

Untersuchungen über den Stoffverbrauch des normalen Menschen.

Von

Max von Pettenkofer und Carl Voit.

Nachdem unsere Studien über die Zersetzungsprocesse in einem fleischfressenden Thiere, einem Hunde, ziemlich weit vorgerückt waren, benützten wir im vergangenen Jahre die sich eben darbietende Gelegenheit diese Vorgänge bei 2 kranken Menschen, bei welchen grosse Aenderungen in dieser Hinsicht zu erwarten waren, bei einem diabetischen und einem leukämischen, eingehend zu untersuchen. Es zeigte sich aber, dass wir zur richtigen Würdigung der erhaltenen Resultate die entsprechenden Werthe bei einem normalen Organismus kennen mussten, wesshalb wir daran gingen, an einem kräftigen gesunden Arbeiter Vergleichsversuche anzustellen. Gleich die ersten derselben ergaben uns so viel Neues und Wichtiges, dass wir den eingeschlagenen Weg alsbald weiter verfolgten; jeder Schritt auf demselben erweiterte unsern Gesichtskreis und obwohl im Anfange jedes Experiment neue Räthsel zu bringen schien, so ordnete sich doch zuletzt alles einer bestimmten Regel unter, und wir glauben jetzt durch die Ergebnisse der 15 Versuche, welche wir hiemit vorlegen, und über die wir¹⁾ schon einige vorläufige Mittheilungen der hiesigen Akademie der Wissenschaften gemacht haben, der Erklärung der so verwickelten Lebensprocesse wesentlich näher gerückt zu sein.

Es ist bis jetzt noch nicht möglich gewesen, zu gleicher Zeit alle Umsetzungen in einem Menschen zu controliren; man muss zu

¹⁾ Sitzungsberichte der math. phys. Classe der bayer. Akad. d. Wissenschaften 10. Nov. 1866 u. 9. Febr. 1867.

dem Zweck die Bestandtheile der festen, flüssigen und gasförmigen Einnahmen kennen und die der Ausgaben, welche den Körper durch die Nieren, den Darm, die Haut und die Lungen verlassen.

Barral¹⁾, dessen Bilanz in beinahe allen Lehrbüchern der Physiologie figurirt, hat den Verlust durch Haut und Lungen und die Sauerstoffaufnahme nicht direkt bestimmt und ist namentlich in Beziehung der Kohlenstoff- und Stickstoffausfuhr zu dem absurdesten Resultate gelangt; an denselben Fehlern leiden alle die Beobachtungen über den Haushalt des Menschen, bei denen versucht wurde, aus den Elementen der Einnahmen und der Ausgaben durch Harn und Koth die der Respiration abzuleiten. Aus unseren Mittheilungen wird Jedem ersichtlich werden, dass man aus der Grösse der Zufuhr und den im Harn und Koth befindlichen Stoffen nicht im Entferntesten auf den Umsatz schliessen darf; zwei verschiedene Menschen, welche genau die gleiche Kost geniessen, und im Harn und Koth gleich viel entleeren, können dennoch die verschiedenste Menge von Substanz im Körper zerstören; es ist unmöglich die Ausgaben durch Haut und Lungen aus der Gewichts-differenz der Stoffe der Nahrung und derer der festen und flüssigen Exkrete zu bestimmen; es ist absolut nothwendig auch die gasförmigen Ausgaben und namentlich die Einnahme an Sauerstoff aus der Luft zu kennen, wenn man über die Zerstörungen im Körper Rechenschaft geben will. Die Versuche von Scharling²⁾, Smith³⁾ und Anderen geben uns allerdings Aufschluss über die Menge der von einem Menschen ausgeschiedenen Kohlensäure, aber sie vernachlässigen die übrigen Faktoren, namentlich den Sauerstoff und die Nahrungsbestandtheile ganz. Auch die neueren dahier angestellten Beobachtungen von J. Ranke⁴⁾ schlossen den Kreis nicht völlig, denn es ist damals die Bestimmung des dunstförmig abgegebenen Wassers und des aus der Luft aufgenommenen Sauer-

1) Barral, *statique chimique des animaux*, Paris, 1850.

2) Scharling, *Annalen der Chem. u. Pharm.* 1848. Bd. 45. S. 214.

3) Smith, *inquir. into the phenom. of respirat.*; *Proceed. of the roy. soc.* T. 9. p. 611; *Phil. Transact. for the year 1859*, p. 681.

4) Ranke, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1862. S. 311.

stoffs noch nicht ausführbar gewesen. Im Uebrigen führen uns die Meisten nur ein zufälliges Beispiel der Haushaltsbilanz vor; man meinte früher, die Ernährungsverhältnisse könnten bei ausreichender Kost nicht sehr different sein, denn man kannte den gewaltigen Einfluss der Qualität und Quantität der Nahrung noch nicht hinlänglich; man hatte daher eine von vielen Möglichkeiten herausgegriffen, hatte aber damit natürlich keinen Einblick in die Mannigfaltigkeit der Umsetzungen und den Zusammenhang dieser verwickelten Erscheinungen gewonnen.

Es fragt sich nicht nur, welche Elemente sind in den Körper eingetreten und wieder ausgetreten, sondern auch in welchen Stoffen waren diese Elemente enthalten, wieviel ist eiweissartige Substanz oder Fett oder Kohlehydrat zerstört worden.

Der eine von uns¹⁾ hat bewiesen, dass der Stickstoff der im Körper zerstörten stickstoffhaltigen Substanzen, so weit als es für unsere Fragen in Betracht kommen kann, im Harn und Koth ausgeschieden wird. Beim Hunde, der Katze, der Taube trifft man in letztern Exkreten bei richtiger Versuchsanordnung und wenn kein Ansatz oder keine Abgabe stickstoffhaltiger Substanzen stattfindet, genau so viel Stickstoff und auch Asche oder Phosphorsäure, als in der Nahrung enthalten war; der Stickstoff der Atmosphäre nimmt keinen Antheil an den Vorgängen der Ernährung, sondern wandert als solcher hin und her. Obwohl früher die Meisten ein bedeutendes Deficit an Stickstoff im Harn und Koth fanden und man demnach allgemein eine Stickstoffausscheidung auf anderen Wegen annahm, musste man sich doch endlich bequemen, diese hartnäckig fest gehaltene Meinung fallen zu lassen. Damit haben die Schlüsse, die man aus den Stickstoffbestimmungen des Harns und Koths ziehen kann, eine ganz andere Tragweite bekommen; man erfährt daraus, wieviel ist stickstoffhaltige Substanz im Körper zersetzt worden. Aber nicht aus jeder Stickstoffanalyse des Harns und Koths ist man berechtigt, diese Folgerung zu machen; man hat jetzt wahrhaftig deutlich genug gesehen, welche enormen Fehler man in dieser Richtung begehen kann, wenn man unrichtige Me-

¹⁾ Voit, diese Zeitschrift 1866. S. 6.

thoden anwendet; man wird daher von nun an mit vollem Rechte den Nachweis verlangen, ob der Experimentator auch im Stande ist, allen ausgeschiedenen Stickstoff abzufangen, und man wird zugleich eine genaue Controle der Stickstoffzufuhr fordern, nachdem wir jetzt wissen, dass kein Moment von so grossem Einfluss auf die Umsetzung ist, als die Grösse der letzteren. Darum halten wir alle früheren Versuche am Menschen, durch die man die Wirkung irgend eines Agens auf die Zersetzung stickstoffhaltiger Materien darthun wollte, und bei denen diesen Anforderungen nicht Genüge geleistet worden ist, für nicht beweisend.

Kann man denn aber, wird man fragen, auch für den Menschen darthun, dass aller Stickstoff der zersetzten stickstoffhaltigen Substanzen den Körper im Harn und Koth verlässt, soll wirklich das sonst beobachtete Deficit von 50 % auf einer groben Täuschung beruhen? J. Ranke¹⁾ hat zuerst die richtigen Grundsätze bei solchen Untersuchungen auf den Menschen übertragen und jedenfalls so viel bewiesen, dass es keinen grösseren Irrthum giebt, als den von Barral und Andern, welche die Hälfte des Stickstoffs der Nahrung (bis zu 17 Grmm. im Tag) gasförmig durch Haut und Lungen austreten lassen; er hat aus Harn und Koth eher zu viel als zu wenig Stickstoff gewonnen, denn er erhielt daraus etwa 4% mehr, als in der Nahrung zugeführt worden war.

Wir haben zwei gesunden Männern mehrere Male eine Kost dargereicht, die nach den gewöhnlichen Erfahrungen hinreichend zur Erhaltung ist und folgende Werthe gewonnen:

Mann.	Stickstoff in der Kost.	Stickstoff in Harn und Koth.	Differenz in %.
Nro. I.	19.47	19.47	0
„	19.47	19.03	— 2.3
„	19.47	18.98	— 2.5
„	19.52	19.98	+ 2.3
„	19.49	19.53	+ 0.2
Nro. II.	19.52	20.15	+ 3.2

¹⁾ Ranke, a. a. O.

Wir sind also wohl berechtigt, den von den Zersetzungen stickstoffhaltiger Körper- und Nahrungsbestandtheile herrührenden Stickstoff im Harn und Koth auch beim Menschen zu suchen. Der neue Respirationsapparat setzt dies voraus und er ist darauf gegründet, denn er vernachlässigt das von der atmosphärischen Luft eintretende Stickgas und den gasförmig austretenden Stickstoff als nicht an den Ernährungsvorgängen betheiligte vollkommen.

Man kann aber aus der Stickstoffmenge des Harns und Koths nicht allein entnehmen, wieviel Stickstoff aus stickstoffhaltiger Substanz für den Körper unverwerthbar geworden ist, sondern man kann auch daraus, da dieser Stickstoff ursprünglich zum weitaus grössten Theile in eiweissartiger Substanz enthalten war, den Verbrauch an eiweissartiger Substanz oder von Fleisch berechnen. Mit dem Worte Fleisch soll, wie der eine von uns¹⁾ auseinandersetzte, eine Masse von mittlerer Zusammensetzung, wie sie den Muskeln, anderen Organen des Körpers, dem Blute, dem trockenen Albumin etc. entspricht, bezeichnet werden; denn es wird in der That etwas von dieser Zusammensetzung, von diesem Kohlenstoff-, Wasserstoff-, Stickstoff-, Sauerstoff- und Aschegehalt im Körper zerstört und die dargereichte eiweisshaltige Nahrung, namentlich das Muskelfleisch enthält jene Elemente in derselben Menge. Wenn wir also sagen, es sind 100 Grmm. Fleisch zersetzt worden, so heisst dies zunächst, es sind 3.4 Grmm. Stickstoff in den Exkreten erschienen, die im Körper noch mit so viel Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Salzen und Wasser, als in 100 Grmm. Fleisch enthalten sind, verbunden waren; ebenso ist es mit dem Ansatz von Fleisch; ob auch das Wasser, oder der Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und die Salze davon mit dem Stickstoff entfernt worden sind, entscheidet die Analyse von Harn, Koth und Perspiration. Wir beide²⁾ haben bei einem Hunde, den wir längere Zeit mit grösseren Mengen reinen Fleisches gefüttert hatten, alle Elemente der Nahrung, so genau als es bei so complicirten Untersuchungen nur denkbar ist, in den Exkreten wieder erscheinen

¹⁾ Voit, diese Zeitschrift 1866. Bd. 2. S. 232.

²⁾ Pettenkofer und Voit, Annalen der Chemie und Pharmacie 1862. 2. Suppl. Bd. S. 361.

schen, es ist also in der That nur Fleisch verbrannt worden und nichts Anderes. Es findet sich ferner nach den Beobachtungen des einen von uns¹⁾ bei Abgabe oder Ansatz von Stickstoff auch immer eine solche von Aschebestandtheilen und zwar in demselben Verhältniss, wie es im Fleische gegeben ist. Es werden endlich die jetzigen Versuche am Menschen zeigen, dass beim Hunger im Körper Substanzen von der Zusammensetzung des Fleisches und des Fettes zerstört werden.

Wenn wir die Aenderung des Körpergewichts in einem gewissen Zeitraume, die Menge, die Bestandtheile und die Elemente der Einnahme, die Menge und die Bestandtheile des für dieselbe Zeit treffenden Harns und Koths und endlich die gasförmige Ausgabe durch Haut und Lunge unter den verschiedensten Verhältnissen genau kennen, vermögen wir einen Einblick in die Zersetzungs Vorgänge im menschlichen Organismus zu thun und zu entscheiden, welche Stoffe im Körper zersetzt worden sein müssen, um die betreffenden Zersetzungsprodukte zu liefern. Durch Bestrebungen der Art werden einstens die Gesetze der Zersetzungen im Thierleibe festgestellt werden; man wird angeben können, unter welchen Umständen ein gewisser Zustand im Körper, der diesen für gewisse Leistungen befähigt, erhalten wird, wann Ansatz (Wachsthum und Mästung) oder Abgabe eintritt, unter welchen Bedingungen die Zerstörung von Substanz im Organismus, die ganz andere sind, als wir sie ausserhalb finden, stattfindet und wodurch diese Bedingungen bei Krankheiten sich zu ändern vermögen, und die normalen sich wieder herstellen lassen; endlich wird man auch aus dem Zerfall in einfachere Verbindungen sämtliche Wirkungen am Thierorganismus, die Erscheinungen der Wärme und mechanischen Leistung und ihr gegenseitiges Verhalten zu einander ableiten können. Alle diese für die Physiologie, die Medicin und die Volkswirtschaft in so hohem Grade wichtigen Aufgaben lassen sich nicht lösen ohne unermüdliche Ausdauer und nicht ohne beträchtliche Mittel. Wir würden undankbar sein, würden wir an dieser Stelle nicht den Gefühlen der Pietät Ausdruck geben, indem wir daran erinnern,

¹⁾ Voit, diese Zeitschrift 1866. Bd. 2. S. 240.

dass unser unvergesslicher König Max II. es war, welcher mit fürstlicher Munificenz aus seiner Privatkasse die Summe von 8000 Gulden schenkte, um den Respirationsapparat dahier in's Leben zu rufen. Die Entdeckungen, die bereits damit gemacht worden sind, und deren eine viel grössere Zahl gewiss noch zu erwarten ist, dürften für Jedermann beweisend sein, dass der königliche Geber der Wissenschaft nicht nur ein grosses, sondern auch ein nützliches Geschenk gemacht hat.

Methode und Zusammenstellung der einzelnen Versuche.

Um die Uebersicht bei unseren späteren Betrachtungen nicht zu erschweren, vereinigen wir in diesem Abschnitte dasjenige, was über die Methode, welche bei Anstellung unserer Versuche befolgt worden ist, angegeben werden muss und die Zahlen, welche zum nähern Verständniss der Resultate absolut erforderlich sind. Wir geben nur das Nothwendigste, um den Leser in den Stand zu setzen, unsere Berechnungen zu controliren, aber nicht alle Einzelheiten der Analyse, da dadurch das Volumen dieser Abhandlung ungebührlich angeschwollen wäre.

Die Versuchsanordnung ist im Allgemeinen die nämliche, welche von dem einen von uns¹⁾ früher ausführlich beschrieben worden ist. Es soll hier nur das hinzugefügt werden, was bei der Anwendung auf den Menschen eine Aenderung erlitt oder neu hinzukam.

Zur Bestimmung des Körpergewichts wurde eine trefflich gearbeitete Dezimalwaage benutzt, die bei der Belastung durch den Menschen noch Differenzen von 5 Grmm. schätzen lässt.

Sehr grosse Schwierigkeiten macht bei Ernährungsversuchen am Menschen die Herstellung einer der Zusammensetzung nach bekannten Nahrung. Es musste aber alles aufgeboten werden, um aus einfachen chemisch bestimmbarern Nahrungsstoffen die Nahrung nach Bedarf zu bereiten; denn ohne die genaue Kenntniss der

¹⁾ Voit, diese Zeitschrift Bd. I. 1865.

Elemente der Einnahme ist es unmöglich, die Vorgänge im Körper, auf welche die Qualität und Quantität der Zufuhr einen so grossen Einfluss haben, richtig zu beurtheilen. Alle bis jetzt am Menschen vorliegenden Versuche in dieser Richtung sind bis auf die dahier angestellten von Ranke unbrauchbar, weil früher auf diesen Punkt keine Rücksicht genommen wurde. Da wird angegeben, es sei Suppe, oder Braten, oder Gemüse genossen worden und zur Ausschmückung vielleicht noch zugefügt, wieviel das Gemische gewogen habe, aber man erfährt nicht, was darin enthalten war. Es ist, wie uns vielfache Versuche ergeben haben, unmöglich, aus einer fertigen Speise die einzelnen darin enthaltenen Stoffe oder die Elemente zu bestimmen; ein Stück gekochtes Fleisch hat an verschiedenen Partien einen ganz verschiedenen Wassergehalt und eine ganz verschiedene Zusammensetzung; man ist allerdings im Stande, die Elementaranalyse eines kleinen Theils einer Suppe oder eines Gemüses zu machen, aber die einzelnen Bestandtheile darin kann man nicht mehr herausfinden. Und wenn die Speisen auch durchweg gleichmässig gemischt wären, so wäre es doch so mühsam, täglich eine Menge Elementaranalysen auszuführen, dass man ohne eine grössere Anzahl Hülfсарbeiter die Aufgabe nicht bewältigen könnte.

Man muss sich daher die Nahrung aus möglichst reinen Nahrungsstoffen, deren Zusammensetzung man kennt, mischen. Es wurde von uns verwendet: das Fleisch nicht gemästeter Kühe, welches mit der Scheere von Fett, Sehnen etc. so rein als möglich präparirt worden war, die Milch einer stets auf gleiche Weise gefütterten Kuh, ein Tag altes von der Rinde befreites Roggenbrod, das Eiweiss von Hühnereiern, reine Butter, Schmalz (ausgelassene Butter), Kartoffelstärke, Rohrzucker, amerikanisches Fleischextrakt, Kochsalz, Bier und Brunnenwasser.

Nachdem die bestimmte Menge des rein ausgeschnittenen Fleisches abgewogen ist, werden die dünnen Schnitte mit einer ebenfalls genau gekannten Menge Schmalz und Salz in einer kleinen Pfanne gebraten, nach dem Braten sorgfältig aus der Pfanne entfernt und wieder abgewogen; der Verlust wird als Wasser in Rechnung gezogen. Das Eiweiss der Eier wird gleichfalls mit einer

gewissen Menge Schmalz und Salz in der Pfanne gebacken. Aus der Stärke bereitet man mit etwas Wasser, Zucker und Schmalz kleine ganz schmackhafte Kuchen; aus dem Gewicht des Kuchens und dem der dazu verwendeten Stärke, des Zuckers und Schmalzes kann man die Menge des darin enthaltenen Wassers berechnen. Die Butter wird auf's Brod gestrichen genossen; das Fleischextrakt mit einer bekannten Wasser- und Salz-Quantität zu einer Suppe angerichtet.

Die Zubereitung dieser Mahlzeit ist äusserst mühselig; ein Mann hat den ganzen Tag über zu thun, um die Nahrungsstoffe zu sortiren, alles zu wiegen, beim Kochen die Aufsicht zu führen und das Fertige zurückzuwiegen. Die Sache erfordert, weil sie im höchsten Grade langweilig ist, eine um so grössere Aufmerksamkeit; denn jede Irrung würde den ganzen Versuch unbrauchbar machen. Dass die Herstellung einer vollkommen gleichen Kost möglich ist, zeigt die Gleichmässigkeit der Exkrete; bei derselben mittleren Kost bestimmten wir zu verschiedenen Zeiten im Athem und im Harn bei demselben Manne:

Kohlensäure in Grmm.	Harnstoff in Grmm.
912	37.2
948	35.4
980	37.2
—	36.3
—	37.3

Eine solche Uebereinstimmung wäre unmöglich, wenn die Nahrung nicht genau die gleiche wäre. Man ersieht aber auch daraus, dass die Zersetzungen im Körper nicht so ungleichmässig verlaufen und nicht von unbekanntem Ursachen influirt werden, wie diejenigen gerne glauben machen wollen, welche mit unbekanntem Ursachen ihre in sich fehlerhaften Versuche bemänteln möchten.

Die prozentige Zusammensetzung der einzelnen Nahrungsbestandtheile, wie sie zur Berechnung von uns angenommen worden ist, stellen wir in folgender Tabelle zusammen:

Nahrungsmittel.	Feste Theile.	Wasser	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Reines Fleisch	24.10 ¹⁾	75.90	12.52 ²⁾	1.73	3.40 ³⁾	5.15	1.80 ⁴⁾
Eiereiweiss	13.32 ⁵⁾	86.68	7.13	0.96	1.93 ⁶⁾	2.89	0.41
Brod	53.65 ⁷⁾	46.35	24.37 ⁸⁾	3.46	1.28 ⁹⁾	22.33	2.21
Milch	12.92 ¹⁰⁾	87.08	7.05	1.11	0.63	3.40	0.73
Butter	92.95 ¹¹⁾	7.05	73.43	10.23	0.11	9.30	—
Schmalz (Fett)	—	—	76.50 ¹²⁾	11.90	11.60	—	—
Stärke	84.21 ¹³⁾	15.79	87.42	5.21	—	41.58	—
Rohrzucker	—	—	42.10	6.43	—	51.46	—
Fleischextrakt	68.22 ¹⁴⁾	31.78	19.50	3.90	9.47	16.16	19.19
1000 Grmm. Bier	62.21 ¹⁵⁾	937.79	24.93	4.20	0.65	29.81	2.66
Kochsalz	98.19 ¹⁶⁾	1.81	—	—	—	—	98.19
1000 Grmm. Trinkwasser	0.40	999.60	—	—	—	—	0.40

Man kann die zusammengesetzten dieser Nahrungsmittel auf einfache Nahrungsstoffe leicht reduzieren; 100 Grmm. frisches Brod sind entsprechend 37.7 Grmm. frischem Fleisch und 44.2 Grmm. Stärke; 100 Grmm. feuchte Milch entsprechen 18.5 Grmm. frischem Fleisch, 4.2 Grmm. Milchzucker und 3.9 Grmm. Fett; 1000 Grmm. Bier enthalten dem Stickstoffgehalt nach 19.1 Grmm. Fleisch, dann 3.5 Grmm. Alcohol und 51.7 Grmm. Dextrin; in 100 Grmm. Butter befinden sich noch 0.9 % Casein.

Damit man sicher ist, dass die Nahrung ihre Wirkungen im Körper ausgeübt hat und im Darm nichts oder nur wenig Absorbirbares mehr enthalten ist, wird die letzte Speise 12 Stunden vor Anfang des Versuchs eingenommen und ebenso während des Versuchstages 12 Stunden vor Beendigung desselben. Jeder Versuch dauert somit 24 Stunden.

Es handelt sich nun um die Bestimmung der Ausgaben des Körpers.

Die Auffangung des Harns, die beim Hunde so grosse Schwie-

¹⁾ Voit, phys. chem. Unters. S. 16 u. 17; d. Zeitschr. 1865. S. 96. ²⁾ Liebig, Thierchemie 1842. S. 324. ³⁾ Voit, phys. chem. Unters. S. 17. ⁴⁾ Voit, diese Zeitschrift 1865. S. 100. ⁵⁾ Lehmann, Zoochemie. S. 285. ⁶⁾ Voit, neue Analyse. ⁷⁾ Voit, bei Bischoff und Voit S. 298 und diese Zeitschrift 1865. S. 104. ⁸⁾ Liebig, Thierchemie. S. 289. ⁹⁾ Voit, bei Bischoff und Voit. S. 300. ¹⁰⁾ Voit, Einfluss des Kochsalzes. S. 71. ¹¹⁾ J. Ranke, Archiv für Anat. u. Physiol. 1862. S. 371. ¹²⁾ Nach brieflichen Mittheilungen von Henneberg. ¹³⁾ Voit, d. Zeitschr. 1865. S. 102. ¹⁴⁾ Voit, neue Analyse. ¹⁵⁾ Nach F. Feichtinger. ¹⁶⁾ Voit, neue Analyse.

rigkeiten macht, ist beim Menschen natürlich sehr leicht; es muss nur darauf gesehen werden, dass vor Beginn und Beendigung des Versuchs die Blase möglichst entleert wird.

Ueber die Bestimmung der einzelnen Bestandtheile des Harns ist wenig zu sagen.

Der Stickstoffgehalt desselben wird wie im Hundeharn durch die Liebig'sche Titrirmethode für Harnstoff ermittelt, um die tägliche Elementaranalyse zu ersparen. Es ist schon zur Genüge gezeigt worden, dass das salpetersaure Quecksilberoxyd auch mit anderen stickstoffhaltigen Bestandtheilen des Harns Verbindungen eingeht. Beim menschlichen Harn musste aber, seiner grössern Kochsalzmenge wegen, das Chlor vor der Titrirung mit einer Lösung von salpetersaurem Silber ausgefällt werden; auf diese Weise wurde zugleich auch der Kochsalzgehalt bestimmt, da der Gehalt der Lösung an salpetersaurem Silber bekannt war.

Es ist in dem Harn des von uns zu den Versuchen benützten Mannes 17 Mal die direkte Bestimmung des Stickstoffs nach der früher angegebenen Methode¹⁾ zugleich mit der Harnstofftitrirung gemacht worden. Es wurden etwa 5 Grmm. Harn verbrannt und daraus auf die Harnmenge von 12 Stunden gerechnet.

D a t u m.			Harnmenge in Grmm.	Stickstoff im Tag aus dem Harnstoff gerechnet.	Stickstoff im Tag durch die Elementar- Analyse.	
31.	7.	1866.	Tag	846	10.03	10.12
31.	7.	"	Nacht	497	7.33	7.24
3.	8.	"	Tag	726	9.38	9.41
3.	8.	"	Nacht	451	7.56	7.85
11.	12.	"	Tag	855	7.42	6.97
22.	12.	"	Tag	477	5.55	5.91
22.	12.	"	Nacht	315	6.11	6.35
27.	12.	"	Tag	723	8.96	8.22
27.	12.	"	Nacht	644	8.40	8.52
29.	12.	"	Tag	653	8.82	8.49
29.	12.	"	Nacht	608	8.59	8.39
2.	1.	1867.	Tag	822	10.83	10.50
2.	1.	"	Nacht	1160	15.21	15.50
4.	1.	"	Tag	860	14.61	14.90
4.	1.	"	Nacht	1464	17.92	17.40
7.	1.	"	Tag	554	7.70	7.43
7.	1.	"	Nacht	331	5.23	5.13

¹⁾ Voit, diese Zeitschrift 1865. S. 115.

Der Fehler ist meist verschwindend klein, und er fällt für die directe Bestimmung manchmal grösser, manchmal kleiner aus; es ist daher unrichtig, wenn man den Stickstoffgehalt der im Harn enthaltenen Harnsäure zu dem des Harnstoffs hinzu addirt. Die mittlere direct gefundene Stickstoffmenge (auf 700 Grmm. Harn) beträgt 9.31 Grmm., die aus dem Harnstoff berechnete 9.40 Grmm., der Fehler also 1%. Man ist vollkommen berechtigt, aus dem durch die Liebig'sche Titrimethode bestimmten Harnstoff auch beim Menschenharn den Stickstoffgehalt desselben zu berechnen.

