

Ein Erwachsener entwickelt täglich etwa $2\frac{1}{2}$ Mill. Wärmeeinheiten (Kalorien); eine Wärmeeinheit nennt man jene Wärmemenge, welche nötig ist, um 1 g Wasser in seiner Temperatur um 1° C. zu erhöhen.

Prozentisch verteilt sich die Wärmeabgabe wie folgt:

Haut	87.0	< Strahlung	71.5	> 23.2 %
		< Wasserverdunstung	15.5	
Atem	11.1	< Wasserverdunstung	7.7	
		< Erwärmung der Atemluft	3.4	
Wärmeabgabe in Kot und Urin			2.0	

VIII. Der Stoffwechsel des Gesamtorganismus unter verschiedenen Verhältnissen.

I. Ermittlung des Gesamtstoffverbrauches.

Um die Größe des Gesamtstoffverbrauches eines Organismus zu ermitteln, bestimmt man die Einnahmen und Ausgaben desselben während einer gewissen Zeit, nach ihrer Menge sowohl wie nach ihrer elementaren Zusammensetzung. Die Differenz in Einnahme und Ausgabe bedeutet Gewinn oder Verlust des Körpers. Die bahnbrechenden Untersuchungen von T. L. W. Bischoff, M. v. Pettenkofer und C. v. Voit haben ergeben, daß der im Organismus verbrauchte Kohlenstoff größtenteils in Form von Kohlensäure, durch Lunge und Haut, zum kleinen Teile in Form kohlenstoffhaltiger, organischer Verbindungen durch den Harn und Kot abgeschieden wird. Durch Addition des gasförmig ausgeschiedenen Kohlenstoffs ($\text{CO}_2 \times 0.273 = \text{C}$) und des durch Elementaranalyse gefundenen Kohlenstoffs in Harn und Kot erhält man also ein Maß für den Verbrauch an Kohlenstoff im Körper. Ist der Kohlenstoffgehalt der Einnahme größer als der der Ausgaben, so ist Kohlenstoff zum Ansatz gelangt; im umgekehrten Falle ist kohlenstoffhaltiges Material zu Verlust gegangen. Ob dies verlorene C-haltige Material Eiweiß oder Fett war, erfährt man durch gleichzeitige Bestimmung des ausgeschiedenen Gesamtstickstoffs. Eiweiß enthält 54% C und 16% N. Wurde z. B. (im Hungerzustand) nur Eiweiß zerstört, so muß sich die C-Ausscheidung zur N-Ausscheidung wie 54:16 oder 3.4:1 verhalten; ein Überschuß an C stammt von anderem C-haltigem, aber N-freiem Material, das nur Fett sein kann. Der im Körper verbrauchte Stickstoff erscheint zum weitaus größten Teile im Harn wieder, ein geringer Teil findet sich im Kot. Durch Ermittlung des im Harn und Kot ausgeschiedenen N erhält man also ein Maß für den Verbrauch an N-haltigen Substanzen im Körper, ein Maß für die Größe der Eiweißzersetzung. Wurde dem Organismus mehr N zugeführt, als ausgeschieden wurde, so fand ein Ansatz von N, von Eiweiß, im umgekehrten Falle ein Verlust an Eiweiß statt. Die N-Differenz mit 6.25

multipliziert ergibt die Menge des angesetzten oder zu Verlust gegangenen Eiweißes.

C. v. Voit berechnet die N-Mengen nicht auf Eiweiß, sondern auf Muskelfleisch, welches durchschnittlich 3.4 % N enthält; 1 g N entspricht somit ca. 30 g Fleisch.¹

II. Einfluß der Nahrung auf den Stoffverbrauch.

1. Der Hunger.

Der tierische Organismus kann auch bei völliger Entziehung der Nahrung noch eine Zeitlang fortleben. Weil nun die Einnahmen des Körpers auf den eingeatmeten Sauerstoff beschränkt sind, die Zersetzungsprozesse aber weiter vor sich gehen und die verbrauchten Stoffe ausgeschieden werden, so tritt eine stetige, anfangs rasche, später langsamere Abnahme des Körpergewichtes ein; der Körper verzehrt sich selbst.

M. v. Pettenkofer und C. v. Voit² ermittelten bei einem kräftigen Arbeiter von 71 kg Körpergewicht für den ersten Hungertag folgenden Verlust:

im Harn:	12.5 g N und	5.8 g C
in der Respiration:	—	201.3 g C
= 12.5 g N und 207.1 g C		

12.5 g N = 78.1 g Eiweiß (= 370 g Fleisch), in denen 41.9 g C stecken. Es sind somit noch 207.1—41.9 = 165.2 g C übrig, die auf zerstörtes Fett zu verrechnen sind; 165.2 g C würden 214.76 g Fett entsprechen.³ Außerdem hatte der Körper 889 g Wasser abgegeben, sodaß derselbe also am ersten Hungertage gelebt hatte auf Kosten von 78 g Eiweiß (370 g Fleisch), 215 g Fett und 889 g Wasser.

J. Ranke⁴ wies bei einer anderen fettreichen Person für den zweiten Hungertag einen Verlust nach von 50 g Eiweiß, 203.8 g Fett und 868 g Wasser.

H. Senator, N. Zuntz, C. Lehmann, J. Munk und Fr. Müller⁵ ermittelten bei dem 57 kg schweren, 10 Tage hungernden Cetti, welcher innerhalb dieser Zeit nur 12 Liter Wasser trank, einen Totalgewichtsverlust von 6.35 kg; der Stoffverbrauch stellte sich am

1. Tage auf	88 g	Eiweiß,	160 g	Fett und	1600 g	Wasser
5. „ „	69.4 g	„	141 g	„ „	1900 g	„
10. „ „	61.4 g	„	126 g	„ „	1500 g	„

¹ Näheres über die Feststellung des Stoffverbrauches siehe: C. v. Voit, Phys. d. allg. Stoffwechsels p. 66; ferner: J. Munk u. J. Uffelmann, Die Ernährung des gesunden u. kranken Menschen p. 11. — ² Ztschr. f. Biologie 1866. 2, 478 u. 1869. 5, 369. — ³ Die Fette enthalten i. Mittel 76.5 % C; $C \times \frac{100}{76.5}$ od. 1.3 = Fett. — ⁴ Ranke, Ernährung des Menschen, 1876, 210. — ⁵ Berliner klin. Wochenschr. 1887, 425. Virchows Arch. 1893, 131, Suppl. 1.

Der Hungernde verliert also gleichmäßig an Körpermasse, jedoch in den ersten Tagen mehr, wie in den späteren; der Verlust besteht der Hauptsache nach (etwa $\frac{2}{3}$) in Wasser, nur ein Drittel trifft auf Fett und Eiweiß, und zwar wird 3—4 mal mehr Fett zerstört wie Eiweiß. Nimmt der Hungernde Wasser zu sich, so ist der Verlust selbstredend nur auf Fett und Eiweiß beschränkt. Hunger ohne Wasseraufnahme wird schwerer vertragen als mit Wassergenuß. Bei fetten Personen ist der Eiweißverbrauch ein geringerer als bei mageren; Kinder, welche einen regeren Stoffwechsel haben, erliegen eher dem Hungertode als Erwachsene. Der Umstand, daß die N-Ausscheidung in den ersten Hungertagen eine stärkere ist, als in den folgenden Tagen, daß sie sogar auf ein Minimum herabsinkt, hat v. Pettenkofer und v. Voit zu der Annahme geführt, daß der Körper neben dem fester gebundenen „Organeiweiß“ noch je nach dem Eiweißgehalte der vorausgegangenen Nahrung mehr oder weniger „zirkulierendes“ Eiweiß enthalte; ist letzteres verbraucht, dann erst wird das fester gebundene Organeiweiß angegriffen, das schwerer zersetzt wird, infolgedessen die Größe der N-Ausscheidung abnimmt.

