

vorgänge im engeren Sinne hinausreichende Bedeutung. Für die Theorien des Alterns und der Lebenslänge überhaupt, bedeutet Konsumtion den Verlust wichtiger, unentbehrlicher, unersetzlicher Stoffe, nach deren Verbrauch der Organismus funktionsunfähig wird. Ich habe bereits vor Jahren über diese Anschauungen berichtet, die ich auf der Basis einer energetischen Betrachtung bei verschiedenen Säugern nachzuweisen in der Lage war.

Diese allmählich sich vollziehende Veränderung hängt gewiß auch mit den Konsumtionsvorgängen zusammen, die wir als tägliche Erscheinung kennen gelernt haben, es ist aber sehr wahrscheinlich, daß diese für das Altern entscheidenden Verluste jedenfalls wieder nur einen Bruchteil der in der Abnutzungsquote vorliegenden Stoffkonsumtion darstellen, zu deren Nachweis uns vorläufig alle methodischen Mittel fehlen.

Die Beziehungen zwischen dem Eiweißbestand des Körpers und der Eiweißmenge der Nahrung.

Von
Max Rubner.

In der vorherigen Abhandlung wurden die Ernährungsverhältnisse geschildert, wie sie sich unter dem Einflusse der geringsten Eiweißzufuhr entwickeln. Ist aber der Zustand des tiefsten N-Minimums, der sich beim Menschen hat erreichen lassen, überhaupt ein normaler Körperzustand, der allen Funktionen wirklich gewachsen erscheint?

Man hat in der Literatur vielfach dem Gedanken Ausdruck gegeben, daß die Menge des Eiweißes in der Kost der maßgebende Faktor für einen guten Bestand an Muskulatur, also die Grundlage der Arbeitsfähigkeit sei. So hat sich auch die Meinung verbreitet, als führe jede Minderung der Eiweißzufuhr unter Muskelschwund auf ein niedrigeres Maß körperlicher Leistung. Dann müßte also zweifellos ein N-Minimum stets mit der mindesten Leistungsfähigkeit der Körpermuskulatur verbunden sein.

Es liegt nahe, jetzt, wo wir die Bedingungen kennen, ein N-Minimum leicht herzustellen, diese Frage der Beziehung zwischen Eiweißzufuhr und Muskelmasse näher ins Auge zu fassen.

Die älteren Anschauungen können unmöglich richtig sein, denn auch bei der größten N-Armut, wie sie in einer Kost, die auf dem N-Minimum angelangt ist, sich findet, kann man irgend eine Schädigung des Körpers nicht nachweisen, dies ergibt sich aus einigen, aber ganz beweiskräftigen Erfahrungen.

Soweit die Tagesleistungen solcher Personen hinsichtlich geistiger und körperlicher Anstrengungen in Betracht kommen, hat Hr. Thomas an sich bei Ernährung auf dem N-Minimum weder in der einen noch anderen Richtung Abweichendes wahrgenommen.

Chittenden hat schon vor mehreren Jahren durch praktische Beobachtungen gezeigt, daß das bei sehr geringer Eiweißzufuhr, die allerdings manchmal die Größe des N-Minimums um das dreifache und mehr übertroffen hat, selbst Athletenleistungen möglich sind. Ich habe schon angedeutet, daß der menschliche Säugling bei normalster Entwicklung nur wenig mehr Eiweiß nötig hat, als der Abnutzungsquote entspricht.

Abhandl. für Th. Rubner in München 1911 (1-7)

Aus alledem kann man schließen, daß innerhalb weiter Variationsbreiten der Eiweißzufuhr irgend eine eingreifende Veränderung der Muskelmasse, die die Gesamtleistungen des Körpers beeinflusst, sich nicht vollziehen wird.

Nur wenn man auf dem N-Minimum der Abnutzungsquote angekommen ist, dann kann jede noch so geringe Verminderung der Zufuhr an N zu einem mehr oder minder weitgehenden Zusammenbruch des Körpers führen, wie ich bereits an anderer Stelle näher ausgeführt habe.¹ Denken wir uns statt der unbedingt nötigen Zufuhr von 2.8^{gmm} N pro Tag, die unsere Versuchsperson unbedingt nötig hatte, auch nur einen Ausfall von 1^{gmm} N, der bei der sonst üblichen Ernährung der Bevölkerung ganz irrelevant ist, so würde bei der Unterbietung unter das Minimum ein langdauernder erheblicher Verlust an Körpermasse die Folge sein.