Der Gehalt an festen Bestandtheilen und Wasser im Harn wurde erhalten, indem ungefähr 5 Grmm. in einem mit ausgeglühtem Quarzsand angefüllten Porzellanschälchen gewogen und bei 100° so lange getrocknet wurden, bis kein Gewichtsverlust mehr stattfand. Das Quarzpulver ist dafür sehr günstig, indem es die Oberfläche vergrössert und das Zusammenbacken des Harnrückstandes verhindert.

Die Aschebestimmung im Harn geschah meist so, dass man den Harn verkohlte und das Gewicht der Kohle nahm; dann erschöpfte man durch verdünnte heisse Salzsäure die Kohle und wog dieselbe zurück; es stellte sich heraus, dass die rückständige Kohle keine nennenswerthe Menge von Aschebestandtheilen mehr enthielt. In einigen Fällen wurde auch der verkohlte Harn mit Wasser ausgezogen und dann der Kohlerest im Tiegel völlig verbrannt und die wässerige Lösung zur Asche gegeben, und beide zur Trockne gebracht.

Die Harnsäurebestimmung geschah durch Fällen mit Salzsäure, Filtriren und Auswaschen mit Alcohol. Die Schwefelsäure titrirten wir mit einer Lösung von Chlorbaryum, die Phosphorsäure mit einer Lösung von salpetersaurem Uranoxyd nach bekannten Regeln.

Auch der Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt des Harns musste in einer Anzahl von Fällen eruiert werden, da es nicht möglich ist, denselben aus der Harnstoffmenge zu berechnen, denn der Harn des Menschen enthält wie der des Hundes¹⁾ neben dem Harnstoff noch Stoffe, welche auf dieselbe Menge Stickstoff mehr Kohlenstoff enthalten als ersterer. Es wurden folgende nicht uninteressante Zahlen erhalten²⁾:

¹⁾ Voit, diese Zeitschrift 1865. S. 141.

²⁾ Die Kohlenstoff- und Wasserstoffbestimmungen wurden von Herrn August Wagner ausgeführt.

	durch Verbrennung	im Harnstoff.	Differenz.	% Zusammen- setzung des Harns nach Ab- zug der Asche.
--	----------------------	---------------	------------	--

1) 31. Juli, mittlere Kost, 24 Stunden:

Kohlenstoff . . .	12.60	7.44	5.16	27.1
Wasserstoff . . .	2.75	2.48	0.27	5.9
Sauerstoff . . .	13.68	9.92	3.76	29.5
Stickstoff . . .	17.36	17.36	—	37.5
Asche . . .	18.12	—	18.12	—
	64.51	37.20	27.31	100.0

2) 3. August, mittlere Kost, 24 Stunden:

Kohlenstoff . . .	12.40	7.26	5.14	27.2
Wasserstoff . . .	2.65	2.42	0.23	5.8
Sauerstoff . . .	13.32	9.68	3.64	29.2
Stickstoff . . .	17.26	16.94	0.32	37.8
Asche . . .	21.17	—	21.17	—
	66.80	36.30	30.50	100.0

3) 22. Dezember, Hunger, Tag:

Kohlenstoff . . .	4.55	2.38	2.17	29.1
Wasserstoff . . .	0.91	0.79	0.11	5.8
Sauerstoff . . .	4.29	3.18	1.11	27.4
Stickstoff . . .	5.91	5.55	0.36	37.7
Asche . . .	9.65	—	—	—
	25.31	11.90	13.41	100.0

4) 22. Dezember, Hunger, Nacht:

Kohlenstoff . . .	4.75	2.62	2.13	29.2
Wasserstoff . . .	0.95	0.87	0.08	5.8
Sauerstoff . . .	4.18	3.50	0.68	25.8
Stickstoff . . .	6.85	6.11	0.74	39.2
Asche . . .	4.75	—	4.75	—
	20.98	13.10	7.88	100.0

Darnach sind im Menschenharn ausser dem Harnstoff noch an Kohlenstoff reiche Verbindungen enthalten, die nahezu so viel Kohlenstoff ausführen als der Harnstoff und mit dem Harnstoff gleichmässig zu- und abnehmen; dieselben enthalten bei mittlerer Kost 5 Grmm. Kohlenstoff im Tag. In 100 Theilen Harnstoff und in 100 Theilen Harn bei mittlerer Kost finden sich:

	Harnstoff	Harn
Kohlenstoff . . .	20.0	27.2
Wasserstoff . . .	6.6	5.8
Sauerstoff . . .	26.7	29.3
Stickstoff . . .	46.7	37.7
	100.0	100.0

Das Verhältniss des Kohlenstoffs zum Stickstoff ist wie 1:1.35.

Die Elementarzusammensetzung des Harns des Menschen ist also ganz ähnlich, wie sie bei Hunden beobachtet worden ist.¹⁾

Der auf einen bestimmten Tag treffende Koth kann leicht abgegrenzt werden, wenn sich der Mensch gewöhnt, denselben täglich zu einer bestimmten Stunde Vormittags zu entleeren. Es wird dann immer der Koth gewonnen, welcher durch die Nahrung oder Ausscheidung des vorhergehenden Tages gebildet worden ist. Während der Koth des Hundes immer nur einen kleinen Bruchtheil der durch den Harn entfernten Bestandtheile ausmacht, ist dies beim Menschen nicht der Fall; durch den Koth werden bei letzterm soviel Kohlenstoff und Wasserstoff ausgeschieden wie durch den Harn.

Die Bestimmung der den Körper in gasförmigem Zustande verlassenden Stoffe und die des von der umgebenden Luft aufgenommenen Sauerstoffs geschieht auf die schon bekannte Weise mit dem grossen Respirationsapparate.

Die grossen Saugcylinder ventiliren bereits einige Zeit vor Beginn des Versuchs die Kammer. Nach der Entleerung von Harn und Koth und der Bestimmung des Körpergewichts tritt der zu den Versuchen dienende Mensch in die Kammer des Apparates ein; in demselben Momente wird die grosse Gasuhr abgelesen und die Untersuchungspumpen in Gang gesetzt. Man kann mit dem im Apparat wohnenden Menschen durch ein doppeltes Fenster communiciren, ihm Speise zukommen lassen, die Harngläser etc. aus der Kammer entfernen, ohne dass der Luftstrom gestört wird oder etwas von Innen nach Aussen dringen kann. Es hatte sich als nöthig herausgestellt, die 24 stündige Untersuchung in 2 Hälften zu scheiden, was der Respirationsapparat in seiner gegenwärtigen vollendeten Einrichtung mit 4 Untersuchungspumpen leicht gestattet; im Anfange des Versuchs arbeiten nämlich alle 4 Pumpen und es kommen dadurch 2 Proben der in den Apparat einströmenden und 2 Proben der daraus abströmenden Luft zur Untersuchung. Nachdem Abends die erste Hälfte der Zeit verstrichen ist, werden 2 Pumpen ausgeschaltet, der Stand der grossen Gasuhr notirt und das Versuchsobjekt nach völliger Entleerung der Harnblase gewogen; die beiden anderen Pumpen arbeiten die Nacht durch bis zu Ende

¹⁾ Voit, diese Zeitschrift 1865. S. 147.

des Versuchs fort. Das Resultat der Untersuchung von Morgens bis Abends (der Zeit des Tages) vom Gesamtergebnisse der 24 Stunden abgezogen, musste die Ausgabe und Einnahme während der übrigen 12 Stunden (der Zeit der Nacht) erkennen lassen. Zur Bestimmung des Körpergewichts am Abende haben wir anfangs die Decimalwaage in die Kammer gestellt und den Mann sich selbst wiegen lassen; wir sind aber später davon zurückgekommen, da die hölzernen Theile der Waage Wasser anziehen oder abgeben können und die Selbstwiegung schwierig und nicht zuverlässig ist. Wir zogen es daher vor, zu der betreffenden Zeit den Menschen aus der Kammer treten zu lassen und ausserhalb zu wiegen; der ganze Akt, während dessen die Ventilation im Apparate fortging, dauerte nur sehr kurze Zeit, so dass der Apparat in 3 Minuten wieder betreten wurde.

Das Volumen des in der grossen Gasuhr gemessenen Gesamtluftstroms muss auf die Temperatur und die derselben entsprechende Feuchtigkeit der kleinen Gasuhren gebracht werden, welche die untersuchte Luftprobe anzeigen; dies geschieht auf die schon angegebene Weise.¹⁾ Die kleinen Gasuhren sind vorher genau geaicht und die direkten Ablesungen werden darnach corrigirt. Die nach dem Versuche in der Kammer rückständigen Athemgase werden, wie früher mitgetheilt wurde²⁾, in Berechnung gebracht.

Wir theilen in Folgendem das ganze Protokoll eines Versuches mit, um dem Leser einen genauen Einblick in den Gang der Arbeit zu gestatten; von den übrigen sind nicht alle einzelnen Zahlen, sondern nur das angegeben, was nöthig ist, um die Endresultate allenfalls controliren zu können. Wir wählen dazu den Versuch vom 3.—4. August 1866, da bei ihm eine doppelte Bestimmung der Kohlensäure während der Nacht gemacht worden ist, welche zeigen wird, wie genau unser Apparat arbeitet.

Das Bettzeug gibt je nach seinem Feuchtigkeitszustande und dem der umgebenden Luft Wasser ab oder nimmt Wasser auf; es muss dasselbe daher vor und nach dem Versuche gewogen werden; es wurde meist erst Abends, wenn der Mann zum Wiegen aus der Kammer trat, hineingebracht. Eine Zunahme des Bettes musste

¹⁾ Pettenkofer, Annal. der Chem. u. Pharm. II. Suppl. Bd. S. 37.

²⁾ Pettenkofer a. a. O. S. 39.

als Plus zur Wasserabgabe berechnet werden, eine Abnahme als Minus. Ebenso änderten auch die Bücher, in denen das Versuchsobjekt zur Vertreibung der Langeweile las, ihr Gewicht, was auf ähnliche Weise in Rechnung gebracht wurde. Der Mann wurde alle Male mit den Kleidern, die immer die gleichen waren, gewogen; dieselben konnten allerdings in ihrem Wassergehalte ebenfalls Schwankungen zeigen, es wird aber dadurch nur das Resultat der Wasserbestimmung etwas geändert, jedoch nicht das der Bestimmung des Sauerstoffs, um das es uns bei der Wasserbestimmung hauptsächlich zu thun ist, da die Aufnahme oder Abgabe von Wasser durch die Kleider mit dem Körpergewicht in Rechnung kommt.

Protokoll des Versuchs Nro. 8.

Stand der grossen Gasuhr	Anfang des Versuchs	2169200	englische Cubikfuss
" " " "	Mitte " "	2175181	" "
" " " "	Ende " "	2181311	" "

	Tag.	Tag. u. Nacht.
Durch die grosse Gasuhr geströmte Luftmenge in engl. Cubikfussen	5981.0	12111.0
Correction für Temperatur	46.0	96.9
Correction für Wasserdunst	19.3	42.7
	6046.3	12250.6
in Litern ausgedrückt	171110	346692

Temperatur der Gasuhren nach Celsius.

Zeit der Beobachtung.	kleine	grosse
	G a s u h r .	
6 Uhr	19.2	18.3
8 "	19.2	18.2
10 "	22.3	19.2
12 "	23.4	19.8
2 "	22.2	20.0
4 "	21.9	19.8
	Mittel. 21.3	19.2
6 "	23.4	20.4
8 "	22.4	20.4
10 "	22.8	20.4
12 "	22.8	20.4
2 "	22.4	20.4
4 "	22.4	20.4
	Gesamtmittel. 22.0	19.8

	Untersuchte Luftmenge in Liter		Kohlensäure - Bestimmung							Wasser - Bestimmung				
			Barytwasser			Kohlensäure				Gewicht der SO ₂ -Apparate vor und nach dem Versuch.		Gehalt und Differenz in 1000 Litern in Grmm.		in der gesamm- ten Luft.
			Volum in C.-C.	C. C. O für 30 ^{cc} Barytwasser		in der unter- suchten Luft in Mill. Gr.	Gehalt u. Differenz in 1000 Litern in Grmm.		in der ge- samnten Luft.					
	abge- lesen.	corri- girt.		vor dem Versuch.	nach dem Versuch.		im Strom.	im Rück- stand.		1.	2.	im Strom.	im Rück- stand.	
Aeussere Luft Tag.	60.5	60.3	90	90.2	77.0	39.6 0.6	0.6666	—	—	46.0865	57.3665	11.3350	—	—
			90	30.1	29.9	40.2				45.3560	57.3635			
										0.6805	0.0030			
										0.6835				
Aeussere Luft Tag und Nacht.	116.3	116.8	90	90.2	61.3	86.7 0.6	0.7474	—	—	58.0140	55.6220	11.0830	—	—
			90	30.1	29.9	87.3				56.7295	55.6120			
										1.2845	0.0100			
										1.2945				
Innere Luft Tag.	63.35	64.36	225	90.2	43.3	351.7 0.6	5.4739 0.6666	5.1700	822.6	59.1475	56.0380	17.2849	6.4000	1018.0
			90	30.1	29.9	352.3	4.8073		+ 62.0	58.0550	56.0355	11.3350		
									884.6	1.0925	0.0025	5.9499		1094.8
										1.0950				
Innere Luft Tag und Nacht.	122.9	126.1	225	90.2	17.9	542.2 3.0	4.3235 0.7474	3.7000	1239.8	58.6035	53.8145	16.1459	5.6000	1755.3
			90	30.1	29.1	545.2	3.5761		+ 44.4	56.5725	53.8095	11.0830		
									1284.2	2.0310	0.0050	5.0629		1822.5
										2.0360				
Innere Luft Nacht.	58.95	59.84	225	90.2	64.3	194.2 0.3	3.2525 0.8282	—	425.7	—	—	—	—	—
			90	30.1	30.0	194.5	2.4243		— 18.0					
									407.7					

Daraus erhält man nun:

	Tag.	Nacht.	24 Stunden.
Kohlensäure	884.6	999.6 407.7	1284.2
Wasser	1094.8	947.7	1822.5 + 220.0 im Bett 2042.5

Die Bestimmung des vom Menschen aus der Luft aufgenommenen Sauerstoffs ruht auf der Ermittlung sämmtlicher beim Stoffwechsel beteiligter Gewichtsverhältnisse mit Ausnahme des Sauerstoffs selbst, welcher sich ebenso wie bei der organischen Elementaranalyse aus dem Verluste ergibt und durch Ermittlung des Körpergewichts vor und nach dem Versuche und des Gewichtes der Nahrung und des Getränkes, dann der Ausscheidungen durch Darm und Nieren, sowie durch Haut und Lunge gefunden wird. Auf die Sauerstoffzahl fallen mithin alle Fehler, welche bei den einzelnen Wägungen und Bestimmungen gemacht werden. Wir wollen daher zunächst darüber Aufschluss geben, wie viel dieser Fehler überhaupt und höchstens betragen kann.

Die Brückenwaage, auf welcher der Mensch vor und nach dem Versuche gewogen wird, gestattet, wie schon mitgetheilt, eine Ablesung bis zu 5 Grmm.; der Fehler kann somit, wenn er beide Male auf die gleiche Seite fällt, 10 Grmm. betragen. Die flüssige und feste Nahrung, sowie Harn und Koth werden auf einer Gleichwaage gewogen, die bis auf 0,1 Grmm. sichere Angaben macht, was also bei 10 Wägungen erst einen Fehler von 1 Grmm. ausmacht, den man der Grösse gegenüber, um die es sich handelt, vernachlässigen kann.

Wir haben nun noch die Fehler in Rechnung zu ziehen, welche man bei Bestimmung der gasförmigen Ausgaben des Körpers mit dem Respirationsapparate machen kann. Die Kohlensäure kommt bekanntlich sehr genau und ist der Fehler nach dem Ergebniss der Controlversuche mit Kerzen nicht höher als 10 Grmm. in 24 Stunden anzunehmen. Das Wasser erhält man nach Ausweis der

Controlversuche bei einer Ventilation von 300000 Litern in 24 Stunden bis auf etwa 30 Grmm. sicher. Die Ausscheidungen von Wasserstoff und Grubengas sind beim Gesunden höchst unbedeutend, ihr Gewicht beträgt in der Regel nicht 10 Grmm., und man begeht somit, selbst wenn man sie vernachlässiget, nur einen solchen Gewichtsfehler. Nebst dem Körpergewicht muss auch als grosser hygroskopischer Körper das im Apparate befindliche Bett vor und nach dem Versuche gewogen werden; da dies auf der gleichen Waage geschieht, auf welcher der Mensch gewogen wird, so kann man hierfür wieder einen Fehler von 10 Grmm. rechnen.

Nimmt man nun an, dass die verschiedenen möglichen Fehler sich nicht theilweise compensiren, sondern dass sie alle auf ein und dieselbe Seite fallen, so hat man zu veranschlagen:

für Wägung des Menschen	10 Grmm.
„ „ „ Bettes	10 „
„ Bestimmung der Kohlensäure	10 „
„ „ des Wassers	30 „
„ Vernachlässigung des Wasserstoffs und Grubengases	10 „
zusammen	70 Grmm.

Da es sich nun bei unsern Versuchen um 700 Grmm. und darüber Sauerstoff handelt, so hat man keinen grössern Fehler als 10% der ganzen Grösse zu befürchten, ja man darf mit aller Bestimmtheit annehmen, dass der Fehler durchschnittlich ein viel kleinerer sein wird, da die Unsicherheiten herüber und hinüber fallen und sich so gegenseitig compensiren werden. Unsere bisherigen Versuche weisen diese Annahme auch als richtig aus; wir fanden z. B. bei einem Hunde bei Fütterung mit 1500 Grmm. Fleisch, mit dem er sich im Stickstoff- und Kohlenstoff-Gleichgewicht befand, im Tag eine Aufnahme von 477 Grmm. Sauerstoff, während das Fleisch zur Verbrennung 478 Grmm. nöthig hatte.¹⁾

Der Maximalfehler der Sauerstoffbestimmung ist mithin nicht wesentlich grösser, als bei den Untersuchungen von Ludwig und Sczelkow,²⁾ welche sich auf die Bunsen'sche Methode stützen und einen Maximalfehler von 8,5% im Sauerstoff veranlassen konnten.

¹⁾ Pettenkofer & Voit, Annal. d. Chem. u. Pharm. Suppl. Bd. II S. 361.

²⁾ Ludwig & Sczelkow, Sitz. Ber. d. math. natw. Classe der k. k. Akademie zu Wien 1862. Bd. 45. S. 171 u. 209.

Wir fügen die Berechnung der Sauerstoffmenge in dem von uns eben mitgetheilten Versuche bei:

T a g.		N a c h t.	
Einnahmen.	Ausgaben.	Einnahmen.	Ausgaben.
Nahrung . . 2461.4	Kohlensäure 884.6	Nahrung . . 848.2	Kohlensäure 399.6
	Wasser . . 1094.8	Gewichtsab-	Wasser . . 947.3
	Harn . . . 725.8	nahme . . 296.0	Harn . . . 457.0
	Gewichtszu-		Summe . . . 1803.9
	nahme . . 50.0	1144.2	Einnahme . . 1144.2
	Summe . . 2755.2		Sauerstoff . . 659.7
	Einnahme . 2461.4		
	Sauerstoff . . 293.8		

Es folgen nun noch die Zahlen, welche wir bei den an normalen Menschen angestellten 15 Versuchen erhalten haben; 14 davon sind an einem kräftigen Arbeiter; Uhrmacher M. M. von 28 Jahren angestellt, von einem mittleren Körpergewicht von 70 Kilogramm; einer an einem andern schwächeren Individuum, J. E., 36 Jahre alt, von einem Körpergewicht von 53 Kilogramm, seines Handwerkes ein Schneider. Alle Gewichtsverhältnisse sind in Grammen ausgedrückt.

I.

Hunger, Ruhe.

11. December Früh $\frac{1}{2}$ 8 Uhr bis 12. December Früh $\frac{1}{2}$ 8 Uhr.

Körpergewicht	Anfang des Versuchs	71.090
„	Mitte „ „	70.870
„	Ende „ „	70.160

Nahrung.

(10. December Abends 8 Uhr zum letzten Mal gegessen.)

Tag: Vormittag 11 Uhr	{	Fleischextrakt	4.7
		Salz . . .	6.4
		Wasser . .	524.3
Abends $\frac{1}{2}$ 7 Uhr	{	Fleischextrakt	7.8
		Salz . . .	8.7
		Wasser . .	502.9
			<u>1054.8</u>

Ausgaben.

1) Harn:

	Tag.	Nacht.	24 Stunden.
Harnmenge	854.9	342.6	1197.5
Feste Theile	33.16	16.36	49.52
Harnstoff	15.9	10.9	26.8
Asche	13.2	6.5	19.7
Kochsalz	10.2	4.4	14.6
Stickstoff	6.97	—	—
Kohlenstoff	4.91	—	—

2) Respiration:

(Mittlere Temperatur des Versuchsraumes 14.1° C.)

	Tag.	Tag und Nacht.
Durchgeströmte Luftmenge	263018 Liter	531245 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft	0.7565 pro mille	0.8542 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft	2.3056 „ „	2.2126 „ „
Wasser der einströmenden Luft	5.6273 „ „	5.6546 „ „
Wasser der abströmenden Luft	7.4274 „ „	7.1882 „ „
Abgegebene Kohlensäure	426.6 Grmm.	738.3 Grmm.
Abgegebenes Wasser	443.6 „ = { 440.8 in d. Luft 2.8 im Buch	828.9 „ = { 806.1 in d. Luft 20.0 im Bett 2.8 im Buch
Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff	450.3 „	779.9 „

Elemente der Einnahmen und Ausgaben.

24 Stunden.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Einnahmen:						
Fleischextrakt 12.5	3.97	2.44	0.49	1.18	2.02	2.40
Kochsalz . . . 15.1	0.27	—	—	—	—	14.83
Wasser . . . 1027.2	1026.79	—	—	—	—	0.41
Sauerstoff aus der Luft . . 779.9	—	—	—	—	779.90	—
	1834.7	2.44	0.49	1.18	781.92	17.64
	= 114.56 H		114.56		916.47	
	916.47 O		115.05		1698.89	
Ausgaben:						
Harn 1197.5	1147.44	8.25	2.00	12.51	7.6	19.70
Respiration . 1567.2	828.90	201.30	—	—	537.0	—
	2764.7	209.55	2.00	12.51	544.6	19.70
	= 219.59 H		219.59		1756.75	
	1756.75 O		221.49		2301.35	
Differenz — 930.0	—	— 207.11	— 106.54	— 11.33	— 602.96	— 2.06

T a g.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Einnahmen:						
Fleischextrakt 4.7	1.49	0.92	0.18	0.44	0.76	0.90
Kochsalz . . . 6.4	0.12	—	—	—	—	6.28
Wasser . . . 524.3	524.10	—	—	—	—	0.21
Sauerstoff aus der Luft . . 450.3	—	—	—	—	450.3	—
	985.7	0.92	0.18	0.44	451.06	7.39
	= 58.41 H		58.41		467.30	
	467.30 O		58.59		918.36	
Ausgaben:						
Harn 854.9	825.0	4.25	1.10	7.42	4.0	13.2
Respiration . 870.2	443.6	116.30	—	—	310.3	—
	1725.1	120.55	1.10	7.42	314.3	13.2
	= 140.9 H		140.90		1127.7	
	1127.7 O		142.00		1442.0	
Differenz — 739.4	—	— 119.63	— 83.41	— 6.98	— 523.6	— 5.81

N a c h t.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Einnahmen:						
Fleischextrakt	7.8	2.48	1.52	0.31	0.74	1.26
Kochsalz . . .	8.7	0.15	—	—	—	8.55
Wasser	502.9	502.70	—	—	—	0.20
Sauerstoff aus der Luft . .	329.6	—	—	—	—	329.60
	849.0	505.33	1.52	0.31	0.74	330.86
		= 56.14 H		56.14		449.19
		449.19 O		56.45		780.05
Ausgaben:						
Harn	342.6	322.5	4.00	0.90	5.09	3.60
Respiration .	697.0	385.3	85.00	—	—	226.70
	1039.6	707.8	89.00	0.90	5.09	230.30
		= 78.6 H		78.60		629.20
		629.2 O		79.50		859.50
Differenz —	190.6	—	— 88.48	— 23.05	— 4.35	— 79.45
						+ 3.75

II.

Hunger, Ruhe.

13. December Abends 8 Uhr bis 14. December Fröh 8 Uhr.

Körpergewicht Anfang des Versuchs 71.763

„ Ende „ „ 70.700

Keine Nahrung.

(13. Abends direct vor Beginn des Versuchs 1 Portion Kalbsbraten und 1/2 Maas Bier.)

1) Harn.

	Nacht.
Harnmenge	613.8
Feste Theile	23.3
Harnstoff	14.70
Asche	6.92
Kochsalz	2.63

2) Respiration:

(Mittlere Temperatur des Versuchsraumes 17.5° C.)

	Nacht.
Durchgeströmte Luftmenge	274004 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft . .	0.5477 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft . .	1.8045 „ „
Wasser der einströmenden Luft	6.0897 „ „
Wasser der abströmenden Luft	7.7617 „ „
Abgegebene Kohlensäure	360.0 Grmm.
Abgegebenes Wasser	428.5 „ = { 478.5 in der Luft 50.0 vom Bett
Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff .	339.3 „

Die Elemente der Einnahmen und Ausgaben können hier nicht berechnet werden, da die Bestandtheile der Nahrung, welche unmittelbar vorher aufgenommen worden war, unbekannt sind.

III.

Hunger, Ruhe.

14. December Fröh 8 Uhr bis 15. December Fröh 8 Uhr.

Körpergewicht Anfang des Versuchs	70.700
„ Mitte „ „	70.740
„ Ende „ „	70.040

Nahrung.

(14. December Abends 1/2 8 Uhr zum letzten Male gegessen.)

Tag: Vormittag 10 Uhr	{	Fleischextrakt	7.1
		Salz	7.0
		Wasser	501.7
Abends 5 Uhr	{	Fleischextrakt	6.7
		Salz	6.2
		Wasser	485.8
			1014.5

Ausgaben.

1) Harn:

	Tag.	Nacht.	24 Stunden.
Harnmenge	552.8	355.1	907.9
Feste Theile	24.52	19.63	44.15
Harnstoff	14.40	11.90	26.30
Asche	11.40	7.49	18.89
Kochsalz	8.20	5.00	13.20

2) Respiration:

(Mittlere Temperatur des Versuchsraumes 15.1° C.)

