diejenigen Organe des Menschen, welche die Kraftäußerungen vermitteln, sind die Muskeln, das, was man im gewöhnlichen Leben als Fleisch bezeichnet, und diese Muskeln sind wieder im wesentlichen Eiweiß. Die Sache erscheint auf den ersten Blick höchst einfach: man gibt dem schwächlichen Kinde oder dem Rekonvaleszenten Eiweiß zu essen, damit das genossene Eiweiß sozusagen in die Muskeln fließe und die Masse der Muskeln vergrößere.

Gerade bei einem Kinde und bei einem Rekonvaleszenten verlangen wir aber, daß die Nahrung und auch das darin enthaltene Eiweiß leicht verdaulich sei,

denn wir wissen sehr wohl, daß die Nahrung erst verdaut werden muß, wenn sie dem Körper zugute kommen soll. Verdauen heißt aber Zerstören. Es kann also dieses Auffüttern nicht gar so einfach sein, als ob das mit der Nahrung genossene Eiweiß ohneweiters vom Munde weg an diejenige Stelle des menschlichen Körpers transportiert würde, an welcher es gebraucht wird. Das Eiweiß der Nahrung muß vielmehr zuerst durch die Verdauung bis zu einem gewissen Grade zerstört oder, wie der Fachausdruck lautet: abgebaut werden und aus den Produkten dieser Zerstörung muß sich der menschliche Körper seine Muskeln machen, er muß also das Eiweiß wieder aufbauen.

Dieser Prozeß vollzieht sich nicht nur beim Auffüttern des schwächlichen Kindes oder des Rekonvaleszenten, sondern auch beim Wachstum des normalen Kindes und, da ja das Leben ein fortwährendes Werden und Wiedervergehen bedeutet, auch beim gesunden Erwachsenen, hier allerdings in geringerem Umfange.

Würde man vom extrem realistischen Standpunkte den Chemiker fragen, was denn eigentlich der menschliche Körper ist, so würde die Antwort lauten: im wesentlichen eine durch die Knochen gestützte halbflüssige Eiweißmasse, etwas Ähnliches wie im Wasser gequollener Leim, der ja auch ein Eiweißstoff ist. Diese Eiweißmasse ist bald mehr flüssig — so bildet z. B. das Blut direkt eine Flüssigkeit — bald wieder weniger flüssig, wie z. B. in den Sehnen und Knorpeln. Zwischen diesen beiden Extremen finden sich die verschiedensten Übergänge.

Die festeren Eiweißgallerten bilden vielfach Häute, aus welchen sich Röhren, Säcke, Kammern bilden, und diese umschließen wieder die weniger festen Gallerten oder die Flüssigkeiten. Schließlich ist der ganze Mensch von einer solchen festeren Eiweißgallerte, der äußeren Haut, umschlossen. Allerdings bestehen alle diese Eiweißgallerten nicht lediglich aus reinem Wasser und reinem Eiweiß, sondern das Wasser enthält verhältnismäßig kleine Mengen verschiedener anderer organischer Stoffe sowie unorganische Salze aufgelöst. Zwischen diese Eiweißgallerten schiebt sich, als minder lebenswichtige Substanz, Fett ein, der Menge nach wechselnd an verschiedenen Körperstellen und bei verschiedenen Individuen.

So bestehen denn alle unsere Organe, vom Wassergehalte abgesehen, der Hauptsache nach aus Eiweiß, nur im Gehirn, im Rückenmark und in den Nerven tritt das Eiweiß gegenüber besonderen, fettähnlichen Substanzen etwas zurück. Auch unsere Haare und Fingernägel sind Eiweiß und selbst die Knochen bestehen noch zum großen Teile aus Eiweiß.

Ab- und Aufbau von Eiweiß ist daher nicht nur ein integrierender Faktor im Wachstum und in der Erhaltung der Muskeln, sondern vielmehr aller unserer Organe. Und so ist denn dieses Kapitel eines der wichtigsten in der physiologischen Chemie, zugleich aber auch eines der schwierigsten, ein Kapitel, in welchem durch die mühseligen Forschungen der letzten Jahre erst wieder einige neue Gesichtspunkte gewonnen worden sind.

Die Eiweißstoffe sind eigentlich recht verschiedene Stoffe.

Diejenigen Grundstoffe, welche allen Eiweißstoffen zukommen, sind: Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff. Die meisten Eiweißstoffe enthalten auch Schwefel, manche viel, wie z. B. die Haare, manche wenig, einige sind sogar schwefelfrei. Viele Eiweißstoffe enthalten überdies auch Phosphor und dieser Phosphorgehalt erteilt ihnen ganz besondere Eigenschaften. Eisen kommt auch als integrierendes Element in einigen Eiweißstoffen vor und erteilt ihnen den Charakter von Farbstoffen (Blutfarbstoffe).

Gewisse Eiweißstoffe sind ausgesprochene Säuren, andere wieder Basen, die meisten sind gleichzeitig Säure und Base.

Viele Eiweißstoffe lösen sich im Wasser nicht auf (Haare, Horn), andere lösen sich wieder leicht in reinem Wasser (Eiweiß aus dem Weißen des Hühnereies), wieder andere lösen sich in reinem Wasser gar nicht, wohl aber, wenn das Wasser kleine Mengen fremder Stoffe wie Kochsalz, Soda, Säuren usw. enthält (mehrere im Blute vorkommende Eiweißstoffe, Eiweiß der Milch etc.), einige lösen sich im kalten Wasser nicht auf, wohl aber in heißem Wasser (Leim).

