Werk

Titel: Ueber den Bau des Eiweißmolecüls

Autor: Hofmeister

Ort: Braunschweig

Jahr: 1902

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0017|LOG_0418

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte
über die
Fortschritte auf dem Gesammtgebiete der Naturwissenschaften.

XVII. Jahrg. 16. October 1902. Nr. 42.

Ueber den Bau des Eiweifsmolecüls.

Von Professor Dr. **Hofmeister** (Strafsburg i. E.).

(Vortrag, gehalten in der ersten allgemeinen Sitzung der 74. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte in Karlsbad am 22. September 1902.)

In der Entwickelung jeder gröfseren wissenschaftlichen Frage giebt es einen Zeitpunkt, wo nach langen, fruchtlosen Mühen sich unerwartet die Möglichkeit rascheren Fortschrittes aufthut, das Thatsachenmaterial sich häuft, die Ergebnisse sich zwanglos zu überzeugenden Schlufsfolgerungen verketten und der Forscher mit wachsender Spannung den Augenblick kommen sieht, wo die Nebel zerreifsen und das Ziel tausendfältiger Bemühung sich seinem Blicke in erhebender und doch auch ernüchternder Klarheit entschleiert. Wer die Fortschritte der Eiweifschemie im letzten Decennium vorurtheilsfrei verfolgt hat, wird mit mir den Eindruck theilen, dafs wir auf diesem Gebiet vor einem solchen Wendepunkt stehen, dafs nächstens, vielleicht schon morgen die erlösende Kunde erschallt, das Räthsel des Eiweifsaufbaues, das mehr als manches andere zugleich ein Welträthsel ist — es ist kein Räthsel mehr!

Im Vorgefühl einer solchen Heilsnachricht habe ich es gewagt, die Eiweifsfrage, wie sie mir ihrem augenblicklichen Stande nach vor Augen steht, zum Gegenstand meines Vortrags zu wählen, ein Beginnen, das ich heute in erhöhtem Mafse als ein Wagnifs empfinde. Denn noch vor wenig Jahren war es kaum möglich, den Fachchemiker für die in argem Verruf stehenden Eiweifsstoffe zu interessiren, und wer die engen Schranken kennt, welche die sogenannte humanistische Vorbildung unserer Mediciner trotz allseitig vorhandenen guten Willens dem biochemischen Verständnifs setzt, der weifs, dafs die Betrachtung der Eiweifsfrage auch in ärztlichen Kreisen nur auf die Theilnahme der Auserwählten rechnen durfte.

Erfreulicherweise hat sich in den letzten Jahren sowohl in der wissenschaftlichen Behandlung des Eiweifsproblems, wie in dem Interesse für dasselbe eine günstige Wandlung vollzogen, welche es heute immerhin minder gewagt erscheinen läfst, die Aufmerksamkeit weiterer Kreise auf diese brennende Frage zu lenken.