Vergl. W. Prausnitz, Die Eiweißzersetzung beim Menschen während der ersten Hungertage. *Ztschr. f. Biologie* 1893. N. F. **11**, 161. Über den Begriff: „zirkulierendes Eiweiß“ siehe: Ed. Pflüger: *Pflügers Arch.* 1893. **54**, 333; O. Hammarsten, *Lehrb. d. phys. Chem.* 1899, 586.

2. Alleinige Zufuhr von Eiweiß.

Eine gesteigerte Zufuhr von Eiweiß hat eine Steigerung der N-Ausscheidung, also auch eine gesteigerte Eiweißzersetzung zur Folge.

Voit¹ fand bei Versuchen an einem Hunde:

Verzehrt. Fleisch pr. Tag in Gramm	Harnstoffmenge im Tag in Gramm	Verzehrt. Fleisch pr. Tag in Gramm	Harnstoffmenge im Tag in Gramm
300	32	1500	106
500	40	1800	128
600	49	1900	139
800	56	2000	144
900	68	2200	154
1000	77	2500	173
1200	88	2660	181

War die 3fache Menge Eiweiß gegeben, so betrug die Harnstoffmenge das Doppelte, war die 6fache Menge Eiweiß zugeführt, so stieg die Harnstoffabgabe auf das Vierfache.

Mit der vermehrten Eiweißzufuhr und hierdurch bedingten Steigerung der Eiweißzersetzung wird der Verlust des Körpers an Eiweiß, wie er beim Hunger stattfindet, immer geringer. Bei weiterer Steige-

¹ *Ztschr. f. Biologie* 1867. **3**, 5; v. Voit, *Physiol. d. allg. Stoffwechsels*, 105.

rung der Eiweißzufuhr gelangt man schließlich zu dem Punkte, wo die eingeführte Menge gerade genügt, den Verlust aufzuheben. Bei Darreichung dieser Eiweißmenge befindet sich der Körper im Stickstoffgleichgewicht. Wird nun noch mehr Eiweiß zugeführt, so wird ein Teil des überschüssigen Eiweiß im Körper angesetzt. Um bei ausschließlicher Zufuhr von Eiweiß den Eiweißverlust zu decken, bedarf der Körper nach Voits Untersuchungen mindestens $2\frac{1}{2}$ mal so viel Eiweiß, als er im Hungerzustande zerstört hatte.

Die Größe der Eiweißzufuhr bestimmt aber nicht ausschließlich den Eiweißumsatz; auch der Körperzustand ist von Einfluß auf die Eiweißzersetzung. Ist der Körper infolge vorhergehender starker Eiweißzufuhr reich an Eiweiß geworden, so muß ihm zur Deckung des Eiweißverlustes mehr Eiweiß zugeführt werden, als wenn er durch vorhergegangene spärliche Fleischzufuhr eiweißarm geworden war. Ein Versuch von Voit zeigt dies:

Fleischzufuhr	Fleisch		vorausgegangen
	verbraucht ¹	am Körper	
1500	1599	— 99	2000 g Fleisch
1500	1467	+ 33	1500 g Fleisch
1500	1267	+ 233	Hunger
1500	1186	+ 314	eiweißarmes Futter

Der Tierkörper hat die Neigung, seinen Eiweißzerfall der Eiweißzufuhr anzupassen; mit den verschiedensten Eiweißmengen kann Stickstoffgleichgewicht erzielt werden.

Ganz gleichgültig, ob die am ersten Tage gegebene Fleischmenge einen Verlust oder einen Ansatz von Eiweiß zur Folge hatte, nimmt bei weiterer Zufuhr derselben Eiweißmenge der Verlust oder Ansatz so lange ab, bis Zufuhr und Zersetzung gleich geworden sind. Es gibt aber für jeden Organismus eine obere und eine untere Grenze, über welche bzw. unter welche hinaus dieser Gleichgewichtszustand nicht mehr möglich ist. Die obere Grenze ist in der Aufnahmefähigkeit des Darmes für Eiweiß gegeben; die untere Grenze wechselt je nach dem Körperzustande des Tieres; sie ist abhängig von der Eiweißmasse am Körper und ist erreicht, wenn das stabile Material, das Organeiweiß angegriffen wird. Außerdem ist die untere Grenze der Eiweißzufuhr von dem Fettbestande des Körpers wesentlich abhängig; ein fettreicher Körper gebraucht zur Erreichung des Stickstoffgleichgewichtszustandes weniger Eiweiß als ein fettarmer.

Eine Steigerung der Eiweißzufuhr bedingt nicht einen äquivalenten, andauernden Eiweißansatz, da mit der erhöhten Auf-

¹ Der Fleischverbrauch ist aus der N-Ausscheidung berechnet; 3.4 g N = 100 g Fleisch.

nahme von Eiweiß sofort die Zersetzung wächst. Wird dem Körper mehr Eiweiß zugeführt, als er zur Erhaltung des Gleichgewichtszustandes nötig hat, so erfolgt zwar in den ersten Tagen ein Eiweißansatz; derselbe wird aber immer geringer, bis wieder das Gleichgewicht eingetreten ist. Man kann daher durch keine, auch noch so große Eiweiß-(Fleisch-)zufuhr einen Eiweißansatz auf die Dauer erzielen, eine Mästung an Fleisch bewirken. Falsch ist es jedoch hieraus zu schließen, eine über das Notwendige hinausgehende Eiweißzufuhr sei ein Luxus; die erhöhte Eiweißzufuhr vermehrt die Menge des zirkulierenden Eiweißes und bedingt einen größeren Stoffumsatz und eine größere Leistungsfähigkeit des Körpers.

Durch kleinere, ungenügende Gaben von Fleisch verliert der Körper neben Eiweiß auch Fett; größere Eiweißzufuhr vermindert den beim Hunger stattfindenden Verbrauch an Eiweiß und Fett; bei sehr großen Fleischgaben kann sogar Fettansatz erfolgen. v. Pettenkofer und v. Voit¹ haben dies experimentell bewiesen, indem sie in acht verschiedenen Perioden einem Hunde ansteigende Fleischmengen verabreichten, wobei sie folgende Werte erhielten:

Nr.	Fleisch verzehrt	Fleisch zersetzt	Fleisch am Körper	Fett am Körper	Kohlen-säure	Sauerstoff aufgenommen	Sauerstoff nötig
1.	0	165	- 165	- 95	327	330	329
2.	500	599	- 99	- 47	356	341	332
3.	1000	1079	- 79	- 19	463	453	398
4.	1500	1499	+ 1	+ 29	482	435	426
5.	1500	1500	0	+ 4	547	487	477
6.	1800	1757	+ 43	+ 1	656	—	592
7.	2000	2044	- 44	+ 58	604	517	524
8.	2500	2512	- 12	+ 57	783	—	688

Diese Zahlen zeigen zunächst, daß Eiweißzufuhr und Zersetzung gleichen Schritt halten, ja daß sogar (in Nr. 7 und 8) bei sehr hoher Zufuhr noch ein geringer Teil Organeiweiß zersetzt ist. Bei kleinen Gaben von Fleisch hat der Körper Eiweiß und Fett verloren; der Verlust wird mit steigender Zufuhr geringer und erreicht bei 1500 g das Gleichgewicht; bei noch größeren Fleischgaben wächst wieder die Zersetzung von Eiweiß bis zum abermaligen Gleichgewicht, während Fett im Körper abgelagert wird. Aus obigen Zahlen ist weiterhin noch ersichtlich, daß der Sauerstoffverbrauch mit der Menge des verzehrten Fleisches wächst, daß also in den Körper nicht stets die gleiche Menge Sauerstoff eintritt, sondern daß sich der Körper den zur Verbrennung nötigen Sauerstoff nach Bedarf aus der Luft herbeiholt.

¹ Ztschr. f. Biol. 1871. 7, 439.