Sogar die Eiweißstoffe verschiedener Tiergattungen sind voneinander verschieden. So enthält das Blut des Menschen andere Eiweißstoffe als das Blut des Pferdes oder das des Rindes.

Gegen gewisse Reagenzien und Einwirkungen aber zeigen alle Eiweißstoffe dasselbe oder wenigstens ein ähnliches Verhalten. Man nennt diese Reaktionen die allgemeinen Eiweißreaktionen. Einige Beispiele:

1. Übergießt man Eiweiß mit starker Lauge und setzt man einige Tropfen Kupfervitriollösung zu, so erhält man eine violett gefärbte Flüssigkeit (Biuretreaktion).

Die folgenden Reaktionen beziehen sich nur auf Eiweißstoffe, welche sich im Wasser auflösen, sei es, daß man reines Wasser anwenden kann, sei es, daß man kleine Mengen von Kochsalz, Soda etc. zusetzen muß, um die Eiweißstoffe in Lösung zu bringen.

2. Kocht man eine Eiweißlösung, so trübt sie sich und scheidet beim Stehen einen flockigen Bodensatz aus (Kochprobe).

3. Setzt man zu einer Eiweißlösung doppelt oder dreimal soviel Alkohol zu, so trübt sie sich gleichfalls und scheidet wieder beim Stehen einen flockigen Bodensatz ab.

4. Fügt man zu einer Eiweißlösung so lange ein unorganisches Salz, am besten schwefelsaures Ammonium zu, als sich dieses noch löst, so scheidet sich das Eiweiß in Form von Flocken ab (Aussalzen).

5. Setzt man zu einer Eiweißlösung ein wenig Essigsäure und einige Tropfen einer Lösung von gelbem Blutlaugensalz zu, so trübt sich die Lösung.

Will man die Verdauungsvorgänge studieren, so beginnt man am besten damit, die Einwirkung der ver-

dauenden Säfte eines Tieres auf Eiweißstoffe zu prüfen. Diese verdauenden Säfte kann man oft leicht gewinnen. Speichel steht ohne jeden größeren Eingriff zur Verfügung. Den Saft des Magens kann man vom lebenden Menschen ohne besondere Schwierigkeit mit Hilfe des Schlundrohres gewinnen, von Tieren noch bequemer, wenn man eine Magenfistel angelegt hat. Man schneidet ein Loch in die äußere Haut und in den Magen und führt ein Röhrchen (eine Kanüle) durch diesen Kanal bis in die Höhlung des Magens ein. Während diese Kanüle in dem künstlich gebildeten Kanal liegen bleibt, läßt man die Wundflächen zubeilen. Das Röhrchen ist in der Regel mit einem Pfropfen verschlossen. Will man Magensaft gewinnen, dann öffnet man den Pfropfen und durch das Röhrchen tropft der Magensaft heraus, welcher dann leicht aufgefangen werden kann.

In ähnlicher Weise kann man auch an verschiedenen Stellen des Darmes Fisteln anlegen (Darmfisteln) und kann so verschiedene Verdauungssäfte gewinnen.

Man kann aber auch verdauende Säfte vom geschlachteten Tiere gewinnen, indem man die Organe, welche im Leben Verdauungssäfte produzieren, durch Verreiben mit Glaspulver oder Sand zerkleinert und dann mit verdünnter Kochsalzlösung oder Glycerin auszieht.

Der Mundspeichel erweist sich bei der Prüfung als vollkommen ohne Wirkung auf Eiweißstoffe.

Bringt man dagegen Eiweiß in den Magensaft, so kann man alsbald eine Einwirkung des Magensaftes auf das Eiweiß wahrnehmen. Am besten eignen sich zu einem



solchen Versuche feste Eiweißstoffe, wie z. B. der Blutfaserstoff oder gekochtes Hühnereiweiß, zunächst deshalb, weil die Vorgänge sinnfälliger werden. Man kann sehen, wie das Eiweiß quillt, durchscheinend wird und schließlich sich auflöst. Diese Einwirkung des Magensaftes ist aber an eine bestimmte Temperatur gebunden. Sie geht am raschesten vor sich, wenn die Temperatur der des menschlichen oder tierischen Körpers gleichkommt (etwa  $37^{\circ}\text{C}$ ). Je weiter man sich nach oben oder unten von dieser Temperatur entfernt, um so langsamer erfolgt die Auflösung des Eiweißes. Bei  $0^{\circ}$  und darunter oder über ungefähr  $70^{\circ}\text{C}$  hört die Wirkung des Magensaftes gänzlich auf.

Man könnte meinen, daß durch Einwirkung des Magensaftes der unlösliche Eiweißkörper in einen löslichen verwandelt worden sei. Dies ist aber nicht ganz richtig; denn die durch Magensaft bewirkte Lösung verhält sich bei den allgemeinen Eiweißreaktionen schon ein wenig anders als die Lösung von löslichem Eiweiß.

Die Biuretreaktion ist geblieben, ebenso trübt sich die Lösung beim Zusatz von Alkohol oder von schwefelsaurem Ammonium. Sie trübt sich auch beim Zufügen von Essigsäure und Blutlaugensalz, diese Trübung nimmt aber ab, wenn man gelinde erwärmt. Einen auffallenden Unterschied zeigt aber diese Lösung bei der Kochprobe; sie bleibt nämlich beim Kochen vollkommen klar.

Durch die Einwirkung von Magensaft ist also das Eiweiß verändert worden. Die Stoffe, welche nach dieser Veränderung in der Lösung enthalten sind, zeigen nicht

mehr ganz die Eigenschaften der Eiweißstoffe, sie sind aber dem Eiweiß noch ähnlich, man nennt sie daher eiweißähnliche Stoffe oder „Albumosen“.