Aus dem Gesagten würde also folgen, daß jeder größere N-Reichtum des Körpers als er dem Minimum entspricht, wenigstens zur Erhaltung des sonstigen Zellenbestandes entbehrlich sei. Es ist hier nicht der Platz über die Mindestzufuhr an Eiweiß vom Standpunkt der Massenernährung zu sprechen, denn hierfür kommen noch andere Gesichtspunkte in Betracht, welche es wünschenswert erscheinen lassen, für die Vorschläge einer öffentlichen Ernährung dem physiologischen Minimum nicht allzu nahe zu rücken. Hier sollen nur die Prinzipienfragen erörtert sein.

Wenn ich zunächst die Schlußfolgerung ziehe, daß das Minimum an Eiweißzufuhr sicherlich nicht nur dann möglich ist, wenn der Körper etwa auf seinen tiefsten Stand an Eiweiß hinuntergekommen ist, der mit der Erhaltung des Lebens vereinbar ist, weil dem die praktische Erfahrung widerspricht, sondern Minima bei verschiedenem N-Bestand der Körpermasse möglich sein werden, so muß doch erst bewiesen werden, daß dem so ist, denn es ist unzweifelhaft richtig, wenn man versucht, auf das N-Minimum zu gelangen, wird allemal zuerst reichlich N vom Organismus abgegeben.

Also in der Allgemeinheit zu leugnen, daß mit der Einstellung auf ein Minimum Veränderungen im Organismus sich vollziehen, liegt kein Grund vor, solche Änderungen sind vielmehr eine Tatsache. Aber damit ist ein bedrohlicher oder gesundheitsstörender Einfluß noch nicht zugegeben.

Allen Fällen, in denen man bisher auf einen tiefen Stand des N-Verbrauches hinuntergegangen ist, ist auch ein vorheriger N-Verlust des Körpers gemeinsam und ebenso kann man auch beim Menschen im Übergange zu N-reicher Kost stets eine Anspeicherung von N sehen.

Nun kann man auch nach den in meinem Laboratorium gemachten Erfahrungen nicht nachweisen, daß bei der Reduktion der Eiweißmenge in der Kost und bis herab auf ein N-Minimum der Körper eine N-Menge

¹ *Volksernährungsfragen*. 1908. Bd. I. S. 39.

einbuße, welche so groß wäre, daß sie eine Gefährdung seiner Leistungsfähigkeit bedeutete.

Tatsache ist, daß beim Übergang von jedwem N-Gleichgewicht mit irgend einer Form der Ernährung zum N-Minimum bei Kohlehydratkost ein N-Verlust eintritt, der mehrere Tage dauert, ehe das Minimum erreicht ist. Ich gebe einige von Thomas beobachtete Beispiele:

Größe der N-Ausscheidung vor der Zuckerkost (Harn N)	N-Abgabe bis zum Minimum in ganzen in Gramm	Zahl der Tage bis zum Minimum	Erreichtes Minimum in Gramm (Harn)
7.8	23.2	6	3
6.7	19.2	4	3
6	18.4	4	3.3
5	10.9	3	3.3

Das Umgekehrte tritt ein, wenn man wieder zu einer N-reichen Kost zurückkehrt.

Der Organismus schwankt also im N-Gehalt mit der N-Zufuhr, er nimmt zu, wenn man mit einem vollwertigen Eiweißstoff die Grenze des Minimums in der Fütterung überschreitet. Die Veränderungen der N-Ausscheidung erfolgen auch nicht plötzlich von einem Tag zum andern, sondern langsam auf viele Tage verteilt. Es vollzieht sich eine gewisse Umwandlung im Körper, die mit den von C. Voit beobachteten Erscheinungen des Übergangs von Eiweißfütterung zum Hunger, wobei schnell große N-Mengen an dem ersten oder den ersten Hungertagen abgegeben werden, nichts gemein hat.

Wenn man erwägt, daß die Menge der im Körper eines Erwachsenen vorhandenen N-Menge über 2000^{gmm} betragen wird, so sieht man, daß ein Übergang bis zum Minimum so unbedeutende N-Verluste bedingt, daß der Begriff einer Schwächung und Minderung der Leistungsfähigkeit des Körpers gewiß unberechtigt wäre.