Während nämlich in einer verflossenen Periode die physiologische Chemie eine ihrer Hauptaufgaben darin sah, die Eiweifsstoffe und die ihnen verwandten Substanzen — also die gesammten Proteinstoffe — nach analytischen Merkmalen zu unterscheiden und sich vor allem bemühte, Hülfsmittel zu ihrer Trennung und Reingewinnung aufzufinden, haben die chemischen Fortschritte der letzten Zeit in stetig steigender Zahl Thatsachen kennen gelehrt, welche es ermöglichen, dem Kern der Eiweifsfrage näher zu kommen. Was die exactere Untersuchung der Eiweifsstoffe am nachhaltigsten erschwert, ist einmal die Schwierigkeit, zum Theil Unmöglichkeit, sie in der Form zu gewinnen, die dem Chemiker bei Gewinnung seines Ausgangsmaterials als erste Bedingung vorzuschweben pflegt, in der Form zweifellos reiner, gut individualisirter Substanzen. Wer sich noch jetzt auf den Standpunkt der Liebigschen Periode stellt, wonach die verschiedenen Eiweifsstoffe unter einander so gut wie gleich sind, mag das allerdings nicht nöthig finden, er wird aber auch auf seinem anachronistischen Standpunkte bald vereinsamt zurückbleiben. Auf der anderen Seite fehlte es fast ganz an Methoden, beim Abbau des Eiweifses zu gut charakterisirten krystallinischen Derivaten zu gelangen. Beide Schwierigkeiten sind jetzt dank dem Zusammenwirken zahlreicher Forscher zu einem nicht geringen Theil überwunden. Die Möglichkeit, die an rohen Eiweifspräparaten erhaltenen Resultate an zweifellos reinem, krystallinischem Material, am Ovalbumin, Serumalbumin, Edestin zu kontrolliren, gestattet eine Sicherung dieser Ergebnisse in gleichem Mafse wie bei anderen gut charakterisirten chemischen Stoffen. Sodann hat das mächtige Interesse, welches die grofsen Chemiker, ein Lavoisier, Liebig, Wöhler, Pasteur, stets für die biochemischen Fragen gehegt haben, in jüngster Zeit wieder in Emil Fischer seinen erfolgreichen Vertreter gefunden und sich infolgedessen auch im Kreise ferner stehender Chemiker Bahn gebrochen; die gewaltigen technischen Fortschritte der neueren Chemie, die dem Physiologen oft lange unzugänglich bleiben, sind in den Dienst der Eiweifsfrage gestellt worden, und sie haben denn auch ihren fördernden Einflufs in entsprechender Weise geltend gemacht. Unsere Kenntnifs der Spaltungsproducte der Eiweifskörper ist rapid gewachsen und mit ihr die Zahl der Beziehungen der Eiweifsfrage zu rein chemischen Problemen.

Dafs auf der anderen Seite dank dem Vorantritt weitblickender Kliniker sich in den weitesten ärztlichen Kreisen das Bedürfnifs nach chemischem Verständnifs der Lebensvorgänge immer lebhafter regt,

ist für den Betheiligten eine täglich sich klarer offenbarende Erfahrung.

Das Alles darf mir wohl heute ermuthigend zur Seite stehen. Dazu kommt aber noch ein anderes, man könnte sagen, ein moralisches Motiv. Der Wendepunkt einer wichtigen Lehre macht es dem Fachmann gewissermafsen zur Pflicht, sich nicht damit zu begnügen, die neugewonnenen Aufklärungen im Kreise seiner engeren Schüler zu verbreiten, sondern sie auch entsprechend ihrer Wichtigkeit in weitere Kreise hinauszutragen. Hat er auch nicht eine fertige, neue Offenbarung zu verkünden, so liegt ihm ob, als bescheidener Vorläufer der kommenden Heilslehre ihre Wege bahnen zu helfen, auf die Gefahr hin, dafs seine Stimme gleich der des Rufers in der Wüste ungehört verhallt.

In diesem Sinne möchte ich Sie bitten, meine Darlegungen aufzunehmen und Nachsicht walten zu lassen, wenn Sie finden, dafs ich etwa über den Rahmen des analysensicher Festgestellten hinausgehe. Denn bei dem Versuche, die Bruchstücke eines noch lückenhaften Wissens in zusammenhängender Darstellung vorzuführen, ist man etwa in der Lage eines Bildhauers, der die theilweise erhaltenen Bruchstücke eines antiken Bildwerkes zu einem lebensvollen Ganzen vereinigen und ergänzen soll. Es wäre unbillig, zu erwarten, dafs es dabei trotz aller Ueberlegung und Einsicht ohne Fehlgriff abgeht.