Die vorstehend geschilderten Verhältnisse sind an Hunden studiert; über den Stoffverbrauch des Menschen bei ausschließlicher Eiweiß-(Fleisch-)nahrung liegt nur ein Versuch vor, der von J. Ranke¹ angestellt wurde; das Resultat war folgendes:

Einnahmen:		
in 1832 g Fleisch:	62.3 g N und	229.4 g C
in 70 g Fett:	—	50.7 g C
	62.3 g N und	280.1 g C
Ausgaben:		
in 2073 cem Harn:	40.9 g N und	18.0 g C
im Kot:	3.3 g N und	14.9 g C
in der Atmung:	—	231.2 g C
	44.2 g N und	264.1 g C
also im Körper verblieben:	18.1 g N und	16.0 g C

18.1 g N = 113.1 g Eiweiß = 582 g Fleisch wurden somit im Körper angesetzt. 113 g Eiweiß verlangen zu ihrer Bildung (neben 18 g N) 60.6 g C; da aber nur 16 g C zur Verfügung stehen, muß der Körper 44.6 g C = 58 g Fett hergegeben haben. Das Körpergewicht hatte nach Beendigung des Versuches 146 g abgenommen, so daß also außer Fett auch noch Wasser zu Verlust gegangen war.

Nach diesem Versuche würde der Mensch bei ausschließlicher Fleischkost an seinem stofflichen Bestande einen Verlust erleiden; allein es ist doch wohl wahrscheinlich, daß bei reichlicher Fleischkost der menschliche Körper nach einigen Tagen sich ebenso in das N- und C-Gleichgewicht setzen würde, wie das beim Hunde der Fall ist. Außerdem ist der Versuch Rankes nicht ganz einwandfrei, da derselbe an einem fettreichen Körper ausgeführt wurde, welcher nicht alles Fleisch zersetzte (nur 1200 g, entsprechend den im Harn ausgeschiedenen 40.9 g N). Je fettreicher der Körper ist, desto weniger Eiweiß wird zerstört; da die Zersetzungsfähigkeit der Zellen des Körpers durch die Zersetzung geringer Mengen Eiweiß nicht erschöpft ist und bei ausschließlicher Fleischkost anderweitig zersetzbare Stoffe nicht vorhanden sind, wird das am Körper befindliche Fett angegriffen (J. Munk²).

Es ist daher wohl kaum zweifelhaft, daß bei einem fettärmeren Menschen mehr oder alles Eiweiß zersetzt und der Körper bei ausschließlicher Fleischnahrung auf seinem stofflichen Bestande erhalten werden kann; allein der Verdauungsapparat des Menschen ist solcher Kost nicht angepaßt; er könnte die zu seiner völligen Ernährung nötigen Fleischmassen (täglich ca. 4 Pfund Fleisch) nicht bewältigen und würde sehr bald Widerwillen gegen diese Kost empfinden. Der Mensch bedarf einer gemischten Kost, welche neben Eiweiß noch Fett und Kohlehydrate enthält.

¹ J. Ranke, Die Ernährung d. Menschen 1876, 224; Munk u. Uffelman
l. c. 33. — ² Berl. klin. Wochenschr. 1885, Nr. 13.

3. Zufuhr von Pepton.

v. Voit ist der Ansicht, daß das dargereicherte Pepton im Körper vollständig zerstört wird und kein Ansatz von Eiweiß daraus erfolgt, daß es aber durch seine Zerstörung den Zerfall des Eiweißes in den Zellen und Geweben fast ganz oder ganz aufheben kann und daß dann nur so viel Eiweiß vom Organismus abgegeben wird, als in den abgestoßenen organisierten Gebilden enthalten ist.

Nach den neueren Untersuchungen von N. Zuntz¹, S. Pollitzer², V. Gerlach³ und E. Pfeiffer⁴ scheint es jedoch sicher, daß die Albumosen und Peptone Stickstoffansatz bewirken und deshalb, wenigstens auf kurze Zeit — die Versuche erstreckten sich auf 10—15 Tage — in jeder Beziehung die gewöhnliche Eiweißnahrung vertreten können. Ob dieses auf die Dauer möglich ist, darf man wohl mit Recht bezweifeln, weil sich sehr bald Widerwille und Reizungserscheinungen des Darmes bei den Versuchstieren geltend machten. Immerhin dürften die leicht resorbierten Peptonpräparate neben anderen Stoffen als Nahrung für Kranke von nicht zu unterschätzendem Nutzen sein.

4. Zufuhr von Leim und leimgebenden Geweben.

Die Rolle, welche der Leim und die leimgebenden Gewebe beim Stoffumsatz spielen, ist folgende: Der N des Leims wird selbst bei den größten Gaben vollständig wieder ausgeschieden, es erscheint sogar in den Exkreten etwas mehr N, als im Leim enthalten war. Der Leim schützt sonach die Eiweißstoffe (das zirkulierende Eiweiß) vor Zerfall, vermag jedoch nicht den Körper völlig vor Eiweißverlust zu bewahren oder gar Organeiweiß zum Ansatz zu bringen; er wirkt eiweißersparend; zur Erhaltung des Eiweißbestandes muß der Nahrung immer etwas Eiweiß zugefügt werden.⁵ Die leimgebenden Gewebe wirken ebenfalls eiweißersparend, sind aber auch nicht imstande, den Eiweißverlust des Körpers ganz zu verhüten und das Eiweiß völlig zu ersetzen.⁶

Durch die Einwirkung des Leims wird nicht nur das Eiweiß, sondern auch das Fett vor Zersetzung geschützt.⁷

5. Stoffverbrauch bei alleiniger Zufuhr von Fett oder Kohlehydraten.

a) Zufuhr von Fett.

Im Hungerzustande verliert der Körper beständig Eiweiß und Fett (neben Wasser); wird nun einem hungernden Tiere ausschließlich Fett gegeben, so wird dadurch der Eiweißverlust des Körpers nicht aufgehoben; die Eiweißzerstörung geht ziemlich unverändert weiter; es tritt kaum eine Verminderung, bei größeren Fettgaben sogar eine kleine

¹ Pflügers Arch. 1885. 37, 313. — ² Das. 1885. 37, 301. — ³ Die Peptone in ihrer wissenschaftl. u. praktisch. Bedeutung. Hamburg u. Leipzig 1891, 63. — ⁴ Berlin. klin. Wochenschr. 1885. 32, Nr. 30. — ⁵ Bischoff u. Voit, Gesetze der Ernährung des Fleischfressers, 1860, 215; Ztschr. f. Biologie 1872. 8, 297. — ⁶ Etzinger, Ztschr. f. Biol. 1874. 10, 97; Voit, Ztschr. f. Biol. 1874. 10, 212. — ⁷ Pettenkofer u. Voit, Ztschr. f. Biol. 1872. 8, 371.

Vermehrung des Eiweißzerfalles ein. Durch die Fettzufuhr wird auch der Verbrauch des Fettes nicht beeinflusst, doch tritt für den Fettverlust des Körpers das zugeführte, vom Darm resorbierte Fett ein; wird reichlich Fett gegeben, so wird die Fettabgabe vom Körper verhütet; wird mehr Fett gegeben als verbraucht wird, so kann sogar Fettansatz erfolgen, so daß bei ausschließlicher Fütterung mit Fett Ansatz von Fett neben Fleischverlust auftreten kann. Auffallend ist dabei, daß bei Aufnahme von überschüssigem Fett sowohl der Eiweiß- wie auch der Fettverbrauch gesteigert wird.¹

b) Zufuhr von Kohlehydraten.