Es ist auch völlig ausgeschlossen, daß der N-Verlust vom Körper seine Eiweißmasse in einem Grade mindere, welcher an sich ein N-Minimum durch diese Reduktion der Körpermasse zur Notwendigkeit habe. Man sieht ohne weiteres, ein kleiner N-Verlust läßt ein Minimum erreichen, das die Hälfte oder noch weniger des früheren Hunger-N-Gleichgewichts erlaubt.

Nicht einmal dann, wenn man vorher eine reine Eiweißkost gibt, die für den Ruhenden alle Energiebedürfnisse deckt — es wurden bis 89^{gmm} N pro Tag zugeführt —, ist bei der Rückkehr zum N-Minimum der N-Verlust von einer den Körperzustand schädigenden Größe (etwa 4 bis 5 Prozent der Gesamtmasse des Körperstickstoffs).

Hierbei bleibt aber zu bemerken, daß die beim Menschen gemachten Erfahrungen nicht ohne weiteres auf andere Säuger zu übertragen sind, da

die Beziehungen zwischen Körper-N-Masse und N-Minimum, N-Gleichgewicht bei reiner N-Kost und Körperbestand Funktionen des relativen Stoffwechsels, also Funktionen der Körpergröße sind. Ich muß darauf verzichten, auf diese Verhältnisse weiter einzugehen.

Es bestehen sonach bestimmte Beziehungen zwischen dem Stickstoffumsatz und N-Verlust beim Übergang zu einem N-Minimum bei ausschließlicher Kohlehydratkost. Irgend einen bestimmten Anhaltspunkt aber dafür, daß dieser N-Verlust gerade den Muskeln aufzubürden sei, was man stets behauptet hat, kann man kaum beibringen.

Man kann ebensogut annehmen, es beteiligten sich alle Organe und sonstigen N-haltigen Substanzen des Körpers an diesem Verluste.

Wenn wir aber diese Frage behandeln, kann es nicht geschehen, ohne an die zahlreichen Versuche zu denken, die vor fast 50 Jahren zumeist von C. Voit über die N-Ausscheidung beim Übergang von reichlicher Eiweißkost zum Hungerzustand gemacht sind. Allerdings deckt sich mit seinen Versuchen der Übergang von reichlicher Eiweißkost zum N-Minimum keineswegs, aber Voits Versuche geben einen Teil der von mir ins Auge gefaßten Erscheinungen wieder. Das Tatsachenmaterial ist einfach genug. Voit fand nach jeder reichlichen Fleischzufuhr in der nachfolgenden Hungerperiode an den ersten Tagen des Hungers eine beträchtliche N-Ausscheidung, die dann rasch auf die Hungergröße des N-Umsatzes absinkt. Man nannte das damals zirkulierendes Eiweiß; ich habe mich vor einigen Jahren über diese Verhältnisse näher ausgesprochen und gezeigt, daß man aus den energetischen Verhältnissen des Eiweißumsatzes heraus, die Notwendigkeit eines Eiweißansatzes bei Eiweißfütterung im Körper begreifen könne, und dieses Eiweiß wegen seiner bestimmten Funktion Vorratseiweiß genannt. Man findet es, wenn ohne einen Überschuß an Kost das Eiweiß nicht nur zum Ersatz des N-Minimum dient, oder durch eine Verschiebung der Relation zwischen N-haltigen und N-freien Stoffen in der Nahrung in größerem Maße für die Deckung der energetischen Beziehungen mit herangezogen wird.

Somit folgt, daß der N, der nach starker Eiweißzufuhr und Rückkehr zur niedrigen Eiweißmenge in der Kost abgegeben wird, überhaupt nicht den Charakter eines den Zellbestand schädigenden Verlustes an sich trägt. Ich habe aber schon a. a. O. darauf verwiesen, daß nach reichlicher Eiweißzufuhr keineswegs, wie man behauptet hatte, nur Vorratseiweiß vorhanden sei, und wahres Organeiweiß gar nicht abgelagert werde, vielmehr läßt sich aus der Art des Energieumsatzes an Hungertagen, die auf Eiweißkost folgen, sicher ein solcher Ansatz von belebter Masse erweisen.

Nur insoweit eine solche N-Abgabe also wirklich die Zellmasse selbst trifft, kann man von dem Verluste einer leistungsfähigen Masse sprechen. Die Menge von Vorratseiweiß ist durchaus bei reiner Eiweißkost keine un-

bedeutende, meist macht es nach den älteren Versuchen den Eindruck, als sei seine Menge sogar die überwiegendere.