Die Lösung von Eiweiß durch Magensaft, beziehungsweise die Bildung von Albumosen aus Eiweiß, braucht in der Regel etwa eine Stunde oder noch weniger. Läßt man nach erfolgter Lösung den Magensaft noch durch mehrere Stunden oder durch einige Tage einwirken, so nimmt die Lösung wieder andere Eigenschaften an, sie entfernt sich in ihrem Verhalten gegen Reagenzien noch weiter von der Eiweißlösung als die Lösung der Albumosen.

Beim Zusatz von Lauge und Kupfervitriol tritt zwar die Biuretreaktion noch ein, die Violettfärbung neigt aber mehr dem Rot zu. Die Trübung durch Essigsäure und gelbes Blutlaugensalz ist geblieben. Auf Zusatz von Alkohol erfolgt entweder nur eine bedeutend geringere oder gar keine Trübung. Vom schwefelsauren Ammonium aber kann man zusetzen, soviel die Lösung überhaupt noch aufzunehmen vermag, es scheidet sich nichts mehr aus.

Die Stoffe, welche nach langdauernder Einwirkung von Magensaft aus dem Eiweiß entstanden sind, führen den Namen „Peptone“.

Man sieht, wie das Eiweiß durch diese künstliche Verdauung schrittweise verändert wird, wie es eine seiner Eigenschaften nach der anderen einbüßt.

Man kann Albumosen und Peptone aus solchen Lösungen leicht abscheiden, etwa durch Zusatz von Alkohol. Die Präparate, die man auf diesem Wege erhält, sehen den Eiweißpräparaten, welche auf ähnlichen Wegen ge-

wonnen worden sind, recht ähnlich; es sind mehr oder weniger weiße Pulver, welche nirgends, auch nicht bei der Betrachtung unter dem Mikroskope irgendwelche Kristallflächen oder sonstige Andeutungen eines kristallähnlichen Aufbaues erkennen lassen.

Solche Präparate sind aber immer Gemenge mehrerer Stoffe und auch wenn man versucht, die einzelnen Stoffe daraus zu isolieren, kommt man immer wieder zu Gemengen. Höchstens in Einzelfällen dürfte es gelungen sein, einen einheitlichen Stoff aus diesem Gemenge abzuscheiden. Es bilden sich demnach bei dieser künstlichen Verdauung aus jedem Eiweißstoffe viele Albumosen und viele Peptone und wir haben uns den Verdauungsvorgang in der Weise vorzustellen, daß dabei jedes Eiweißteilchen in zwei oder mehrere Teilchen zerfällt. Jedes dieser kleineren Teilchen ist eine Albumose, und zwar gehört jedes dieser beiden kleineren Teilchen einer anderen Albumose an. Jede dieser Albumosen zerfällt bei weiterer Verdauung wieder in zwei oder mehrere verschiedene Albumosen, und so geht der Zerfall immer weiter, bis man zu Peptonen kommt. Die Verdauung ist also ein schrittweiser Abbau des Eiweißes, eine fortschreitende Spaltung. Die Abgrenzung zwischen Albumosen und Peptonen ist eigentlich eine willkürliche, die Peptone sind nur einfacher zusammengesetzte Albumosen.

Wenn man sich nun fragt, was denn eigentlich im Magensaft diese Spaltung bewirkt, so ist die Antwort heute leicht, weil wir heute reinen Magensaft bekommen

können. Bis vor etwa 10 Jahren war die Gewinnung reinen Magensaftes nicht möglich; denn merkwürdigerweise sondert der Magen nur dann Saft ab, wenn Speisen eingenommen worden sind, während er in leerem Zustande nur wenig wässrige Flüssigkeit abscheidet, welche auf Eiweiß gar nicht einwirkt. Der Magensaft, den man gewann, mußte daher immer mit Speisen verunreinigt sein.

Da verfiel der berühmte Petersburger Physiologe J. P. Pawlow auf eine höchst geniale Idee. Er brachte bei einem Hunde eine Speiseröhrenfistel und zugleich eine Magenfistel an. Wurde nun der Hund gefüttert, so floß das Futter durch die Speiseröhrenfistel wieder nach außen, in den Magen gelangte kein Futter, aber der Magen sonderte wirksamen Saft ab, welcher durch die Magenfistel abfloß und aufgefangen werden konnte. Verschloß man beide Fisteln, so konnte der Hund normal ernährt werden und blieb als lebendige Magensaftfabrik lange Zeit am Leben.

Solcher reiner Magensaft enthält im wesentlichen nur zwei Bestandteile aufgelöst: Salzsäure und einen sehr kompliziert zusammengesetzten Stoff, das Pepsin.

Läßt man verdünnte Salzsäure etwa in der Verdünnung, wie sie im Magensaft enthalten ist ( $\frac{1}{5}$  Prozent), allein auf Eiweiß einwirken, so wird es zwar auch allmählich verdaut, die Verdauung erfolgt aber außerordentlich langsam. Erst wenn man Pepsin zusetzt, geht sie normal vor sich. Umgekehrt ist eine Lösung von Pepsin ohne Salzsäure auf Eiweiß völlig unwirksam. Es sind also beide Stoffe zur normalen Verdauung notwendig.

