

setzung scheint zwar nicht geändert, doch haben wir keine Bestimmung der Gesamtblutmenge von solchen Leuten. Auffallend ist die niedere Pulszahl bis 40 bis 48 pro Minute. Das auffälligste Moment ist die Muskelschwäche in jeder Hinsicht. Die geringsten Leistungen, ein kurzer Lauf, führen zur Erschöpfung, daher auch die Unlust zu jeder Bewegung, was man übrigens genau so auch an Hungertieren zu Ende der Versuchszeit bemerkt.

Es ist die Abnahme der Leistungsfähigkeit begreiflich, da zunächst ein Organismus, der 30 Prozent an Gewicht eingebüßt hat, auch in entsprechendem Maße an Muskel verloren hat. Das wäre aber vielleicht noch nicht das Schlimmste, wenn nicht die muskuläre Leistungsfähigkeit aus anderen Gründen am Erlöschen wäre. Der Mann mit 30 Prozent Gewichtsverlust hat praktisch die Arbeitskraft Null. Ob das ausschließlich muskuläre Veränderungen sind, ob weiter das Herz die Durchblutung nicht mehr recht bestreiten kann (der Puls steigt nur mäßig) oder ob auch zentrale Ermüdungserscheinungen dabei beteiligt sind, läßt sich ohne Messung nicht entscheiden.

Es ist auch bekannt, daß bei Körpergewichtsveränderungen dieser Art beim Menschen leicht Ödeme auftreten.

Wenn wir uns die beiden Komponenten des Körperzustandes Zellmasse und Nährmasse zueinander gefügt denken, so kommen verschiedene Kombinationen, die alle auch in der Wirklichkeit in die Erscheinung treten können, zustande. Die Nährmasse, das Fett, aber ändert nicht die Grundeigenschaft der Zellmasse, sondern beeinflußt nur die Autoconsumption der Zellmasse in höherem oder geringerem Grade. In dieser Hinsicht ist also die Lage eines kritischen Punktes von großer Bedeutung, und die Frage, ob nicht vielmehr die ganze Nährmasse so reichlich ist, daß keine Rückwirkung des kritischen Wendepunktes in der Fettkonsumtion eintritt.

Je nach der Kombination können also sehr verschiedene Eigenschaften des Körpers im Hinblick auf die Stoffwechselvorgänge, den Eiweiß- und Fettverbrauch, das Eiweißbedürfnis und den Ansatz, aber auch wichtige funktionelle Verschiedenheiten gegeben sein.

Die Feststellung des N-Umsatzes bei vegetabilischer Kost.

Von

Geheimrat **Max Rubner.**

Zur Feststellung des N-Umsatzes und der damit zusammenhängenden Eiweißersetzung dient für die meist an Fleischfressern ausgeführten Versuche die Summe des N in Harn und Kot, wie dies C. Voit zuerst näher begründet hat. Daran ist auch heute nichts zu ändern. Für andere Versuchsobjekte, z. B. für den Menschen, kommt noch ein weiterer Weg der N-Ausscheidung, der Schweiß, in Betracht. Wie ich zuerst durch Cramer habe zeigen lassen, kann dieser Verlust erheblich werden. Ähnliche Ergebnisse hat auch Argutinski erhalten. Die Bedingungen der Schweißbildung und die Quantität der Ausscheidung sind sehr verschieden; hierfür finden sich die näheren Angaben in den Arbeiten meines Laboratoriums.

Bei Versuchen am Menschen war die Notwendigkeit gegeben, die Wahl der Kost freier zu machen. Die Fragestellungen bedingten oft selbst gerade die Anwendung bestimmter Kostarten. Unter solchen Umständen waren die Ausscheidungen im Kot nicht mehr so unbedeutend wie bei dem Hund als Versuchstier und bei der üblichen Fleischkost. Aus meinen Ausnützungsversuchen und aus zahlreichen Beobachtungen anderer bei gemischter Kost ergeben sich zum Teil sehr erhebliche N-Ausscheidungen, die nur unter dem Gesichtspunkt eines Nahrungsverlustes in Betracht zu ziehen waren. Die N-Ausscheidung in Harn und Kot gibt also hier nicht die eigentliche Eiweißersetzung an, sondern eine Größe, die um den Verlust durch unresorbiertes Eiweiß vermehrt ist. Daher hat man in solchen Fällen als Eiweißersetzung nur von N im Harn gesprochen und den N in den festen Ausscheidungen beiseite gelassen.