	Nacht und Tag.	Tag.
Durchgeströmte Luftmenge	549396 Liter	276523 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft	0.5985 pro mille	0.7190 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft	1.9144 „ „	1.8191 „ „
Wasser der einströmenden Luft	6.1971 „ „	6.5384 „ „
Wasser der abströmenden Luft	7.8669 „ „	8.1092 „ „
Abgegeben. Kohlensäure	739.0 Grmm.	316.2 Grmm.
Abgegebenes Wasser	891.1 „ = { 937.4 in d. Luft 50.0 vom Bett 3.7 im Buch	851.5 „ = { 451.1 in d. Luft 100.0 vom Bett
Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff	759.2 Grmm.	322.7 Grmm.

Elemente der Einnahmen und Ausgaben.

24 Stunden.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Einnahmen:						
Fleischextrakt 13.8	4.39	2.59	0.54	1.31	2.23	2.65
Kochsalz . . . 13.2	0.24	—	—	—	—	12.96
Wasser 987.5	987.11	—	—	—	—	0.39
Sauerstoff aus der Luft . . 742.6	—	—	—	—	742.60	—
1757.1	991.74	2.59	0.54	1.31	744.83	16.00
	= 110.74 H		110.20		881.50	
	881.50 O		110.74		1626.33	
Ausgaben:						
Harn 907.9	863.4	8.05	1.80	12.27	7.50	18.89
Respiration. 1509.3	814.1	189.60	—	—	505.60	—
2417.2	1677.5	197.65	1.80	12.27	513.10	18.89
	= 186.4 H		186.40		1491.10	
	1491.1 O		188.20		2004.20	
Differenz . . . 660.1	—	— 195.06	— 77.46	— 10.96	— 877.87	— 2.89

Tag.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Einnahmen:						
Fleischextrakt 7.1	2.26	1.38	0.28	0.67	1.15	1.36
Salz 7.0	0.13	—	—	—	—	6.87
Wasser 501.7	501.50	—	—	—	—	0.20
Sauerstoff aus der Luft . . 419.9	—	—	—	—	419.9	—
	935.7	1.38	0.28	0.67	421.05	8.43
	= 55.98 H		55.98		447.91	
	447.91 O		56.26		868.96	
Ausgaben:						
Harn 552.8	525.6	4.05	1.00	6.72	4.0	11.40
Respiration . 841.6	462.6	103.30	—	—	275.7	—
	1394.4	107.35	1.00	6.72	279.7	11.40
	= 109.8 H		109.80		878.4	
	878.4 O		110.80		1158.1	
Differenz . . — 458.7	—	— 105.97	— 54.54	— 6.05	— 289.14	— 2.97

Nacht.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Einnahmen:						
Fleischextrakt 6.7	2.13	1.31	0.26	0.64	1.08	1.29
Salz 6.2	0.11	—	—	—	—	6.09
Wasser 485.8	485.70	—	—	—	—	0.13
Sauerstoff aus der Luft . . 322.7	—	—	—	—	322.7	—
	821.4	1.31	0.26	0.64	323.78	7.51
	= 54.21 H		54.21		433.73	
	433.73 O		54.47		757.51	
Ausgaben:						
Harn 355.1	333.76	4.00	0.80	5.55	3.5	7.49
Respiration . 667.7	351.50	86.20	—	—	230.0	—
	1022.8	90.20	0.80	5.55	233.5	7.49
	= 76.14 H		76.14		609.1	
	609.12 O		76.94		842.6	
Differenz . . — 201.4	—	— 88.89	— 22.47	— 4.91	— 85.09	+ 0.02

IV.

Hunger, Ruhe.

22. December Früh 8 Uhr bis 23. December Früh 8 Uhr.

Körpergewicht Anfang des Versuchs	70.760
„ Mitte „ „	70.135
„ Ende „ „	70.080

Nahrung

(21. December Abends 8 Uhr zum letzten Male gegessen.)

Tag: Vormittag 10 Uhr	{	Fleischextrakt	8.2
		Salz	5.1
		Wasser	525.3
		Wasser	747.6
			<u>1286.2</u>

Nacht: Abends 7 Uhr:	{	Fleischextrakt	9.6
		Salz	4.4
		Wasser	507.3
		Wasser	198.3
			<u>719.6</u>

in 24 Stunden: 2005.8

Ausgaben.

1) Harn:

	Tag.	Nacht.	24 Stunden.
Harnmenge	477.2	315.4	792.6
Feste Theile	25.31	20.98	46.29
Harnstoff	11.90	13.10	25.00
Harnsäure	0.3353	0.2231	0.5584
Asche	9.65	4.75	14.40
Kochsalz	6.42	2.14	8.56
Schwefelsäure	0.83	0.89	1.72
Phosphorsäure	1.35	1.60	2.95
Stickstoff	5.91	6.35	12.26
Kohlenstoff	4.55	4.75	9.30
Wasserstoff	0.91	0.95	1.86

2) Respiration:

(Mittlere Temperatur des Versuchsraumes 16.0° C.)

	Tag.	Tag und Nacht.
Durchgeströmte Luftmenge	267293 Liter	538656 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft .	1.0193 pro mille	1.0265 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft .	4.3423 „ „	3.2006 „ „
Wasser der einströmenden Luft . . .	5.6052 „ „	5.9717 „ „
Wasser der abströmenden Luft . . .	10.8779 „ „	9.0544 „ „
Abgegebene Kohlensäure	930.2 Grmm.	1187.5 Grmm.
Abgegebenes Wasser	1425.3 „ = { 1334.5 i.d.Luft 90.8 im Brett	1778.5 „ = { 1697.7 i.d.Luft 90.8 im Brett 10.0 v. Bett
Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff	921.5 „	1071.8 „

Elemente der Einnahmen und Ausgaben.

24 Stunden.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Einnahmen:						
Fleischextrakt 17.8	5.66	3.47	0.69	1.69	2.88	3.42
Salz 9.5	0.17	—	—	—	—	9.33
Wasser 1978.5	1977.83	—	—	—	—	0.67
Sauerstoff aus der Luft . . 1071.8	—	—	—	—	1071.80	—
	3077.6	3.47	0.69	1.69	1074.68	13.42
	= 220.4 H		220.4		1763.20	
	1763.2 O		221.09		2837.88	
Ausgaben:						
Harn 792.6	746.31	9.30	1.86	12.26	8.47	14.40
Respiration . . 2966.0	1778.50	323.90	—	—	863.60	—
	3758.6	333.20	1.86	12.26	872.07	14.40
	= 280.54 H		280.54		2234.00	
	2234.0 O		282.40		3106.07	
Differenz . . — 681.0	—	— 329.73	— 61.31	— 10.57	— 268.19	— 0.98

Tag.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Einnahmen:						
Fleischextrakt 8.2	2.5	1.56	0.31	0.76	1.28	1.58
Salz 5.1	0.1	—	—	—	—	5.00
Wasser 1272.9	1272.4	—	—	—	—	0.51
Sauerstoff aus der Luft . . 921.5	—	—	—	—	921.5	—
	2207.8	1.56	0.31	0.76	922.78	7.04
	= 141.6 H		141.60		1133.40	
	1133.4 O		141.91		2056.18	
Ausgaben:						
Harn 477.2	451.89	4.55	0.91	5.55	4.65	9.65
Respiration . . 2355.5	1425.30	253.70	—	—	676.50	—
	2832.7	258.25	0.91	5.55	681.15	9.65
	= 208.57 H		208.57		1668.62	
	1668.62 O		209.48		2349.77	
Differenz . . — 624.9	—	— 256.69	— 67.57	— 4.79	— 293.59	— 2.61

Nacht.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Einnahmen:						
Fleischextrakt 9.6	3.05	1.87	0.37	0.91	1.54	1.82
Salz 4.4	0.08	—	—	—	—	4.32
Wasser 705.6	705.32	—	—	—	—	0.28
Sauerstoff aus der Luft . . 150.3	—	—	—	—	150.30	—
	869.9	1.87	0.37	0.91	151.84	6.42
	= 78.72 H		78.72		629.73	
	629.73 O		79.09		781.57	
Ausgaben:						
Harn 315.4	294.42	4.75	0.95	6.21	4.32	4.75
Respiration . . 610.5	353.20	70.20	—	—	187.10	—
	925.9	74.95	0.95	6.21	191.42	4.75
	= 71.96 H		71.96		575.66	
	575.66 O		72.91		767.08	
Differenz . . — 56.0	—	— 73.08	+ 6.18	— 5.30	+ 14.49	+ 1.67

V.

Mittlere Kost, Ruhe.

31. Juli Früh 6 Uhr bis 1. August Früh 6 Uhr.

Körpergewicht Anfang des Versuchs:	69.290
" Mitte " "	69.720
" Ende " "	69.550

Nahrung.

(30. Juli Abends 7 Uhr zum letzten Male gegessen.)

Tag: Früh 6 Uhr	Milch	500.0	
	Brod	140.0	
Vormittag 10 Uhr	{ Brod	100.0	
	{ Butter	15.0	
	{ Salz	0.3	
	Bier	256.2	
Mittag 12 Uhr	{ Fleisch	87.1	= 150 frisch
	{ Schmalz	11.6	
	{ Salz	0.3	
	Brod	70.0	
	Bier	256.2	
	{ Stärke	70.0	
	{ Zucker	17.0	
	{ Schmalz	21.8	
	Wasser	33.3	
	Wasser	253.0	
Nachmittag 4 Uhr	{ Brod	70.0	
	{ Butter	15.0	
	{ Salz	0.5	
		<u>1918.3</u>	
Nacht: Abends 7 Uhr	{ Fleisch	52.6	= 100 frisch
	{ Schmalz	22.6	
	{ Salz	1.4	
	Brod	70.0	
	Bier	512.5	
	{ Eiweiss	41.5	= 70 frisch
	{ Schmalz	14.0	
	{ Salz	0.8	
		<u>715.4</u>	
			in 24 Stunden: 2633.7

Ausgaben.

1) Harn:

	Tag.	Nacht.	24 Stunden.
Harnmenge	845.6	497.5	1343.1
Feste Theile	39.01	25.50	64.51
Harnstoff	21.5	15.7	37.2
Harnsäure.	—	—	0.800
Asche	12.20	5.92	18.12
Kochsalz	8.4	3.0	11.4
Schwefelsäure	—	—	2.56
Stickstoff	10.12	7.24	17.36
Kohlenstoff	—	—	12.60
Wasserstoff	—	—	2.75

2) Koth:

1. August 6 Uhr Abends 114.5 = 31.6 trocken mit 14.4% Fett.

Elementarzusammensetzung (Diabetiker bei gleicher Kost)

C	45.58
H	6.80
N	6.64
O	22.54
Asche	18.44
	<u>100.00</u>

3) Respiration:

(Mittlere Temperatur des Versuchsraumes 18.6° C.)

	Tag.	Tag und Nacht.
Durchgeströmte Luftmenge .	135823 Liter	286772 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft	0.6594 pro mille	0.7170 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft	4.2386 „ „	3.7666 „ „
Wasser der einströmenden Luft	9.0634 „ „	9.2606 „ „
Wasser der abströmenden Luft	11.3781 „ „	11.5941 „ „
Abgegebene Kohlensäure . .	532.9 Grmm.	911.7 Grmm.
Abgegebenes Wasser	344.4 „	828.0 „ = { 698.0 in d. Luft 130.0 im Bett
Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff	234.6 „	708.9 „

Elemente der Einnahmen und Ausgaben.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.	
Einnahmen:							
Fleisch	139.7	79.5	31.3	4.3	8.50	12.9	3.2
Eiweiss	41.5	32.2	5.0	0.7	1.35	2.0	0.3
Brod	450.0	208.6	109.6	15.6	5.77	100.5	9.9
Milch	500.0	435.4	35.2	5.6	3.15	17.0	3.6
Bier	1025.0	961.2	25.6	4.3	0.67	30.6	2.7
Schmalz	70.0	—	53.5	8.3	—	8.1	—
Butter	30.0	2.1	22.0	3.1	0.03	2.8	—
Stärke	70.0	11.0	26.1	3.9	—	29.0	—
Zucker	17.0	—	7.2	1.1	—	8.7	—
Salz	4.2	—	—	—	—	—	4.2
Wasser	286.3	286.3	—	—	—	—	—
Sauerstoff aus der Luft	709.0	—	—	—	—	709.0	—
	3342.7	2016.3	315.5	46.9	19.47	920.6	23.9
		= 224.0 H		224.0		1792.3	
		1792.3 O		270.9		2712.9	
Ausgaben:							
Harn	1343.1	1278.6	12.60	2.75	17.35	18.71	18.1
Koth	114.5	82.9	14.50	2.17	2.12	7.19	5.9
Respiration . .	1739.7	828.0	248.60	—	—	663.10	—
	3197.3	2189.5	275.70	4.92	19.47	684.00	24.0
		= 243.3 H		243.30		1946.20	
		1946.2 O		243.22		2630.20	
Differenz . . .	+ 145.4	—	+ 39.8	+ 22.7	0	+ 82.7	— 0.1

VI.

Mittlere Kost, Ruhe,

18. December Früh 8 Uhr bis 19. December Früh 8 Uhr.

Körpergewicht Anfang des Versuchs 70.190

" Mitte " " 71.850

" Ende " " 71.020

Nahrung.

(17. December Abends 8 Uhr zum letzten Male gegessen.)

Tag: Früh ½ 9 Uhr	Milch	504.8
	Brod	140.0
Vormittag 10 Uhr	{ Brod	100.0
	{ Butter	15.0
	{ Salz	0.3
	Bier	258.3

Mittag 12 Uhr	{	Fleisch	91.8 = 150 frisch
		Schmalz	14.0
		Salz	0.8
		Brod	70.0
		Bier	258.0
		Stärke	70.0
		Zucker	17.0
		Schmalz	19.9
		Wasser	36.9
Nachmittag 3 Uhr	{	Brod	70.0
		Butter	15.0
		Salz	0.4
Abends 7 Uhr	{	Fleisch	57.7 = 100 frisch
		Schmalz	9.0
		Salz	1.0
		Brod	70.0
		Bier	468.1
		Eiweiss	59.2 = 70 frisch
		Schmalz	9.1
		Salz	0.4
		Wasser	480.0
			<u>2836.7</u>
Nacht:		Wasser	146.0
			in 24 Stunden 2982.7

Ausgaben.

1) Harn:

	Tag.	Nacht.	24 Stunden.
Harnmenge	572.4	546.9	1119.3
Harnstoff	17.80	17.60	35.40
Kochsalz	6.36	4.25	10.61

2) Koth:

19. December 12 Uhr Mittags 162.0 = 40.0 trocken.
Elementarzusammensetzung wie in I.

3) Respiration:

(Mittlere Temperatur des Versuchsraumes 16.4° C.)

	Tag.	Tag und Nacht.
Durchgeströmte Luftmenge	268369 Liter	538975 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft	0.9645 pro mille	1.0381 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft	2.8861 „ „	2.7504 „ „
Wasser der einströmenden Luft	6.5422 „ „	6.6739 „ „
Wasser der abströmenden Luft	8.4404 „ „	8.6294 „ „
Abgegeben. Kohlensäure	539.1 Grmm.	943.2 Grmm.
Abgegebenes Wasser	534.0 „ = { 532.2 in d. Luft 1.8 im Buch	1009.3 „ = { 1077.5 in d. Luft 1.8 im Buch 70.0 vom Bett
Aus der Luft aufgenomm. Sauerstoff.	468.8 „	919.1 „

Elemente der Einnahmen und Ausgaben.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Einnahmen:						
Fleisch	149.5	89.25	31.3	4.3	8.50	12.90
Eiweiss	59.2	49.88	5.0	0.7	1.35	2.00
Brod	450.0	208.60	109.6	15.6	5.77	100.50
Milch	504.8	489.58	95.59	5.60	3.18	17.16
Bier	984.4	923.17	24.54	4.13	0.64	29.33
Schmalz	52.0	—	39.78	6.19	—	6.03
Butter	30.0	2.10	22.00	3.10	0.03	2.80
Stärke	70.0	11.00	26.1	3.90	—	29.00
Zucker	17.0	—	7.20	1.10	—	8.70
Salz	2.9	0.05	—	—	—	—
Wasser	662.9	662.64	—	—	—	—
Sauerstoff aus der Luft	919.1	—	—	—	—	919.10
	3901.8	2386.27	301.11	44.62	19.47	1127.52
		= 265.1 H		265.10		2121.20
		2121.2 0		309.72		3248.72
Ausgaben:						
Harn	1119.3	1055.8	12.6	2.75	16.32	13.71
Koth	162.0	122.0	18.2	2.72	2.66	9.01
Respiration	1952.5	1009.3	257.2	—	—	686.0
	3233.8	2187.1	288.0	5.47	18.98	708.72
		= 242.9 H		242.90		1944.20
		1944.2 0		248.37		2652.92
Differenz	+ 668.0	—	+ 13.11	+ 61.35	+ 0.49	+ 595.80
						- 2.63

VII.

Mittlere Kost, Ruhe.

27. December Fröh 8 Uhr bis 28. December Fröh 8 Uhr.

Körpergewicht	Anfang des Versuchs	71.190
„	Mitte „ „	72.300
„	Ende „ „	71.190

Nahrung.

(26. December Abends 8 Uhr zum letzten Male gegessen.)

Tag: Fröh 8 Uhr	Milch	506.9		
	Brod	140.0		
Vormittag 10 Uhr	{	Brod	100.0	
		Butter	15.0	
		Salz	0.3	
		Bier	256.1	
Mittag 12 Uhr	{	Fleisch	97.0 = 150 frisch	
		Schmalz	9.1	
		Salz	0.9	
		Brod	70.0	
		Bier	258.1	
		{	Stärke	70.0
			Zucker	17.0
			Schmalz	22.1
			Wasser	48.8
		Nachmittag 4 Uhr	{	Brod
Butter	15.0			
Salz	0.7			
Abends 7 Uhr	{	Fleisch	63.1 = 100 frisch	
		Schmalz	6.6	
		Salz	1.5	
		Brod	70.0	
		Bier	538.8	
		{	Eiweiss	61.2 = 70 frisch
			Schmalz	8.9
Salz	0.7			

2447.8

Ausgaben.

1) Harn:

	Tag.	Nacht.	24 Stunden.
Harnmenge	722.6	644.4	1367.0
Feste Theile	34.68	29.10	63.78
Harnstoff	19.2	18.0	37.2
Harnsäure	0.4808	0.3761	0.8569
Asche	11.95	8.59	20.54
Kochsalz	7.75	5.35	13.10
Schwefelsäure	1.34	1.32	2.66
Phosphorsäure	2.61	1.58	4.19
Stickstoff	8.22	8.52	16.74

2) Koth:

28. December 10 Uhr 166.3 = 39.4 trocken.

Elementarzusammensetzung wie I.

3) Respiration:

(Mittlere Temperatur des Versuchsraumes 15.4° C.)

	Tag.	Tag und Nacht.
Durchgeströmte Luftmenge	271258 Liter	542515 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft	0.7186 pro mille	0.6311 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft	2.5763 „ „	2.3088 „ „
Wasser der einströmenden Luft	5.2994 „ „	5.2079 „ „
Wasser der abströmenden Luft	6.9377 „ „	7.1119 „ „
Abgegebene Kohlensäure	527.2 Grmm.	930.4 Grmm.
Abgegebenes Wasser	446.1 „ = $\begin{cases} 464.9 \text{ in d. Luft} \\ 1.2 \text{ im Buch} \\ 20.0 \text{ vom Bett} \end{cases}$	957.4 „ = $\begin{cases} 1056.2 \text{ i. d. Luft} \\ 1.2 \text{ im Buch} \\ 100.0 \text{ v. Bett} \end{cases}$
Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff	418.1 „	448.8 „

Elemente der Einnahmen und Ausgaben.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.	
Einnahmen:							
Fleisch	160.1	99.85	31.3	4.82	8.50	12.90	3.20
Eiweiss	61.2	51.88	5.0	0.70	1.35	2.00	0.30
Brod	450.0	208.60	109.6	15.60	5.77	100.50	9.90
Milch	506.9	442.21	35.74	5.63	3.19	17.20	3.70
Bier	1053.0	987.50	26.25	4.42	0.68	31.99	2.80
Schmalz	46.7	—	35.70	5.56	—	5.40	—
Butter	30.0	2.10	22.00	3.10	0.03	2.80	—
Stärke	70.0	11.00	26.10	3.90	—	29.00	—
Zucker	17.0	—	7.20	1.10	—	8.70	—
Salz	4.1	0.07	—	—	—	—	4.00
Wasser	48.8	48.78	—	—	—	—	0.02
Sauerstoff aus der Luft	866.9	—	—	—	—	866.90	—
	3314.7	1851.99	298.89	44.33	19.52	1076.82	23.92
		= 205.78 H		205.78		1646.22	
		1646.22 O		250.11		2723.04	
Ausgaben:							
Harn	1367.0	1303.22	12.60	2.75	17.36	10.53	20.54
Koth	166.3	126.90	17.96	2.68	2.62	8.88	7.26
Respiration	1887.7	957.40	253.70	—	—	676.60	—
	3421.0	2387.52	284.26	5.43	19.98	696.01	27.80
		= 265.28 H		265.28		2122.24	
		2122.24 O		270.71		2818.25	
Differenz	— 106.3	—	+ 14.63	— 20.60	— 0.46	— 95.21	— 3.88

VIII.

Mittlere Kost, Arbeit.

3. August Fröh 6 Uhr bis 4. August Fröh 6 Uhr.

Körpergewicht	Anfang des Versuchs	69.650
„	Mitte „ „	69.700
„	Ende „ „	69.410

Nahrung

(2. August Abends 7 Uhr zum letzten Male gegessen.)

Tag:	Fröh 6 Uhr	Milch	500.0	
		Brod	140.0	
	Vormittag 10 Uhr	} Brod	70.0	
			Butter	15.0
			Salz	0.3
			Bier	256.2

Mittag 12 Uhr	<table style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Fleisch</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">78.4</td><td style="padding: 2px 5px;">= 150 frisch</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Schmalz</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">21.7</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Salz</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">1.7</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Brod</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">70.0</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Bier</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">256.2</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Stärke</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">70.0</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Zucker</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">17.0</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Schmalz</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">18.0</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Wasser</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">49.2</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Wasser</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">782.0</td><td></td></tr> </table>	Fleisch	78.4	= 150 frisch	Schmalz	21.7		Salz	1.7		Brod	70.0		Bier	256.2		Stärke	70.0		Zucker	17.0		Schmalz	18.0		Wasser	49.2		Wasser	782.0	
Fleisch	78.4	= 150 frisch																													
Schmalz	21.7																														
Salz	1.7																														
Brod	70.0																														
Bier	256.2																														
Stärke	70.0																														
Zucker	17.0																														
Schmalz	18.0																														
Wasser	49.2																														
Wasser	782.0																														
Nachmittag 4 Uhr	<table style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Brod</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">100.0</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Butter</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">15.0</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Salz</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">0.6</td><td></td></tr> <tr><td colspan="2" style="border-top: 1px solid black;"></td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">2461.4</td></tr> </table>	Brod	100.0		Butter	15.0		Salz	0.6				2461.4																		
Brod	100.0																														
Butter	15.0																														
Salz	0.6																														
		2461.4																													
Nacht: Abends 7 Uhr	<table style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Fleisch</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">50.4</td><td style="padding: 2px 5px;">= 100 frisch</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Schmalz</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">15.4</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Salz</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">1.8</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Brod</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">70.0</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Bier</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">512.5</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Eiweiss</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">50.7</td><td style="padding: 2px 5px;">= 70 frisch</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Schmalz</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">14.9</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Salz</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">0.5</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Wasser</td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">132.0</td><td></td></tr> <tr><td colspan="2" style="border-top: 1px solid black;"></td><td style="text-align: right; padding: 2px 5px;">848.2</td></tr> </table>	Fleisch	50.4	= 100 frisch	Schmalz	15.4		Salz	1.8		Brod	70.0		Bier	512.5		Eiweiss	50.7	= 70 frisch	Schmalz	14.9		Salz	0.5		Wasser	132.0				848.2
Fleisch	50.4	= 100 frisch																													
Schmalz	15.4																														
Salz	1.8																														
Brod	70.0																														
Bier	512.5																														
Eiweiss	50.7	= 70 frisch																													
Schmalz	14.9																														
Salz	0.5																														
Wasser	132.0																														
		848.2																													
in 24 Stunden 3309.6																															

Ausgaben.

1) Harn:

	Tag.	Nacht.	24 Stunden.
Harnmenge	725.8	451.1	1182.8
Feste Theile	39.6	27.2	66.8
Harnstoff	20.1	16.2	36.3
Harnsäure	—	—	0.8273
Asche	14.14	7.03	21.17
Kochsalz	9.51	3.87	13.38
Phosphorsäure	—	—	4.15
Stickstoff	9.41	7.85	17.26
Kohlenstoff	—	—	12.40
Wasserstoff	—	—	2.65

2) Koth:

4. August 7 Uhr Abends 88.0 = 26.6 trocken mit 12.6 % Fett.
Elementarzusammensetzung wie I.

8) Respiration:

(Mittlere Temperatur im Versuchsraum 22.0° C.)

	Tag.	Tag und Nacht.
Durchgeströmte Luftmenge .	171110 Liter	346692 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft	0.6666 pro mille	0.7474 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft	5.4739 " "	4.3235 " "
Wasser der einströmenden Luft	11.3350 " "	11.0830 " "
Wasser der abströmenden Luft	17.2849 " "	16.1459 " "
Abgegebene Kohlensäure . . .	884.6 Grmm.	1284.2 Grmm.
Abgegebenes Wasser . . .	1094.8 "	2042.5 " = { 1822.5 i.d.Luft 220.0 im Bett
Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff	293.8 "	953.9 "

Elemente der Einnahmen und Ausgaben.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Einnahmen:						
Fleisch 128.8	68.6	31.3	4.3	8.50	12.0	3.2
Eiweiss 50.7	41.4	5.0	0.7	1.35	2.0	0.3
Brod 450.0	208.6	109.6	15.6	5.77	100.5	9.9
Milch 500.0	435.4	35.2	5.6	3.15	17.0	3.6
Bier 1025.0	961.2	25.6	4.3	0.67	30.6	2.7
Schmalz 70.0	—	53.5	8.3	—	8.1	—
Butter 30.0	2.1	22.0	3.1	0.03	2.8	—
Stärke 70.0	11.0	26.1	3.9	—	29.0	—
Zucker 17.0	—	7.2	1.1	—	8.7	—
Salz 4.9	—	—	—	—	—	4.9
Wasser 963.2	963.2	—	—	—	—	—
Sauerstoff aus der Luft . 953.9	—	—	—	—	953.9	—
	4263.5	2691.5	315.5	46.9	19.47	1165.5
		= 299.0 H		299.0		2392.5
		2392.5 O		345.9		3558.0
Ausgaben:						
Harn 1182.8	1116.0	12.4	2.65	17.26	13.32	21.17
Koth 88.0	61.4	12.1	1.80	1.77	6.00	4.90
Respiration . 3326.7	2042.5	350.2	—	—	984.00	—
	4597.5	3219.9	374.7	4.45	19.03	953.32
		= 357.7 H		357.70		2862.20
		2862.2 O		362.15		3815.52
Differenz 334.0	—	— 59.2	— 16.2	+ 0.44	— 257.7	— 1.47

IX.