Auch durch ausschließliche Zufuhr von Kohlehydraten kann ein Eiweißverlust des Körpers nicht verhindert werden. Zwar wird etwas weniger Eiweiß zersetzt wie beim Hunger, aber der Zerfall desselben hört selbst bei den größten Gaben von Kohlehydraten nie ganz auf. Die Fettabgabe wird jedoch allmählich geringer, bis zuletzt bei einer gewissen Menge von Kohlehydraten kein Fett mehr vom Körper abgegeben wird; bei sehr reichlicher Darreichung von Kohlehydraten kann, ebenso wie bei reichlicher ausschließlicher Fettzufuhr, sogar ein geringer Fettansatz sich einstellen.²

Die von J. Ranke³ beim Menschen angestellten Versuche, ergaben dasselbe Resultat, wie die Tierversuche.

6. Zufuhr von Eiweiß und Fett.⁴ a) Eiweißumsatz.

Es ist bereits früher gesagt, daß bei ausschließlicher Zufuhr von Eiweiß die Eiweißzersetzung in einem fettreichen Körper eine geringere sei als in einem fettarmen. Ebenso wie das Körperfett wirkt das Nahrungsfett; dieses wie jenes vermindert die Eiweißabgabe vom Körper, wirkt also eiweißersparend und ermöglicht einen Eiweißansatz. Die Ersparnis im Eiweißumsatz durch Zugabe von Fett beträgt nach Voits Berechnung im Mittel 7%, sie kann jedoch bis zu 15% gesteigert werden.

Folgende Versuchsreihe von Voit mag zur Erläuterung dienen:

Nahrung		Fleisch	
Fleisch	Fett	zersetzt	am Körper
1500	—	1512	— 12
1500	150	1474	+ 26
500	—	556	— 56
500	100	520	— 20
500	—	522	— 22
500	300	456	+ 44

¹ Voit, Ztschr. f. Biologie 1869. 5, 329; Pettenkofer u. Voit, ebenda, 383.

— ² Voit, Ztschr. f. Biol. 1869. 5, 431; Pettenkofer u. Voit, ebenda, 435. — ³ J. Ranke, Die Ernährung des Menschen, München 1876, 220. — ⁴ Bischoff u. Voit, Die Gesetze d. Ernährung des Fleischfressers, 1860, 97; Voit, Ztschr. f. Biologie 1869. 5, 329; Pettenkofer u. Voit, das. 9, 1.

Bei ausschließlicher Fleisch-(Eiweiß-)kost bedarf der Körper zur Erzielung des N-Gleichgewichtes sehr großer Mengen von Eiweiß; wird aber dem Fleisch Fett zugegeben, so tritt das N-Gleichgewicht schon bei einer viel geringeren Eiweißzufuhr ein, als bei alleinigem Genuß von Eiweiß. Hunde, welche zur Erhaltung ihres Eiweißbestandes 1000—1200 g Fleisch bedürfen, kommen auch in das N-Gleichgewicht, wenn ihnen nur die Hälfte Fleisch, daneben aber 100—120 g Fett gereicht wird.

M. Rubner¹ konstatierte das gleiche Verhältnis beim Menschen.

Durch mittlere Fettgaben bei mittleren bis großen Gaben Eiweiß läßt sich Eiweißansatz erzielen; bei gleicher Fettgabe wird durch mittlere Fleischgabe ein fast ebensogroßer Fleischansatz erzielt als durch die doppelte oder dreifache Menge Fleisch. Nachstehende Zahlen Voits lassen dies deutlich erkennen.

Nahrung		Fleisch	
Fleisch	Fett	Umsatz	Ansatz
450	250	344	106
1000	250	875	125
1500	250	1381	119

β) Fettumsatz. Über das Verhalten des Fettumsatzes bei Zufuhr von Eiweiß und Fett gibt uns folgende Versuchsreihe von Pettenkofer und Voit² Aufschluß.

Nr.	Nahrung		Änderungen am Körper			
			Fleisch		Fett	
	Fleisch	Fett	zersetzt	am Körper	zersetzt	am Körper
1.	400	200	450	— 50	159	+ 41
2.	500	100	491	+ 9	66	+ 34
3.	500	200	517	— 17	109	+ 91
4.	800	350	635	+ 165	136	+ 214
5.	1500	30	1457	+ 43	0	+ 32
6.	1500	60	1501	— 1	21	+ 39
7.	1500	100	1402	+ 98	9	+ 91
8.	1500	100	1451	+ 49	0	+ 109
9.	1500	150	1455	+ 45	14	+ 136

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, daß das aus der Nahrung stammende Fett in sehr großen Mengen umgesetzt werden kann und zwar umsomehr, je mehr zugeführt wird (Nr. 2 und 3); der größte Fleisch- und Fettansatz wird bei mittelgroßen Gaben von Fleisch und großen Fettgaben erzielt (Nr. 4). Die Versuche, in denen sehr große Fleischmengen (1500 g) neben wechselnden kleineren oder größeren

¹ Ztschr. f. Biologie 1879. 15, 122. — ² Ztschr. f. Biol. 1873. 9, 30.

Mengen Fett gegeben wurden (Nr. 5—9), zeigen, daß von dem Kohlenstoff der Nahrung nahezu so viel im Körper zurückbleibt, als im Fett aufgenommen wurde; es ist demnach wohl der Schluß gerechtfertigt, daß das Fett als solches im Körper abgelagert, dafür aber der Kohlenstoff des zersetzten Eiweißes ausgeschieden wird. Das Eiweiß bzw. der aus dem Eiweiß sich abspaltende, C-reiche Anteil, muß leichter im Körper zu Kohlensäure und Wasser zerfallen, als das Fett der Nahrung.

Ebenso wie das Fett wirken die Fettsäuren¹ und wahrscheinlich auch das Glyzerin auf den Eiweißzerfall.

7. Zufuhr von Eiweiß und Kohlehydraten.²

Die Kohlehydrate bewirken, wie der Leim und das Fett, eine Ersparnis im Eiweiß- und Fettverbrauch. Über den Eiweißumsatz bei gleichzeitiger Zufuhr von Kohlehydraten gibt uns folgende Versuchsreihe von Voit Aufklärung:

Nahrung		Fleisch	
Fleisch	Kohlehydrate	zersetzt	am Körper
500	—	546	— 46
500	250	475	+ 25
1500	—	1599	— 99
1500	200	1454	+ 46
2000	—	1991	+ 9
2000	250	1792	+ 208

Demnach ist bei Zufuhr von Kohlehydraten eine bedeutend geringere, ja eine an sich ungentügende Fleischmenge imstande, den Körper auf seinem Eiweißbestande zu erhalten; es ist sogar ein Fleischansatz ermöglicht. Eine ausreichende Menge Eiweiß (2000 g) mit gleichzeitiger Gabe von Kohlehydraten kann einen sehr beträchtlichen Fleischansatz zur Folge haben. Gibt man mittlere Eiweißmengen und viel Kohlehydrate, so währt der Fleischansatz längere Zeit fort. Die Ersparung von Eiweiß durch Kohlehydrate beträgt im Mittel 9%.

Jede Vermehrung der Kohlehydrate bei gleicher Eiweißzufuhr hat eine Herabsetzung der Eiweißzersetzung zur Folge. (Steigende Fettgaben bei gleicher Eiweißzufuhr vermindern die Eiweißzersetzung nicht konstant, können dieselbe sogar erhöhen.)

Nahrung		Fleisch	
Fleisch	Kohlehydrate	zersetzt	am Körper
500	100	537	— 37
500	200	505	— 5
500	300	466	+ 34

¹ J. Munk, Verh. d. phys. Ges. zu Berlin 1879, 94; Arch. f. pathol. Anat. 1880, 10. — ² Voit, Ztschr. f. Biologie 1869, 5, 431; Pettenkofer u. Voit, das., 1873, 9, 435.