Dieser Standpunkt konnte für manche Fälle vielleicht gebilligt werden, allgemein anwendbar ist er aber nicht. Durch meine Versuche der neuen Zeit hat sich gezeigt, daß wir einen wechselnden, mitunter aber einen sehr erheblichen Teil des Kot-N als Stoffwechselverlust ansehen müssen.

Dies wird um so wichtiger werden, je kleiner die Menge der N-Ausscheidung überhaupt ist, also für alle Fragen über die Abnützungsquote oder das sogenannte N-Minimum.

I.

Die Bildung von N-haltigen Stoffwechselprodukten im Kot hängt mit der Bildung von Darmsekreten zusammen, wie die Bildung der Stoffwechselprodukte des Kotes überhaupt. Von diesen wissen wir im allgemeinen, daß ein Teil resorbiert wird und dann entweder zerstört wird bis auf Produkte, die im Harn vorkommen, oder vielleicht bei der Bildung der Sekrete in einer Art von Kreislauf Verwendung findet. Alles das liegt nur in großen Zügen fest; über einzelnes im Hergang wissen wir nur wenig, da es ja experimentell nicht möglich ist, die normal verlaufende Sekretion und deren Transformierung zu verfolgen. Die Stoffwechselprodukte können manchmal sehr bedeutend an Masse sein, wofür sich z. B. in meinen Versuchen mit Brotnahrung eine ganze Reihe von Beispielen finden.

Da die Tätigkeit des Darmes unter den bekannten Vorgängen der Blutverschiebung nach der Leibhöhle hin erfolgt, so könnte man wenigstens für einen beschränkten Teil der Stoffwechselprodukte auf den Gedanken kommen, es möchte die Mehrung solcher Produkte im Darm eine Minderung des N-Verbrauches an anderen Stellen entsprechen. Indes sehen wir aber in zahlreichen Fällen, bei denen ein Stoff verabreicht wird, welcher als Darmreiz zu betrachten ist, stets eine solche Mehrung der Steigerung der Gesamtmenge der N-Ausscheidung eintreten, aber kaum eine Mehrung der Stoffwechselprodukte des Darmes unter Minderung der N-Ausscheidung des Harnes gegenüber dem Vergleichsversuch.

Ferner verweise ich auf die Versuche mit kombinierter Nahrung.¹ Dort finden sich Beispiele dafür, daß durch die Zugabe von Kohlehydraten wie Zucker (neben Kartoffel) die Menge der N-Ausscheidung im Darm nicht herabgedrückt werden kann. Die vorhandene N-Ausscheidung ist also ein funktioneller Vorgang für sich, so wie etwa die spezifisch-dynamische Wirkung des Eiweißes unter dem Einfluß anderer funktioneller Vorgänge, z. B. der Arbeitsleistung, gleichfalls unverändert bleibt.² Somit darf man die Mehrung von Stoffwechselprodukten und des N in ihnen als einen für sich bedingten Prozeß ansehen, der einer einseitigen Mehrung des Eiweißumsatzes entspricht. Offen gelassen werden muß die Annahme,

¹ *Dies Archiv.* 1918. Physiol. Abtlg. S. 135.

² *Berichte der kgl. pr. Akademie der Wissenschaften.* 1910. S. 316.

daß die Mehrung der N-Ausscheidung im Kot nicht den ganzen Betrag der Steigerung des N-Verbrauches ausmacht, daß vielmehr ein Teil aus dem Darm seinen Weg in den Harn findet.

Dann würde man erwarten müssen, daß bei einem vollkommenen N-Gleichgewicht, etwa auf dem N-Minimum, durch Beifütterung von Substanzen, die eine vermehrte Darmsekretion hervorrufen, auch eine Änderung der N-Ausscheidung eintritt. Dieser Anteil scheint jedenfalls nicht erheblich zu sein, es mag aber der definitive Entscheid besonderen Versuchen vorbehalten bleiben.