Mittlere Kost, Arbeit,

29. December Früh 8 Uhr bis 30. December Früh 8 Uhr.

Körpergewicht Anfang des Versuchs	70.003
„ Mitte „ „	71.160
„ Ende „ „	70.080

Nahrung.

(28. December Abends 8 Uhr zum letzten Male gegessen.)

Tag: Früh 8 Uhr	Milch	500.0	
	Brod	140.0	
Vormittag 10 Uhr	{ Brod	100.0	
	{ Butter	15.0	
	{ Salz	0.6	
	{ Bier	257.4	
Mittag 12 Uhr	{ Fleisch	89.9	= 150 frisch
	{ Schmalz	12.3	
	{ Salz	1.9	
	{ Brod	70.0	
	{ Bier	257.4	
	{ Stärke	70.0	
	{ Zucker	17.0	
	{ Schmalz	21.4	
	{ Wasser	39.8	
Nachmittag 4 Uhr	{ Brod	70.0	
	{ Butter	15.0	
	{ Salz	0.4	
	{ Wasser	440.3	
Abends 7 Uhr	{ Fleisch	61.4	= 100 frisch
	{ Schmalz	11.2	
	{ Salz	1.1	
	{ Brod	70.0	
	{ Bier	551.1	
	{ Eiweiss	48.1	= 70 frisch
	{ Schmalz	15.3	
	{ Salz	0.9	
			2877.5

Ausgaben.

1) Harn:

	Tag.	Nacht.	24 Stunden.
Harnmenge	653.2	607.9	1261.1
Feste Theile	36.7	30.2	66.9
Harnstoff	18.9	18.4	37.3
Harnsäure	0.573	0.410	0.983
Asche	11.9	7.5	19.4
Kochsalz	8.01	4.45	12.46
Schwefelsäure	1.18	1.39	2.57
Phosphorsäure	2.48	1.59	4.07
Stickstoff	8.49	8.39	16.88

2) Koth:

30. December Vormittag 126.0 = 31.88 trocken.
Elementarzusammensetzung wie I.

3) Respiration:

(Mittlere Temperatur im Versuchsraume 16.1° C.)

	Tag.	Tag und Nacht.
Durchgeströmte Luftmenge	269287 Liter	538166 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft	0.5777 pro mille	0.5566 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft	3.5151 „ „	2.6161 „ „
Wasser der einströmenden Luft	5.7874 „ „	5.3891 „ „
Wasser der abströmenden Luft	9.1751 „ „	7.8903 „ „
Abgegebene Kohlensäure	827.8 Grmm.	1133.7 Grmm.
Abgegebenes Wasser	1034.9 „ = { 954.9 ind. Luft 80.0 im Bett	1411.8 „ = { 1376.8 i. d. Luft 80.0 im Bett 45.0 v. Bett
Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff	795.4 „	1006.1 „

Elemente der Einnahmen und Ausgaben.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.	
Einnahmen:							
Fleisch	151.8	91.05	31.30	4.32	8.50	12.90	3.20
Eiweiss	48.1	38.78	5.00	0.70	1.35	2.00	0.30
Brod	450.0	208.60	109.60	15.60	5.77	100.50	9.90
Milch	500.0	435.40	35.25	5.55	3.15	17.00	3.65
Bier	1065.9	999.60	26.57	4.48	0.69	31.77	2.83
Schmalz	60.2	—	46.05	7.16	—	6.98	—
Butter	30.0	2.10	22.00	3.10	0.03	2.80	—
Stärke	70.0	11.00	26.10	3.90	—	29.00	—
Zucker	17.0	—	7.20	1.10	—	8.70	—
Salz	4.9	0.09	—	—	—	—	4.81
Wasser	480.1	479.91	—	—	—	—	0.19
Sauerstoff aus der Luft	1006.1	—	—	—	—	1006.10	—
	3883.6	2266.53	309.17	45.91	19.49	1217.75	24.88
		= 251.83 H		251.83		2014.70	
		2014.70 O		297.74		3232.45	
Ausgaben:							
Harn	1261.1	1194.2	12.6	2.75	17.41	14.74	19.4
Koth	126.0	94.1	14.5	2.17	2.12	7.19	5.9
Respiration	2545.5	1411.8	309.20	—	—	824.5	—
	3932.6	2700.1	336.30	4.92	19.53	846.43	25.3
		= 300.00 H		300.00		2400.10	
		2400.10 O		304.92		3246.53	
Differenz	- 49.0	—	- 27.13	- 7.18	- 0.04	- 14.08	- 0.42

X.

Eiweissreiche Kost, Ruhe; 1. Tag.

2. Januar Früh 8 Uhr bis 3. Januar Früh 8 Uhr.

(3. bis 4. Januar dieselbe Kost.)

Körpergewicht Anfang des Versuchs	70.140
„ Mitte „	73.230
„ Ende „	71.450

Nahrung.

(1. Januar Abends 8 Uhr zum letzten Male gegessen.)

Tag: Früh 8 Uhr	Milch	508.3
	Brod	140.0

Vormittag 10 Uhr	}	Fleisch	60.7 = 100 frisch
		Schmalz	9.3
		Salz	0.8
		Brod	70.0
		Butter	15.0
		Salz	0.3
		Bier	551.7
Mittag 12 Uhr	}	Fleisch	215.9 = 350 frisch
		Schmalz	21.5
		Salz	2.3
		Brod	100.0
		Bier	552.0
Nachmittag 4 Uhr	}	Schmalz	16.4
		Salz	0.9
		Brod	100.0
		Butter	15.0
		Salz	0.7
		Bier	552.5
Abends 7 Uhr	}	Fleisch	227.0 = 350 frisch
		Schmalz	20.2
		Salz	2.3
		Brod	100.0
		Bier	1101.6
		Schmalz	18.3
		Salz	0.6
			4556.3

Ausgaben.

1) Harn:

	Tag.	Nacht.	24 Stunden.	3.—4 Januar 24 Stunden.
Harnmenge . . .	822.5	1160.1	1982.6	2496.7
Feste Theile . .	43.8	56.5	100.3	—
Harnstoff	23.20	32.6	55.80	69.0
Harnsäure	0.781	0.881	1.662	—
Asche	12.70	13.7	26.40	—
Kochsalz	6.74	6.82	13.56	17.1
Schwefelsäure . .	1.76	2.41	4.17	5.48
Phosphorsäure . .	3.06	2.53	5.59	5.90
Stickstoff	10.50	15.50	26.00	—

2) Koth:

3. Januar Früh 9 Uhr 165.9 = 40.2 trocken.

Elementarzusammensetzung wie I.

(4. Januar Früh 7 Uhr 251.4 = 55.3 trocken; zum 2. Tag.)

3) Respiration:

(Mittlere Temperatur im Versuchsraum 15.6° C.)

	Tag.	Tag und Nacht.
Durchgeströmte Luftmenge	268936 Liter	538155 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft	0.7685 pro mille	0.8275 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft	2.8302 „ „	2.6504 „ „
Wasser der einströmenden Luft	5.1038 „ „	5.1774 „ „
Wasser der abströmenden Luft	7.5755 „ „	7.2679 „ „
Abgegebene Kohlensäure	580.3 Grmm.	1003.3 Grmm.
Abgegebenes Wasser	695.8 „	1110.4 „ = { 1150.4 in d. Luft 40.0 vom Bett
Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff	632.3 „	850.0 „

Elemente der Einnahmen und Ausgaben.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.	
Einnahmen:							
Fleisch	503.6	310.80	100.16	13.84	27.20	41.20	10.40
Eiweiss	153.0	126.36	14.26	1.92	3.86	5.78	0.82
Brod	510.0	236.38	124.29	17.65	6.53	113.88	11.27
Milch	508.0	442.63	35.83	5.59	3.20	17.28	3.71
Bier	2757.8	2586.26	68.75	11.58	1.79	82.21	7.33
Schmalz	85.7	—	65.56	10.20	—	9.94	—
Butter	30.0	2.10	22.00	3.10	0.03	2.80	—
Salz	7.7	0.14	—	—	—	—	7.56
Sauerstoff aus der Luft	850.0	—	—	—	—	850.0	—
	5406.3	3704.67	430.85	63.88	42.61	1123.09	41.09
		= 411.63 H		411.63		3293.04	
		3293.04 O		475.51		4416.13	
Ausgaben:							
Harn	1982.6	1882.3	17.4	5.83	26.04	24.63	26.4
Koth	165.9	125.7	18.3	2.74	2.67	9.06	7.4
Respiration	2113.7	1110.4	273.6	—	—	729.7	—
	4262.2	3118.4	309.3	8.57	28.71	763.39	33.8
		= 346.5 H		346.50		2771.90	
		2771.9 O		355.07		3535.29	
Differenz	+ 1144.1	—	+ 121.55	+ 120.44	+ 13.90	+ 880.84	+ 7.29

XI.

Eiweissreiche Kost, Ruhe; 3. Tag.

4. Januar Früh 8 Uhr bis 5. Januar Früh 8 Uhr.

Körpergewicht	Anfang des Versuchs:	70.940
„	Mitte „ „	73.920
„	Ende „ „	71.760

Nahrung.

(3. Januar Abends 7 Uhr zum letzten Male gegessen.)

Tag: Früh 8 Uhr	Milch	505.2	
	Brod	140.0	
Vormittag 10 Uhr	{ Fleisch	55.9	= 100 frisch
	{ Schmalz	6.2	
	{ Salz	0.7	
	{ Brod	70.0	
	{ Butter	15.0	
	{ Salz	0.3	
	Bier	550.4	
Mittag 12 Uhr	{ Fleisch	204.8	= 350 frisch
	{ Schmalz	18.9	
	{ Salz	3.0	
	Brod	100.0	
	Bier	552.1	
	{ Eiweiss	82.0	= 100 frisch
	{ Schmalz	12.0	
	{ Salz	0.9	
Nachmittag 4 Uhr	{ Brod	100.0	
	{ Butter	15.0	
	{ Salz	0.5	
	Bier	552.6	
Abends 7 Uhr	{ Fleisch	206.8	= 350 frisch
	{ Schmalz	13.7	
	{ Salz	3.0	
	Brod	100.0	
	Bier	1101.0	
	{ Eiweiss	87.5	= 100 frisch
	{ Schmalz	14.9	
	{ Salz	0.5	
		4513.5	

Ausgaben.

1) Harn:

	Tag.	Nacht.	24 Stunden.
Harnmenge	860.2	1463.8	2324.0
Feste Theile	55.0	63.7	118.7
Harnstoff	31.3	38.4	69.7
Harnsäure	0.8749	0.9460	1.8209
Asche	12.7	14.6	27.3
Kochsalz	7.12	8.63	15.75
Schwefelsäure	2.34	3.22	5.56
Phosphorsäure	3.27	2.54	5.81
Stickstoff	14.9	17.4	32.3

2) Koth:

5. Januar Früh 9 Uhr 258.8 = 49.8 trocken.

Elementarzusammensetzung wie I.

3) Respiration:

(Mittlere Temperatur des Versuchsraumes 16,3° C.)

	Tag.	Tag und Nacht.
Durchgeströmte Luftmenge	271895 Liter	542498 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft	1.0041 pro mille	1.0957 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft	3.0992 " "	2.9671 " "
Wasser der einströmenden Luft	4.9744 " "	4.9906 " "
Wasser der abströmenden Luft	7.2266 " "	7.1074 " "
Abgegebene Kohlensäure	595.9 Grmm.	1038.1 Grmm.
Abgegebenes Wasser	643.9 " = { 640.7 in d.Luft 3.2 im Buch	1207.5 " = { 1174.3 i.d.Luft 3.2 imBuch 30.0 im Bett
Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff	566.5 "	876.1 "

Elemente der Einnahmen und Ausgaben.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.	
Einnahmen:							
Fleisch	467.5	274.70	100.16	13.84	27.20	41.20	10.40
Eiweiss	169.5	142.86	14.26	1.92	3.86	5.78	0.82
Brod	510.0	236.38	124.29	17.65	6.53	113.88	11.27
Milch	505.2	439.93	35.62	5.56	3.18	17.18	3.69
Bier	2756.7	2586.63	68.72	11.58	1.79	82.18	7.33
Schmalz	65.7	—	50.26	7.82	—	7.62	—
Butter	30.0	2.10	22.00	3.10	0.03	2.80	—
Salz	8.9	0.16	—	—	—	—	8.74
Sauerstoff aus der Luft	876.1	—	—	—	—	876.1	—
	5889.6	3682.76	415.31	61.47	42.59	1146.74	43.25
		= 409.20 H		409.20		3273.56	
		3273.56 O		470.67		4420.3	
Ausgaben:							
Harn	2324.0	2205.3	22.00	7.37	32.82	29.51	27.80
Koth	258.8	209.0	22.79	3.40	3.32	11.27	9.23
Respiration	2245.6	1207.5	233.1	—	—	755.0	—
	4828.4	3621.8	327.89	10.77	36.14	795.78	36.53
		= 402.42 H		402.42		3219.40	
		3219.40 O		413.19		4015.18	
Differenz	+ 561.2	—	+ 87.42	+ 57.48	+ 6.45	+ 405.12	+ 6.72

XII.

Stickstofflose Kost, Ruhe; erster Tag.

7. Januar Fröh 8 Uhr bis 8. Januar Fröh 8 Uhr.

Körpergewicht Anfang des Versuchs	71.055
„ Mitte „ „	71.660
„ Ende „ „	71.165

Nahrung

(6. Januar Abends 8 Uhr zum letzten Male gegessen.)

Tag: Fröh 8 Uhr	{	Fleischextrakt	6.7
	{	Salz	4.2
	{	Wasser	514.1
Vormittag 10 Uhr	{	Stärke	100.0
	{	Zucker	10.9
	{	Schmalz	22.0
	{	Salz	0.7
	{	Wasser	34.1

Mittag 12 Uhr	{	Stärke	150.0
		Zucker	12.8
		Schmalz	25.3
		Salz	1.1
		Wasser	84.0
	{	Fleischextrakt	6.9
		Salz	4.4
		Wasser	446.2
Abends 7 Uhr	{	Stärke	150.0
		Zucker	14.4
		Schmalz	31.6
		Salz	1.5
		Wasser	89.5
			1710.4
Nachts:		Wasser	240.1
		in 24 Stunden:	1950.5

Ausgaben.

1) Harn:

	Tag.	Nacht.	24 Stunden.
Harnmenge	553.7	330.6	884.3
Feste Theile	31.1	21.7	52.8
Harnstoff	16.5	11.2	27.7
Harnsäure	0.5611	0.285	0.8461
Asche	9.2	4.34	13.54
Kochsalz	7.02	2.74	9.76
Schwefelsäure	0.92	0.55	1.47
Phosphorsäure	1.90	1.25	3.15
Stickstoff	7.43	5.13	12.56

2) Koth:

8. Januar Abends 8 Uhr 48.8 = 13.8 trocken.

9. Januar Abends 5 Uhr 41.2 = 8.0 trocken.

Elementarzusammensetzung (Diabetiker bei gleicher Kost)

C	43.80
H	6.80
N	2.29
O	38.30
Asche	8.81

100.00

2) Respiration:

(Mittlere Temperatur des Versuchsraumes 16.4° C.)

	Tag.	Tag und Nacht.
Durchgeströmte Luftmenge	270621 Liter	544243 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft .	0.8544 pro mille	0.8673 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft .	2.6493 „ „	2.3745 „ „
Wasser der einströmenden Luft . .	6.0187 „ „	6.1515 „ „
Wasser der abströmenden Luft . .	8.0193 „ „	7.5918 „ „
Abgeb. Kohlensäure	508.1 Grmm.	838.8 Grmm.
Abgegebenes Wasser	566.5 „	925.4 „ = { 875.4 in der Luft 50.0 im Bett
Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff	522.9 „	808.0 „

Elemente der Einnahmen und Ausgaben.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Einnahmen:						
Fleischextrakt 13.6	4.32	2.65	0.53	1.29	2.20	2.61
Stärke 400.0	63.16	149.68	20.84	—	116.32	—
Zucker 38.1	—	16.04	2.45	—	19.61	—
Schmalz 78.9	—	60.36	9.39	—	9.15	—
Salz 11.9	0.21	—	—	—	—	11.69
Wasser 1408.0	1407.44	—	—	—	—	0.56
Sauerstoff aus der Luft 808.0	—	—	—	—	808.0	—
2758.5	1475.13	228.73	33.21	1.29	1005.28	14.86
	= 163.90 H		163.90		1311.23	
	1311.23 O		197.11		2316.51	
Ausgaben:						
Harn 884.3	831.5	8.8	2.95	12.93	14.58	13.54
Koth 90.0	78.2	9.56	1.49	0.50	8.35	1.92
Respiration . 1764.2	925.4	228.8	—	—	610.00	—
2738.5	1835.1	247.16	4.44	13.43	632.93	15.46
	= 203.90 H		203.90		1631.20	
	1631.20 O		208.34		2264.13	
Differenz + 20.0	—	— 18.43	— 11.23	— 12.14	+ 52.38	— 0.60

XIII.

Stickstofflose Kost, Ruhe; 2. Tag.

8. Januar Früh 8 Uhr bis 8. Januar Abends 8 Uhr.

Körpergewicht Anfang des Versuchs 71.165
 „ Ende „ „ 72.040

Nahrung.

(7. Januar Abends 7 Uhr zum letzten Male gegessen.)

Tag: Früh 8 Uhr	{	Fleischextrakt	11.3
		Salz	4.5
		Wasser	496.9
Vormittag 10 Uhr	{	Stärke	100.0
		Zucker	9.1
		Schmalz	21.4
		Salz	1.3
		Wasser	55.1
Mittag 12 Uhr	{	Stärke	150.0
		Zucker	17.7
		Schmalz	29.2
		Salz	1.7
		Wasser	96.7
		Fleischextrakt	9.4
		Salz	4.3
		Wasser	484.3
Abends 7 Uhr	{	Stärke	150.0
		Zucker	19.4
		Schmalz	19.4
		Salz	1.7
		Wasser	120.3
			2184.6

Ausgaben.

1) Harn.

	Tag.
Harnmenge	662,6
Feste Theile	27,3
Harnstoff	13,7
Harnsäure	0,491
Asche	11,3
Kochsalz	8,58
Schwefelsäure	0,58
Phosphorsäure	1,56

2) Koth:

9. Januar Abends 5 Uhr 90.6 = 21.9 trocken.
Elementarzusammensetzung wie XII.

3) Respiration:

(Mittlere Temperatur im Versuchsraume 17.8° C.)

	Tag.
Durchgeströmte Luftmenge	273571 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft . . .	0.8010 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft . . .	2.6254 " "
Wasser der einströmenden Luft	6.5922 " "
Wasser der abströmenden Luft	8.9558 " "
Abgegebene Kohlensäure	521.9 Grmm.
Abgegebenes Wasser	681.2 " = { 676.2 in der Luft 5.0 im Bett
Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff .	556.1 " "

Die Elemente der Einnahmen und Ausgaben können hier nicht berechnet werden, da bei Abschluss des Versuchs noch unbekannte Massen der Nahrung unverdaut im Darm sich befanden.

XIV.

Morgens und Abends gleiche Kost, Ruhe.

19. December Früh 8 Uhr bis 20. December Früh 8 Uhr.

Körpergewicht Anfang des Versuchs	71.020
" Mitte " "	70.910
" Ende " "	70.730

Nahrung.

(18. December Abends 7 Uhr zum letzten Male gegessen.)

Tag: Vormittag 9 Uhr	{ Fleisch 145.8 = 250 frisch
	{ Schmalz 29.8
	{ Salz 1.2
	{ Brod 250.0
	{ Butter 25.0
	{ Salz 0.9
	{ Bier 478.7
	{ Wasser 448.0
	1379.4

Nacht: Abends 9 Uhr	}	Fleisch	157.3 = 250 frisch
		Schmalz	13.9
		Salz	2.3
		Brod	250.0
		Butter	25.0
		Salz	1.0
		Bier	485.2
		934.7	
		in 24 Stunden	2814.1

Ausgaben.

1) Harn:

	Tag.	Nacht.	24 Stunden.
Harnmenge	592.6	580.5	1173.1
Harnstoff	18.5	20.3	38.8
Kochsalz	6.04	3.97	10.01

2) Koth:

(19. December Mittag 12 Uhr 277.3 = 68.4 trocken; zu früheren Tagen.)

20. December 113.5 = 26.7 trocken.

Elementarzusammensetzung wie I.

3) Respiration:

(Mittlere Temperatur im Versuchsraum 19.3° C.)

	Nacht.	Tag und Nacht.
Durchgeströmte Luftmenge	267973 Liter	540476 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft	1.0681 pro mille	1.0171 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft	2.6808 " "	2.7042 " "
Wasser der einströmenden Luft	6.5073 " "	6.4559 " "
Wasser der abströmenden Luft	8.8616 " "	8.6169 " "
Abgegebene Kohlensäure	451.3 Grmm.	932.4 Grmm.
Abgegebenes Wasser	535.9 " = { 660.9 i. d. Luft 125.0 vom Bett	1071.1 " = { 1192.1 i. d. Luft 3.9 im Buch 125.0 v. Bett
Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff	453.0 "	849.8 "

Elemente der Einnahmen und Ausgaben.
24 Stunden.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.	
Einnahmen:							
Fleisch	303.1	182.60	62.60	8.65	17.00	25.75	6.50
Brod	500.0	231.85	121.85	17.30	6.40	111.65	11.05
Bier	963.9	903.94	24.03	4.05	0.63	28.73	2.56
Schmalz	43.7	—	33.43	5.20	—	5.07	—
Butter	50.0	3.52	36.71	5.12	0.55	4.65	—
Salz	5.4	0.10	—	—	—	—	5.30
Wasser	448.0	447.82	—	—	—	—	0.18
Sauerstoff aus der Luft	849.8	—	—	—	—	849.80	—
	3163.9	1769.83	278.62	40.32	24.58	1025.65	25.59
		= 196.6 H		196.60		1573.20	
Ausgaben:		1573.2 O		236.92		2598.85	
Harn	1173.1	1103.0	12.00	4.02	13.10	16.02	20.00
Koth	113.5	85.9	12.17	1.82	1.77	6.02	4.92
Respiration	2003.5	1071.1	254.30	—	—	678.10	—
	3290.1	2260.0	278.47	5.84	19.87	700.14	24.92
		= 251.1 H		251.10		2008.90	
		2008.9 O		256.94		2709.04	
Differenz —	126.2	—	+ 0.15	— 20.02	+ 4.71	— 110.19	+ 0.67

T a g.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.	
Einnahmen:							
Fleisch	145.8	85.50	31.30	4.32	8.50	12.37	3.25
Brod	250.0	115.90	60.92	8.65	3.20	55.82	5.52
Bier	478.7	449.30	11.92	2.01	0.31	14.28	0.13
Schmalz	29.8	—	22.80	3.55	—	3.46	—
Butter	25.0	1.76	18.35	2.56	0.27	2.32	—
Salz	2.1	0.04	—	—	—	—	2.06
Wasser	448.0	447.80	—	—	—	—	0.18
Sauerstoff aus der Luft	396.8	—	—	—	—	396.80	—
	1776.2	1100.30	145.29	21.09	12.28	485.05	11.14
		= 122.2 H		122.20		978.10	
		978.1 O		143.29		1463.15	
Ausgaben:							
Harn	592.6	558.0	6.00	2.01	8.63	8.01	10.00
Koth	56.7	42.9	6.08	0.91	0.88	3.01	2.46
Respiration	1016.3	535.2	131.20	—	—	349.90	—
	1665.6	1136.1	143.28	2.92	9.51	360.92	12.46
		= 125.1 H		125.10		1011.00	
		1011.0 O		128.02		1371.92	
Differenz +	110.6	—	+ 2.01	+ 15.27	+ 2.77	+ 91.23	— 1.32

Nacht.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.	
Einnahmen:							
Fleisch	157.3	85.50	31.30	4.32	8.50	12.87	3.25
Brod	250.0	115.90	60.92	8.65	3.20	55.82	5.52
Bier	485.2	454.93	12.08	2.04	0.31	14.45	0.13
Schmalz	13.9	—	10.63	1.65	—	1.61	—
Butter	25.0	1.76	18.35	2.56	0.27	2.32	—
Salz	3.3	0.06	—	—	—	—	3.24
Sauerstoff aus der Luft	453.0	—	—	—	—	453.00	—
	1387.7	658.15	133.28	19.22	12.28	539.57	12.14
		= 73.13 H		73.13		535.02	
		585.02 O		92.35		1124.59	
Ausgaben:							
Harn	580.5	545.0	6.00	2.01	9.47	8.01	10.00
Koth	56.7	42.9	6.08	0.91	0.88	3.01	2.46
Respiration . .	987.2	535.9	123.10	—	—	328.20	—
	1624.4	1123.8	135.18	2.92	10.35	339.22	12.46
		= 124.8 H		124.80		999.00	
		999.0 O		127.72		1338.22	
Differenz —	236.7	—	— 1.90	— 35.37	+ 1.93	— 213.63	— 0.32

XV.

Mittlere Kost, Ruhe; Mann II.

90. Januar Früh 9 Uhr bis 31. Januar Früh 9 Uhr.

Körpergewicht Anfang des Versuchs	52.540
„ „ „ Mitte	53.945
„ „ „ Ende	52.880

Nahrung.

(29. Januar Abends 8 Uhr zum letzten Male gegessen.)

Tag: Früh 9 Uhr	Milch	509.6
	Brod	140.0

Vormittag 11 Uhr	{ Brod	100.0	
	{ Butter	15.0	
	{ Salz	0.3	
	{ Bier	252.4	
Mittag 1 Uhr	{ Fleisch	94.1	= 150 frisch
	{ Schmalz	10.6	
	{ Salz	1.5	
	{ Brod	70.0	
	{ Bier	253.6	
	{ Stärke	70.0	
	{ Zucker	17.0	
	{ Schmalz	25.3	
	{ Wasser	41.4	
Nachmittag 4 Uhr	{ Brod	70.0	
	{ Butter	15.0	
	{ Salz	0.4	
Abends 8 Uhr	{ Fleisch	57.0	= 100 frisch
	{ Schmalz	14.6	
	{ Salz	1.4	
	{ Brod	70.0	
	{ Bier	506.7	
	{ Eiweiss	61.8	= 70 frisch
	{ Schmalz	8.3	
	{ Salz	0.7	
		2206.7	

Ausgaben.