Wie bei einem jeden zusammengesetzten Gebilde ist auch bei einem chemischen Körper nöthig, wenn man sich über seine Natur eine Meinung bilden will, einmal die einzelnen Theile, aus denen er sich zusammensetzt, genau kennen zu lernen, sodann die Art, wie diese Theile mit einander verknüpft sind. Nun erhält man aber die Theile eines chemischen Complexes in den seltensten Fällen so, wie sie darin vorhanden sind; meist sind sie mehr oder weniger verändert, so dafs ein Rückschlufs auf die ursprüngliche Gestalt nur unter Berücksichtigung aller einschlägigen Momente gestattet ist. Das gilt auch für die Untersuchung des Eiweifses.

Um zu den letzten, einfachsten Bruchstücken des Eiweifsmolecüls zu gelangen, mufs dasselbe in möglichst tiefgreifender und doch zugleich schonender Weise aufgespalten werden. Hiermit ist die Brauchbarkeit einer ganzen Reihe sonst zur Aufklärung der Constitution geübter chemischer Methoden als: trockene Destillation, Oxydation, Einwirkung von Halogenen, intensive Alkalieinwirkung und Anderes, in Frage gestellt.

Glücklicherweise besitzen wir in den Agentien, die die Organismen zum gleichen Zwecke benutzen, in den eiweifsspaltenden Fermenten, dem Pepsin, Pseudopepsin, Trypsin, Papaïotin u. s. w., Hülfsmittel, welche in schonendster Weise durch einfache Hydrolyse die Eiweifskörper in nähere und entferntere, bei intensiver oder sehr lang dauernder Einwirkung zum Theil auch in die letzten Spaltungsproducte zerlegen. Bei ihrer scharf umschriebenen Wirkungsweise läuft man daher, soweit man nicht mit Gemengen arbeitet, am wenigsten Gefahr, dafs die hydrolytische Spaltung durch secundäre Vorgänge, namentlich eine nachträgliche, anderweitige Veränderung der entstandenen Spaltungsproducte complicirt wird. Am nächsten steht in dieser Richtung der Wirkung der Fermente die spaltende Wirkung siedender Mineralsäuren, die zum grofsen Theil zu denselben Endproducten führt. Immerhin macht sich hier bereits nebenher die condensirende Wirkung derselben geltend und führt zur Bildung unerquicklicher Producte, der sogenannten Melanine, wodurch gerade gewisse sehr interessante Spaltungsproducte der weiteren Untersuchung entzogen werden.

Immerhin ist auch jetzt noch damit zu rechnen, dafs auf diesen beiden Wegen keineswegs alle im Eiweifsmolecül gegebenen Kohlenstoffkerne zum Nachweis gelangt sind. Eine möglichst vollständige Aufzählung derselben mufs auch die mit Hülfe anderer Methoden erhaltenen Befunde berücksichtigen. Es ist dabei nur zu beachten, dafs derselbe Kohlenstoffkern je nach der Spaltungsweise in recht verschiedener Form auftreten kann, wie denn z. B. der Tyrosincomplex bei der einfachen Hydrolyse als Tyrosin, bei Bromirung als Bromanil, bei Pankreasautolyse als Oxyphenyläthylamin, bei der Kalischmelze zum Theil als Indol erhalten wird. Auf der Ihnen hier vorgeführten Tafel habe ich versucht, die bis jetzt bekannt gewordenen, den typischen Eiweifsstoffen angehörigen Kohlenstoffkerne übersichtlich zusammenzustellen, wobei ich von den durch einfache Hydrolyse erhaltenen Producten ausging.

I. Kerne der Fettreihe.

	Guanidinrest . . .	$C(NH).NH_2$
Einbas. Monaminosäuren:	Glykocoll	$C_2H_5NO_2$
	Alanin	$C_3H_7NO_2$
	Aminobuttersäure .	$C_4H_9NO_2$
	Aminovaleriansäure	$C_5H_{11}NO_2$
	Leucin	$C_6H_{13}NO_2$
Zweibas. Monaminosäuren:	Asparaginsäure . .	$C_4H_7NO_4$
	Glutaminsäure . .	$C_5H_9NO_4$
Diaminosäuren:	Ornithin	$C_5H_{12}N_2O_2$
	Lysin	$C_6H_{14}N_2O_2$
	Histidin[1]	$C_6H_9N_3O_2$
Thioaminosäure:	Cysteïn	$C_3H_7NSO_2$
N-haltige Kohlenhydrate:	Chitosamin	$C_6H_{13}NO_5$
	Kohlenhydratsäure .	—