Seiner Herkunft nach hat der Stoffwechsel-N des Kotes enge Beziehungen zur Art des Nahrungsmittels überhaupt, auch zu den N-freien Stoffen, zur Zellmembran, zu Säuren usw., kurzum zu Reizen, die auf den Darm und seine Sekretion wirken. Dadurch wird das Verhältnis zwischen Nahrungs-N und N der Stoffwechselprodukte offenbar sehr wechselnd und in Fällen minimaler N-Zufuhr auch dominierend, erreicht also gerade für jene Fälle der N-armen Nahrungsmittel seine überwiegende Bedeutung.

Nicht immer wird in einem Ernährungsversuch mit Vegetabilien ein N-Gleichgewicht der Einnahmen und Ausgaben vorhanden sein, vielmehr häufig bei ungenügender Zufuhr eine Abgabe von N vom Körper vorhanden sein. Diese N-Abgabe kann wieder aus zwei Quellen herrühren: aus dem Vorratseiweiß, das für dynamische Zwecke verbraucht wird, oder aus dem Eiweiß, das wegen unzureichender Zufuhr im Rahmen der Abfallsquote zu Verlust geht.

Mehrfach ist in letzter Zeit von Röse, R. Berg und anderen kurzweg behauptet worden, die N-Abgabe, welche nach einer reichlichen N-Zufuhr mit nachfolgender N-freier Kost sich geltend macht, beruhe auf der Ausscheidung von Eiweißschlacken, welche im Körper aufgehäuft blieben, sich nur sehr langsam, oft erst im Laufe eines Jahres wieder beseitigen ließen. Es bedarf kaum einer eingehenden Erörterung, daß diesen Behauptungen keine experimentellen Grundlagen zukommen.

Bekannt ist aus Versuchen von C. Voit und anderen, daß Harnstoff das wichtigste Spaltprodukt des Eiweißes, rasch wieder nach Fütterung austritt; nach Versuchen von Gruber und anderen und eigenen Versuchen kann ich angeben, daß der Versuch einer Ausspülung von Spaltprodukten durch überreichliche Wasserzufuhr nur vorübergehend gelingt.

Es läßt sich auch zeigen, daß nach Leimzufuhr bei reichlicher N-Menge keine Retention von Spaltprodukten bleibt, sondern die N-Ausscheidung am nachfolgenden Hungertag gleich absinkt¹, worauf auch

¹ Rubner, *Gesetze des Energieverbrauchs.* S. 337.

schon C. Voit hingewiesen hatte. Auch kalorimetrisch läßt sich nachweisen, daß die Wärmeproduktion an einem auf reichliche Eiweißfütterung folgenden Hungertag der berechneten Stoffzersetzung entspricht, was nicht möglich wäre, wenn der zurückgehaltene N ein Abfallprodukt gewesen wäre.

Der einzige Fall, in welchem sicher eine Zurückhaltung von Nicht-eiweißstoffen erwiesen ist, betrifft den von mir und Bürgi erbrachten Nachweis der langsamen Ausscheidung von Bestandteilen verfütterten Fleischextraktes¹, hierbei konnte an der Erhöhung der Quotienten C/N im Harn gezeigt werden, daß kleine Mengen von Substanzen in der Ausscheidung sich verzögern.

Für die Möglichkeit solcher Retentionen habe ich auf die enorme Oberflächenentwicklung der Zellmasse der Tiere und der Menschen hingewiesen.

Für die Hefe konnte ich zuerst die Adsorption von Zucker nachweisen.² Diese Adsorptionen, die hier in dem erwähnten Falle nachgewiesen sind, können, wie ich meine, für die Nahrungsversorgung der Zellen eine wichtige Rolle spielen: sie ermöglichen die Aufnahme von Nährstoffen aus sehr verdünnten Lösungen und die Unabhängigkeit der Nahrungsversorgung von der Konzentration der Nährlösung.