Die eiweißersparende Kraft der Kohlehydrate ist größer als die der Fette:

Nahrung		Fleisch	
Fleisch	N-freie Nahrung	zersetzt	am Körper
500	250 Fett	558	— 58
500	200 Kohlehydrate	505	— 5
500	300 „	466	+ 34
800	250 „	745	+ 55
800	200 Eett	773	+ 27
2000	250 Kohlehydrate	1792	+ 208
2000	250 Fett	1883	+ 117

Neben der Nahrungszufuhr ist auch der Körperzustand bestimmend für den Eiweißumsatz; ein eiweißreicher Körper bedarf größerer Mengen von Eiweiß und Kohlehydraten als ein eiweißarmer; der Eiweißumsatz ist abhängig von der Größe der vorausgegangenen Eiweißzufuhr (C. v. Voit¹).

Nahrung		Nahrung vorher		Fleischumsatz
Fleisch	Kohlehydrate	Fleisch	Kohlehydrate	
500	200	500	200	528
500	200	750	150	623
500	200	1500	0	712
700	150	1700	0	773
700	150	1930	0	1014

Inwieweit der Fettumsatz bei gleichzeitiger Zufuhr von Eiweiß und Kohlehydraten beeinflusst wird, zeigen folgende Versuche von Pettenkofer und Voit².

Nr.	Nahrung		Änderung am Körper		Ausgeschied. Kohlensäure
	Fleisch	Kohlehydrate	Fleisch	Fett	
1. {	400	227	+ 7	— 25	538
	400	344	— 13	+ 39	578
2. {	500	167	— 68	+ 20	416
	500	182	— 37	+ 16	444
3.	800	379	+ 192	+ 55	664
4.	1500	172	+ 25	+ 43	679
5.	1800	379	+ 331	+ 112	841

Die Kohlehydrate vermindern demnach nicht nur die Eiweißzer-

¹ Phys. d. allg. Stoffwechsels, 141. — ² Pettenkofer u. Voit, Ztschr. f. Biologie 1873. 9, 505.

setzung, sondern auch die Fettzersetzung; sie können den Fettverlust vom Körper verhüten und sogar Fettansatz bewirken.

In Bezug auf die Mengenverhältnisse, in denen sich die gleichwirkenden Fette und Kohlehydrate vertreten, war man zu verschiedenen Zeiten verschiedener Ansicht. J. v. Liebig war der Ansicht, daß die Kohlehydrate und Fette sich in den Mengen ersetzen, in denen sie Sauerstoff gebrauchen, um zu Kohlensäure und Wasser oxydiert zu werden; nach ihm waren 100 T. Fett gleichwertig mit 240 T. Kohlehydraten. Pettenkofer und Voit¹ leiteten später aus ihren Versuchen ab, daß 100 T. Fett äquivalent seien 175 T. Kohlehydrate. Die neueren Untersuchungen von M. Rubner², ferner von Th. Pfeiffer und F. Lehmann³ haben jedoch die Richtigkeit der Liebigschen Anschauung dargetan. Fett und Kohlehydrate vertreten sich in dem Verhältnis, wie sie bei der Oxydation Wärme liefern; 100 T. Fett sind in Bezug auf die Verhütung des Fettverlustes bezw. die Erzielung von Fettansatz gleichwertig mit 240 T. Kohlehydraten.

8. Zufuhr von Wasser.

Eine reichliche Aufnahme von Wasser bringt unter sonst gleichen Verhältnissen in der Mehrzahl der Fälle eine größere N- oder Harnstoffausscheidung hervor. Voit⁴ teilt folgenden Versuch mit, den er mit einem Hunde ausführte, nachdem das Tier durch bestimmte Eiweißnahrung in Stickstoffgleichgewicht gebracht war

Einnahme		Harnmenge	Harnstoff
Fleisch	Wasser		
200	0	256	28.3
0	0	177	16.7
230	0	250	28.0
0	1957	742	21.3

Die Harnstoffmenge ist hier um $4.6 \text{ g} = \text{ca. } 25\%$ gestiegen. J. Forster⁵ spritzte einem Hungerhunde am 8. Tage nach Eintritt gleichmäßiger Stickstoffausscheidung 3 Liter Wasser in den Magen; er erhielt folgende Zahlen:

	Harnmenge	Harnstoff
3. Tag	260	17.2
4. "	226	15.1
5. "	198	12.8
6. "	177	12.6
7. "	171	12.1
8. "	2010	22.9
9. "	385	14.9
10. "	343	18.6
11. "	255	18.4

¹ Ztschr. f. Biol. 1873. 9, 534. — ² Ztschr. f. Biol. 1883. 19, 312. — ³ Journ. f. Landw. 1886. 34, 379. — ⁴ Voit, Untersuchungen über den Einfluß des Kochsalzes etc. 1860, 61. — ⁵ Ztschr. f. Biologie 1878. 14, 175.

Es stieg also die Harnmenge von 171 ccm auf 2010 ccm, die Harnstoffmenge von 12.1 g auf 22.9 g.

Eine stärkere Wasseraufnahme steigert die N-(Harnstoff-)Ausscheidung nur dann, wenn sie die Harnmenge vermehrt, nicht wenn sie zum Ersatz von Wasserverlust durch starke Anstrengung oder hohe Temperatur der Luft (Schweiß) dient.

Die vermehrte Harnstoffabscheidung nach Aufnahme größerer Wassermengen läßt sich auf zweierlei Art deuten. Einmal kann sie von beschleunigter Wegführung vorhandenen Harnstoffs herrühren; sie kann aber auch durch verstärkten Eiweißzerfall bedingt sein. Erstere Ansicht ist von F. Bidder und C. Schmidt¹, von H. Oppenheim² und Jacques Mayer³ vertreten; ist diese Ansicht richtig, so muß, wenn die Wasserzufuhr aufhört und die Harnmenge wieder normal geworden ist, auch die Harnstoffausscheidung wieder auf ihren normalen Stand zurückgehen. Hat aber die durch fortgesetzte Wasserzufuhr bewirkte Vermehrung der Harnmenge auch eine andauernde Harnstoffsteigerung zur Folge, oder zeigt sich nach einmaliger größerer Wasseraufnahme noch längere Zeit eine vermehrte Harnstoffabscheidung (siehe Forsters Versuch), so ist wohl anzunehmen, daß diese Steigerung von vermehrtem Eiweißkonsum herrührt. Voit⁴ hält letztere Ansicht für erwiesen, bestreitet jedoch nicht, daß auch etwa gleichzeitig in geringem Grade eine Ausspülung von Harnstoff stattfindet.

Vergl. R. O. Neumann, Der Einfluß größerer Wassermengen auf die Stickstoffausscheidung beim Menschen. Arch. Hyg. 1899. 36, 248.

Über die Wirkung reichlicher Zuführung von Wasser auf den Fettverbrauch ist nichts Sicheres bekannt.

9. Zufuhr einiger Salze.

Die Wirkung einer Zugabe von Kochsalz auf den Stoffumsatz hat Voit⁵ in einer 49tägigen Fütterungsreihe mit 1500 g Fleisch bei Zusatz von 0—20 g Kochsalz studiert. Derselbe erhielt folgende Werte:

Kochsalz	Harnstoff
0	107.4
5	109.5
10	110.9
20	112.8

Mit der Kochsalzmenge steigt also die Menge des Harnstoffs, wenn gleich nicht sehr beträchtlich (— 5%).

A. Dehn⁶ hat nach Aufnahme von 2 g Chlorkalium an sich selbst ebenfalls eine Harnstoffvermehrung von 4 g nachgewiesen. Auch Weiske⁷

¹ F. Bidder u. C. Schmidt, Die Verdauungssäfte u. d. Stoffwechsel 1852, 312. 343. — ² Arch. f. d. ges. Physiol. 1880. 22, 49. — ³ Centralbl. f. d. med. Wiss. 1880, Nr. 15. — ⁴ Voit, Physiol. d. allgem. Stoffwechsels, 156. — ⁵ Voit, Unters. üb. d. Einfluß d. Kochsalzes etc. 1860, 29—66. — ⁶ Arch. f. d. ges. Physiol. 1876. 13, 367. — ⁷ Journ. f. Landw. 1874, 370.

konstatierte an Hammeln bei wachsender Salzzufuhr eine gesteigerte Stickstoffausscheidung im Harn.