1) Harn:

	Tag.	Nacht.	24 Stunden.
Harnmenge	516.0	553.6	1069.6
Feste Theile	31.7	32.2	63.9
Harnstoff	20.0	18.6	38.6
Harnsäure	0.4653	0.4288	0.8941
Kochsalz	5.03	5.13	10.16

2) Koth:

31. Januar 10 Uhr 137.1 = 31.8 trocken.
 Elementarzusammensetzung wie I.

3) Respiration:
 (Mittlere Temperatur im Versuchsraume 14.0° C.)

	Tag.	Tag und Nacht.
Durchgeströmte Luftmenge	265254 Liter	534445 Liter
Kohlensäure der einströmenden Luft .	0.7997 pro mille	0.8665 pro mille
Kohlensäure der abströmenden Luft .	2.2254 „ „	2.1382 „ „
Wasser der einströmenden Luft . .	6.7478 „ „	6.6666 „ „
Wasser der abströmenden Luft . .	8.4143 „ „	8.1780 „ „
Abgegeb. Kohlensäure	396.1 Grmm.	695.2 Grmm.
Abgegebenes Wasser	468.9 „ = { 462.5 j. d. Luft 6.4 im Buch	902.6 „ = { 826.2 i. d. Luft 6.4 im Buch 70.0 im Bett
Aus d. Luft aufgenommener Sauerstoff .	379.3 „	600.7 „

Elemente der Einnahmen und Ausgaben.

	Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Einnahmen:						
Fleisch	151.1	90.85	31.3	4.30	8.50	12.90
Eiweiss	61.8	52.48	5.0	0.7	1.35	2.0
Brod	450.0	208.60	109.6	15.6	5.77	100.5
Milch	509.6	443.76	85.93	5.61	3.21	17.33
Bier	1012.7	949.71	25.25	4.25	0.66	30.19
Schmalz	58.8	—	44.98	7.0	—	6.80
Butter	30.0	2.10	22.00	3.10	0.03	2.80
Stärke	70.0	11.00	26.1	3.9	—	29.0
Zucker	17.0	—	7.2	1.1	—	8.7
Salz	4.3	0.08	—	—	—	—
Wasser	41.4	41.38	—	—	—	4.22
Sauerstoff aus der Luft	600.7	—	—	—	—	0.02
	3007.4	1799.96	307.26	45.46	19.52	600.7
		= 199.9 H		199.90		810.92
		1600.0 O		245.36		1600.00
						2410.92
Ausgaben:						
Harn	1069.6	1005.7	12.70	2.80	18.08	12.37
Koth	137.1	105.3	14.58	2.17	2.12	7.71
Respiration	1597.8	902.6	189.6	—	—	503.60
	2804.5	2013.6	216.88	4.97	20.15	525.68
		= 223.70 H		223.70		1789.90
		1789.9 O		228.67		2315.58
Differenz	+ 202.9	—	+ 90.48	+ 16.69	— 0.63	+ 95.34
						+ 0.15

Betrachtung der 24stündigen Versuche beim Hunger und Ruhe.

Wir beginnen mit der Beschreibung der Zersetzungen bei Hunger und ruhendem Körper, um das einfachste Bild der Art und Grösse derselben zu erhalten, denn die Zufuhr der Nahrung complicirt wesentlich durch Einführung anderer Bedingungen, die Erscheinungen. Bei den Hungerversuchen 1 und 3 nahm der Mann mit Ausnahme von Wasser, das mit etwas eiweissfreiem Fleischextrakt und Salz schmackhafter gemacht war, und Sauerstoff aus der Luft keine Nahrung zu sich; die letzte Mahlzeit, die alle Male aus 1 Portion Kalbsbraten und $\frac{1}{2}$ Maass Bier bestand, wurde 12 Stunden vor dem Beginn des Versuchs gehalten. Dem Versuch Nr. 3 ging der 12stündige Versuch Nr. 2 vorher, bei dem der Mann gleich nach Verzehrerung seines Nachmahles in den Apparat kam, um auch den Uebergang in den Zustand des Fastens zu beobachten. Das Befinden während der 36stündigen Nahrungsentziehung war ein völlig normales und es hätte wohl, nach der Versicherung des Hungernden, ein noch längeres Fasten ertragen werden können.

Im Hunger lebte der Mensch von seinem eigenen Körper; er gab die Zersetzungsprodukte desselben durch Nieren, Haut und Lunge ab und verlor dadurch ansehnlich an Gewicht, im Versuch Nr. 1 um 930 Grmm., im Versuch Nr. 3 um 660 Grmm.

Zur Bestimmung, welchen Antheil die Körperbestandtheile an diesem Gewichtsverlust genommen haben, benützen wir zuerst die Stickstoffmenge des Harns zur Berechnung der umgesetzten eiweissartigen Substanzen. Die Quantität der im Harn enthaltenen festen Theile ist in den beiden Versuchen nicht sehr verschieden, wesentlich ungleich ist nur die Wassermenge des Harns, die im Versuch Nr. 2 viel bedeutender ausfiel und die auch der Hauptgrund für die grössere Gewichtsabnahme in diesem Versuche ist.

Nach Abzug des Stickstoffs der Einnahmen bleiben im Versuch Nro. 1 noch 11.33 Grmm. Stickstoff übrig, die von zerstörtem Eiweiss oder Fleisch herrühren; sie sind in 333 Grmm. frischem Fleische enthalten.

Im Versuch Nro. 3 behalten wir als Rest 10.96 Grmm. Stickstoff, die 322 Grmm. frischem Fleisch entsprechen. Ranke zersetzte

bei gleichem Körpergewichte im Tag nur 262 Grmm. Fleisch; derselbe hatte durchschnittlich 19 Stunden vor dem Versuche die letzte Nahrung genommen und enthält, wie wir Grund haben anzunehmen, im Verhältniss zum Fleisch mehr Fett am Körper als unser robuster Arbeiter. Die Gesammtmenge des in der Respiration abgegebenen Wassers und der Kohlensäure ist in beiden Versuchen sehr wenig verschieden; in Nro. 1 sind 201 Grmm. Kohlenstoff, in Nro. 3 190 Grmm. in Form von Kohlensäure entfernt worden; Ranke fand an sich 181 Grmm.

Die Differenz der Elemente der Einnahmen und Ausgaben ergibt uns das, was der Körper von sich zugelegt hat; es bleiben übrig an:

		C	H	N	O	Asche.
Nro. 1.	Verbrauch	207.1	106.5	11.3	603.0	2.1
	— 333 Fleisch	41.7	5.8	11.3	17.1	4.3
	Rest	— 165.4	— 100.7	0	— 585.9	+ 2.2
	216 Fett	165.4	25.7		25.1	
		0	75.0		560.8	
Nro. 3.	Verbrauch	195.1	77.5	11.0	377.9	2.9
	— 322 Fleisch	40.3	5.6	11.0	16.6	4.2
	Rest	— 154.8	— 71.9	0	— 361.3	+ 1.3
	202 Fett	154.8	24.0		23.4	
		0	47.9		337.9	

Es fragt sich, worin der Rest besteht, der nach Abzug des aus dem Stickstoff des Harns gerechneten verbrannten Fleisches bleibt. Derselbe wird wohl unzweifelhaft zum grössten Theil von zersetztem Fett herrühren, da es eine allgemeine Erfahrung ist, dass hungernde Organismen nach und nach alles Fett verlieren; ob aber neben eiweissartiger Substanz nur Fett oxydirt wird und daneben nicht noch irgend ein Stoff von anderer Zusammensetzung, das ist nicht von vornherein zu entscheiden.

Berechnet man den übrig bleibenden Kohlenstoff auf Fett, so erhält man für Nro. 1 216 und für Nro. 3 202 Grmm. Fett. Wir

behalten dann nach obiger Tabelle in Nro. 1 75 H und 561 O, in Nro. 3 48 H und 338 O, die, wenn neben Fleisch in der That nur Fett angegriffen worden ist, Wasser sein d. h. zu Wasser sich ergänzen müssen. Aus dem Wasserstoff rechnen sich für Nro. 1 601 O, für Nro. 3 383 O; die Uebereinstimmung ist so gross, dass unmöglich ansehnliche Mengen anderer Stoffe neben Fleisch und Fett zerstört worden sein können.

Wir können aber die Rechnung noch auf eine andere Weise anstellen. Da die eiweissartigen Substanzen erst dann der weiteren Oxydation unterliegen, nachdem sich der Stickstoff fast lediglich in der Form von Harnstoff abgetrennt hat, so lässt sich rechnen, wie viel von ihnen nach Abzug der Elemente des Harns zur Verbrennung bleibt. Um was mehr Kohlenstoff in der Respiration in der Form von Kohlensäure austritt, als die der Zersetzung anheimgefallene stickstoffhaltige Substanz liefern kann, das muss von stickstofffreien Stoffen des Körpers stammen. Da nun verschieden zusammengesetzte stickstoffhaltige Substanzen (z. B. Leim oder Eiweiss) und verschiedene stickstofflose (z. B. Fett oder Kohlehydrate) ungleiche Mengen Sauerstoff zur Verbrennung in Kohlensäure und Wasser brauchen, so lässt sich entscheiden, mit welchen Stoffen die thatsächlich aufgenommene Sauerstoffmenge am nächsten übereinstimmt. Führen wir in unsern Beispielen die Rechnung aus, so haben wir:

		im	im	im	zu	O von
	Fleisch	Harn	Fett	oxydiren	Aussen nöthig	
Nro. 1.	C	41.7	— 8.2	+ 165.4	= 198.9	580.4
	H	5.8	— 2.0	+ 25.7	= 29.5	235.7
	O	17.1	— 7.6	+ 25.1	= 34.6	—
						<hr/> 766.1
						— 34.6
						<hr/> 731.5 O
					bestimmt	779.9 O
Nro. 3	C	40.3	— 8.0	+ 154.7	= 187.0	498.7
	H	5.6	— 1.8	+ 24.0	= 27.8	222.5
	O	16.6	— 7.5	+ 23.4	= 32.5	—
						<hr/> 721.2
						— 32.5
						<hr/> 688.70 O
					bestimmt	742.6 O

Wir erhalten darnach in Nro. 1 eine Differenz von 48.4 Grmm. Sauerstoff = 6% und in Nro. 3 von 53.9 Grmm. = 7%. Es ist also nur die Annahme gerechtfertigt, dass der Hungernde von Fleisch und von Fett seines Körpers zehrt.

In beiden Fällen wurde eine etwas grössere Sauerstoffaufnahme in den Körper bestimmt, als die verbrannten Stoffe zur Verbrennung nöthig haben; darum ergänzt sich auch das nach Abzug des zerstörten Fleisches und Fettes bleibende Residuum nicht zu Wasser, sondern es bleibt wegen der zu grossen in den Einnahmen erscheinenden Sauerstoffmenge zu wenig Sauerstoff übrig. Das Plus von 6—7% könnte sehr wohl von einem Versuchsfehler herrühren, da es in die Fehlerquellen fällt; oder es könnte neben Fleisch und Fett noch eine kleine Menge anderer Substanz oxydirt worden sein; oder es könnte endlich dieser Theil des aufgenommenen Sauerstoffs nicht zu Oxydationen verbraucht, sondern auf irgend eine Weise im Körper verdichtet zurückgehalten worden sein; wir halten die letztere Ansicht für die wahrscheinlichste, da wir beim Hunde beobachtet haben, dass in den ersten Hungertagen genau so viel Sauerstoff aufgenommen wird, als das zerstörte Fleisch und Fett zur Verbrennung brauchen, später aber immer mehr.

Auch die Verhältnisszahlen, welche ausdrücken, wie viel von 100 aus der Luft aufgenommenem Sauerstoff in der ausgeschiedenen Kohlensäure enthalten ist, lassen auf das Gleiche schliessen. Regnault und Reiset¹⁾ fanden für hungernde Kaninchen in Versuch Nro. 21 die Zahl 67, in Nro. 23 70, für einen hungernden Hund (Nro. 37) 72 und beim gleichen Hunde in Nro. 38, nachdem er nach 60 stündigem Hunger nur mit Fett gefüttert worden war, die Zahl 69. Unser hungernder Mensch zeigt die Zahlen 69 und 68. Diese Zahlen sind merkwürdig, weil sie etwas niedriger sind, als sie der Rechnung nach sein sollten, wenn man annimmt, dass im Hunger nur Fleisch und Fett des Körpers verbrennen. Bei Verbrennung von Fett allein sollte die Verhältnisszahl 72, bei Verbrennung von Fleisch allein 82 sein; sie sollte also, da das Mittel aus beiden Zahlen 77 ist, eigentlich mindestens immer höher als 72 sein, angenommen, dass

¹⁾ Regnault und Reiset, Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 74 S. 257.

nie mehr Sauerstoff aufgenommen würde, als zur Verbrennung nothwendig ist. Bei Versuchen am Hunde fanden wir am 6. Hungertage die Verhältnisszahl 74, am 10. Hungertage sogar 52. Die Resultate weisen constant darauf hin, dass der hungernde Organismus stets mehr Sauerstoff in sich aufnimmt, als zur Verbrennung von Fett und Eiweiss nöthig wäre; ein Theil des Sauerstoffs kann sich auch nicht mit andern Stoffen z. B. Zucker verbunden haben, da diese alle umgekehrt weniger Sauerstoff zur Verbrennung erfordern, als Fett.

Nehmen wir einmal an, es liefere nach Abzug des Fleisches nicht Fett, sondern Traubenzucker oder glycogene Substanz den Kohlenstoff für die Respiration, so wären in Nro. 1 413 und in Nro. 3 387 Grmm. Traubenzucker verbrannt worden und wir erhielten:

		im Fleisch	im Harn	im Zucker	zu oxydiren	O von Aussen nöthig
Nro. 1.	C	41.7	— 8.2	+ 165.4	= 198.9	590
	H	5.8	— 2.0	+ 27.5	= 31.3	250
	O	17.1	— 7.6	+ 220.3	= 229.8	—
						780
						— 230
						550 O
						bestimmt 780 O
Nro. 3.	C	40.3	— 8.0	+ 154.7	= 187.0	499
	H	5.6	— 1.8	+ 25.8	= 29.5	236
	O	16.6	— 7.5	+ 206.4	= 215.5	—
						735
						— 215
						520 O
						bestimmt 743 O

Es stimmt also bei dieser Annahme die zur Verbrennung nöthige berechnete Sauerstoffmenge mit der wirklich aufgenommenen auf 230 und 223 Grmm. (29 und 30%) nicht überein, daher dieselbe unzulässig ist. Der Mensch lebt am ersten Hungertage auf Kosten von

	Nro. 1.	Nro. 3.
(Fleisch trocken)	80	78)
Fleisch frisch	333	322
Fett	216	202
Wasser	636	366
	932	666

Die Stickstoffmenge des Zerstorten verhält sich zum Kohlenstoff wie 1:18. Vom verbrauchten Kohlenstoff erscheinen 4% im Harn, 96% in der Respiration.

Obige Menge des zerstörten trockenen Fleisches ist im Körper mit 253 und 244 Grmm. Wasser verbunden; da der Körper aber mehr Wasser verliert, so wird er beim Hunger absolut und auch relativ ärmer an Wasser; der Verlust beträgt 383 und 142 Grmm. Das Wasser wird durch die Nieren, die Haut und die Lungen entfernt und zwar im Harn etwas mehr als durch die Perspiration, durch den Harn im Mittel 55%, durch die Perspiration 45%. Der Versuch 3 zeigt durchgängig etwas niederere Zahlen als der Versuch 1, wahrscheinlich weil der Mann von dem ersten Hunger, der nur 24 Stunden vorher fiel, sich noch nicht ganz erholt hatte.

Die Aschenmenge, welche nach Abzug der Einnahmen noch übrig bleibt, ist in beiden Versuchen etwas kleiner (1—2 Grmm.) als in dem zersetzten Fleische enthalten ist, woraus hervorgeht, dass der Körper von der reichlichen Salzmenge der Fleischextrakt-suppe etwas zurückbehalten hat.

Wir haben, um ein Bild von dem allmählichen Uebergang in den eigentlichen Hungerzustand zu erhalten, vor dem Versuch 3 den 12stündigen Nachtversuch 2 gemacht, vor welchem direkt die letzte Mahlzeit eingenommen worden war. Es stellen sich die Ergebnisse der drei aufeinander kommenden 12stündigen Abschnitte wie folgt:

	Nacht.	Tag.	Nacht.
Harnstoff	14.7	14.4	11.9
Kohlensäure	360	379	316
Sauerstoff	339	420	323

Die Harnstoffmenge sinkt allmählich; die der Kohlensäure und des Sauerstoffs nimmt auch ab, nachdem sie unter Tags, offenbar durch die stärkere Bewegung des Körpers, eine Steigerung erfahren haben.

Schon früher hat der eine von uns¹⁾ die Eiweissumsetzung eines hungernden Hundes von 33 Kilo Gewicht mit der des 71 Kilo schweren Menschen verglichen. Der Hund entleert in den ersten Tagen des Hungers je nach dem vorausgehenden Körperzustande die verschiedensten Mengen von Harnstoff, 14—60 Grmm. (am ersten Tage nach gemischter Kost etwa 15 Grmm.), erst später täglich etwa 12 Grmm. Der viel schwerere Mensch zersetzt nicht entsprechend seinem Körpergewicht mehr, sondern verhältnissmässig weniger; der Hund liefert am ersten Hungertage auf 1 Kilo mindestens 0.45 Grmm. Harnstoff, Ranke 0.27, unser Arbeiter 0.33 Grmm. Es wurde daraus geschlossen, dass eine doppelt so grosse Eiweissmasse am Körper nicht einen doppelten Umsatz an Eiweiss bedingt, sondern dass bei grösserer Quantität desselben stets ein kleinerer Bruchtheil den Einflüssen, welche die Zerstörung bedingen, verfällt. Es kann diese auffallende Erscheinung zum Theil auf dem verhältnissmässig grösseren Fettreichthum des Menschen beruhen, jedoch ist sie nicht ganz daraus zu erklären. Der verhältnissmässig geringere Umsatz bei grösserer Eiweissmenge am Körper hängt nämlich innig zusammen mit der zur Erhaltung nöthigen verhältnissmässig geringeren Nahrungszufuhr und den verhältnissmässig kleineren Leistungen grösserer Organismen in Hervorbringung von mechanischer Arbeit und in Produktion von Wärme. Es muss, wie am angegebenen Orte auseinander gesetzt worden ist, ein kleinerer Organismus im Verhältniss zum Organeiweiss in den ersten Tagen mehr von dem der Zersetzung in viel höherem Grade anheimfallenden Vorrathseiweiss einschliessen als ein grösserer, und es muss ein ähnlicher Unterschied zwischen einem fleisch- und pflanzenfressenden Organismus bestehen; der Mensch enthält am ersten Hungertage auf die gleiche Menge Organeiweiss weniger Vorrathseiweiss als der fleischfressende Hund, darum setzt der letztere bei Inanition anfangs verhältnissmässig mehr um als der Mensch. Später wenn der Vorrath aufgezehrt ist, tritt eine Ausgleichung ein.

Wir²⁾ besitzen eine Bestimmung der von einem Hunde am

¹⁾ Voit, diese Zeitschr. 1866 Bd. 2 S. 348.

²⁾ Pettenkofer u. Voit, Annal. der Chem. u. Pharmaz. 2. Suppl.-Bd. S. 62.

6. Hungertage ausgeschiedenen Kohlensäure, des Harnstoffs und des aufgenommenen Sauerstoffs; stellen wir diese mit den beim Menschen am ersten Hungertage gefundenen mittleren Werthen zusammen, so zeigt sich, dass eine Einheit Mensch sich am ersten Hungertage nahezu schon so verhält, wie eine Einheit Hund am sechsten.

	Körpergewicht.	Harnstoff.	Kohlensäure.	Sauerstoff.
Hund	30.9	12.8	366	357
Mensch	70.5	23.5	716	761
Hund	1	0.41	12	11
Mensch	1	0.33	10	11

Am ersten Tage der Inanition aber nimmt der Hund, sowie er wegen der grössern Menge Vorrathseiweiss mehr Eiweiss zersetzt, auch verhältnissmässig mehr Sauerstoff auf und liefert mehr Kohlensäure als der Mensch.

Betrachtung der 24stündigen Versuche bei mittlerer Kost und Ruhe.

Wir haben 4 Versuche (Nr. 5, 6, 7 und 15) bei der gleichen mittleren Kost bei ruhendem Körper angestellt, die 3 ersten an dem kräftigen Arbeiter, den letzten an einem schlecht genährten nur 53 Kilo schweren Schneider. Die Kost ist eine aus Eiweiss, Fetten und Kohlehydraten gemischte und zwar der Art, wie sie ein Mensch gewöhnlich genießt und mit der er ausreicht. Es sind darin enthalten

137	Grmm.	trockene eiweissartige Substanz
117	„	Fett
352	„	Kohlehydrate

und es verhält sich darin der Stickstoff zum Kohlenstoff wie 1 : 16, oder auf 10 Theile stickstoffhaltige kommen 46 Theile stickstofffreie. Beim Hunger verhält sich im Zerstorten der Stickstoff zum Kohlenstoff wie 1 : 18 oder auf 10 Theile stickstoffhaltige kommen 64 Theile stickstofffreie.

Dies ist die Nahrung, welche ein erwachsener arbeitender Mensch im Durchschnitt zu sich nimmt; der eine von uns (V.) hat vor Jahren einen Aufsatz für die Militärverwaltung geschrieben, den er bei einer andern Gelegenheit veröffentlichen wird und in dem er an der Hand von vielen Erfahrungen das für einen Mann nöthige Nahrungsquantum festsetzte; es wurde damals für den Tag angenommen:

148	Grmm.	trockene eiweissartige Substanz
108	„	Fett
378	„	Kohlehydrate.

Artmann stellt folgenden Satz auf:

186	Grmm.	trockene eiweissartige Substanz
104	„	Fett
465	„	Kohlehydrate.

So viel ist sicher, dass das gegebene Maass der Nahrung nicht erheblich von der mittleren eines leistungskräftigen Körpers abweicht; schon am ersten Hungertage aber wird ganz ansehnlich weniger umgesetzt, nämlich nur 79 trockene eiweissartige Substanz und 209 Fett, während bei ausreichender Nahrung, wenn man die Kohlehydrate (nach dem Verhältniss 2.4 : 1) auf Fett umrechnet, 137 Eiweiss und 264 Fett täglich verbraucht werden. Es giebt also auch beim Menschen so wenig wie beim Hunde der Hungerzustand ein Maass für die zum Leben nothwendige Zufuhr.

Die Resultate der 3 ersten Versuche (Nr. 5, 6 und 7), die wir zusammen betrachten, sind bis auf Kleinigkeiten gleich. Der Körper hat in der That beinahe so viel ausgeschieden als in der Nahrung zugeführt worden war, er befand sich im Stickstoff- und nahezu im Kohlenstoffgleichgewicht und man muss annehmen, dass wirklich gerade die Bestandtheile der Nahrung in ihre einfacheren Produkte zerlegt worden sind. Im Versuch 5 behalten wir noch einen Kohlenstoffrest von 40 Grmm., im Versuch 6 von 13 Grmm. und im Versuch 7 von 15 Grmm., der im Körper in irgend einem Stoffe zurückbleibt. Es liegt am nächsten an einen Fettansatz zu denken; drücken wir den überbleibenden Kohlenstoff in Fett aus, so kann, wenn nichts anderes verbrannt worden ist und der aus der Luft aufgenommene Sauerstoff eben zur Verbrennung hingereicht hat, als Rest nur so viel Wasserstoff und Sauerstoff bleiben, dass beide mit einander

Wasser bilden. Wir haben als Differenz der Einnahmen und Ausgaben:

		C	H	O
Nro. 5.	Differenz	+ 39.8	+ 22.7	+ 82.7
	+ 52 Fett	39.8	6.2	6.0
		0	+ 16.5	+ 76.7
				soll 132.0
Nro. 6.	Differenz	+ 13.1	+ 61.3	+ 595.8
	+ 17 Fett	13.1	2.0	2.0
		0	+ 59.3	+ 593.8
				soll 474.4
Nro. 7.	Differenz	+ 14.6	- 20.6	- 95.2
	+ 19 Fett	14.6	2.3	2.2
		0	- 22.9	- 97.4
				soll 183.2

Da sich der Rest nicht völlig zu Wasser ergänzt (es bleibt eine Differenz von 55, 119 und 86 Grmm.), so ist es möglich, dass ebenso wie beim Hunger mehr oder weniger Sauerstoff in den Körper eingenommen worden ist als zur Verbrennung nöthig war, oder dass Fehler in der Sauerstoffbestimmung vorliegen. Wir können auch hier der Sache näher auf den Grund sehen, wenn wir berechnen, wie viel Sauerstoff nöthig ist, um den Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff der Einnahmen, nach Abzug der Elemente des Harns und Koths und des angesetzten Fettes, in Kohlensäure und Wasser zu verwandeln und wieviel wirklich aufgenommen worden ist.

	von der	im Harn	vom	zu	O von
	Nahrung	u. Koth	Fett	oxydiren	Aussen nöthig
Nro. 5.	C 315.5	- 27.1	- 39.8	= 248.6	664
	H 270.9	- 4.9	- 6.2	= 259.8	2078
	O 2003.9	- 20.9	- 6.0	= 1977.0	-
					2742
					- 1977
					765 O
					bestimmt 709 O

		von der	im Harn	vom	zu	O von
Nro. 6.	C	Nahrung	u. Koth	Fett	oxydiren	Aussen nöthig
		301.1	— 30.8	— 13.1	= 257.2	686
	H	309.7	— 5.5	— 2.0	= 302.2	2417
	O	2329.6	— 22.7	— 2.0	= 2304.9	—
						3103
						— 2305
						798 0
					bestimmt	919 0
Nro. 7.	C	298.9	— 30.6	— 14.6	= 253.7	676
	H	250.1	— 5.4	— 2.3	= 242.4	1939
	O	1856.1	— 19.4	— 2.2	= 1834.5	—
						2615
						— 1834
						781 0
					bestimmt	867 0

Die Differenz in der Quantität des aufgenommenen und des zur Verbrennung von Fleisch und Fett nöthigen Sauerstoffs beträgt 8, 13 und 10⁰/₀. Nimmt man an, dass Kohlehydrate oder andere bekannte Stoffe statt Fett verbrennen, so würde dies nur in Versuch 5 zu einer grössern Uebereinstimmung führen. Will man die Unterschiede nicht als Fehler betrachten, so sind in Nr. 5 56 Grmm. Sauerstoff vom Körper hergegeben, in Nr. 6 aber umgekehrt 121 Grmm. und in Nr. 7 86 Grmm. zurückgehalten worden.