Pepsin und Salzsäure werden durch die innerste Haut des Magens, die Schleimhaut, produziert. Man konnte schon vor der Pawlowschen Erfindung pepsinhaltige Präparate darstellen, indem man Magenschleimhaut, in der Regel vom Schwein, mit einem geeigneten Lösungsmittel auszog und aus dieser Lösung das Pepsin durch verschiedene Zusätze abschied. Nach dem Trocknen erhält man Pulver, welche zwar nicht reines Pepsin sind, weil sich mit dem Pepsin auch andere Stoffe ausscheiden; wenn man aber diese Pulver in Wasser löst und etwas Salzsäure zusetzt, so verdaut diese Lösung Eiweiß ebenso, wie reiner Magensaft.

Solche Präparate werden fabrikmäßig erzeugt und kommen unter dem Namen Pepsin in den Handel. Sie sind sehr bequem für die wissenschaftliche Forschung, aber auch sehr wertvoll als Arzneimittel.

Bei den meisten Erkrankungen des Magens, oft auch schon bei ganz leichten Indispositionen streikt der Magen. Er stellt die Lieferung von Salzsäure oder von Pepsin oder auch von beiden ein. Man kann nun diesem Übelstande leicht abhelfen, indem man das Fehlende als Arznei reicht.

Das Pepsin gehört zu der Gruppe jener Stoffe, welche Fermente oder Enzyme genannt werden. Es sind dies Stoffe, welche chemische Veränderungen bewirken können, ohne dabei selbst verändert zu werden oder zugrunde zu gehen. Wenn daher Pepsin bereits Eiweiß verdaut hat und man bringt es unter günstigen Bedingungen wieder mit Eiweiß zusammen, so verdaut es auch

dieses, so daß man eigentlich mit einer kleinen Pepsinmenge unbegrenzte Mengen von Eiweiß verdauen könnte, wofern man nur die richtigen Bedingungen trifft.

Es ist weiters eine allen Enzymen zukommende Eigenschaft, daß sie nicht jeden beliebigen Stoff angreifen können, sondern nur eine kleine Gruppe von Stoffen. So kann auch das Pepsin einer bestimmten Tierart nicht jedes Eiweiß verdauen, sondern nur einige Eiweißstoffe, in der Regel diejenigen, welche in der naturgemäßen Nahrung dieser Tierart vorkommen. Das Ferment muß also zu dem anzugreifenden Stoffe passen, es muß, wie ein beliebtes Gleichnis besagt, passen wie ein Schlüssel in ein Schloß.

Die Frage, ob ein Eiweißstoff für den Magen überhaupt, ob leicht oder schwer verdaulich ist, vereinfacht sich demnach zur Frage, ob und wie der betreffende Eiweißstoff durch das Pepsin des Menschen bei Gegenwart von Salzsäure angegriffen werden kann.

So gibt es gänzlich unverdauliche Eiweißstoffe wie die der Haare (Keratin). Sehr schwer verdaulich sind die Eiweißstoffe der Sehnen (Elastin). Die Eiweißstoffe der Pflanzen sind im allgemeinen schwerer verdaulich als die der Tiere. Übrigens verhält sich in dieser Beziehung das Pepsin verschiedener Tierarten verschieden.

Neuere Versuche haben gelehrt, daß lösliche Eiweißstoffe durch Pepsin überhaupt nicht beeinflusst werden, sie unterliegen nur der langsamen Einwirkung der Salzsäure. Auch aus diesem Grunde ist das Kochen der

Speisen, bei welchem ja die gelösten Eiweißstoffe fest werden, von Vorteil.

Auch die Form, in welcher das Eiweiß vorliegt, ist maßgebend. Ein ganzes gekochtes Hühnerei, unzerkleinert in den Magen gebracht, wird wohl lange auf seine Auflösung warten müssen, weil der Magensaft nur auf der Oberfläche angreifen kann, während das harte Ei in feinerhacktem Zustande in kurzer Zeit verdaut ist, weil es dem Magensaft eine große Oberfläche bietet. Daraus ergibt sich wieder der Vorteil einer eingehenden Zerkleinerung der Speisen bei der Zubereitung oder beim Kauen sowie der Vorteil des Mischens eiweißreicher Nahrung mit anderen Stoffen, etwa mit Mehl.

Aus dem Magen gelangen nun die veränderten Speisen in den Darm. Kurz nach dem Magen münden in den Darm die Ausführungsgänge zweier wichtiger Drüsen, der Leber und der Bauchspeicheldrüse (beim Tiere auch weiße Leber oder Bauchbries genannt). Diese Drüsen ergießen ihren Saft in den Darm.

Der Saft, welchen die Leber liefert, die Galle, wirkt auf Eiweiß nicht ein.

Dagegen verdaut der Saft der Bauchspeicheldrüse Eiweiß sehr energisch. Dieser Saft enthält auch ein Ferment, Trypsin genannt. Trypsin wirkt aber vielfach anders als Pepsin. So wirkt es bei Gegenwart von Salzsäure, welche für die Pepsinwirkung unerlässlich ist, gar nicht, wohl aber bei Gegenwart von Soda. Die Soda liefert zum großen Teile die Galle.

Bei Gegenwart von Soda löst das Trypsin auch Eiweiß und spaltet es dabei in Albumosen und weiter in Peptone.

Läßt man aber Trypsin sehr lange auf Eiweiß einwirken, so zeigt schließlich die Flüssigkeit gar keine der oben angeführten Eiweißreaktionen mehr. Aus der Flüssigkeit lassen sich nun wohlcharakterisierte, gut kristallisierende chemische Individuen, welche den Sammelnamen Aminosäuren führen, isolieren.