Weil ein größerer Kochsalzgenuß das Bedürfnis nach größerer Wasseraufnahme nach sich zieht, so könnte es zweifelhaft erscheinen, ob die Steigerung der Harnstoffabscheidung eine Folge der vermehrten Harnabgabe (Diurese), oder die direkte Wirkung des genossenen Salzes als solches ist. Voit hat indessen nachgewiesen, daß schon bei alleiniger Einführung von Kochsalz, ohne Wasseraufnahme, fast ebensoviel Harn abgeschieden wird, wie bei Zufuhr von Wasser; der verstärkte Wasserstrom kann daher eine bessere Auslaugung des Harnstoffs bewirken. Andererseits muß aber aus dem 49 Tage lang fortgeführten Versuch Voits, bei welchem andauernd mehr Harnstoff ausgeschieden wurde, wohl geschlossen werden, daß die Salzzufuhr auch eine Steigerung des Eiweißumsatzes nach sich zieht.

Nach Pugliese und Coggi¹ soll Kochsalz in genügend großen Mengen die Stickstoffausscheidung herabsetzen. Siehe auch W. Straub, Ztschr. f. Biol. 1899, 37, 527.

Ob Kochsalzgaben auf den Fettumsatz einwirken, ist nicht bekannt. Ähnlich wie das Kochsalz wirken: Glaubersalz (Voit²), Salmiak (Rabuteau³, L. Feder⁴, W. v. Knieriem⁵, E. Salkowski⁶, J. Munk⁷, A. Adamkiewicz⁸), Salpeter, essigsäures und phosphorsaures Natron (Salkowski⁹), Borax (M. Gruber¹⁰), Benzoesäure (E. Salkowski¹¹), Salicylsäure und deren Salze (Wolfsohn, C. Virchow¹²).

Sämtliche vorgenannte Substanzen bewirken eine mehr oder weniger große Steigerung der Eiweißzersetzung.

10. Einfluß des Alkohols und einiger Alkaloide.

Nach den Beobachtungen von A. P. Fokker¹³ und J. Munk¹⁴, welche mit Hunden im N-Gleichgewichtszustande arbeiteten, vermindern kleine und mittlere Gaben von Alkohol den Eiweißzerfall um 6—7⁰/₀; größere Dosen jedoch, welche Betäubung hervorrufen, steigern die Eiweißzersetzung um 4—10⁰/₀.

Nach Boeck und Bauer¹⁵ bewirken kleinere Dosen bei Hunden eine Verminderung des Sauerstoffverbrauches um 18⁰/₀ und der Kohlensäureabgabe um 20⁰/₀; größere Dosen, die jedoch noch nicht betäubend

¹ Malys Jahresber. f. Tierchemie 1896. 26, 729. — ² Ztschr. f. Biologie 1865. 1, 195. — ³ Union médicale 1871, 325. — ⁴ Sitzungsber. d. bayr. Akad. math. phys. G. 1876; Ztschr. f. Biol. 1877. 13, 256 u. 1878. 14, 161. — ⁵ Ztschr. f. Biol. 1874. 10, 269; 1877. 13, 36. — ⁶ Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875, 913; Ztschr. f. physiol. Chem. 1877. 1, 47. — ⁷ Ztschr. physiol. Chem. 1878. 2, 45. — ⁸ Arch. f. pathol. Anatomie 1879. — ⁹ Ztschr. f. physiol. Chem. 1877. 1, 46; 1878. 2, 395; Archiv f. pathol. Anatomie 1877, 500. — ¹⁰ Ztschr. f. Biologie 1880. 16, 198. — ¹¹ Ztschr. f. physiol. Chem. 1, 45. — ¹² Wolfsohn, Inaug.-Diss. Königsberg 1876; Ztschr. f. physiol. Chem. 6, 78. — ¹³ Nederlandsch. Tijdschrift voor Geneeskunde 1871, 125. — ¹⁴ Verh. d. physiol. Ges. zu Berlin 1878/79, Nr. 6. — ¹⁵ Ztschr. f. Biologie. 1874. 10, 361.

waren, hatten eine Steigerung beider Werte um 12—34% zur Folge. Auch G. Bodländer¹ beobachtete eine Herabsetzung des Sauerstoffverbrauches und Abnahme der CO₂-Ausscheidung, Geppert² dagegen konnte keine nennenswerte Änderung der Sauerstoffaufnahme und CO₂-Ausscheidung beobachten. Füh³ konstatierte eine ziemlich beträchtliche Abnahme beider. E. A. Parkes und Wollawicz⁴ sahen beim Menschen bei kleinen Gaben eine appetitanregende Wirkung, bei größeren eine den Appetit vermindernde; einen Einfluß auf den Eiweißumsatz konnten sie nicht nachweisen. Obornier⁵ beobachtete nach kleiner Alkoholgabe eine Verminderung der Harnstoffausscheidung.

Die Wirkung des Alkohols scheint demnach wenig sicher festgestellt.

Siehe noch: R. O. Neumann, Die Bedeutung des Alkohols als Nahrungsmittel. Arch. Hyg. 1899. 36, 1. Rud. Rosemann, Über die angebliche eiweißsparende Wirkung des Alkohols. Pflügers Arch. 1899. 77, 405.

Über die Wirkung des Koffeins, des wirksamen Prinzips des Kaffees und des Tees, hat Voit⁶ mitgeteilt, daß in keinem Falle eine irgendwie in Betracht kommende Änderung des Eiweißverbrauches konstatiert werden konnte; es trat eher eine geringe Vermehrung, als eine Verminderung des Verbrauches ein. Voit leitet diese Vermehrung von dem Stickstoffgehalt des Kaffees her.

E. Roux⁷ und A. Dehn⁸ haben bei Versuchen am Menschen eine geringere Steigerung der Harnstoffausscheidung beobachtet; Rabuteau⁹ dagegen will eine Verminderung der Harnstoffabgabe gesehen haben.

Ohne Zweifel bringen Kaffee und Tee im Organismus eine Änderung hervor, die das Nervensystem anregt, ohne daß sie den Stoffverbrauch wesentlich alterieren.

11. Einfluß der Muskeltätigkeit. Arbeit und Ruhe. Quelle der Muskelkraft.

Die Erfahrungen des täglichen Lebens zeigen, daß jede Muskelanstrengung einen größeren Stoffverbrauch im Körper nach sich zieht; der experimentelle Beweis für diese Tatsache wurde zuerst von A. L. Lavoisier und Seguin¹⁰, später von K. Vierordt¹¹ und von Scharling¹² geliefert. Die beiden erstgenannten Forscher haben nachgewiesen, daß beim arbeitenden Menschen eine vermehrte Sauerstoffaufnahme statt-

¹ Ztschr. klin. Med. 11, 548. — ² Arch. f. experim. Pathologie 22, 367. — ³ Füh, Einfl. d. Weingeistes auf die Sauerstoffaufnahme, Diss. 1885. — ⁴ Proceedings of the Roy. Society 18, 362 u. 19, 73. — ⁵ Arch. f. d. ges. Physiol. 1869. 2, 508. — ⁶ Voit, Unters. üb. d. Einfluß des Kochsalzes, des Kaffees etc. München 1860, 67. — ⁷ Compt. rend. 1873. 77, 365. — ⁸ Dehn, Üb. d. Ausscheidung der Kalisalze, Inaug.-Diss. Rostock 1876; Arch. f. ges. Physiol. 1876. 13, 367. — ⁹ Compt. rend. 1870. 71, 426 u. 732; 1873. 77, 489. — ¹⁰ Mém. de l'Acad. des sciences 1789, 185; Oeuvres de Lavoisier 2, 688; Report of the British assoc. 1871, 189; vergl. Voit l. c. 187. — ¹¹ Vierordt, Physiol. d. Atmens 1845; Arch. f. physiol. Heilkunde 3, 536; Wagners Handwörterbuch d. Physiol. 1844. 2, 828. — ¹² Ann. d. Chem. u. Pharm. 1843, 45, 214; Journ. f. prakt. Chem. 48, 435.

findet; die letzteren haben auch eine vermehrte Kohlensäureabgabe konstatieren können. Welche Stoffe der Umsetzung unterliegen, war bis dahin nicht erforscht. J. v. Liebig stellte nun 1842 den Satz auf, daß allein die Zersetzung des Muskeleiweiß die Quelle der Muskelkraft bilde. Man dachte sich, daß bei der Tätigkeit der Muskeln ihre eigene Substanz, welche aus eiweißartigem Stoffe besteht, dem Zerfall unterliege.