Der Mensch hat bei der mittleren Kost in seinem Körper wirklich zerstört:

137	Grmm. trockene eiweissartige Substanz	=	568	Fleisch
72	„ Fett			
352	„ Kohlehydrate.			

Trotz der gleichen Menge fester Bestandtheile in der Nahrung, und trotzdem dass sich der Körper nahezu auf dem ursprünglichen Bestand derselben erhält, ist das Körpergewicht ziemlichen Schwankungen unterworfen; in Versuch 5 zeigt sich eine Reinzunahme von 145 Grmm., in Versuch 6 eine Zunahme von 668 Grmm. und in Versuch 7 eine Abnahme von 106 Grmm. Dies ist hervorgerufen durch die ungleiche Wasseraufnahme und Wasserausscheidung, denn wir haben in Nr. 5 eine Wasseraufnahme von 2016 Grmm.,

in Nr. 6 von 2386, in Nr. 7 von 1852 Grmm.; in Nr. 5 wird der Körper bei gleicher Aufnahme fester Substanz um 93 Grmm. und in Nr. 6 um 651 Grmm. an Wasser reicher, in Nr. 7 aber um 125 Grmm. ärmer. Aus dem Körpergewicht kann man also nicht schliessen, ob eine Nahrung die festen Bestandtheile des Körpers erhält; eine Reduktion des Bedarfs und Verbrauchs auf das Körpergewicht als Einheit ist unsinnig, da das Körpergewicht keine Einheit ist.

Die procentige Zusammensetzung des Harns nach Abzug der Asche ist bei der complicirten Nahrung doch nahezu die gleiche wie bei Entziehung der Nahrung (S. 471). Die Qualität der Stoffe im Harn ist unabhängig von der Art des Zersetzten; es gehen von der zersetzten Masse nur ganz bestimmte Stoffe in den Harn über, sowie wir auch in der Perspiration immer dieselben Gase finden.

Vom ausgeschiedenen Wasser treffen im Mittel auf den Harn 54%, auf den Koth 5%, auf die Perspiration 41%; beim Hunger fanden wir für den Harn 55%, für Haut und Lungen 45%; es ändert sich also das Verhältniss nicht. Absolut wird aber bei mittlerer Kost mehr Wasser durch die Perspiration (931 Grmm.) abgegeben als bei dem Hunger (822 Grmm.). Das Wasser, welches durch Haut und Lungen entfernt wird, verhält sich seiner Menge nach ähnlich wie die Kohlensäure; man sieht durchschnittlich bei denjenigen Versuchen, bei welchen mehr Kohlensäure erscheint, auch mehr Wasser auftreten. Es ist aber klar, dass die beiden nicht immer genau proportional gehen müssen, da zwei Organe, die Haut und die Lungen, sich in sehr ungleichem Maasse an der Erzeugung von Kohlensäure und Wasser betheiligen und auf die Ausscheidung des Wassers die Temperatur und Feuchtigkeit der umgebenden Luft von Einfluss ist, aber nicht auf die der Kohlensäure; in Nr. 5 verhält sich z. B. die Kohlensäuremenge zu der des Wassers wie 100:91, in Nr. 6 wie 100:107.

Vergleicht man die in 24 Stunden verbrauchte Menge Kohlenstoff beim Hunger und bei mittlerer Kost, so lässt sich allerdings nicht verkennen, dass unter sonst gleichen Verhältnissen die beim Hunger (201 Grmm.) kleiner ist als bei der Nahrungsaufnahme (283 Grmm.). Es war wohl ein Unterschied vorauszusehen, aber wir gestehen, dass wir ihn grösser erwartet haben. Es werden

bei Erhaltung des Körpers nur um 29% Kohlenstoff, aber 42% Stickstoff mehr verbraucht als beim Hunger. Die Menge des verbrauchten Stickstoffs verhält sich zu der des Kohlenstoffs bei Hunger 1:18, bei mittlerer Kost wie 1:14; es wird also bei letzterer im Verhältniss etwas mehr stickstoffhaltige Substanz umgesetzt. Vom unbrauchbar gewordenen Kohlenstoff werden im Harn 4%, im Koth 6% und in der Respiration 90% entfernt.

Die Menge des durch Haut und Lungen in Form von Kohlensäure exspirirten Kohlenstoffs ist nicht so gross als man früher aus der Quantität der Speisen bestimmen wollte; wir finden im Mittel bei ausreichender Kost 253 Grmm. Kohlenstoff, während Liebig 464 Grmm. und Barral 335 Grmm. angaben.

Im Ganzen ähnlich wie die Kohlensäure verhält sich auch der aufgenommene Sauerstoff; er beträgt im Mittel beim Hunger 761 Grmm., bei der Nahrungszufuhr 832, im letztern Zustande also um 116 Grmm. (8%) mehr, d. h. es wird im Hunger im Verhältniss zur Kohlensäureausscheidung mehr Sauerstoff aufgenommen als bei mittlerer Nahrung; in der That verhält sich die Kohlensäuremenge zu der des Sauerstoffs beim Hunger wie 100:106, bei Nahrung wie 100:90. Dies erklärt sich leicht aus dem Gehalte der mittleren Kost an Kohlehydraten, während beim Hunger der Mann nur von Fleisch und Fett seines Körpers lebt, in welchem Falle die Erzeugung einer gleichen Menge Kohlensäure eine viel grössere Sauerstoffmenge erfordert, als wenn die Kohlensäure zum Theil aus Kohlehydraten stammt, die schon ursprünglich mehr Sauerstoff enthalten.

Berechnet man die Kohlehydrate auf ihren Werth als Fett, so hätte der 71 Kilo schwere Mensch 568 Fleisch und 219 Fett zur Erhaltung nöthig, während der 33 Kilo schwere fleischfressende Hund mindestens 450 Grmm. Fleisch und 100 Grmm. Fett bedarf; der Kohlenstoffverbrauch ist in erstem Fall 283 Grmm., in letzterm 123 Grmm.; der des Sauerstoffs in erstem 832 Grmm., in letzterm 287 Grmm. Während sich also der Kohlenstoffbedarf beim halb so schweren Hunde gegenüber dem beim Menschen wie 100:230 verhält, der des Sauerstoffs wie 100:290, ist der Fleischverbrauch merkwürdiger Weise kaum verschieden (100:126).

Von grösstem Interesse ist der Versuch Nr. 15, bei dem der

schlecht genährte, nur 53 Kilo schwere Mann II genau die gleiche mittlere Kost verzehrte wie der kräftige Mann Nr. I, welcher dadurch nahezu auf seinem Bestande blieb.

Die Menge der Harnbestandtheile und des umgesetzten Fleisches ist in beiden Fällen genau die gleiche; der schlecht genährte Mann konnte aber weder dieselbe Menge Sauerstoff aufnehmen, noch dieselbe Menge Kohlensäure erzeugen. Die vom Mann I absorbierte Sauerstoffmenge beträgt im Mittel 832 Grmm., die vom Mann II nur 601 Grmm.; die vom Mann I ausgeschiedene Kohlensäure 928 Grmm., die vom Mann II 695. Die Sauerstoffaufnahme von I verhält sich zu der von II wie 100 : 74, die Kohlensäureabgabe gleichfalls wie 100 : 74. Der Mann II setzte 118 Grmm. Fett an, der Mann I bei gleicher Nahrung im Mittel nur 29 Grmm. Betrachtet man bei II die Differenz der Einnahmen und Ausgaben, so erhält man:

	C	H	O
Differenz	+ 90.5	+ 16.7	+ 95.3
+ 118 Fett	90.5	14.0	13.7
	0	+ 2.7	+ 81.6
			soll 21.6

Die Berechnung des für die Verbrennung der zerstörten Stoffe nöthigen Sauerstoffs ergibt:

von der	im Harn	vom	zu	O von
Nahrung	u. Koth	Fett	oxydiren	Aussen nöthig
C 307.4	— 27.3	— 90.5	= 189.6	506
H 245.4	— 5.0	— 14.0	= 226.4	1811
O 1810.2	— 20.1	— 13.7	= 1776.4	—
				2317
				— 1776
				541 O
				bestimmt 601 O

Rechnung und Versuch stimmen hier also auf 9% überein.

Daraus ersieht man, dass die Sauerstoffaufnahme und die Möglichkeit einer gesteigerten Oxydation nicht direkt an eine an

Fett oder Eiweiss reiche Nahrung gebunden ist, denn in unsern Versuchen zeigt sich trotz der gleichen Nahrung bei verschiedenen Menschen ein ganz ungleicher Erfolg. Dies kann nur vom Körperzustand abhängig sein, auf dessen Bedeutung für die Eiweisszersetzung der eine von uns¹⁾ schon früher aufmerksam gemacht hat. Der Mann I ist ein kräftiger eiweissreicher, 71 Kilo schwerer Arbeiter, der Mann II ein herabgekommener, 53 Kilo schwerer Schneider; die Sauerstoffaufnahme ist vom Eiweissgehalt des Körpers und nicht der Nahrung abhängig. Wenn aber die reichliche Nahrung bei fortgesetztem Gebrauche den Körperzustand nach und nach gebessert und zu dem des kräftigen Mannes erhoben hat, so wird dann die gleiche Sauerstoffaufnahme, Zerstörung und Leistung stattfinden können. Der Gang der Eiweisszersetzung aber richtet sich vor Allem nach der Eiweissmenge der Nahrung, die zu dem grösstentheils unter die Bedingungen der Zerstörung gerathenden Vorrathseiweiss beiträgt; die Sauerstoffaufnahme nach dem Stand des Organeiweisses, das in viel geringerem Grade der Verbrennung unterliegt; denn wir sehen trotz gleicher Eiweisszersetzung der beiden Organismen eine sehr verschiedene Sauerstoffaufnahme.

Unser Versuch zeigt endlich auch die Unrichtigkeit der Ranke'schen Annahme, dass wenn ebensoviel Stickstoff in den Exkreten aufzufinden ist, als in der Nahrung gegeben wurde, d. h. Stickstoffgleichgewicht besteht, dann auch der Kohlenstoff der Exkrete genau dem der eingeführten Nahrung entspricht, also auch Kohlenstoffgleichgewicht vorhanden ist und dass erst dann Stickstoffgleichgewicht eintritt, wenn das im Kohlenstoff sich hergestellt hat; bei unseren Versuchen mit der gleichen Kost an verschiedenen Individuen bestand wohl Stickstoff- aber nicht Kohlenstoffgleichgewicht.

Betrachtung der 24stündigen Versuche bei eiweissreicher und eiweissfreier Kost und Ruhe.

Der Mann erhielt während 3 Tagen die gleiche an Eiweiss reiche Nahrung; am ersten und dritten Tage wurden (Versuch 10

¹⁾ Voit, diese Zeitschrift 1866. Bd. II.

und 11) die gasförmigen Ausgaben bestimmt, am zweiten nur die durch Harn und Koth.

Die Kost war so zusammengesetzt, dass sie

- 300 Grmm. trockene eiweissartige Substanz
- 123 „ Fett
- 399 „ Kohlehydrate

enthielt; also nur wenig Fett und Kohlehydrate mehr wie bei der mittleren Nahrung, aber 2.2 mal so viel Eiweiss. Der Stickstoff verhält sich darin zum Kohlenstoff wie 1:10, oder auf 10 Theile stickstoffhaltige kommen 23 Theile stickstofffreie.

Bei der eiweissreichen Kost wird, wie auch beim Hunde beobachtet worden, mehr Eiweiss zersetzt und die Harnstoffausscheidung ansehnlich vermehrt, aber es erscheint nicht gleich aller Stickstoff der Einnahmen in den Exkreten wieder, es wird vielmehr ein Theil des verzehrten Eiweisses angesetzt und zwar am ersten Tage 409 Grmm. Fleisch, am zweiten 306 und am dritten 190 Grmm.; der Ansatz nimmt also von Tag zu Tag ab und es nähert sich, wie es beim Hunde auch der Fall ist, der Körper allmählich dem Gleichgewichtszustand im Stickstoff.

Nach Abrechnung des Kohlenstoffs des angesetzten Fleisches von der Differenz der Einnahmen und Ausgaben behalten wir am ersten Tag noch einen Rest von 70, am dritten von 64 Grmm. Kohlenstoff übrig, die im Körper wohl als Fett zurückgeblieben sind. Machen wir zur Prüfung dieser Annahme wieder unsere Rechnung, so erhalten wir:

		C	H	O
Nro. 10.	Verbrauch	+ 121.5	+ 120.4	+ 880.8
	+ 409 Fleisch	51.2	7.1	21.1
		<hr/>	<hr/>	<hr/>
		+ 70.3	+ 113.3	+ 859.7
	+ 92 Fett	70.3	10.9	10.7
		<hr/>	<hr/>	<hr/>
		0	+ 102.4	+ 849.0
				soll 819.2

	C	H	O
Nro. 11. Verbrauch	+ 87.4	+ 57.5	+ 405.1
+ 190 Fleisch	23.8	3.3	9.8
	+ 63.6	+ 54.2	+ 395.3
+ 83 Fett	63.6	9.9	9.6
	0	+ 44.3	+ 385.7
			soll 354.4

Berechnen wir die nach Abzug der angesetzten Fleisch- und Fettmengen für die Oxydation nöthige Sauerstoffzufuhr, so ergibt sich:

	von der Nahrung	im Harn u. Koth	v. Fleisch u. Fett	zu oxydiren	O von Aussen nöthig
Nro. 10. C	430.8	— 35.7	— 121.5	= 273.6	730
H	475.5	— 8.6	— 18.0	= 448.9	3591
O	3566.1	— 33.7	— 31.7	= 3500.7	—
					4321
					— 3501
					820 O
					bestimmt 850 O
Nro. 11. C	415.3	— 44.8	— 87.4	= 283.1	755
H	470.7	— 10.8	— 13.2	= 446.7	3574
O	3544.2	— 40.8	— 19.4	= 3484.0	—
					4329
					— 3484
					845 O
					bestimmt 876 O

Wir haben in Rechnung und Versuch nur eine Differenz von 3 0/10 Sauerstoff, daher in der That der grösste Theil der Nahrung umgesetzt und die angenommene Fleisch- und Fettmenge angesetzt worden sein muss.

Der Körper hat gelebt von:

	Nro. 10.	Nro. 11.
Fleisch . . .	844	1063
Fett	41	30
Kohlehydraten .	399	399 (= 166 Fett)

In beiden Versuchen ist der Körper des Mannes ansehnlich schwerer geworden, in Nro. 10 um 1144 Grmm., in Nro. 11 um 561 Grmm.; da der Ansatz von Fleisch und Fett beide Male ein geringerer war, so ist der Körper absolut und relativ reicher an Wasser geworden.

Es wurde hier ansehnlich mehr Wasser in der Nahrung aufgenommen, als bei der mittleren Kost, und zwar im Mittel um 1609 Grmm. täglich; dem entsprechend wurde durch Harn, Koth und Perspiration im Mittel um 1116 Grmm. mehr entfernt, der Rest wurde im Körper zurückbehalten. Die Wasserabgabe vertheilte sich zu 61% auf den Harn, 5% auf den Koth und 34% auf die Athmung; d. h. es wird die Hauptmenge des Ueberschusses an Wasser durch den Harn eliminirt und nur ein kleinerer Theil durch die Respiration. Da diesmal mehr Wasser im Athem austritt, so ist das Verhältniss der Kohlensäure zu der des Wassers wie 100 : 113.

Bei den Versuchen mit mittlerer Nahrung sind im Mittel 305 Grmm. Kohlenstoff aufgenommen worden, hier im Mittel 423 Grmm.; da der Ansatz von Kohlenstoff aber ein grösserer ist, so ist der Verbrauch dieses Stoffs nicht viel bedeutender (mittlere Kost 283, eiweissreiche 319 Grmm.), nämlich nur um 36 Grmm. Vom verbrauchten Kohlenstoff entfallen 6% auf den Harn, 6% auf den Koth und 88% auf die Respiration. Die Menge der durch Haut und Lungen ausgeathmeten Kohlensäure ist nicht viel grösser, als die bei mittlerer Kost; denn hier werden im Mittel 1020 Grmm. entleert, bei gewöhnlicher Nahrung 928 Grmm. Während also die Kohlensäuremenge nur unwesentlich zunahm (10%), änderte sich der Eiweissumsatz (Nro. 11) um 87%.

Am wichtigsten sind wohl die Ergebnisse der Sauerstoffaufnahme. Dieselbe ist allerdings durch die an Eiweiss (nicht an Fett oder Kohlehydraten) reichere Nahrung etwas grösser (863 Grmm.) als die bei mittlerer Kost (832 Grmm.), die Zunahme ist aber nicht beträchtlich; die Mehrzufuhr von 676 Grmm. Fleisch bewirkte nur eine Mehraufnahme von 31 Grmm. Sauerstoff. Der grösseren Sauerstoffaufnahme entsprechend wird auch etwas mehr Kohlensäure erzeugt. Da nahezu die gleiche Sauerstoffaufnahme

stattfand wie bei mittlerer Kost, aber nochmal so viel Fleisch verbrannte, so blieb weniger Sauerstoff für das Fett übrig, das deshalb in grösserer Menge angesetzt wurde als bei der mittleren Nahrung; ja es verbrennt sogar aus demselben Grunde weniger Fett als beim Hunger, wenn man die Kohlehydrate in Fett umrechnet. Wir stossen endlich wiederum (siehe Seite 528) auf die wichtige Thatsache, dass eine grössere Eiweisszufuhr und Eiweisszersetzung nicht wesentlich die Fähigkeit des Körpers erhöht, Sauerstoff aufzunehmen, dieselbe ist vielmehr geknüpft an die Eiweissmenge des ganzen Körpers oder den Körperzustand; da letzterer aber nicht momentan durch eiweissreiche Nahrung hinreichend sich verändert, so steigert sich auch die Sauerstoffaufnahme nur wenig; am dritten Tag wird aber schon etwas mehr Sauerstoff eingenommen als am ersten, weil durch den Fleischansatz die Menge des Organeiweisses grösser geworden ist. Wir constatiren abermals, dass der Eiweissumsatz und der Sauerstoff in keinem proportionalen Verhältnisse stehen; man würde sich aber sehr irren, wollte man daraus schliessen, die Menge des Eiweisses im Körper wäre überhaupt für die Sauerstoffaufnahme gleichgiltig; die Eiweisszerstörung richtet sich vorzüglich nach der Quantität des Vorrathseiwisses, und diese vorzüglich nach dem Eiweissgehalt der Nahrung; die Sauerstoffzufuhr nach dem Organeiweiss, dessen Stand nur allmählich durch die Zufuhr verändert wird. Dass es vor Allem das Organeiweiss ist, welches die Menge des absorbirbaren Sauerstoffs bestimmt, zeigte uns vorzüglich der Versuch 15 am herabgekommenen Manne, bei welchem trotz gleicher Nahrung 238 Grmm. Sauerstoff weniger gebunden wurden als beim kräftigen.

Der Versuch Nro. 14, bei dem auch etwas mehr Eiweiss als gewöhnlich gegeben worden war, bietet für die Betrachtung des Erfolges in 24 Stunden wenig bemerkenswerthes dar, denn er ist zu einem andern Zwecke angestellt worden. Wir wollten nämlich sehen, welchen Einfluss es auf die Vertheilung der Respirationsstoffe ausübt, wenn man nicht wie gewöhnlich in der ersten Hälfte des Versuchstages die ganze auf 24 Stunden treffende Nahrung zu sich nimmt, und in der zweiten Hälfte fastet, sondern wenn man die Nahrung in zwei gleiche Hälften theilt und die eine zu Anfang

der ersten Hälfte, die andere zu Anfang der zweiten Hälfte des Versuches genießt.

Die Nahrung bestand hier aus: ²⁰

271 Grmm. trockener eiweissartiger Substanz
89 „ Fett
274 „ Kohlehydraten;

sie ist also reicher an Eiweiss, aber ärmer an Fett und Kohlehydraten als die mittlere Kost.

Es wurde dabei wie bei den vorausgehenden Versuchen mit reichlicher Eiweissnahrung Fleisch angesetzt, aber wegen der geringern Zufuhr an Fett und Kohlehydraten kein Fett unverbrannt zurückgehalten, sondern sogar etwas wenigens vom Körper noch hergegeben.

Die Differenzen der Einnahme- und Ausgaberbubriken betragen:

	N	C	H	O
Differenz	+ 4.71	0	- 20.0	- 110.2
+ 139 Fleisch	+ 4.71	+ 18.4	+ 2.4	+ 7.2
- 24 Fett	-	- 18.4	- 2.9	- 2.8
	0	0	- 20.5	- 105.3
				soll 164.0

An Sauerstoff ist nöthig:

	von der Nahrung	im Harn u. Koth	v. Fleisch u. Fett	=	zu oxydiren	O von Aussen nöthig
C	278.6	- 24.2	0	=	254.4	678
H	236.9	- 5.8	+ 0.5	=	231.6	1853
O	1749.0	- 22.0	- 4.4	=	1722.6	-
						2531
						- 1723
						809 O
						bestimmt 850 O

Differenz = 5%.

Der Körper hat gelebt von:

584 Grmm. Fleisch
65 „ Fett
274 „ Kohlehydraten.

Die Menge des aufgenommenen Wassers ist hier viel geringer als in den Versuchen 10 und 11, und zwar um 1924 Grmm.; in der Respiration wurden aber nur um 87 Grmm. weniger entfernt. Die Hauptdifferenz fällt auf den Harn; bei gleicher Temperatur und gleichem Wassergehalte der umgebenden Luft und gleicher Körperbewegung ist also vorzüglich die Niere das Organ, welches grössere Mengen von Wasser eliminirt. Im Harn werden 48 % Wasser entfernt, im Koth 5 %, durch Haut und Lungen 47 %.

Die Kohlensäureabscheidung und die Sauerstoffaufnahme sind nicht wesentlich anders als bei der mittleren Kost, da das geringe Plus von Eiweiss den Körperzustand nicht sehr und auch nicht gleich am ersten Tage ändern kann. Wir ersehen aber auch, dass eine ansehnlich stärkere Zufuhr von Fett oder Kohlehydraten, wie es bei der gewöhnlichen und der eiweissreichen Kost der Fall war, die Sauerstoffaufnahme nicht modificirt.

Den Gegensatz zu den Versuchen mit einer an Eiweiss reichen Nahrung bilden die Versuche mit eiweissfreier. In Nro. 12 und 13 wurde während 1½ Tagen die gleiche, wesentlich aus Kohlehydraten mit Zusatz von Fett bestehende Kost gereicht.

Die Nahrung enthielt:

79 Grmm. Fett
402 „ Kohlehydrate,

also wenn man die Kohlehydrate in Fett ausdrückt, ohngefähr soviel wie bei der eiweissreichen Kost, hier 249 Grmm. Fett, damals 283.

Es werden nun im Körper bei dieser Nahrung zersetzt:

357 Grmm. Fleisch
45 „ Fett
402 „ Kohlehydrate (= 167 Fett).

Es bleibt nämlich folgende Differenz der Elemente der Einnahmen und Ausgaben:

	C	H	O
Differenz	— 18.4	— 11.2	+ 52.4
— 357 Fleisch	— 44.7	— 6.2	— 18.4
	+ 26.3	— 5.0	+ 70.8
+ 34 Fett	+ 26.3	+ 4.0	+ 3.9
	0	— 9.0	+ 66.9
			soll — 72.0

Berechnet man den zur Verbrennung der Bestandtheile notwendigen Sauerstoff, so erhält man:

	von der Nahrung	im Harn u. Koth	v. Fleisch u. Fett	zu oxydiren	O von Aussen nöthig
C	228.7	— 18.4	+ 18.4	= 228.7	610
H	197.1	— 4.4	+ 2.2	= 194.8	1558
O	1508.5	— 22.9	+ 14.4	= 1500.0	—
					2168
					— 1500
					668 O
				bestimmt	808 O

Differenz = 17 %.

Die Sauerstoffzufuhr ist, trotzdem dass nicht mehr verbrannt wird, doch um 47 Grmm. grösser als beim Hunger und nur um 28 Grmm. geringer als bei Erhaltungskost. Wir erkennen, dass hier ebenso wie bei Nahrungsentziehung mehr Sauerstoff in den Körper tritt, als das zersetzte Fleisch und Fett nöthig hat; nur ist die Differenz noch grösser als beim Hunger. Da die Möglichkeit der Absorption einer gewissen Menge Sauerstoff wegen des noch nicht veränderten Körperzustandes die gleiche bleibt, der Umsatz von Fleisch aber wegen des Ausbleibens der Zufuhr dieses Nahrungsmittels so gering wie beim Hunger ist, so muss ein Theil des aufgenommenen Sauerstoffs unverwendet aufgespeichert werden.

Reduciren wir die Kohlehydrate auf ihr Aequivalent Fett, so lebte der Mensch bei der stickstofflosen Nahrung auf Kosten von 357 Grmm. Fleisch seines Körpers und 215 Grmm. Fett der Nahrung, beim Hunger von 333 Grmm. Fleisch und 216 Grmm. Fett; das Resultat ist also ganz identisch. Man ersieht daraus, und dies ist von äusserster Wichtigkeit, dass die Zufuhr von stickstofffreien Substanzen weder auf die Umsetzung des Eiweisses am Körper, noch auf die des Fettes oder der Kohlehydrate von erheblichem Einfluss ist; der ganze Umsatz bleibt nahezu wie der beim Hunger, mag man noch so viel Fett oder Kohlehydrate in einen Organismus hineinstopfen.

Die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure ist so gross wie die bei mittlerer Nahrung und um 216 Grmm. grösser als beim Hunger; es wird aber doch nicht mehr zerstört wie beim Hunger,

denn die grössere Kohlensäuremenge rührt nur von der Verbrennung der Kohlehydrate her, die bei dem gleichen Sauerstoffverbrauch viel mehr Kohlensäure entwickeln als das beim Hunger verbrennende Fett.

Betrachtung der 24stündigen Versuche bei Hunger und mittlerer Kost mit Arbeit.

Wir haben drei Versuche angestellt, bei denen der im Apparat befindliche Mann eine bedeutende Arbeit zu leisten hatte. Bei den frühern Versuchen hatte er den Tag über nur soviel gethan, um sich der Langeweile zu erwehren; er las theils Zeitungen oder Erzählungen, theils beschäftigte er sich, da er Mechaniker und Uhrmacher ist, mit der Zerlegung, Reinigung und Wiederaussetzung von Taschenuhren. Jetzt aber hatte er ein Rad mit einer Kurbel zu treiben; das Rad wurde mit soviel Gewicht belastet, bis der Widerstand in der Axe nach dem Gefühle des Arbeiters so gross war, wie er gewöhnlich bei Drehbänken in mechanischen Werkstätten ist, welche durch ein von der Hand getriebenes Schwungrad bewegt werden. Hiefür war ein Gewicht von 25 Kilo nöthig, welches an einer Rolle in einer um das Rad gelegten Kette schwebend hieng. Bei den beiden ersten Versuchen befand sich das Triebrad in der Kammer; bei dem letzten ausserhalb derselben und nur die Kurbel ging durch eine Oeffnung der Wand in die Kammer hinein. Der Mann bewegte das Rad am Tag während 9 Stunden und er machte mit Unterbrechungen für Ruhe und Mahlzeit, wie sie bei Arbeitern gewöhnlich sind, am Tage etwa 7500 Umdrehungen; Abends wurde die Arbeit beendigt und bald darauf das Bett aufgesucht. Der Mann fühlte sich zu dieser Zeit ermüdet, wie nach einer anstrengenden Arbeit oder einem längern Marsche.