II. Aromatische Kerne.

Phenylalanin . $C_6H_5CH_2CH(NH_2)COOH$
Tyrosin . . . $OH.C_6H_4.CH_2CH(NH_2).COOH$

III. Heterocyklische Kerne.

Pyrrolreihe:	α-Pyrrolidincarbonsäure . .	$C_4H_8N.COOH$
Indolreihe:	(Indol	C_8H_7N)[2]
	(Skatol	C_9H_9N)
	(Skatolcarbonsäure	$C_9H_8N.COOH$)
	(Skatolessigsäure	$C_9H_8N.CH_2.COOH$)
	—	$C_{10}H_{16}N_2O_2$[3])
	Tryptophan	$C_{11}H_{12}N_2O_2$
Pyridinreihe:	(Pyridin	C_5H_5N).

Zur Erläuterung dieser Zusammenstellung möchte ich Nachstehendes bemerken.

[1]) Die Constitution des Histidins ist unbekannt.

[2]) Die in Klammern angeführten Producte sind nicht durch einfache Hydrolyse erhalten.

[3]) Noch unbenannt.

1. Im Eiweifsmolecül sind die wichtigsten Formen des Aufbaues organischer Substanzen, die Kohlenstoffkette in offener und in ringförmiger Anordnung und die heterocyklische Kohlenstoff-Stickstoffkette vertreten. Damit ist die biologisch wichtige Möglichkeit gegeben, dafs das Eiweifs als Muttersubstanz der im Stoffwechsel auftretenden, aliphatischen, aromatischen und heterocyklischen Verbindungen auftritt.

2. Die angeführten Kerne sind sämmtlich stickstoffhaltig. Dieser bis vor kurzem scheinbar sicher stehende Punkt bedarf aber aufgrund der jüngsten Untersuchungen eine Ergänzung. Einmal ist durch den Nachweis von Thiomilchsäure als Spaltungsproduct des Blutalbumins ein stickstofffreier, schwefelhaltiger Complex nachgewiesen (Friedmann), dem sich vielleicht noch andere schwefelhaltige Gruppen (Methylmercaptan: Nencki, Aethylsulfid: Drechsel) anschliefsen; andererseits ist es in allerjüngster Zeit gelungen, aus Serumglobulinen zwei Hexosen und zwar Glucose und einen der Lävulose sehr ähnlichen, vielleicht damit identischen, linksdrehenden Zucker zu isoliren (Langstein).

3. Sämmtliche bisher aus Eiweifs erhaltenen Aminosäuren enthalten die (bezw. eine) NH_2-Gruppe in α-Stellung. Danach hat es den Anschein, als ob die dem Glykocoll entsprechende Gruppe $\begin{matrix} CO.OH \\ | \\ CH.NH_2 \\ | \end{matrix}$ eine besondere biologische Bedeutung besäfse.

4. Die höchste Zahl der in offener Kette mit einander verknüpften Kohlenstoffe (im Leucin und Lysin) ist 6, während die aromatischen Kerne bis 9 (Tyrosin), die heterocyklischen bis 11 (Tryptophan) aufweisen. Die Kerne der im Stoffwechsel eine so grofse Rolle spielenden, hohen Fettsäuren (16 C, 18 C) gehen dem Eiweifs durchgehends ab.

5. Ebenso fehlt, von dem oben erwähnten vereinzelten Befund abgesehen, die Kohlenhydratgruppe in ihrer gewöhnlichen, stickstofffreien Form. Aber auch das Glucosamin ist durchaus kein constanter Bestandtheil. Es fehlt z. B. dem als Nahrungsmittel so überaus wichtigen Caseïn und dem krystallisirenden Edestin der Hanfsamen.