J. R. Mayer trat 1845 schon dieser Ansicht gegenüber und sagte: Die Muskeln bilden nicht das Material, durch dessen Umsetzung (in Harnstoff) Kraft erzeugt wird, sondern nur den Apparat, in welchem die Umwandlung der Kraft vor sich geht. Im Jahre 1860 jedoch zeigte Voit¹, daß entgegen der bisherigen Anschauung — nach welcher bei stärkerer Arbeitsleistung ein größerer Eiweißumsatz und damit eine vermehrte Harnstoffausscheidung zu erwarten stünde — die Eiweißzersetzung auch bei sehr angestrenzter Tätigkeit nicht die erwartete Steigerung erfährt.

Voit ließ einen jungen, nicht fetten Hund in einer Tretmühle laufen und bestimmte sowohl während des Hungerns, als auch nachdem das Tier in das N-Gleichgewicht gebracht war, die Harnstoffausscheidung; es ergab sich:

Nahrung		Harnmenge	Harnstoff	Fleischumsatz		
Fleisch	Wasser					
I.	0	258	186	14.3	196	ohne Laufen
	0	872	518	16.6	227	mit Laufen
II.	0	123	145	11.9	164	ohne Laufen
	0	527	186	12.3	167	mit Laufen
	0	125	143	10.9	149	ohne Laufen
III.	1500	182	1060	109.8	1522	ohne Laufen
	1500	657	1330	117.2	1625	mit Laufen
	1500	140	1081	109.9	1526	ohne Laufen
IV.	1500	412	1164	114.1	1583	mit Laufen
	1500	63	1040	110.6	1535	ohne Laufen

Ein zweiter Versuch mit einem älteren, fetteren hungernden Hunde und unter starker Anstrengung (8stündiges Laufen) ergab noch auffallendere Zahlen:

Tag	Wasser auf	Harnstoff	
1.	320	11.6	Ruhe
2.	367	11.6	"
3.	1000	11.2	Laufen
4.	500	12.5	Ruhe
5.	490	11.8	"

¹ Voit, Unters. üb. d. Einfl. d. Kochsalzes etc.; Ztschr. f. Biolog. 1866. 2, 339.

Später von Pettenkofer und Voit¹ gemeinsam angestellte Versuche am Menschen, bei Ruhe wie bei angestrenzter Arbeit, bei Hunger wie im N-Gleichgewicht ergaben ebenfalls, daß die Eiweißzersetzung durch die Arbeit nur wenig gesteigert wurde; keinesfalls konnte die Steigerung durch die Muskelarbeit bedingt sein.

Die Muskeltätigkeit und die Größe des Eiweißverbrauches stehen demnach nicht in Beziehung zueinander.

Die Versuche von Voit fanden Bestätigung durch die Erfahrungen anderer Autoren. Interessant ist eine Beobachtung von A. Fick und J. Wislicenus², welche im Eiweißhungerzustande das Faulhorn bestiegen und dabei die Größe der Eiweißzersetzung bestimmten. Beide Forscher hatten in den der Besteigung vorhergehenden 17 Stunden nur stickstofffreie Nahrung genossen; sie sammelten den während des 6stündigen Aufstieges gelassenen Harn, vereinigten ihn mit dem in den nächsten 6 Stunden ausgeschiedenen und bestimmten die N-Menge des Harnes. Die aus dem Stickstoff berechnete Menge des umgesetzten Eiweißes ergab ca. 37 g. Diese 37 g Eiweiß liefern 250 Kalorien, ungefähr 106 000 kg-m Arbeit entsprechend. Die tatsächliche Arbeitsleistung beider Herren muß auf ca. 368 000 kg-m veranschlagt werden. Es kann also die Verbrennung von Eiweißstoffen nicht die ausschließliche Kraftquelle des Muskels gewesen sein, da mehr als dreimal soviel Arbeit geleistet wurde, als das aus der Eiweißverbrennung berechnete Äquivalent der Wärmemenge beträgt.

J. Forster³ fand, daß der Eiweißzerfall bei einem durch Curare-Vergiftung bewegungsunfähig gemachten Tiere ein nicht geringerer war, als bei einem sich frei bewegenden, nicht vergifteten.

Eine geringe Vermehrung des Eiweißumsatzes bei gesteigerter Arbeit dagegen konnte H. Oppenheim⁴ dann beobachten, wenn Atembeschwerden eintraten, z. B. bei schnellem Bergsteigen etc.; die gleiche Steigerung des Eiweißzerfalles tritt nach A. Fränkel⁵ bei Einatmung von Kohlenoxyd, allgemein bei jeder verminderten Sauerstoffzufuhr ein.

Wie bereits angeführt wurde, hatten Vierordt und Scharling bei der Muskeltätigkeit eine vermehrte Kohlensäureausscheidung beobachtet; da dieselbe nach den jetzigen Erfahrungen nicht in einer größeren Eiweißzersetzung ihren Grund haben kann, muß nunmehr angenommen werden, daß sie eine Folge vermehrter Zerstörung N-freier Substanzen ist.

Pettenkofer und Voit⁶ haben durch zahlreiche Versuche nachgewiesen, daß, während der Eiweißzerfall bei der Arbeit keine wesentliche Steigerung erfährt, der Gaswechsel infolge der Muskeltätigkeit

¹ Ztschr. f. Biologie 1866. 2, 459. — ² Vierteljahrsschr. d. Zürich. naturf. Ges. 1865. 10, 317. — ³ Ztschr. f. Biologie 1878. 14, 146. — ⁴ Pflügers Arch. 1880. 23, 446. — ⁵ Virchows Arch. 1876. 67, 273 u. 1879. 70, 117. — ⁶ Ztschr. f. Biologie 1866. 2, 538.

bedeutend zunahm. Sie fanden bei einem 70 kg schweren Manne in der Ruhe, wie bei 8—10stündiger Arbeit, bei Hunger wie bei gemischter Kost den täglichen Eiweiß- und Fettverbrauch wie folgt:

		Verbrauch an		Kohle- hydrate zersetzt	Kohlens. aus- geschied.	Sauerstoff auf- genomm.	Wasser ausge- haucht
		Eiweiß	Fett				
1. Hunger	Ruhe	78	215	—	716	761	889
	Arbeit	75	380	—	1187	1072	1777
2. Gemischte Kost	Ruhe	137	65	352	912	831	828
	Arbeit	137	173	352	1209	980	1412

In beiden Fällen ist der Fettverbrauch sowohl, wie die Wasserausscheidung bei der Arbeit eine beträchtlich größere als in der Ruhe.

Wenn daher der arbeitende Organismus auf seinem Bestande erhalten werden soll, so ist es nötig, ihm mehr Fett oder diesem gleichwertige Kohlehydrate zuzuführen, als dies bei einem ruhenden Organismus notwendig ist. Geschieht dies nicht, dann muß der Mehrverbrauch an Fett bei der Arbeit durch das Körperfett gedeckt werden. Der Körper wird fettärmer; mit der Fettverarmung steigt aber der Eiweißverbrauch, sodaß nun auch die N-Ausscheidung gesteigert erscheint.