Ich bin in der Lage, diese Verhältnisse des N-Ansatzes nach Zufuhr von Eiweiß folgend einem N-Minimum und der N-Abgabe nach Entziehung einer großen Eiweißzufuhr bis zur Erreichung eines neuen N-Minimums genau anzugeben.

Bei der N-Zufuhr nach einem N-Minimum werden in den ersten Tagen enorme N-Mengen im Körper zurückbehalten, bis das N-Gleichgewicht erreicht ist.

Betrachtet man die N-Ausscheidung des Menschen beim Übergang von N-reicher oder auch ausschließlicher N-Kost zum Minimum, so kann darüber, daß hier nicht nur Vorratseiweiß (bei reiner Eiweißkost) vorhanden ist, sondern in dem Übergangsstadium bis zum Minimum, vorheriges Organeiweiß (meist Zellbestandteile) zugrunde geht, füglich kein Zweifel sein.

Nach einer N-Ausscheidung im Harn von 77.7 grm pro Tag nach Eiweißzerfall fiel bei einem Manne schon am ersten Tage bei Kohlehydratkost die N-Ausscheidung auf 29 grm N dann auf 11.8 , am nächstfolgenden, also am dritten Tage, auf 5.7 grm N. Da bei völligem Hungern die Versuchsperson an 8 bis 9 grm N ausscheidet, so wäre also am dritten Tag, wenn wir der alten Vorsuchsanordnung, den Hunger als Vergleichsbasis zu wählen, uns bedient hätten, der N-Verlust, der mit vorheriger Eiweißzufuhr zusammenhängt, beendigt gewesen.

Tatsächlich sieht man nun bei Innehaltung N-freier Kost eine ganze Reihe von Tagen die N-Ausscheidung sehr langsam abnehmen (Werte für den Harn: 28.3 ; 5.15 ; 5.16 ; 4.72 ; 4.17 ; 3.93 ; 3.46 ; 3.06 ; 2.31 ; 2.16 ; 2.23), bis dann das Minimum in derselben Höhe wie vor dem Versuche erreicht ist. Es tritt also ein lang dauernder N-Verlust mit der Tendenz allmählichen Absinkens auf das N-Minimum in die Erscheinung. Dieses letztere wird erst erreicht, wenn rund sämtlicher N, der in der Eiweißperiode zurückgehalten wurde, wieder aus dem Körper entfernt ist. Auch in allen anderen Fällen war es so, daß niemals sofort nach reiner Kohlehydratfütterung, sondern erst, nachdem etwas N vom Körper abgegeben war, das Minimum erreicht wurde. Diese N-Menge, welche vom Körper ausgeschieden wird, nachdem das Vorratseiweiß üblicher Auffassung abgegeben ist, bis zur Erreichung des Minimums bei reiner Kohlehydratkost, verhält sich in der Art des Umsatzes offenbar wie organisiertes Eiweiß — der tägliche Verlust ist gering, aber doch wieder anders, als man es sonst bei vollkommener Inanition zu sehen gewohnt ist, weil deutlich die Tendenz einer von Tag zu Tag abnehmenden Ausscheidungsgröße gegeben ist.

Erst bei erreichtem Minimum macht diese N-Abgabe insofern halt, als nunmehr von Tag zu Tag die gleiche N-Menge vom Körper abgegeben

wird, wie wir das zuerst bei einer auf große Eiweißabgaben folgenden Hungerperiode zu sehen gewöhnt sind. Während aber hierbei der N-Abfall im Hunger schon auf einer höheren Stufe des N-Verbrauchs haltmacht, sinkt bei Kohlehydratkost die Ausscheidung allmählich noch unter diese Grenze. Würde es sich nur um Eiweiß handeln, wie das gewöhnliche Organeiweiß sich nach den Ernährungsgesetzen verhält, so würde bei der reinen Kohlehydratkost sich sofort das Minimum der N-Ausscheidung herstellen müssen. Das geschieht aber nicht, sondern trotz des Reichthums an Kohlehydraten in der Kost können diese den Untergang einer gewissen Eiweißmenge nicht aufhalten.