Es kann hier auf die physiologische Bedeutung dieser Befunde nicht weiter eingegangen werden. Aber es ist vielleicht nicht überflüssig hervorzuheben, dafs die gegebene Zusammenstellung eben nur dem augenblicklichen Stand unserer Kenntnisse entspricht, gewissermafsen ein Momentbild eines sich rasch ändernden Ausblickes darstellt. Von der Vervollkommnung der Darstellungsmethoden und der Ausdehnung der Untersuchung auf noch nicht genauer bekannte Eiweifskörper ist eine weitere Vermehrung der nachweisbaren Eiweifskerne zu erwarten. Hat doch der vor kurzem erzielte Fortschritt in der Isolirung der Aminosäuren mit Hülfe der Veresterung derselben (E. Fischer) mit einem Schlage eine ganze Reihe neuer solcher Bestandtheile kennen gelehrt. Summirt man die bei möglichst quantitativ ausgeführten Versuchen erhaltenen Spaltungsproducte im Vergleich zum Ausgangsmaterial, so ergiebt sich immer noch ein arger Fehlbetrag, in dem noch so mancher überraschender neuer Befund verborgen sein mag.

Andererseits wäre es nicht richtig, anzunehmen, dafs in jedem Eiweifskörper sämmtliche angeführten Kerne vorliegen. Die Untersuchung der reinen, isolirten Eiweifsstoffe, des krystallisirten Ovalbumins, Serumalbumins, der Serumglobuline, des Caseïns lehrt, dafs sie inbetreff ihrer Spaltungsproducte qualitativ verschieden sind; so fehlt, wie erwähnt, dem Caseïn und dem Edestin die Kohlenhydratgruppe, während sie im Ovalbumin zu mehr als 10 % vertreten ist; das Caseïn enthält einen Phosphorsäurerest, dafür ist darin die Cysteïngruppe in so minimaler Menge vertreten, dafs man zweifeln möchte, ob sie in der reinen Substanz überhaupt vorkommt; manchen Eiweifskörpern kommt eine stickstoffhaltige Kohlenhydratsäure, anderen die Thiomilchsäure zu u. s. w. Je tiefer die Forschung eindringt, eine um so gröfsere Mannigfaltigkeit dürfte sich in dieser Richtung ergeben.

Zum gleichen Schlufs gelangt man bei quantitativem Vergleich der bei der Spaltung erhaltenen Producte. Von der Ausbildung einschlägiger Methoden, wie sie Kossel inbetreff der Bestimmung der basischen Endproducte, E. Fischer inbetreff der Monaminosäuren angebahnt haben, ist namentlich bei Anwendung derselben auf einwurffreies Material weiterer Aufschlufs über die Verschiedenheit der einzelnen Eiweifskörper zu erwarten. Einen orientirenden Werth in dieser Richtung besitzen auch jene Untersuchungsmethoden, welche ohne Rücksichtnahme auf die vorhandenen Kerne direct die Bindungsweise einzelner Elemente, des Stickstoffs (Nasse, E. Schulze, Hausmann), des Schwefels (Fleitmann, Schulz, Osborne) zu ermitteln trachten. Soweit diese quantitativen Untersuchungen reichen, haben sie eine bemerkenswerthe Ungleichheit in dem Antheil der einzelnen angeführten Gruppen an dem Eiweifsaufbau ergeben. Am reichlichsten scheinen stets die einbasischen Monaminosäuren, allen voran das Leucin vertreten zu sein. Ihnen zunächst stehen die zweibasischen Monaminosäuren (meist überwiegt die Glutaminsäure). Geringer, aber in charakteristischer Weise vertreten ist die Gruppe der Diaminosäuren, von denen das Ornithin in seiner Verbindung mit dem Guanidinrest als Arginin kaum je zu fehlen scheint. Einen noch kleineren Beitrag liefern das Tyrosin, das Phenylalanin und das Cysteïn. Ueber den Gehalt an heterocyklischen Gruppen, welche als Träger der chromogenen Eigenschaften des Eiweifsmolecüls, als vermuthliches Bildungsmaterial des Hämatins und Chlorophylls die höchste biologische Bedeutung beanspruchen, sind wir noch recht unvollkommen unterrichtet. E. Fischer hat aus Caseïn 3,2 % Pyrrolidincarbonsäure, Hopkins 1,5 % Tryptophan erhalten.