Die wichtigsten dieser Aminosäuren sind das Leucin, das Tyrosin und die Glutaminsäure. Wir kennen zwar noch nicht alle Aminosäuren, welche das Eiweiß bei vollständiger Aufspaltung liefert, aber wir kennen den chemischen Aufbau der bekannten Aminosäuren vollständig. Alle Aminosäuren enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff, eine davon, nämlich das Cystin, zudem noch Schwefel. Die Erörterung, was aus dem Phosphor und aus dem Eisen jener Eiweißstoffe wird, welche diese Elemente enthalten, würde zu weit führen.

Außer dem Trypsin kann im Darne auf das Eiweiß noch der Darmsaft wirken, das ist der Saft, welchen die Schleimhaut des Darmes absondert und welcher ein dem Trypsin ähnliches Ferment enthält.

Endlich enthält die Schleimhaut des Darmes ein vor kurzem von Cohnheim entdecktes Ferment, das Erepsin, welches sehr energisch wirkt und Albumosen, nicht aber unverändertes Eiweiß zu Aminosäuren spaltet. Dieses Ferment scheint aber nicht von der Schleimhaut abge-



sondert zu werden, sondern die Schleimhaut dürfte es bei sich behalten.

Zweifellos kann also das Eiweiß durch die Verdauung vollständig bis zu kristallisierenden Produkten, den Aminosäuren abgebaut werden. Eine andere Frage aber ist es, ob dies im lebenden Körper tatsächlich geschieht.

Die Lösung dieser Frage scheint jetzt mit den Versuchen des Petersburger Physiologen London näher zu rücken. London hat die Pawlowsche Idee weiter verfolgt. Er legt bei Hunden mehrere Fisteln an, je nach Bedarf an der Speiseröhre, am Magen und an mehreren Stellen des Darmes. Führt er nun unverändertes oder halbverdautes Eiweiß durch eine Fistel ein, so fließt der Brei durch die nächste Fistel wieder aus. Aus den Veränderungen, welche dieser Brei erlitten hat, ergibt sich nun, welche Funktionen dem zwischen den beiden Fisteln gelegenen Darmabschnitte zukommen.

Alles weist nun auf die Anschauung hin, daß das Nahrungseiweiß bei der Verdauung wirklich vollständig bis zu Aminosäuren abgebaut wird und daß erst diese Aminosäuren, nicht aber Albumosen und Peptone in das Blut gelangen und durch dieses den Organen zugeführt werden. Allerdings ist der übrigens sehr schwierige Nachweis, daß das Blut nach der Verdauung Aminosäuren enthält, noch nicht vollkommen gelungen.

Ist aber diese Anschauung richtig, dann müßte es auch gelingen, ein Tier statt mit Eiweiß mit Aminosäuren zu ernähren. Ein Tier, welches kein Eiweiß bekommt, geht in kurzer Zeit zugrunde, es müßte aber am Leben

und bei Kräften bleiben, wenn man ihm statt des Eiweißes Aminosäuren gibt.

Dieses Experiment ist oft und oft angestellt worden und ebenso oft mißlungen. Man machte aber auch immer einen wichtigen Fehler, indem man glaubte, das Eiweiß durch eine einzige oder nur durch wenige Aminosäuren ersetzen zu können. Diesen Fehler vermied nun in den letzten Jahren der Berliner Physiologe Abderhalden, indem er Eiweiß so lange mit Trypsin behandelte, bis die Flüssigkeit, wie ihr Verhalten gegen Reagenzien bewies, nichts anderes mehr als Aminosäuren enthielt. Wurden nun Hunde statt mit Eiweiß mit diesem Gemenge von Aminosäuren gefüttert, so konnten sie lange Zeit am Leben und bei Kräften erhalten werden, so lange, bis man den Versuch abbrach.

Bedenkt man noch, daß Aminosäuren für den Magen fremde Substanzen sind und daß fremde Substanzen den Magen nur allzu leicht indisponieren, so beweist hier ein einziger gelungener Versuch mehr als zahlreiche mißlungene.

Daß man Tiere durch Albumosenfütterung am Leben erhalten kann, weiß man schon lange. Man verwendet auch solche Albumosen als diätetische Mittel beim Menschen. Sie werden fabriksmäßig hergestellt und unter Namen wie Pepton, Somatose etc. in den Handel gebracht. Man geht bei der Darreichung solcher Mittel von der Absicht aus, schwächlichen Individuen die Verdauungsarbeit zu erleichtern. Man erreicht auch den beabsichtigten Zweck, nur darf man nicht glauben, daß man mit

einer Messerspitze Somatose etwa ein Kilogramm Fleisch ersetzen kann, und darf anderseits nicht vergessen, daß fremdartige Stoffe in größerer Menge namentlich schwächere Mägen leicht verstimmen.

Können wir die Verdauung von Eiweiß bis zu Aminosäuren schrittweise an Versuchen im Reagenzglase heute unschwer verfolgen, so kennen wir gar keine ähnlichen Versuche zur Beantwortung der Frage, wie der Körper aus den Aminosäuren wieder das Eiweiß seiner Organe aufbaut. Wir vermuten nur mit gutem Grunde, daß jedes Organ Fermente enthält, welche aus den Aminosäuren diejenigen Eiweißstoffe zusammensetzt, die es braucht.

Einige neue Gesichtspunkte eröffnet uns aber eine groß angelegte Versuchsreihe, welche jetzt im Gange ist und welche sich an die führenden Namen Emil Fischer und E. Abderhalden in Berlin und A. Kossel in Heidelberg knüpft.