Voraussichtlich hängt dieser Eiweißverlust eben nur mit der Eiweißfütterung zusammen, weil wir den gleichen Erscheinungen überall begegnet sind, wo es sich um den Übergang von N-haltiger Kost zum Minimum handelt. Es ist wohl das Unbedenklichste, es „Übergangseiweiß“ überhaupt zu nennen.

Sollte man annehmen, es stehe in Beziehung mit bestimmten Organen, dann würde man kaum an die Muskel denken können, sondern eher vermuten, es werde bei dem Übergang zur Eiweißkost ein kleiner Teil der Zufuhr beim Ansatz dazu benutzt, um etwa in den Verdauungsorganen eine bestimmte Funktion vorzubereiten und zu erfüllen. Mit Reduktion der Eiweißzufuhr könnte dann eine Degeneration dieses neu gebildeten Zuwachses durch Ausfall der betreffenden Funktion, für deren Zwecke der Ansatz eintrat, sich einstellen.

Dieser Annahme stünde auch die Tatsache, daß beim Übergang vom Hunger zum N-Minimum bei Kohlehydratkost ein allmähliches Abfallen des N-Verbrauches eintritt, ehe das Minimum erreicht wird, nicht entgegen. Im Hungerzustand hängt die Eiweißzersetzung ganz vom Fettreichtum des Tieres ab, Eiweiß kann in jeder Proportion eingeschmolzen werden bis zu den Fällen reiner Eiweißzersetzung bei völligem Schwund des Fettes. Es ist also keine eigentliche Eiweißarmut der Ernährungsfähigkeit gegeben, möglicherweise bedingt dieser Umstand die Konservierung von Organen, die sonst bei Eiweißzufuhr in der Kost Funktionen entfalten.

An das Zurückhalten N-haltiger Zersetzungsprodukte als Erklärung der langsamen N-Ausscheidung kann man bei den großen Mengen dieser N-Ausscheidung während des N-Abfalls auf das Minimum — und auch aus anderen Gründen — nicht wohl denken.

Neben der Abnutzungsquote hätten wir also in dem Einschmelzen von Übergangseiweiß ein Zugrundegehen von Organeiweiß, das durch Funktionsänderungen bedingt ist, ein Wachsen und Vergehen im Zusammenhang mit bestimmten Aufgaben des Organismus.

Über den Eiweißansatz.

Von

Max Rubner.

Die Erscheinung der Zurückhaltung von N, der in der Form von Eiweiß in den Körper eingeführt wird, nennen wir beim Erwachsenen den Ansatz, beim jugendlichen Organismus unter normalen Verhältnissen Wachstum. Man hat lange Zeit hindurch die beiden Vorgänge, von den kausalen Verhältnissen abgesehen, für gleichwertige Vorgänge angesehen und auch kurzweg den Ausdruck Ansatz gebraucht und damit also nur auf den Umstand einer für den Körper positiven N-Bilanz das Hauptgewicht gelegt. Der Ansatz, als die summarische Bilanz der Eiweißzufuhr zugunsten des Körpers, ist aber nur ein Sammelname für biologisch sehr verschiedenen zu bewertende Vorgänge, deren Einzelanalyse sowohl in Hinblick auf wissenschaftliche wie praktische Fragen durchaus nicht von untergeordneter Bedeutung erscheint. Es ist daher vielleicht angezeigt, die physiologischen Funktionen des im Körper zurückbleibenden N-Anteils der Kost zu besprechen, nachdem in den vorhergehenden Publikationen die Funktionen des Eiweißumsatzes näher geschildert sind und nach neueren Versuchen eine erweiterte Darstellung gefunden haben.

Betrachtet man diese Möglichkeit der funktionellen Verwertung, so kann man zunächst eine Gruppe stationärer Bildungen von Zellmasse durch Eiweiß voranstellen.

Zu diesen gehört in allererster Linie das Wachstum, d. h. die Bildung neuer Zellen; die dabei im Körper gegebene Verwendung des N-Materials ist in der Zunahme der Masse der Organe ersichtlich ausgeprägt und bedarf daher keiner ins einzelne gehenden Besprechung.

Die prozentige Beteiligung der einzelnen Organe am Körperaufbau ist je nach den verschiedenen Entwicklungsstadien verschieden, bekannt ist beim Menschen das frühzeitige Überwiegen des Gehirns, die Änderung der Hautmasse zur Körpermasse, das Schwinden der Thymusdrüse usw. Die