Soweit eine ungefähre Schätzung lehrt, besteht immerhin das Eiweifsmolecül zu $^2/_3$ bis $^3/_4$ aus den verschiedenen Formen der Aminosäuren, so dafs jede

Betrachtung der Constitution diese in erster Reihe berücksichtigen muſs.

Dieser Ueberblick lehrt übrigens bei aller Lückenhaftigkeit eine weitere Thatsache kennen, nämlich, daſs die einzelnen Kerne im Eiweiſs nicht in äquivalenter Menge, sondern in sehr ungleichem, molecularem Verhältniſs vorhanden sein müssen. Es müſste sonst z. B. Tyrosin in etwas gröſserer, Cysteïn bezw. Cystin in etwas kleinerer Menge erhalten werden als Leucin, während dieses thatsächlich in der Regel weitaus überwiegt. Bei manchen Eiweiſskörpern erhält man geradezu den Eindruck, daſs 10 bis 20 Leucinkerne etwa auf einen Tyrosin-, Cysteïn-, Tryptophankern entfallen. Wenn einmal die quantitative Bestimmung der einzelnen Kerne genügende Schärfe erreicht haben wird, kann es geschehen, daſs man die Constitution eines bestimmten Eiweiſskörpers summarisch durch die Zahl der darin enthaltenen Leucin-, Tyrosin-, Cysteïn-, Glutaminsäurekerne u. s. w. angeben wird. Sind wir auch von diesem Zeitpunkt noch weit entfernt, so besteht doch kein Zweifel, daſs die von Hlasivetz und Habermann gehegte Vorstellung wenigstens zum Theil zu Recht besteht, wonach die Verschiedenheit der einzelnen Eiweiſskörper in einem verschiedenen numerischen Verhältniſs der sie constituirenden Gruppen begründet ist.

Zu derselben Schluſsfolgerung gelangen wir, wenn wir von dem allerdings nur annähernd zu ermittelnden Moleculargewicht der Eiweiſskörper ausgehen. Die besten Anhaltspunkte zu seiner Bestimmung bietet uns ein Eiweiſsstoff, der allerdings nicht der typischen Gruppe derselben, sondern den sogenannten Proteïden angehört, das Hämoglobin. Hier kann man aus Eisen- und Schwefelgehalt, aus der Menge des aufgenommenen Sauerstoffs oder Kohlenoxyds, aus dem Gewicht des abgespaltenen Hämatins in sehr verschiedener Weise das Moleculargewicht berechnen und erhält immer wieder mit einer an Gewiſsheit grenzenden Wahrscheinlichkeit die enorme Zahl von rund 16000 bis 17000. Die an anderen Eiweiſskörpern in wechselnder Weise ausgeführten Berechnungen haben recht verschiedene Werthe ergeben, deren niedrigste jedoch kaum unter 5000 herabgehen, während die genauere Ueberlegung und auch die directe kryoskopische Bestimmung (Sabanejeff und Alexandroff) meist etwa das Dreifache ergeben. Nimmt man danach, um eine runde Ziffer zu wählen, das Moleculargewicht zu 15000 an, so ergiebt sich, wenn man versucht, daraus das numerische Verhältniſs der vorhandenen Kerne zu erschlieſsen, etwa Folgendes: Das niedrigste Moleculargewicht unter den angeführten Eiweiſskernen besitzt der Guanidinrest mit 40, das höchste das Tryptophan mit 204, die am reichlichsten vertretenen Spaltungsproducte, das Leucin mit 131, die Glutaminsäure mit 147, das Ornithin mit 132, ergeben etwa einen Durchschnittswerth von 135. Geht man von dieser Zahl aus und zieht in Rechnung, daſs bei der Hydrolyse für je ein Molecül abgespaltener Aminosäure etwa ein Molecül Wasser eintritt, so ergiebt eine einfache Berechnung, daſs auf ein Gesammtmolecül von 15000 etwa 125 Kerne von obiger Durchschnittsgröſse entfallen. So ungenau diese Schätzung sein mag, so giebt sie uns einmal eine ungefähre Vorstellung von der Complicirtheit des Eiweiſsmolecüls, lehrt aber andererseits in Uebereinstimmung mit dem früher Gesagten, daſs eine gröſsere oder geringere Anzahl der Eiweiſskerne in diesem Riesenmolecül in mehrfacher bezw. vielfacher Zahl betheiligt sein muſs, denn bei aller Unvollkommenheit der gegebenen Nachweismethoden ist nicht daran zu denken, daſs die Zahl der in einzelnen bestimmten Eiweiſskörpern enthaltenen qualitativ verschiedenen Kerne auf das Doppelte der bereits bekannten, also etwa über 30 bis 40 hinausgeht.