Für die Ernährung mit Eiweiß kann die Adsorption die lockere Bindung recht wohl erklären, die man dem Vorratseiweiß zuschreiben muß. Alle solche Vorgänge dienen der Nahrungsgewinnung für die Zelle; ob dabei das Eiweiß allein oder die Adsorption der Gesamtheit ihrer Aufbauteile vorliegt, kann unerörtert bleiben.

Im Gegensatz hierzu liegt für den Organismus keinerlei Bedürfnis vor, Abbauprodukte, die in ihrer Anhäufung sich sämtlich auch als giftig erweisen, zurückzuhalten.

Wir dürfen also annehmen, daß die N-Abgabe vom Körper Material zum Eiweißumsatz liefert, und demgemäß wird ein entsprechender Teil von Kot-N als Umsatzprodukt geliefert. Solche Spaltprodukte sind, wie ich an anderer Stelle schon bemerkt habe³, sicher für die Umsetzung des dynamischen Anteiles der Eiweißzersetzung andere als für Teile der Abfallsquote und des Körpereiwisses.

Die erste hierher gehörige Beobachtung war der Unterschied, den ich für den Quotienten

Harn C/N und Harnal./N

¹ *Archiv für Hygiene*. 1904. Bd. LI. S. 1.

² *Ernährungsphysiologie der Hefezelle*. S. 268.

³ *Zeitschrift für Biologie*. Bd. XXI. 1885. S. 326.

bei Hunger, Fleisch- und Fleisch-Eiweißfütterung gefunden hatte. Hier war zum erstenmal gezeigt worden, daß die Spaltprodukte verschieden sind, wenn Körpereiwiss zerfällt oder wenn Nahrungseiweiß gespalten und aufgebraucht wird (und ebenso war für die Extraktivstoffe des Muskels damit dargetan, daß sie durch den Körper mehr oder minder unbenutzt hindurch gehen).

Auf die von Folin u. a. gebrauchten Bezeichnungen „endogener“ und „exogener“ Stoffwechsel komme ich in einer anderen Abhandlung zurück.

II.

Über die Größe des Stoffwechsel-N im Kote bei verschiedener Nahrungsaufnahme.

Brot verschiedener Herstellung und Ausmahlung.

Im nachfolgenden sollen nur einige Beispiele, welche zur allgemeinen Charakteristik dienen, aufgeführt werden, da dies für die Prinzipienfrage der Bestimmung des N-Umsatzes genügt. Die Originalzahlen finden sich in den einzelnen Publikationen dieser Zeitschrift im näheren aufgeführt. Ich beginne mit der Betrachtung des Brotes aus Roggenmehl.

Ausmahlung in Prozenten	Versuchs- person	N im Harn	N im Kot	Summe	N-Zufuhr	Bilanz	N im Kot als Stoffw.- Produkte
95 % (II.)	O.	6.75	4.95	10.70	13.05	+1.45	1.46
	Sch.	5.67	3.44	10.14	9.11	-1.03	1.65
Mittel		6.21	4.19	10.42	11.13	+0.71	1.55
82 % (V.)	O.	6.56	4.80	11.35	11.15	-0.20	2.35
	Sch.	5.88	4.0	9.88	10.49	+0.61	1.62
Mittel		6.22	4.40	10.61	10.82	+0.21	1.98
82 % mit Kart. (VI.)	O.	6.19	4.36	10.55	9.88	-1.19	1.86
	Sch.	5.37	4.60	9.97	9.25	-0.43	2.05
Mittel		5.78	4.48	10.26	9.31	-0.95	1.95
75 % (I.)	O.	5.76	4.36	10.12	11.03	+0.91	2.00
	Sch.	5.58	3.30	8.88	8.24	-0.64	1.20
Mittel		5.67	3.83	9.50	9.63	+0.13	1.60
65 % (III.)	O.	5.88	3.25	9.13	8.18	-0.95	1.81
	Sch.	5.40	2.47	7.87	6.93	-0.94	1.17
Mittel		5.64	2.86	8.50	7.55	-0.94	1.49
65 % mit Kart. (IV.)	O.	5.66	3.25	8.91	6.97	-1.94	1.58
	Sch.	5.14	2.80	7.94	6.60	-1.16	1.28
Mittel		5.40	3.02	8.43	6.78	-1.65	1.43