Der eine Arbeitsversuch wurde bei Hunger angestellt, die beiden andern bei der mittlern Kost.

Betrachten wir zuerst den ersteren, den Versuch Nr. 4.

Auch bei Hunger und Arbeit zehrt der Mensch von seinem Körper; es fragt sich nur, in welcher Weise sich die Zersetzungsprocesse verschieden von denen bei Ruhe gestalten. Der Gewichts-

verlust beträgt in Nro. 4 681 Grmm., also nicht mehr als bei Hunger und Ruhe; es wird dabei jedoch nur durch die reichliche Wasseraufnahme eine stärkere Abgabe verhütet.

Wir berechnen zunächst, um die Abgabe und Aufnahme kennen zu lernen, aus der Stickstoffmenge des Harns die Grösse der Zersetzung der eiweissartigen Stoffe. Die Menge der im Harn ausgeschiedenen festen Theile ist nicht grösser (46 Grmm.) als bei Hunger und Ruhe (47 Grmm.). Nach Abzug des Stickstoffs der Einnahmen bleiben noch 10.57 Grmm. übrig, die vom Körper herkommen und 311 Grmm. frischem Fleisch entsprechen, während bei den Hungerversuchen mit Ruhe im Mittel 327 Grmm. Fleisch zersetzt worden sind. Der Eiweissverbrauch ist also identisch, ob der Körper ruht oder eine mächtige Arbeit leistet.

Der Vergleich der durch Haut und Lungen ausgeschiedenen Gase zeigt aber sehr bedeutende Differenzen; denn während bei den Ruhetagen 821 Grmm. Wasser und 716 Grmm. Kohlensäure entfernt worden sind, treffen wir hier auf eine Wassermenge von 1777 Grmm. und auf eine Kohlensäuremenge von 1187 Grmm.

Der Kohlenstoff, welcher nicht von dem zerstörten Fleische herrührt, kommt, wie man mit Wahrscheinlichkeit annehmen kann, wie bei der Ruhe von oxydirtem Fette her, welches hier in grösserer Menge dem Umsatz anheimgefallen sein müsste. Unter dieser Annahme bekommen wir folgende Zahlen:

	C	H	O
Verbrauch	329.7	61.3	268.2
— 311 Fleisch	38.9	5.4	16.0
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	290.8	55.9	252.2
— 380 Fett	290.8	45.2	44.1
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	0	10.7	208.1
			soll 85.6

Bestimmt man, wie viel Sauerstoff von Aussen dazu gehört, um 311 Grmm. Fleisch und 380 Grmm. Fett zu verbrennen, so ergibt sich:

	im Fleisch	im Harn	im Fett	zu oxydiren	O von Aussen nöthig
O	38.9	— 9.3	+ 290.8	= 320.4	854
H	5.4	— 1.9	+ 45.2	= 48.7	390
O	16.0	— 8.5	+ 44.1	= 51.6	—
					1244
					— 52
					1192 O
				bestimmt	1071 O

Wir finden eine Differenz von 11⁰/₀. Wenn wir dieselbe nicht als Fehler betrachten wollen, so hätte in diesem Falle der Organismus Sauerstoff zugegeben, oder eine sauerstoffreichere Substanz als Fett verbrannt, z. B. ein Kohlehydrat oder eine organische Säure. Wir sahen, dass der Körper die Fähigkeit hat, je nach seinem Eiweissstande eine gewisse Menge von Sauerstoff aufzunehmen. Bei stickstoffloser Nahrung absorbirte er, da sein Körperzustand sich nicht sehr änderte, nahezu so viel als bei mittlerer Kost, er verbrauchte aber nicht allen, wir mussten eine Aufspeicherung desselben im Körper annehmen; ebenso fanden wir bei Hunger und Ruhe constant eine grössere Aufnahme an Sauerstoff, als zur Oxydation nöthig war. Hier aber findet sich umgekehrt eine Abgabe von Sauerstoff vom Körper, denn es ist viel davon nöthig und es ist nicht unwahrscheinlich, dass dann auch der im Körper vorrätliche benützt wird. Keinesfalls stammt der Kohlenstoff ausschliesslich aus Kohlehydraten, z. B. aus Zucker, denn wir würden dann ein noch weniger stimmendes Resultat erhalten:

	im Fleisch	im Harn	im Zucker	zu oxydiren	O von Aussen nöthig
O	38.9	— 9.3	+ 290.8	= 320.4	854
H	5.4	— 1.9	+ 48.4	= 51.9	416
O	16.0	— 8.5	+ 387.8	= 395.3	—
					1270
					— 395
					875 O
				bestimmt	1071 O

Die Differenz beträgt 18⁰/₀; wir kommen auf dieses Verhalten bei Besprechung der 12stündigen Zeitabschnitte nochmals zurück.

Der Mensch lebte von:

75	Gramm.	trockener eiweissartiger Substanz (= 311 Fleisch)
380	„	Fett
226	„	Wasser.

Das trockene Fleisch ist mit 236 Grmm. Wasser verbunden; da hier 226 Grmm. vom Körper weggehen, so hat der Körper seinen relativen Wassergehalt nicht geändert. In der zerstörten Masse verhält sich die Menge des Stickstoffs zu der des Kohlenstoffs wie 1 : 31, bei Ruhe wie 1 : 18. Vom unbrauchbar gewordenen Kohlenstoff gehen 3% in den Harn und 97% in die Respiration über.

Da im Versuch 4 durch Haut und Lungen sehr viel Wasser entfernt wird, aber trotz der um 971 Grmm. grössern Aufnahme gegenüber dem Ruhezustand nicht mehr, sondern weniger durch den Harn weggeht, so sind die Verhältnisse der Wasserabfuhr sehr verschoben; denn bei der Ruhe enthält der Harn 55%, die Ausathmung 45%, bei der Arbeit dagegen ersterer nur 30%, letztere 70%. Die Kohlensäuremenge des Athems verhält sich zu der Wassermenge wie 100 : 150, bei der Ruhe wie 100 : 114; es steigt also bei Bewegung die Wasserabgabe mehr als die Kohlensäureabgabe.

Die Quantität der Kohlensäure (1187 Grmm.) ist ansehnlich grösser als bei Hunger und Ruhe (716 Grmm.), ja sogar grösser als bei mittlerer (928 Grmm.) und eiweissreicher Kost (1020 Grmm.). Auch die Aufnahme des Sauerstoffs ist gesteigert und ist bedeutender als bei irgend einer Zufuhr von Nahrung; die Kohlensäure verhält sich zum Sauerstoff wie 100 : 90, also wie bei Aufnahme von mittlerer Nahrung mit Kohlehydraten, während das Verhältniss bei Hunger und Ruhe wie 100 : 106 sich herausstellte.

Die Ergebnisse der beiden Arbeitstage bei mittlerer Kost (Versuch Nr. 8 und 9) sind ziemlich ähnlich, daher wir sie mit einander in Betracht ziehen können. In der Nahrung sind bei denselben, wie schon früher angegeben worden,

137	Grmm.	trockne eiweissartige Substanz
117	„	Fett
352	„	Kohlehydrate

enthalten, und es wurden davon bei der Ruhe verbraucht:

137	Grmm.	trockne eiweissartige Substanz	=	568	Fleisch
72	„	Fett			
352	„	Kohlehydrate.			

Bei der körperlichen Bewegung stellen sich ganz bestimmte Verschiedenheiten heraus. Der Körper verlor zunächst in Nr. 8 334

und in Nr. 9 49 Grmm. an Gewicht, während er bei gleicher Einnahme, aber bei Ruhe (in Versuch 6) um 668 Grmm. zunahm, welche Zunahme vorzüglich aus Wasser bestand.

Die festen Bestandtheile des Harns unterliegen keiner Aenderung, ob der Körper möglichst ruhig sich verhält oder sich anstrengt; denn während bei gleicher Kost und Ruhe im Mittel 64 Grmm. trockene Substanz durch den Harn abgehen, finden sich hier 67 Grmm. Die Stickstoffausscheidung ist abermals in beiden Zuständen völlig die gleiche. In Nr. 8 werden 19.03, in Nr. 9 19.53 Grmm. Stickstoff im Harn und Koth gefunden, bei der Ruhe im Mittel 19.47 Grmm.; der Stickstoffausscheidung entspricht ein Verbrauch von 567 Grmm. Fleisch (137 Grmm. trocken). Man findet aber nicht nur keine Aenderung in der Umsetzung von Eiweiss, sondern es besteht auch ein völliges Gleichgewicht des Stickstoffgehalts der Einnahmen und Ausgaben, denn es wurden 19.48 Grmm. Stickstoff in der Nahrung in den Körper gebracht und 19.28 Grmm. erschienen im Harn und Koth wieder.

Während sich die Produkte im Harn gleich bleiben, verhalten sich dagegen die der Athmung ganz anders als im unthätigen Zustande. In der Ruhe werden 931 Grmm. Wasser und 928 Grmm. Kohlensäure im Athem entfernt, hier 1727 Grmm. Wasser und 1209 Grmm. Kohlensäure. Da keine grössere Menge von Stickstoff in den Zersetzungsprodukten sich findet, so kann das Plus von ausgeschiedenem Kohlenstoff nicht von Eiweiss oder Fleisch stammen, sondern nur von einer stickstofffreien Substanz, wahrscheinlich von Fett. Versuchen wir, ob die Rechnung uns Anhaltspunkte dafür giebt:

		C	H	O
Nro. 8.	Differenz	— 59.2	— 16.2	— 257.7
	— 77 Fett	59.2	9.2	— 8.9
		— 0	— 7.0	— 248.8
				soll 56.0
Nro. 9.	Differenz	— 27.1	— 7.2	— 14.1
	— 35 Fett	27.1	4.2	4.1
		— 0	— 3.0	— 10.1
				soll 24.0

Es ist zur Verbrennung von Fleisch und Fett an Sauerstoff nothwendig:

	von der	im Harn u.	im Fett	zu	O von
	Nahrung	Koth		oxydiren	Aussen nöthig
Nro. 8	C 315.5	— 24.5	+ 59.2	= 350.2	934
	H 345.9	— 4.4	+ 9.2	= 350.7	2806
	O 2604.1	— 19.3	+ 8.9	= 2593.7	—
					3740
					— 2594
					1146 O
				bestimmt	954 O
Nro. 9.	C 309.2	— 27.1	+ 27.1	= 309.2	824
	H 297.7	— 4.9	+ 4.2	= 297.0	2376
	O 2226.3	— 23.9	+ 4.1	= 2206.5	—
					3200
					— 2206
					994 O
				bestimmt	1006 O

Differenz in Nro. 8 = 20 %, in Nro. 9 = 1 %.

Die Differenz von 20% in Versuch 8 ist viel zu gross, als dass wir sie auf Rechnung eines Versuchsfehlers bringen könnten; es ist dabei wirklich Sauerstoff vom Körper zu dem während des Versuchs von Aussen aufgenommenen hinzugekommen, wie beim vorhergehenden Hungerversuch mit Arbeit, da viel Sauerstoff nothwendig war. In Nr. 9 wurde weniger Fett zersetzt, die Arbeit war daher wahrscheinlich keine so grosse und der von Aussen eintretende Sauerstoff genügte eben zur Oxydation.

Der Organismus verbrauchte bei mittlerer Kost und Arbeit:

137 Grmm. trockene eiweissartige Substanz = 567 Fleisch
 173 Grmm. Fett
 352 Grmm. Kohlehydrate,

oder wenn man die Kohlehydrate in Fett ausdrückt:

	Hunger, Ruhe.	Hunger, Arbeit.	Mittlere Kost, Ruhe.	Mittlere Kost, Arbeit.
Fleisch . . .	311	311	568	567
Fett	209	380	219	330

Die Menge des Stickstoffs der im Körper verbrauchten Substanzen verhält sich zu der des Kohlenstoffs, bei der Ruhe wie 1 : 14 und bei der Thätigkeit wie 1 : 18.

Vergleichen wir die Art der Wasserausscheidung in diesen Arbeitsversuchen mit der in Versuch 6 bei mittlerer Kost und Ruhe, bei welcher nahezu soviel Wasser in der Nahrung eingeführt wurde wie hier, so fallen folgende Unterschiede auf. Im Harn und Koth wird die nämliche Menge Wasser entfernt, aber durch Haut und Lungen ansehnlich mehr, was lediglich als eine Folge der Muskelanstrengung betrachtet werden muss. Darum nimmt auch in den jetzigen Versuchen das Körpergewicht ab, während es bei der Ruhe stark zunahm. Das abgegebene Wasser vertheilt sich in Procenten auf:

	Harn:	Koth:	Asche:
Ruhe	48	5	47
Arbeit	37	3	60

Die Kohlensäuremenge des Athems verhält sich zu der des Wassers wie 100 : 143, in Versuch Nr. 6 wie 100 : 107; es wächst also wie bei der Arbeit die Wasserausscheidung wiederum viel mehr als die Bildung von Kohlensäure.

Die Quantität der Kohlensäure im Athem ist hier im Mittel nur sehr wenig grösser als bei Hunger und Arbeit; beim Hunger ist die Differenz zwischen Ruhe und Arbeit bedeutender (471 Grmm.) als bei mittlerer Kost zwischen Ruhe und Arbeit (221 Grmm.); ähnlich verhält sich auch der Sauerstoff, bei Hunger findet sich eine Differenz von 311 Grmm., bei mittlerer Kost von 149 Grmm.

Vom verbrauchten Kohlenstoff werden in den Versuchen 8 und 9 im Mittel 3% im Harn, 4% im Koth und 93% durch die Respiration entfernt.

Sehr auffallend ist bei der mittleren Kost die geringe Zunahme der Sauerstoffabsorption (um 149 Grmm.) trotz der angestregten Thätigkeit des Körpers. Vergleicht man die Mengen der Kohlensäure und des Sauerstoffs mit einander, so bekommt man folgende Verhältnisszahlen, wenn man die Kohlensäure-Quantität gleich 100 setzt:

	Aufgenommener Sauerstoff:	zur Verbrennung nöthiger Sauerstoff:
Hunger, Ruhe	106	99
„ Arbeit	90	100
mittlere Kost, Ruhe	90	84
„ „ Arbeit	81	89

d. h. bei der Arbeit wird beide Male im Verhältniss zur Kohlensäureausscheidung weniger Sauerstoff eingenommen, aber mehr verbraucht.

Aus den Arbeitsversuchen wird vor Allem die Thatsache, welche der eine von uns (V.) zuerst beim Hunde fand, über allen Zweifel erhoben, dass die Stickstoffausscheidung, und also auch die Eiweisszersetzung trotz intensiver Thätigkeit des Körpers sich nicht steigert. Durch die Haut oder andere Wege kann dabei unmöglich eine nennenswerthe Menge von Stickstoff oder Harnstoff entfernt worden sein, da nicht nur beim Hunger genau die nämliche Menge von Stickstoff im Harn sich findet wie bei Ruhe, sondern auch bei der mittleren Kost, welche den Körper gerade auf dem Stickstoffgleichgewicht erhielt; es wäre doch gewiss einer der sonderbarsten Zufälle, wenn im Schweiss oder andern Exkreten ausser Harn und Koth immer eben so viel Stickstoff weggeführt würde, als bei der Arbeit mehr zersetzt würde. Man kann aber ausserdem auch zeigen, dass bei Arbeit im Harn nicht mehr Schwefelsäure und Phosphorsäure austritt als bei Ruhe; würde mehr Eiweiss zersetzt, so müssten doch gewiss diese Stoffe in grösserer Menge im Harn vorhanden sein, denn die übrigen Exkrete enthalten immer nur Spuren dieser nicht flüchtigen Substanzen; wir bestimmten bei mittlerer Kost:

	Ruhe:	Arbeit:
Schwefelsäure	{ 2.56	2.57
	{ 2.66	
Phosphorsäure	4.19	{ 4.15
		{ 4.07

Bei stickstoffloser Kost und Ruhe und bei Hunger und Arbeit fanden sich im Tag:

	Ruhe:	Arbeit:
Schwefelsäure	1.47	1.72
Phosphorsäure	3.15	2.95

Es wäre nicht richtig, wenn man glauben würde, es werde nur im Ganzen, in 24 Stunden, bei der Arbeit nicht mehr Eiweiss zerstört, wohl aber während der Arbeitszeit und dann nachher in der

darauf folgenden Ruhe um eben soviel weniger. Wir haben den Harn der 12 Tagstunden, während denen gearbeitet wurde, von dem der Nachtstunden, den Ruhestunden, getrennt und nichts für eine solche Hypothese Günstiges beobachtet.

Wir fanden im Mittel:

	Hunger, Ruhe.	Hunger, Arbeit.	Mittlere Kost, Ruhe.	Mittlere Kost, Arbeit.
Tag	15.1	11.9	19.6	19.5
Nacht	11.4	13.1	17.5	17.3
24 Stunden	26.5	25.0	37.1	36.8

Es wird also auch nicht einmal vorübergehend während der Arbeit mehr Eiweiss zersetzt als in der Ruhe.

Endlich ist nachdrücklich hervorzuheben, dass die Gesamtsteigerung der Kohlensäureausscheidung und der Sauerstoffaufnahme, obwohl der Mann 9 Stunden tüchtig arbeitete und müde wurde, doch lange nicht so bedeutend war, als man nach anderen Angaben, namentlich nach denen von Smith, hätte erwarten sollen, der manchmal das zehnfache der normalen Abscheidung und Aufnahme auftreten sah. Wir fanden bei Hunger und mittlerer Kost durch Arbeit folgende Steigerung, das Verhalten bei Ruhe gleich 1 gesetzt:

	Hunger:	mittlere Kost:
Kohlensäure	1.7	1.3
Sauerstoff	1.4	1.2

Betrachtung der Ergebnisse der 24stündigen Respirationsversuche nach zwei 12stündigen Zeitabschnitten — nach Tag und Nacht.

Die folgende Respirationstabelle I zeigt die Resultate der Versuche nach den beiden Tageshälften getrennt; sie giebt an, wie viel in 12 Stunden Kohlensäure und Wasser abgegeben, wie viel Sauerstoff aufgenommen, ferner wie viel Harnstoff entleert worden ist. Endlich ist noch berechnet und als Verhältnisszahl bezeichnet, wie viel von 100 aufgenommenem Sauerstoff in der ausgeschiedenen Kohlensäure enthalten ist.

Respirations-Tabelle I.

Mann Nr. I.															Mann Nr. II.
Versuchs- Nummer	Hunger.				Mittlere Kost.					Eiweissreiche Kost.		Eiweissfreie Kost.		Gleiche Kost Morgens u. Abends.	Mittlere Kost.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
Zeit und Beschäftigung	11. Dec. 1866 Ruhe	13. Dec. 1866 Nacht vor III	14. Dec. 1866 Ruhe	22. Dec. 1866 Arbeit	31. Juli 1866 Ruhe	18. Dec. 1866 Ruhe	27. Dec. 1866 Ruhe	3. Aug. 1866 Arbeit	29. Dec. 1866 Arbeit	2. Jan. 1867 Ruhe	4. Jan. 1867 Ruhe	7. Jan. 1867 Ruhe	8. Jan. 1867 Ruhe	19. Dec. 1866 Ruhe	30. Jan. 1867 Ruhe
Kohlensäure	Ausgeschiedene Kohlensäure:														
Tag	427	—	379	930	533	539	527	885	828	580	596	508	522	481	396
Nacht	312	360	316	257	379	404	403	400	306	423	442	331	—	451	299
24 Stunden	738		695	1187	912	943	930	1285	1134	1003	1038	839		932	695
Wasser	In der Respiration ausgeschiedenes Wasser:														
Tag	444	—	463	1425	344	534	446	1095	1035	696	644	566	681	535	469
Nacht	385	428	351	352	484	475	511	947	377	414	563	359	—	536	434
24 Stunden	829		814	1777	828	1009	957	2042	1412	1110	1207	925		1071	903
Sauerstoff	Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff:														
Tag	450	—	420	922	235	469	418	295	795	632	566	523	556	397	379
Nacht	330	339	323	150	474	450	449	660	211	218	310	285	—	453	222
24 Stunden	780		743	1072	709	919	867	955	1006	850	876	808		850	601
Harnstoff	Ausgeschiedener Harnstoff:														
Tag	15.9	—	14.4	11.9	21.5	17.8	19.2	20.1	18.9	23.2	31.3	16.5	13.7	18.5	20.0
Nacht	10.9	14.7	11.9	13.1	15.7	17.6	18.0	16.2	18.4	32.6	38.4	11.2	—	20.3	18.6
24 Stunden	26.8		26.3	25.0	37.2	35.4	37.2	36.3	37.3	55.8	69.7	27.7		38.8	38.6
Verhältnisszahl	Auf 100 aus der Luft aufgenommenem Sauerstoff erscheint Sauerstoff in der Kohlensäure:														
Tag	69	—	66	73	175	84	92	218	67	67	77	71	69	88	76
Nacht	69	77	71	124	58	65	65	44	106	141	104	84	—	72	101
24 Stunden	69		68	80	94	74	78	98	82	90	86	75		80	84

Auf diese die absoluten Werthe enthaltende Tabelle folgt die Respirationstabelle II, welche die Werthe in relativen Verhältnissen angibt. Aus ihr ersieht man, wie viel von 100 Kohlensäure, Wasser, Sauerstoff und Harnstoff auf die erste Hälfte (den Tag), wie viel auf die zweite Hälfte des Versuches (die Nacht) kommen. Die zwei halbtägigen Versuche VI und XIII sind hier natürlich ausser Betracht geblieben.

Respirations-Tabelle II.

Mann Nr. I.													Mann Nr. II.
Versuchs-Nummer.	Hunger.			Mittlere Kost.					Eiweissreiche Kost.		Eiweiss freie Kost.	Gleiche Kost Morgens u. Abends.	Mittlere Kost.
	I	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIV	XV
Zeit und Beschäftigung	11. Dec. 1866 Ruhe	14. Dec. 1866 Ruhe	22. Dec. 1866 Arbeit	31. Juli 1866 Ruhe	18. Dec. 1866 Ruhe	27. Dec. 1866 Ruhe	3. Aug. 1866 Arbeit	29. Dec. 1866 Arbeit	2. Jan. 1867 Ruhe	4. Jan. 1867 Ruhe	7. Jan. 1867 Ruhe	19. Dec. 1866 Ruhe	30. Jan. 1867 Ruhe
Kohlensäure-Procente	Von 100 ausgeschiedener Kohlensäure kommen auf Tag und Nacht:												
bei Tag	58	55	78	58	57	57	69	73	58	58	61	52	57
„ Nacht	42	45	22	42	43	43	31	27	42	42	39	48	43
Wasser-Procente	Von 100 in der Respiration ausgeschiedenem Wasser kommen auf Tag und Nacht:												
bei Tag	54	57	82	42	53	47	54	73	63	53	61	50	52
„ Nacht	46	43	18	58	47	53	46	27	37	47	39	50	48
Sauerstoff-Procente	Von 100 in der Respiration aufgenommenem Sauerstoff kommen auf Tag und Nacht:												
bei Tag	58	57	86	33	51	48	31	79	74	65	65	47	64
„ Nacht	42	43	14	67	49	52	69	21	26	35	35	53	36
Harnstoff-Procente	Von 100 ausgeschiedenem Harnstoff kommen auf Tag und Nacht:												
bei Tag	59	54	48	58	50	51	54	51	42	45	61	48	52
„ Nacht	41	46	52	42	50	49	46	49	58	55	39	52	48

Zu dieser Trennung der Versuche in zwei Zeithälften wurden wir veranlasst, weil es uns nothwendig schien während der Zeit der Ruhe oder der Arbeit, des Wachens oder Schlafens die quantitativen Unterschiede in der Kohlensäure- und Wasser-Ausgabe kennen zu lernen.

Betrachten wir die einzelnen Grössen der Reihe nach.

Die Kohlensäure sehen wir am Tag sowohl bei Ruhe als bei Arbeit, im Hunger und bei verschiedener Kost ausnahmslos in einem grösseren Verhältniss als in der Nacht erscheinen, was theils von den vermehrten Bewegungen, theils von der Zufuhr der Nahrung in diesem Zeitabschnitt herrührt. Nehmen wir die Versuchstage ohne Arbeit, so ergibt sich das merkwürdige Resultat, dass das relative Verhältniss zwischen Tag und Nacht bei Hunger und verschiedener Kost, also bei verschiedenen absoluten Mengen, die aus Tabelle I zu ersehen sind, wesentlich gleich bleibt; eine Ausnahme machen nur der Versuch XII mit eiweissfreier Kost, und der Versuch XIV mit gleicher Vertheilung der Kost auf zwei Hälften. Bei den übrigen Versuchen zeigen sich die Verhältnisse

$$\frac{58}{42} \cdot \frac{55}{45} \cdot \frac{58}{42} \cdot \frac{57}{43} \cdot \frac{57}{43} \cdot \frac{58}{42} \cdot \frac{58}{42} \cdot \frac{57}{43}$$

Der Versuch XIV nähert sich diesem Rythmus noch etwas an, man erkennt daran sowohl den Einfluss von Tag und Nacht, als auch den der Mahlzeit, welche ebenso wie die gesteigerte Bewegung während des Wachens eine zeitliche Vermehrung der Kohlensäureausgabe bedingt. Auch durch eine ganz gleiche Vertheilung der Kost auf die zwei Zeithälften des Versuches gelingt es nicht, die von der grösseren Thätigkeit herrührenden Respirationsdifferenzen zwischen Tag und Nacht ganz zum Verschwinden zu bringen. Vorgreifend bemerken wir, dass nur die Wasserabgabe sich dadurch ausgeglichen hat.

Bei Kranken ändert sich dieser Rythmus beträchtlich. Wir haben einen Leukämiker bei mittlerer Kost untersucht, welcher seine Nahrung vollständig in den ersten 12 Stunden (am Tag) zu sich nahm und folgende Zahlen erhalten:

Tageszeit	Ausgeschiedene			Aufgenommener Sauerstoff.
	Kohlensäure.	Wasser.	Harnstoff.	
Tag	481	322	15.2	346
Nacht	499	759	21.7	329
24 Stunden	980	1081	36.9	675

Hier mangelt der Unterschied in der Kohlensäureausscheidung zwischen Tag und Nacht gänzlich, obschon der Mann seine ganze Nahrung in der ersten Hälfte des Versuches im wachen Zustande genoss und in der zweiten fastete, im Bette lag, und 6 Stunden schlief.