Man kann danach das Eiweiſsmolecül etwa einem Mosaikbild vergleichen, das sich, um bei einer bestimmten Zahl zu bleiben, aus 125 verschiedenfarbigen und verschieden gestalteten Steinen zusammensetzt, von denen einzelne in einfacher, andere in mehrfacher, etwa bis 20facher Zahl vertreten sind. Selbst bei Zugrundelegung dieser möglichst einfachen Annahme ergiebt sich bei verschiedener Aneinanderlagerung der Steine eine schier unerschöpfliche Mannigfaltigkeit von Combinationen. Bedenken wir aber ferner, um an dem gewählten Bild festzuhalten, daſs die Anordnung dieser Steine keine flächenhafte, sondern eine räumliche ist, daſs sich die Zahl der Steine im ganzen, wie auch jene der gleichfarbigen ändern kann, daſs ferner diese Steine, die ja nicht dieselbe Form besitzen, in verschiedener Stellung aneinandergrenzen können, so erhalten wir eine ungefähre Vorstellung von der erdrückend grofsen Zahl von verschiedenen Eiweiſskörpern, welche sich im Thier- und Pflanzenleib aus der immerhin beschränkten Zahl der bekannten Bruchstücke aufbauen können. Wenn einmal die Vermuthung ausgesprochen worden ist, dem Eiprotoplasma jeder Pflanzen- und Thierspecies komme möglicherweise eine bestimmte Species von Eiweiſskörpern zu, so liegt in der That nach dem Gesagten einer solchen Annahme nichts im Wege.

Diesen, man darf wohl sagen grandiosen, Verhältnissen gegenüber mag den Forscher leicht ein Gefühl von Hoffnungslosigkeit beschleichen. Um so mehr muſs es ihm als ein Trost erscheinen, daſs sich die Sache in Wirklichkeit vermuthlich viel einfacher verhält. Denn so verschwenderisch die Natur in der Erfindung von Einrichtungen ist, welche bestimmt sind, das Fortbestehen des organischen Lebens zu sichern, so sparsam und conservativ ist sie in der Ausnutzung der ihr einmal zur Verfügung stehenden Mittel. Es ist ebenso wenig zu erwarten, daſs sie auch nur entfernt alle theoretisch möglichen Eiweiſskörper geschaffen hat, als sie etwa, um einen viel einfacheren Fall anzuführen, alle theoretisch möglichen Zuckerarten bildet. Daſs aber bei dem Eiweiſsaufbau viel einfachere Verhältnisse gegeben sind, als die theoretische Betrachtung möglich erscheinen läſst, darauf weisen mehrere Umstände hin. So hat man bei der Aufspaltung sehr verschiedener Eiweiſskörper gewisse