Nahrung	Versuchs- person	N im Harn	N im Kot	Summe	N in der Zufuhr	Bilanz	N im Kot als Stoffw.- Produkte
Weizenbrot mit Keimlingen	O.	15.91	3.18	19.09	22.28	+3.19	1.96
	Sch.	11.81	3.43	15.24	19.71	+4.41	1.55
Mittel		13.86	3.30	17.16	20.99	+3.83	1.75
Gerstenbrot	O.	9.23	3.56	12.79	13.86	+0.57	1.49
	Sch.	8.43	4.63	13.06	12.64	-0.42	1.76
Mittel		8.83	4.09	12.92	13.00	+0.08	1.62

Die erste Versuchsreihe betrifft ein besonderes Mahlverfahren (Growittbrot), die übrigen entstammen der üblichen Trockenvermahlung. Nicht überall herrschte N-Gleichgewicht. Für die Mehrausscheidung von 1 g N der aus abgegebenem Körpereweiß stammt, sind 0.015 g N bei den Stoffwechselprodukten abzuziehen. Es ergibt sich dann folgendes:

Harn-N in Gramm	Stoffwechsel-N in Gramm	Summe in Gramm	vom Umsatz sind Stoffw.-Produkte in Prozenten
6.21	1.55	7.76	20.0
6.22	1.98	8.20	24.1
5.78	1.94	7.72	25.1
5.67	1.60	7.27	22.0
5.64	1.48	7.12	20.8
5.40	1.41	6.81	20.7

Bei einer trockenen Ausmahlung von 82 bis 65 Prozent macht der Stoffwechsel-N zwischen 20.7 bis 25.1 Prozent vom eigentlichen N-Umsatz aus. Der wirkliche Eiweißumsatz ist erheblich größer, als die N-Ausscheidung im Harn anzeigt.

	Harn-N in Gramm	Stoffwechsel- N in Gramm	Summe in Gramm	vom Umsatz ist Stoffw.-N in Prozenten
bei Gerstenbrot	8.83	1.62	10.45	15.5
bei Brot mit Keimlingen	13.86	1.75	15.61	11.2

B. Wurzelgewächse, Blattgemüse, Obst.

Den Brotsorten mit ihren schwer verdaulichen Zellmembranen gegenüber stelle ich die Wurzelgewächse, Blattgemüse und das Obst.

¹ Wenn Körpereweiß zerstört wird, bildet sich neben Harn auch Kot; diese Menge Kot-N beträgt für 1 g N-Abgabe aber nur 0.015 g.

	Versuchs- person	N im Harn	N im Kot	Summe	N in der Zufuhr	Bilanz	N im Kot Stoffw.- Produkte	Wert korrigiert f. Stoffw.- Produkte
Kartoffel	M.	8.22	2.42	10.62	8.67	-1.97	1.53	1.50
	M.	12.34	2.01	14.25	5.33	-8.92	1.14	1.01
Gelbe Rüben	O.	6.84	1.71	8.55	2.20	-6.35	1.09	1.00
	Sch.	5.83	1.41	7.24	2.54	-4.70	0.63	0.56
Mittel:		6.33	1.56	7.89	2.37	-5.52	0.86	0.78
Wirsing	M.	15.86	2.39	18.25	8.88	-9.37	1.92	1.78
Erdbeeren	B.	4.98	2.73	7.71	2.98	-4.73	1.28	1.21
Äpfel	O.	5.20	2.24	7.44	1.78	-5.66	1.05	0.98
	Sch.	5.39	2.36	7.75	1.71	-6.04	1.20	1.11
Mittel:		5.29	2.30	7.59	1.74	-5.85	1.12	1.04

Im allgemeinen handelt es sich dabei um N-arme Nahrungsmittel, aber auch um manche, deren N-Gehalt recht erheblich genannt werden kann. Nach der Tabelle läßt sich leicht ableiten, wieviel Gramm N aus den Nahrungsmitteln im Harn entleert werden, da man dazu nur das unverdaute Protein von dem N des Nahrungsmittels abzuziehen braucht. Der Gesamt-N-Umsatz ergibt sich, wenn man hierzu den Stoffwechsel-N addiert; mit dieser Summe wird der Stoffwechsel-N selbst in Relation gesetzt. Man erhält dann folgende Werte, welche angeben, wieviel Prozent vom Gesamt-N-Umsatz auf Stoffwechsel-N trifft.