Die Aufspaltung der Eiweißstoffe gelingt viel leichter als durch Verdauungsfermente durch Kochen mit konzentrierter Salzsäure. Die genannten Forscher und ihre Schulen sind nun in äußerst mühevoller und komplizierter Arbeit bemüht, nicht nur festzustellen, welche Aminosäuren jeder einzelne Eiweißstoff bei der Spaltung liefert, sondern auch, welche Mengen der einzelnen Aminosäuren entstehen. Einen gedrängten Auszug aus den bisherigen Ergebnissen dieser Versuchsreihe liefert, so weit sie hier in Betracht kommen, die nachfolgende Tabelle.

In Prozenten	Serumalbumin aus Pferdeblut	Kristallisiertes Eialbumin	Kasein aus Kuhmilch	Leim	Elastin	Gliadin (Kleber) aus Weizenmehl	Gluten aus Weizenmehl	Zein aus Mais	Legumin aus Bohnen
Glykokoll . . . . .	∅	∅	∅	16.5	25.75	0.68	0.41	∅	1.0
Alamin . . . . .	2.68	2.1	0.9	0.8	6.58	2.66	0.30	0.5	2.8
Valin . . . . .	—	—	+	—	1.0	0.33	∅	+	1.0
Leucin . . . . .	20.48	6.1	10.5	2.1	21.38	6.0	4.10	11.25	8.2
Phenylalanin . . . . .	3.08	4.4	3.2	0.4	3.89	2.6	1.0	6.96	2.0
Prolin . . . . .	1.04	2.25	3.1	5.2	1.74	2.4	3.97	1.49	2.3
Glutaminsäure . . . . .	1.52	8.0	10.7	14.0	0.76	31.5	24.0	11.78	16.3
Asparaginsäure . . . . .	3.12	1.5	1.2	0.56	∅	1.24	0.64	1.4	4.0
Cystin . . . . .	2.53	0.29	+	—	—	—	—	—	—
Serin . . . . .	0.6	—	0.43	+	—	0.12	—	—	—
Oxyprolin . . . . .	—	—	0.23	3.0	—	—	+	—	—
Tyrosin . . . . .	—	1.1	4.5	∅	0.34	0.37	1.9	10.06	2.8
Lysin . . . . .	2.1	+	5.8	6.0	+	∅	2.15	∅	—
Histidin . . . . .	—	+	2.6	0.4	—	1.7	1.16	0.81	—
Arginin . . . . .	—	+	4.1	9.3	0.3	3.4	4.4	1.82	—
Tryptophan . . . . .	+	—	1.5	∅	—	1.0	+	∅	—
Summe . . . . .	37.15	25.74	48.76	58.26	61.74	56.00	44.03	46.07	40.4

∅ heißt nicht vorhanden. + heißt vorhanden, aber der Menge nach nicht bestimmt. — heißt noch nicht aufgesucht.

Diese Tabelle, welche die einzelnen Mengen Aminosäure in Prozenten des gespaltenen Eiweißstoffes angibt, weist noch zahlreiche Lücken auf, welche insbesondere dadurch zum Ausdruck kommen, daß die Summe dieser Mengen bei einem Eiweißstoffe statt 100 nur höchstens 50—60% beträgt. Das Defizit von 40—50% ist dadurch zu erklären, daß noch nicht alle Aminosäuren bekannt sind und daß gewisse Mengen der bekannten Aminosäuren noch der quantitativen Bestimmung entgehen, was bei der vielfach noch obwaltenden Unvollkommenheit der Methoden nicht wundernehmen kann.

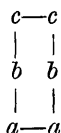
Zwei Tatsachen ergeben sich aber zweifellos, nämlich, daß in einzelnen Eiweißstoffen gewisse Aminosäuren gar nicht vorkommen (s. die Eiweißstoffe aus dem Pflanzenreiche) und daß die Mengenverhältnisse der Aminosäuren in den einzelnen Eiweißstoffen außerordentlich verschieden sind.

Diese Tatsachen sind äußerst wertvoll für die Beurteilung der Konstitution des chemischen Aufbaues der Eiweißstoffe. Sie zeigen uns unter anderem, wie kompliziert die Eiweißstoffe zusammengesetzt sind, sie zeigen uns aber auch, wie die oft recht erheblichen physikalischen und chemischen Unterschiede der Eiweißstoffe in ihrer chemischen Konstitution bedingt sind.

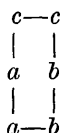
Auch für die Frage des Aufbaues von Eiweiß aus Aminosäuren im menschlichen Körper eröffnet diese Tabelle neue Gesichtspunkte. Wir wollen in diesen Betrachtungen uns die Verhältnisse bedeutend vereinfachen und annehmen, daß nur drei Aminosäuren an dem Aufbau

der Eiweißstoffe beteiligt wären, diese Aminosäuren seien mit  $a$ ,  $b$  und  $c$  bezeichnet. Die verschiedenen Mengen an einzelnen Aminosäuren seien in dem folgenden Formelbildchen durch die verschiedene Anzahl der einzelnen Buchstaben versinnlicht.

Dem Rindfleisch käme etwa das Formelbildchen<sup>1)</sup>

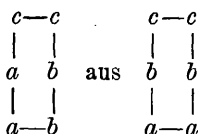


zu. Bei der Verdauung wird es zerstört zu  $a$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $c$  und wenn nun daraus Menschenfleisch, dem etwa das Formelbildchen



zukäme, aufgebaut werden soll, so geht dies ohneweiters, namentlich ohne jeden Verlust. Ob solche Idealfälle in der Natur existieren, ist noch nicht bekannt.