So erklären sich auch die Versuche von F. W. Pavy¹ und Flint² an dem englischen Schnellläufer Weston, bei welchem die beiden Forscher nach tagelang fortgesetztem Laufen ein Ansteigen der Harnstoff-(N-)Ausscheidung beobachteten.

Auch die von O. Kellner und E. Wolff³ ausgeführten Versuche, bei welchen gleichmäßig gefütterte Pferde in den letzten Arbeitsperioden mehr Stickstoff ausschieden als im Anfange der Arbeit, sind von J. Forster⁴ in obigem Sinne (indirekter Einfluß der Arbeit auf den Eiweißverbrauch) gedeutet worden.

Die Muskelarbeit erfolgt also vorherrschend und zunächst auf Kosten N-freier Substanzen; wenn diese nicht mehr zur Verfügung stehen, oder die Anstrengung bis zu eintretender Atemnot gesteigert wird, erst dann wird Eiweiß angegriffen.

Neuerdings glaubten wieder P. Argutinsky⁵ und E. Pflüger⁶ durch Versuche nachgewiesen zu haben, daß gerade umgekehrt die Eiweißstoffe in erster Linie die Quelle der Muskelkraft bilden.

J. Munk⁷ und J. Hirschfeld⁸ zeigten jedoch, daß die Versuche Argutinskys nicht mit den nötigen Kautelen gemacht wurden, indem die aufgenommene Nahrung im Verhältnis zur geleisteten Arbeit eine

¹ Lancet 1876 u. 1877. — ² Journ. of Anat. and Physiol. 1877, 91. — ³ Preuß. landw. Jahrb. 1880, 701. — ⁴ Deutsche Ztschr. f. Tiermedizin 1878, 3, 302. — ⁵ Pflügers Archiv 1889, 46, 552. — ⁶ Pflügers Archiv 1891, 50, 98. — ⁷ J. Munk, Über Muskelarbeit und Eiweißzerfall; Verh. d. physiol. Ges. zu Berlin 1890 Nr. 12. — ⁸ Virchows Archiv 1890, 111, 501.

ungenügende war, so daß tatsächlich neben Fett auch Muskelsubstanz zersetzt wurde, wie in den Versuchen von Kellner und Wolff.

Hirschfeld hat bei Versuchen an sich selbst auch durch die kräftigste Muskularbeit weder bei eiweißreicher, noch bei eiweißarmer Nahrung, wenn letztere nur an sich reichlich war, eine gesteigerte Stickstoffausscheidung herbeiführen können.

Wenngleich nun die Muskularbeit als solche mit der Eiweißzer-
setzung nicht im Zusammenhange steht, auch keine vermehrte Eiweiß-
zersetzung zur Folge hat, so ist doch eine erhöhte Eiweißgabe für den
arbeitenden Menschen nicht nur nicht überflüssig, sondern sogar notwendig.
Die Muskeln, welche ihrer Hauptmasse nach (abgesehen vom Wasser zu
21 %) aus Eiweiß bestehen, nehmen infolge der größeren Anstrengung
an Masse zu, es erfolgt Eiweißansatz, der Gesamtkörper wird eiweiß-
reicher. Damit nun dieser Zustand erhalten bleibe, damit die Muskulatur
ihre Leistungsfähigkeit nicht einbüße, ist eine reichlichere Eiweißzufuhr er-
forderlich. Das Eiweißbedürfnis eines angestrengt arbeitenden Menschen
ist ein größeres, als das eines weniger oder gar nicht arbeitenden
Individuums.

Der erhöhte Bedarf des Arbeiters an stickstofffreiem Nährmaterial
bedingt gesteigerte Anforderungen an den Darm, eine vermehrte Pro-
duktion der Verdauungssäfte und Verdauungsfermente; da letztere aber
als N-haltige Substanzen nur durch Zersetzung von Eiweiß erhalten
werden können, so ist auch aus diesem Grunde für den angestrengt
arbeitenden Menschen neben reichlicherer Zufuhr N-freier Nahrung eine
größere Zufuhr von N-haltigem Eiweiß nötig, als für ein untätiges In-
dividuum (Fr. Hofmann¹).

Geistige Tätigkeit übt auf den Stoffverbrauch nach Unter-
suchungen von C. Speck² keinen meßbaren Einfluß aus.

Während des Schlafes, dem Zustande größter Ruhe, ist die
Sauerstoffaufnahme und die Kohlensäureabgabe sehr herabgesetzt
(J. B. Boussingault, W. Henneberg, Scharling, Ed. Smith,
Liebermeister³). Nach Versuchen von Pettenkofer und Voit⁴ ist
der Eiweißzerfall während des Schlafes derselbe wie im wachen Zustande,
sobald der Einfluß der Nahrung aufgehoben ist; dagegen wird während
des Schlafes weniger Fett zersetzt, in Übereinstimmung mit der Tat-
sache, daß bei der Arbeit zwar nicht mehr Eiweiß, wohl aber mehr Fett
der Zerstörung anheimfällt.

12. Einfluß der Temperatur der umgebenden Luft.

Der Eiweißverbrauch wird weder durch Kälte noch durch
Wärme wesentlich geändert; eine Erniedrigung der Außen-
temperatur hat eine Zunahme der Kohlensäureausscheidung,

¹ Fr. Hofmann, D. Fleischnahrung, Leipzig 1880. — ² Arch. f. experim.
Pathol. Pharmacologie 1881, 81. — ³ Siehe Voit, Handb. d. Physiol. p. 204. —
⁴ Ztschr. f. Biologie 1866, 2, 545.

einen gesteigerten Fettverbrauch zur Folge. Es beweisen das die Versuche von Voit und Herzog Carl Theodor in Bayern¹, welche an einem 71 kg schweren Manne in der Ruhe und im Hunger zustande ausgeführt wurden.

Außen- temperatur	Ausgeschied. CO ₂	Ausgeschied. N im Harn
+ 4.4° C	210.7	4.2
6.5 "	206.0	4.1
9.0 "	192.0	4.2
14.5 "	155.1	3.8
16.3 "	158.0	4.0
23.7 "	164.8	3.4
24.2 "	166.5	3.3
26.7 "	160.0	4.0

Da bei dem möglichst ruhig dasitzenden Manne stärkere willkürliche Bewegungen als Ursache der vermehrten Kohlensäureausscheidung auszuschließen waren, da ferner auch der Einfluß einer veränderten Atemmechanik (in der Kälte sind die Atemzüge tiefer und häufiger) zu gering ist, um eine so beträchtlich gesteigerte Kohlensäureabgabe zu erklären, so muß man annehmen, daß die erhöhte Kohlensäureabscheidung die Folge einer Reflexwirkung ist, welche von den sensiblen Hautnerven ausgeht und von diesen auf weitere Organe des Körpers, besonders die Muskeln, sich fortpflanzt; in den Muskeln findet dann durch Reflex ein Einfluß auf die Zersetzung statt.

IX. Nahrung des Menschen.

Die allgemeinen Anforderungen, welche wir an die Kost des Menschen zu stellen haben, faßt v. Voit² in folgenden Sätzen zusammen:

1. Es muß jeder Nahrungsstoff in genügender Menge vorhanden sein.

Es genügt nicht, von dem einen oder dem anderen Nahrungsstoffe eine große Menge zu geben; denn bei reichlichster Zufuhr aller übrigen Nährstoffe würde der Körper dennoch aus Mangel an nur einem einzigen Stoffe z. B. Eiweiß oder Wasser gar bald Hungers sterben. Wieviel in jedem einzelnen Falle gegeben werden muß, hängt von verschiedenen Umständen ab. Ein kräftiger Arbeiter gebraucht mehr als ein schwacher, wenig tätiger Körper.

2. Die einzelnen Nahrungsstoffe müssen in richtigem Verhältnis gegeben werden. Damit dem Körper die richtige Nah-

¹ Ztschr. f. Biologie 1878. 14, 51. 57. — ² v. Voit l. c. 495.