Nahrungsmittel	N im Harn aus den Nahrungs- mitteln in Gramm	N in Stoffwechsel- produkten in Gramm	Summe des N-Umsatzes in Gramm	Vom N-Umsatz ist Stoffw.-N. in Prozenten
Kartoffel	7.75	1.50	1.25	16.2
Wirsing	8.41	1.70	10.19	17.4
Gelbe Rüben	4.46	1.01	5.07	19.9
Kohlrüben	1.67	0.78	2.45	31.7
Erdbeeren	1.53	1.21	2.74	43.7
Äpfel	0.48	1.04	1.52	68.4

Bei den Zerealien waren die Unterschiede für die prozentigen Werte der Beteiligung des Stoffwechsel-N im Kote nicht sehr erheblich, bei der vorstehenden Gruppe der Nahrungsmittel dagegen sind die Unterschiede außerordentlich groß; die bedeutendsten Werte geben die Früchte — bei den Äpfeln wird mehr Stoffwechsel-N im Kot ausgeschieden wie im Harn.

Die Unterschiede müssen in der Eigenart der Nahrungsmittel begründet sein.

Der wirkliche N-Umsatz ist demnach bei den Vegetabilien stets größer als der Umsatz von Harn und Kot bei den Animalien. Der Zuschlag, welcher für die N-Stoffwechselprodukte gemacht werden muß, ändert sich mit der Art der Nahrungsmittel und kann in manchen Fällen den im Harn ausgeschiedenen N-Anteil sogar noch übertreffen. Für die Feststellung des Eiweißverbrauches bei kleinen N-Mengen in der Nahrung ist der Stoffwechselanteil nicht zu vernachlässigen.

Die Größe des N-Verbrauches bei einigen vegetabilischen Nahrungsmitteln.

Von

Geheimrat Prof. **Max Rubner.**

Gelegentlich der zahlreichen Versuche über die Verdaulichkeit verschiedener Nahrungsmittel habe ich auch die Ausscheidungen des N im Harn und auf diese Weise umfangreiche Beobachtungen über den N-Umsatz bei verschiedener Nahrung gemacht, die bisher nicht näher besprochen worden sind und deshalb im nachfolgenden einer zusammenfassenden Betrachtung unterworfen werden sollen.

Zwar lege ich den Schwerpunkt an dieser Stelle auf die Lösung der theoretisch wichtigen Fragen im Hinblick auf die Stoffwechsellehre, doch soll ein Hinweis auf die praktische Verwertung der Ergebnisse nicht unterlassen werden. Wenn man die einzelnen Nahrungsmittel sich näher betrachtet, wird man finden, daß ich alle Gruppen der vegetabilischen Nahrungsmittel, wenigstens in einzelnen Beispielen, der Untersuchung unterzogen habe. Aus ihnen allein ist aber die wesentliche Quelle der Nahrung für das Volk während der letzten zwei Jahre geflossen, wenigstens für die städtische Bevölkerung. Die Ergebnisse vermitteln uns ein Verständnis der Wirkungen einer solchen Kost auf den Körperzustand, oder richtiger gesagt, weil wir uns nur mit den durch die Kriegskost geschädigten Personen befassen konnten, zeigen sie, wie sich auch für solche die Ernährungswirkungen gestalten müssen. Ich komme nach der Erledigung der theoretischen Fragen auf diese praktischen zurück.

Die rein theoretischen Untersuchungen über den Stoffwechsel bei kohlehydrathaltiger Kost, die im vorstehenden auseinandergesetzt worden sind, geben erst die grundlegenden Voraussetzungen zu einer kritischen Behandlung des N-Umsatzes, der an sich nicht immer eindeutig ist, aber unter den entsprechenden, jetzt gegebenen Voraussetzungen einer Diskussion unterzogen werden kann.