Um das Formelbildchen



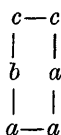
<sup>1)</sup> Alle im folgenden aufgestellten Formelbildchen sind gänzlich willkürlich angenommen.

aufzubauen, brauchte man es übrigens gar nicht ganz in seine Bestandteile zu zerlegen, man könnte auch den

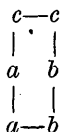
Komplex  $\begin{array}{c} c-c \\ | \\ b \end{array}$  beisammen lassen und aus der einen For-

mel in die andere übertragen. In die Praxis übersetzt würde dies heißen, daß kleine Komplexe von zwei oder nur wenigen Amidosäuren bei der Verdauung ungespalten bleiben und auch in ungespaltenem Zustande in das Blut aufgenommen werden können, eine Annahme, gegen welche bis jetzt noch keine Tatsache spricht, woferne diese Komplexe nicht als groß angenommen werden.

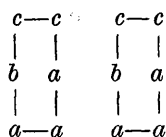
Einem anderen Nahrungseiweiß, etwa dem Pflanzen-eiweiß, käme das Formelbildchen



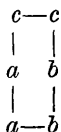
zu. Durch die Verdauung entstehen daraus die Bruchstücke  $a, a, a, b, c, c$ . Aus diesen die für Menschenfleisch angenommene Formel



aufzubauen, ist nicht möglich, denn es fehlt ein  $b$ . Es wird erst dann möglich, wenn wir die Formel des Nahrungseiweißes zweimal nehmen; aus



entstehen die Bruchstücke  $a, a, a, a, a, b, b, c, c, c, c$ , aus welchen nun unschwer die Formel des Menschenfleisches



gebildet werden kann; dabei bleiben die Bruchstücke  $a, a, a; a, c, c$  übrig. Mit anderen Worten: soll der menschliche Körper eine bestimmte Menge seines eigenen Muskeleiweißes, das eine Mal aus Rindfleisch, das andere Mal aus dem angenommenen Pflanzeneiweiß bilden, so würde er unter sonst gleichen Bedingungen von dem Pflanzeneiweiß gerade doppelt so viel brauchen als vom Eiweiß des Rindfleisches. Wir finden so eine Erklärung für die längst bekannte Tatsache, daß die verschiedenen Eiweißstoffe der Nahrung, auch abgesehen von ihrer Verdaulichkeit, keineswegs gleichwertig sind für den Eiweißansatz im menschlichen Körper. Die Erfahrung hat auch gelehrt, daß auch in dieser Beziehung das pflanzliche Eiweiß gegenüber dem tierischen minderwertig ist.

Man ist seit lange bemüht, diejenige Menge von Nahrungseiweiß festzustellen, welche eben noch ausreicht, um einen erwachsenen Menschen gesund und kräftig zu erhalten. Man nennt diese Menge das Eiweißminimum.



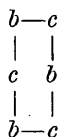
Die Feststellung dieses Eiweißminimums wäre von großem Werte für die Ernährung größerer Menschenmassen, wie die Ernährung der Soldaten und der Sträflinge, weil die eiweißreichen Nahrungsmittel, wie Fleisch und Eier, in der Regel viel teurer sind als diejenigen, in welchen andere Nährstoffe überwiegen, wie im Mehl oder in den Kartoffeln. Verschiedene Statistiken haben nun auch recht verschiedene Zahlen für das Eiweißminimum ergeben. Zum Teile mag die Erklärung für diese großen Schwankungen darin liegen, daß, wie aus unseren Betrachtungen erhellt, kein absolutes Eiweißminimum existiert, sondern daß das Eiweißminimum für jede Eiweißgattung eine andere Zahl sein muß.

Soll nun die Frage beantwortet werden, was denn aus den Bruchstücken *a, a, a, a, c, c* wird, nämlich aus denjenigen Aminosäuren, welche beim Aufbau von Körperprotein keine Verwendung finden können, so wollen wir uns einen Tischler vorstellen, dem die Aufgabe gestellt worden ist, aus zwei kleineren Tischen einen größeren zu machen. Bei dieser Arbeit fallen zweifellos einige Holzstücke ab, vor allem vier Füße. Was macht nun der Tischler mit diesem Abfall? Die vier Füße kann er vorläufig aufheben und kann sie gelegentlich einmal verwenden, wenn er einen Tisch zu machen hat, zu welchem gerade die vier Füße passen. Wenn er sie aber gar nicht verwenden kann, so wird er sie einfach verbrennen. Vielleicht hat er in seiner Werkstätte eine kleine maschinelle Anlage, eine kleine Dampfmaschine, welche eine Zirkularsäge, eine Drehbank u. dgl. treibt. Dann

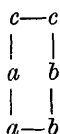
kann er dieses Holz gleich mit zum Heizen der Dampfmaschine verwenden. Das teure Möbelholz leistet ihm allerdings nicht mehr als die billige Kohle, es erzeugt ihm Kraft, aber es ist in Ermanglung einer besseren Verwendung doch wenigstens einigermaßen im Geschäftsbetriebe verwertet worden.

Genau ebenso macht es der menschliche Körper mit den abfallenden Aminosäuren. Kann er sie gerade zum Aufbau anderer Eiweißstoffe verwenden, so tut er es. Hat er keine Verwendung dafür, dann verbrennt er sie einfach und gewinnt aus dieser Verbrennung Kraft für Bewegung und Arbeit. Freilich leisten dann diese wertvollen Stoffe nicht mehr als die weniger wertvollen Fette und Kohlehydrate, aber diese Leistung ist immer noch besser als nichts. Ebenso verbrennt der Körper die Aminosäuren, wenn er mehr davon hat, als er gerade zum Aufbau seines Körpers braucht.

Wir wollen endlich noch einen dritten Fall betrachten und wollen etwa für den Leim das Formelbildchen

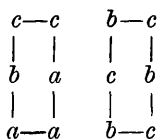


annehmen, welches nach der Verdauung die Bruchstücke  $b, b, b, c, c, c$  ergeben würde. Aus diesen Bruchstücken können wir nie das Körpereweiß

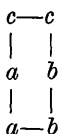


aufbauen, auch dann nicht, wenn wir das Formelbildchen des Leims zweimal oder noch öfter nehmen, weil immer die Aminosäure  $a$  fehlt, welche wir für das Menschenfleisch brauchen. Mit Leim allein können wir also das Eiweißbedürfnis des menschlichen Körpers überhaupt nicht decken.

Nehmen wir aber das früher angenommene Pflanzeiweiß mit dem Leim zusammen, also



welche zusammen die Bruchstücke  $a, a, a, b, b, b, b, c, c, c, c, c$  ergeben, so läßt sich daraus unschwer das Menschenfleisch



aufbauen unter Abfall von  $a, b, b, c, c, c$ . Noch rationeller wird die Rechnung, wenn wir die Mengen Pflanzeiweiß und Leim verdoppeln:

$$\begin{array}{cccc}
 c-c & c-c & b-c & b-c \\
 | & | & | & | \\
 b & a & c & b \\
 | & | & | & | \\
 a-a & a-a & b-c & b-c
 \end{array}$$

geben als Bruchstücke  $6a$ ,  $8b$ ,  $10c$ , aus welchen sich sogar dreimal die Formel

$$\begin{array}{cc}
 c-c & \\
 | & | \\
 a & b \\
 | & | \\
 a-b &
 \end{array}$$

aufbauen läßt, wobei noch  $2b$  und  $4c$  abfallen.

Früher konnten wir aus zwei Teilen Pflanzeneiweiß nur einen Teil Menschenfleisch bekommen, während wir jetzt nach Zugabe von Leim aus zwei Teilen Pflanzeneiweiß drei Teile Menschenfleisch erhalten. Oder um eine bestimmte Menge angesetztes Eiweiß zu erzielen, braucht man bei Zugabe von Leim nur den dritten Teil der Menge von Pflanzeneiweiß, welche man ohne Leimzusatz brauchen würde.

Solche Eiweißstoffe, welche zwar an und für sich den Eiweißbedarf des menschlichen Körpers nicht decken können, welche aber, anderen Eiweißstoffen beigegeben, das Eiweißminimum dieser letzteren herabdrücken, kennen wir schon lange. Man nannte sie Eiweißsparer. Der Mechanismus der Eiweißsparung erklärt sich nun leicht durch obige Betrachtungen.

Als Schulbeispiel für einen solchen Eiweißsparer hat in der Regel eben der Leim gedient. Der Gehalt

unserer Speisen an Leim ist nicht zu unterschätzen. Wir genießen ihn nicht nur in Form von Gelatine oder Aspik, wir kochen ja in der Regel mit dem Fleisch auch die Knochen, und das gelbliche, oft fetthaltige Gewebe, welches sich zwischen den Fleischbündeln zeigt, liefert beim Kochen ebenfalls Leim.

Wenn wir auch die Wege, auf welchen die Natur die Eiweißstoffe aus Aminosäuren aufbaut, noch nicht nachahmen können, so hat doch Emil Fischer gelehrt, wie man, allerdings auf Umwegen, Eiweißstoffe aus Aminosäuren aufbauen kann. Diese künstlich dargestellten Eiweißstoffe sind allerdings noch keine vollwertigen Eiweißstoffe, es sind sozusagen noch Säuglinge, sie wurden daher auch noch mit einem besonderen Namen belegt und Peptide oder Polypeptide genannt. So wie aber der Säugling, obwohl noch klein, doch schon ein Mensch ist, so beweisen die Peptide ihre Eiweißnatur am schlagendsten dadurch, daß sie durch die sonst so wählerischen eiweißverdauenden Fermente in Aminosäuren gespalten, also wie natürliches Eiweiß prompt verdaut werden. Diese Verdauung geht so glatt von statten, daß man heute bei Fermentstudien gerne die Peptide an Stelle der natürlichen Eiweißstoffe verwendet, weil man die chemische Konstitution der Peptide genau kennt. Die künstlichen Eiweißstoffe haben also trotz ihrer Jugend schon praktische Bedeutung erlangt. Nicht verschwiegen soll werden, daß man dieselben Peptide, welche man auf künstlichem Wege dargestellt hat, auch schon in der Natur gefunden hat, nämlich bei der Verdauung von natür-

lichem Eiweiß durch Trypsin. Sie stehen jedenfalls noch niedriger als die Peptone.

Ob man wohl je auf künstlichem Wege wird vollwertige Eiweißstoffe aufbauen können und ob man solches künstlich hergestelltes Eiweiß als Nahrung wird verwenden können, das sind Fragen, deren Lösung wir heute noch gar nicht absehen können. Bei dem raschen Fortschreiten der wissenschaftlichen Chemie und der chemischen Technik dürfen wir aber das, was heute noch als Utopie erscheint, nicht als unmöglich bezeichnen.

---

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [51](#)

Autor(en)/Author(s): Panzer Theodor

Artikel/Article: [Abbau und Aufbau von Eiweiß im menschlichen Körper. 111-140](#)