Auffallend ist das Verhältniss der Kohlensäure beim Gesunden im Versuche XII mit eiweissfreier Kost. Die absoluten Mengen, die aus der Respirationstabelle I zu ersehen sind, erscheinen sowohl für den Tag als für die Nacht nicht grösser, sondern kleiner als bei gewöhnlicher mittlerer Kost, aber das relative Verhältniss in Tabelle II zeigt eine viel grössere Schwankung und nähert sich dem Verhältnisse, welches wir bei mittlerer Kost und Arbeit finden werden. Dieser Versuch ist überhaupt dadurch einzig und merkwürdig, dass das Verhältniss $\frac{61}{39}$ nicht nur bei der ausgeschiedenen Kohlensäure, sondern auch beim Wasser und beim Harnstoff genau dasselbe geblieben, ja auch beim Sauerstoff $\frac{65}{35}$ nicht viel verändert worden ist.

Ein ganz anderer Rythmus als bei Ruhe zeigt sich für die Kohlensäure von Tag und Nacht bei den drei Arbeitsversuchen, sowohl bei Hunger (IV), als bei mittlerer Kost (VIII und IX). Beim Hunger finden wir $\frac{78}{22}$, bei mittlerer Kost $\frac{69}{31}$ und $\frac{73}{27}$, so dass die Differenz zwischen Tag und Nacht dreimal grösser ist, als an den Ruhetagen. Unterschiede zwischen Arbeit und Ruhe, wie sie nach E. Smith von Fick und Wislicenus angenommen werden, wonach bei Arbeit selbst 10 mal so viel Kohlensäure aus-

geschieden werden soll, als in der Ruhe, erscheinen also auch bei Trennung der Arbeitsversuche in Tag und Nacht nicht wahrscheinlich.

Interessant ist noch, die Kohlensäuremengen, welche bei jedem einzelnen Versuche in der Nacht ausgeschieden wurden, unter sich zu vergleichen. Bei den Hungerversuchen (I, III und IV) haben wir 312, 316 und 257, mithin die geringste Menge nach vorausgegangener Arbeit (Nro. IV). Bei mittlerer Kost (Versuche Nro. V, VI, VII, VIII, IX) 379, 404, 403, 400 und 306, auch hier wieder die geringste Zahl bei einem Arbeitsversuche (Nro. IX.)

Bei eiweissreicher Kost kommt in der Nacht entschieden mehr Kohlensäure, als bei mittlerer Kost (423 und 442), und bei eiweissfreier Kost dagegen viel weniger (331). Bei eiweissfreier Nahrung sinkt, da die Kohlehydrate leicht aufgenommen und bereits am Tage unter Bildung von viel Kohlensäure zersetzt werden, die Kohlensäureausscheidung in der Nacht nahezu auf den Betrag bei den Hungerversuchen herab. Merkwürdig ist, dass ein Kranker mit Diabetes mellitus, der wie Eingangs erwähnt zu dieser Reihe von Untersuchungen Anlass gab, bei reichlicher Ernährung den Zucker im Harne in einem Verhältnisse bei Tag und Nacht ausschied, wie der Gesunde die Kohlensäure, wenn er nur eiweissfreie Kost (Kohlehydrate und Fett) genießt. Wir fanden z. B. beim Diabetiker:

Tageszeit	Ausgeschiedene				Aufgenommener Sauerstoff.
	Kohlensäure.	Wasser.	Harnstoff.	Zucker.	
Tag	359	308	29.6	246	278
Nacht.	300	303	20.2	148	294
24 Stunden	659	611	49.8	394	572

Es erscheinen, die Gesamtmenge des ausgeschiedenen Zuckers als 100 genommen, am Tag 62, bei Nacht 38%. Dass die Ergebnisse des Versuches XII kein Zufall sind, ist durch den halbtägigen Versuch XIII erwiesen, welcher als unmittelbare Fortsetzung von XII zur Controle dient. Sowohl in Kohlensäure als in Wasser und

Sauerstoff verhalten sich die beiden ersten Tageshälften ganz ähnlich. Um weitere Schlüsse daraus zu ziehen, ist die Anzahl der Versuche mit eiweissfreier Kost zu gering, aber wir können wohl aussprechen, dass in dieser Richtung Thatsachen liegen, welche fernere Untersuchungen lohnen werden.

Das Wasser, welches in der Respiration bei Tag und Nacht ausgeschieden wird, gibt vorläufig nur zu wenigen Betrachtungen Anlass. Im Ganzen reiht es sich unverkennbar dem Rythmus der Kohlensäureausscheidung an, obschon es nicht selten grössere Störungen erleidet. Die grosse Rolle, welche die Wasserabgabe durch Haut und Lungen für unsere Gesundheit spielt, zu ergründen, ist ein Ziel der Respirationsversuche, das mit Ausdauer verfolgt werden muss, bis zu dem wir aber noch eine weite Strecke zurückzulegen haben. Ein Verhältniss z. B. wie es bei Leukämie von uns gefunden worden ist, wo in der Perspiration am Tage nur 29, in der Nacht hingegen 71% der auf 24 Stunden kommenden Wassermenge abgegeben worden sind, ist beim Gesunden unter keinerlei Umständen auch nur annähernd beobachtet worden. Wir glauben, dass hierin die Untersuchung abnormer oder krankhafter Zustände mit der Zeit viel Wichtiges liefern wird.

Mannigfache Aufschlüsse geben die Zahlen für den aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff bei Tag und Nacht. Unsere ersten Versuche hierüber am normalen Menschen (V und VIII) im Sommer 1866 zeigten eine ganz unerwartete, sehr bedeutende Verschiebung in der Zeit der Sauerstoffaufnahme und der Entwicklung derselben als Kohlensäure. Nach diesen ersten beiden Versuchen und nach einer später anzuführenden Reihe von 22 Versuchen an Ochsen von Henneberg konnte man denken, es beschränke sich dieser Antagonismus zwischen Kohlensäureabgabe und Sauerstoffaufnahme wesentlich auf zwei Zustände, von denen der eine am Tage während des Wachens, der andere in der Nacht während vollständiger Ruhe und während des Schlafens sich geltend mache. Die Fortsetzung unserer Versuche hat uns gezeigt, dass dieser unerwartete Antagonismus thatsächlich bestehe, dass er aber nicht lediglich in die zeitlichen Gränzen von Tag und Nacht, oder Wachen und Schlafen eingeschlossen sei.

Im Hungerzustande (Versuch I bis IV), sowohl bei Ruhe als bei Arbeit, tritt ein derartiger Antagonismus zwischen Tag und Nacht nicht hervor, sondern es folgt die Sauerstoffaufnahme ganz unverkennbar dem Rythmus der Kohlensäureabgabe, wie aus den Procentzahlen in der Respirations-Tabelle II zu ersehen ist:

Kohlensäure	$\frac{58}{42}$	\cdot	$\frac{55}{45}$	\cdot	$\frac{78}{22}$,
Sauerstoff	$\frac{58}{42}$	\cdot	$\frac{57}{43}$	\cdot	$\frac{86}{14}$	

Sowie aber mittlere Kost gereicht wurde, zeigte sich dieser Parallelismus wieder gestört. Am grössten erscheint die Störung in den Versuchen V und VIII im Sommer, wo bei Nacht nahezu so viel Sauerstoff aufgenommen, als während des Tags abgegeben wird; sie tritt aber auch bei den Versuchen VI und VII im Winter merklich hervor. Beim Versuche VI erschienen am Tage 57, bei der Nacht 43 Procent Kohlensäure, während bei Tag nur 51 und bei Nacht 49 Procent Sauerstoff aufgenommen wurden. Beim Versuche VII blieb das Verhältniss der Kohlensäure bei Tag und Nacht das nämliche $\frac{57}{43}$, wie im vorhergehenden; aber der Sauerstoff zeigt umgekehrt das Verhältniss $\frac{48}{52}$.

Im Versuche XIV, bei dem eine etwas eiweissreichere Kost gleichheitlich zu Anfang der beiden Tageshälften gereicht wurde, wo man also, wenn nicht Gleichheit, doch einen Parallelismus zwischen Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe erwarten sollte, dreht sich das Verhältniss der Procentzahlen nahezu um, indem die Kohlensäure $\frac{52}{48}$ und der Sauerstoff $\frac{47}{53}$ zeigt.

Von grosser Bedeutung sind die Versuche X und XI mit sehr eiweissreicher Kost. Die Kohlensäure gab zwischen Tag und Nacht beide Male genau das Verhältniss wie die Ruheversuche mit Hunger und mittlerer Kost, nämlich $\frac{58}{42}$; aber der Sauerstoff weicht sehr von diesem Verhältnisse ab und zeigt ähnlich den Arbeitsversuchen $\frac{74}{26}$ und $\frac{65}{35}$. Der Mann erhielt diese Kost das erste Mal am 2. Januar, wo er im Respirationsapparate war; sie wurde ihm auch am 3. und 4. Januar gereicht, an welchem letzteren Tage er sich wieder im Apparat aufhielt. Aus den Harnstoffzahlen (siehe

Tabelle I) erkennt man, dass er beim Versuche X sich noch nicht mit dem Eiweissgehalt seiner Nahrung im Gleichgewichte befand, was aber beim Versuche XI nahezu der Fall war, wo der Stickstoff in der Nahrung und der Stickstoff in Harn und Koth während 24 Stunden sich fast decken. Aus diesen beiden Versuchen geht zur Evidenz hervor, dass die Kohlensäure der Nacht zum grossen Theil mit dem Sauerstoff gebildet wurde, der den Tag über aufgespeichert worden war; denn am Tage war mehr Sauerstoff eingetreten als bei den übrigen Ruheversuchen. Im Versuche X kommen in der Nacht auf 423 Grmm. Kohlensäure nur 218 Grmm. aufgenommener Sauerstoff; die Kohlensäure allein enthält bereits über 300 Grmm. Sauerstoff, und um 423 Grmm. Kohlensäure aus Fleisch und Fett, welche die Hauptbestandtheile der Nahrung bei diesem Versuche bildeten, zu erzeugen, sind mindestens 380 Grmm. Sauerstoff nöthig.

Wichtig ist noch der Versuch XV mit dem Manne Nr. II, auf den die Kost, die wir mittlere nennen, und welche den 70 Kilo schweren, kräftigen Mann Nr. I auf seinem Körpergewichte erhielt, in manchen Beziehungen ähnlich wirken musste, wie die eiweissreiche Kost in den Versuchen X und XI auf den Mann Nr. I. In den beiden Versuchen X und XV ergibt sich in der That die kleinste Zahl für die Sauerstoffaufnahme während der Nacht, die überhaupt bei Ruhe je vorkommt, nämlich 218 und 222 Grmm. Wenn man in Tabelle I die absoluten Mengen Kohlensäure und Sauerstoff in der Nacht bei dem Versuche XV vergleicht, so zeigt eine einfache Rechnung, dass der aufgenommene Sauerstoff eben hinreicht, um die wirklich beobachtete Kohlensäuremenge zu bilden; da aber neben dem Kohlenstoff jedenfalls noch Wasserstoff oxydirt wurde, so ist es nicht anders möglich, als dass ein Sauerstoffvorrath dazu verwendet worden ist.

Ziemlich sichere Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Frage, ob sich die Aufspeicherung von Sauerstoff auch über die beiden Tageshälften eines Versuches hinaus erstrecken könne, gewähren die 24stündigen Stoffwechselgleichungen, wenn man die berechnete und die gefundene Sauerstoffmenge mit einander vergleicht.

Bezeichnung der Versuche.	Sauerstoffaufnahme		Differenz in Procenten.	Bemerkung.
	berechnet.	gefunden.		
Ruheversuche.				
Hunger I	731	780	+ 6	Die Differenz zeigt an, wie viel die gefundene Sauerstoffmenge grösser oder kleiner als die berechnete ist.
„ III	689	743	+ 7	
Mittlere Kost V	765	709	— 8	
„ „ VI	798	919	+ 13	
„ „ VII	781	867	+ 10	
„ „ XV	541	601	+ 9	
Eiweissreiche Kost X . .	820	850	+ 3	
„ „ XI	845	876	+ 3	
Gleiche Kosthälfte XIV .	809	850	+ 5	
Eiweissfreie Kost XII . .	668	808	+ 17	
Arbeitsversuche.				
Hunger IV	1192	1071	— 11	
Mittlere Kost VIII . . .	1146	945	— 20	
„ „ IX	994	1006	+ 1	

Wir haben Eingangs unsern Maximalfehler für die Bestimmung des Sauerstoffs zu 10% angegeben. Es können also jedenfalls jene Fälle in Betracht kommen, in denen die Differenz 10% übersteigt. Das sind die Ruheversuche VI und XII, wo sich ein Plus ergibt, und die Arbeitsversuche IV und VIII, wo sich ein Minus ergibt. Dieses Ergebniss harmonirt sehr schön mit der Annahme einer Aufspeicherung von Sauerstoff, wie sie sich bei Vergleichung der beiden Tageshälften bereits herausgestellt hat. Bei den Ruheversuchen wird häufig mehr Sauerstoff aufgenommen als ausgegeben, bei den Arbeitsversuchen wird offenbar ein Sauerstoffvorrath im Körper verwendet, der während der Arbeit nicht gleich wieder ersetzt wird; bei dem Versuche VIII beträgt diese Differenz ein Fünftel der ganzen Menge.

Auf diese Aufspeicherung von Sauerstoff haben schon seit Langem manche Thatsachen mit aller Bestimmtheit hingedeutet. Die Untersuchungen von Regnault und Reiset enthalten eine zuerst von F. Sacc gemachte, später von Valentin¹⁾ bestätigte Beob-

¹⁾ Valentin, Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere in Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre Bd. II, S. 302.

achtung über den Winterschlaf der Murmelthiere, welche trotzdem, dass sie beständig Wasser und Kohlensäure an die umgebende Luft verlieren, nicht selten zwischen zwei Wägungen, wenn in diesem Zeitraum nicht gerade eine Harn- oder Kothentleerung erfolgt ist, eine Zunahme am Körpergewicht zeigen.

Was sich bei hungernden und schlafenden Murmelthieren zeigt, haben Regnault und Reiset auch beim hungernden Kaninchen und Hunde gefunden, und das nämliche hat sich nun auch beim Menschen ergeben, wie die Betrachtung der Verhältnisszahlen in der Respirationstabelle I klar hervortreten lässt, und wie wir bereits oben näher ausgeführt haben.

Die Versuche von Regnault und Reiset über die Respiration der Grasfresser, sowie unsere Versuche über die Fleischfresser hatten gezeigt, dass binnen 24 Stunden sehr regelmässige und constante Verhältnisse zwischen der Menge des aus der Luft aufgenommenen Sauerstoffes und der aus dem Blute ausgeschiedenen Kohlensäure je nach der Zusammensetzung der Nahrung sich ergeben. Wir haben auf diese Art eine sehr wohl zusammenstimmende Gleichung für die Einnahmen und Ausgaben eines 30 Kilo schweren Hundes bei reiner Fleischnahrung schon früher aufgestellt.¹⁾ Es gelang uns im Einzelnen nachzuweisen und zu zeigen, wie der Hund, nachdem er mit seiner Kost im Gleichgewicht war, mit ihr täglich alle seine Körperausgaben in Harn und Koth sowie in Respiration und Perspiration bestritt, wie viel er dazu Sauerstoff aus der Luft nöthig hatte und wirklich aufnahm. Wir sehen jetzt ein, dass Regnault und wir bloss deshalb constante Resultate für die Respirationsprodukte erhielten, weil wir einen so langen Zeitraum der Untersuchung unterworfen hatten. Hätten wir nur eine, oder 6, oder selbst 12 Stunden untersucht und nicht summarisch die innerhalb 24 Stunden, innerhalb Tag und Nacht wechselnden Zustände in unsere Beobachtung eingeschlossen gehabt, so hätten wir nicht die mindeste Uebereinstimmung zwischen Einnahmen und Ausgaben des Körpers erwarten dürfen, was auch andere Forscher bereits erfahren haben, die nur sehr kurze Zeiträume und nicht 24 Stunden beobachtet haben.

¹⁾ Annalen d. Chem. u. Pharmaz. 1862. 2. Suppl. Bd. S. 361.

Sezelkow¹⁾ hat unter Ludwig's Leitung höchst geistreiche Versuche über den Gasaustausch in verschiedenen Organen an Kaninchen angestellt und die in gleichen Zeiten aufgenommenen Mengen Sauerstoff und ausgeschiedenen Mengen Kohlensäure während 10 bis 20 Minuten lang beobachtet. Ludwig wusste aus den Versuchen von Regnault und Reiset mit aller Bestimmtheit, dass bei Kaninchen in 24 Stunden entsprechend der Zusammensetzung ihrer Nahrung durchschnittlich so viel Volume Kohlensäure ausgeschieden, als Sauerstoff aufgenommen werden, dass mithin dem Gewichte nach der in der Kohlensäure ausgeschiedene Sauerstoff genau so viel betragen muss, wie der durch die Lungen aufgenommene Sauerstoff. Sezelkow, dessen Versuche 10 bis 20 Minuten währten, hat äusserst selten dieses Verhältniss von 100 zu 100 gefunden, sondern meistens ein grösseres oder kleineres, und zwar in solchem Grade, dass die Verhältnisszahl von 100 bis 40 abwärts und 131 aufwärts schwankt. Ganz ähnliche Resultate hat eine neuere Arbeit in dieser Richtung von Kowalewsky²⁾ unter Ludwig's Leitung ergeben.

Wir hatten beim Hunde, wenn wir die Untersuchung 24 Stunden lang fortsetzten, gefunden, dass die Zahl, welche das Verhältniss zwischen dem aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff und dem in der ausgeschiedenen Kohlensäure enthaltenen ausdrückt, bei reiner Fleischkost 100 zu 82 ist, während die Rechnung 81.4 verlangt. Tritt neben Fleisch (oder Eiweiss) auch Fett in die Verbrennung ein, so verringert sich die Verhältnisszahl für den Sauerstoff in der Kohlensäure; treten daneben Kohlenhydrate ein, so erhöht sie sich. Bei Fett allein würden wir die Zahl 73, bei Zucker oder Stärke allein 100 haben. Die Zahl kann sich, wie wir früher gezeigt haben³⁾, beim Hunde bei reichlicher Beimischung von Stärke oder Zucker zum Fleische und unter gewissen Verdauungszuständen be-

1) Sitzungsberichte der mathemat. naturwissenschaftl. Classe der k. k. Akademie zu Wien, Jahrgang 1862 Bd. 45 Abth. II S. 171.

2) Berichte der k. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, mathemat.-phys. Classe, Sitzung vom 30. Mai 1866.

3) Pettenkofer und Voit: Ueber die Ausscheidung von Wasserstoffgas bei der Ernährung des Hundes mit Fleisch und Stärkemehl oder Zucker. Sitzungsberichte, Jahrgang 1862 Bd. II S. 88.

trächtlich, selbst bis zu 140 erheben, in dem Maasse als die Kohlenhydrate zur Entwicklung von Wasserstoffgas und Grubengas Veranlassung geben.

Nimmt man aber unter normalen Zuständen nicht 24 Stunden zusammen, sondern nur eine Tageshälfte, so findet man Verhältnisszahlen, die ohne Berücksichtigung der andern Tageshälfte in Bezug auf die Zusammensetzung der Nahrung ohne allen Zusammenhang, ja geradezu absurd erscheinen. Setzt man z. B. bei dem Ruheversuch V am 31. Juli dieses Verhältniss an, so findet man, dass auf 100 am Tag aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff 165 schon bloss in der ausgeschiedenen Kohlensäure enthalten sind, hingegen in der Nacht nur 58. Im Arbeitsversuche VIII am 3. August werden am Tag auf 100 aufgenommenen Sauerstoff sogar 218 Sauerstoff mit der Kohlensäure ausgeschieden, in der Nacht hingegen nur mehr 44.

Ludwig ist geneigt, trotz des Nichterscheinens der Kohlensäure doch eine mit der Sauerstoffaufnahme gleichmässig fortschreitende Bildung derselben für möglich zu halten, und deren nicht momentan Erscheinens in der Respiration durch eine zeitweise Zurückhaltung im Blute und in den Organen zu erklären, etwa so, dass während der 10 oder 20 Minuten, welche der Versuch dauert, so viel Kohlensäure gebildet, aber zurückgehalten würde, als in darauffolgenden 10 oder 20 Minuten wieder mehr ausgeschieden werden könnte. Unsere Versuche aber zeigen, dass es sich unter Umständen um eine solche Aufspeicherung von Sauerstoff handelt, dass dessen Aequivalent Kohlensäure im Körper unmöglich so lange zurückgehalten werden könnte, jedenfalls ist dies nicht beim gesunden Menschen der Fall, bei dem die Differenz in der Menge und in der Zeit manchmal zu gross ist.

Bei kranken, oder verwundeten Organismen, bei Vivisektionen oder unter sonstigen abnormen Umständen kann vielleicht die Erklärung von Ludwig richtig sein; dass es aber wie beim gesunden Menschen auch bei gesunden Thieren ist, wenn sie unter normalen Umständen leben und athmen, hat Henneberg bereits in einer Reihe von Untersuchungen an grossen Wiederkäuern klar bewiesen.

Die landwirthschaftliche Versuchsstation in Weende bei Göttingen hat bekanntlich einen Respirationsapparat nach dem Muster des hiesigen gebaut, nur mit einer viel grösseren und anders eingerichteten Kammer, welche ausgewachsene Rinder aufzunehmen gestattet. Henneberg machte im Sommer des Jahres 1865, unterstützt von seinen beiden Assistenten Dr. Kühn und Dr. Hugo Schultze, bereits mehrere Reihen von Versuchen an zwei Ochsen, die 11 bis 12 Stunden im Respirationsapparate beobachtet wurden, und zwar ausschliesslich während der Tagstunden; von den 22 Versuchen wurde kein einziger bei Nacht angestellt. Henneberg gieng von dem nach dem Stande unseres bisherigen Wissens ganz gerechtfertigten Grundsatz aus, dass es bei dem scheinbar gleichmässig verdauenden Rinde gewiss genügend sein müsse, eine Respirationsbeobachtung 12 Stunden andauern zu lassen, und um die Grösse für 24 Stunden zu erhalten, das Resultat mit 2 zu multipliciren. Bisher hatte man sich ja vielfach mit Zeiträumen von weniger als einer Stunde begnügt und vom Resultat viel kürzerer Zeiträume auf 24 Stunden geschlossen. Die Zahlen, welche Henneberg für die während 12 Stunden (Tag) ausgeschiedene Kohlensäuremenge und den aufgenommenen Sauerstoff fand, konnten weder mit den Zahlen von Regnault und Reiset für Grasfresser, noch mit den Zahlen von uns für Fleischfresser in irgend eine vernünftige Beziehung oder in Zusammenhang gebracht werden; sie erschienen von unserm bisherigen Standpunkte aus betrachtet geradezu als räthselhafte Absurditäten, und es wurde die Fortsetzung der Versuche zur Lösung dieser Räthsel auf später verschoben.

Wir geben hier aus den Weender Versuchen von 1865 mehrere Zahlen, die uns Henneberg inzwischen zu diesem Zwecke mitgetheilt. Bei einem Ochsen I mit 640 Kilo mittlerem Körpergewicht wurden drei, bei einem andern Ochsen II mit 710 Kilo mittlerem Gewicht wurden fünf Fütterungsreihen angestellt. Bei jeder Reihe wurden mindestens zwei, öfter auch drei, einmal selbst vier Respirationsversuche gemacht, und das Mittel daraus genommen. Die Gewichte in der folgenden Tabelle sind als Gramme zu verstehen.

Weender Respirations-Versuche 1865.

Fütterungsreihen.	Innerhalb 24 Stunden			Respirationsproducte innerhalb 12 Tag-Stunden								
	Verzehrtes Futter	Verdaute Nährstoffe (Futter minus Koth),	Harnstoff-Äquivalent des Stickstoffs im Harn.	Anzahl der Versuche.	Mittlere Temperatur ° R.	Ausgeschieden				Aufgenommener Sauerstoff.	Sauerstoff in der aus- geschiedenen Kohlen- säure.	Auf 100 aufgenommenen Sauerstoff kommen Sauerstoff in der Koh- lenstärke.
Ochs I.												
1. Vom 18. Mai bis 18. Juni 1865	4095 Kleeheu, 4910 Haferstroh, 235 Bohnenschrot, 1420 Stärke, 475 Rohrzucker, 170 Salz, 35875 Wasser — (bei 638 Kilogramm. mittlerem Körpergewicht)	345 N-haltig 5045 N-frei	128	2	14.8	3728	4480	25	—	2073	2710	131
2. Vom 23. Juni bis 3. Juli	4385 Kleeheu, 5260 Haferstroh, 75 Kochsalz, 31600 Wasser — (bei 643 Kilogramm. mittlerem Körpergewicht)	405 N-haltig 3620 N-frei	139	3	16.6	2985	3665	28	—	1255	2170	173
3. Vom 14. bis 19. August	4435 Kleeheu, 5320 Haferstroh, 75 Kochsalz, 31975 Wasser — (bei 660 Kilogramm. mittlerem Körpergewicht)	375 N-haltig 3650 N-frei	128	3	17.3	3210	3480	23	28	1610	2335	145
Ochs II.												
4. Vom 26. Mai bis 11. Juni	4960 Kleeheu, 5950 Haferstroh, 3620 Bohnenschrot, 1240 Stärke, 75 Kochsalz, 55775 Wasser — (bei 697 Kilogramm. mittlerem Körpergewicht)	1220 N-haltig 6230 N-frei	342	2	16.2	4638	5310	25	—	1745	3373	193
5. Vom 18. bis 27. Juni	4955 Kleeheu, 5950 Haferstroh, 250 Bohnenschrot, 1985 Stärke, 180 Salz, 44700 Wasser — (bei 701 Kilogramm. mittlerem Körpergewicht)	405 N-haltig 5585 N-frei	171	4	17.6	4158	4851	28	—	1855	3025	163
6. Vom 3. bis 13. Juli	4970 Kleeheu, 5965 Haferstroh, 200 Bohnenschrot, 3230 Stärke, 180 Salz, 51100 Wasser — (bei 715 Kilogramm. mittlerem Körpergewicht)	405 N-haltig 6085 N-frei	128	3	20.4	4505	6955	25	—	2490	3278	132
7. Vom 20. Juli bis 7. August	5000 Kleeheu, 6000 Haferstroh, 3700 Bohnenschrot, 75 Koch- salz, 56100 Wasser — (bei 713 Kilogramm. mittlerem Körper- gewicht)	1280 N-haltig 5505 N-frei	364	3	16.0	4898	5580	15	—	1378	3563	259
8. Vom 14. bis 30. August	4935 Kleeheu, 5980 Haferstroh, 3640 Bohnenschrot, 1245 Stärke, 75 Kochsalz, 56100 Wasser — (bei 726 Kilogramm. Körper- gewicht)	1220 N-haltig 6300 N-frei	310	2	16.2	5248	5423	25	20	1723	3818	222

Aus diesen zahlreichen Versuchen geht klar hervor, dass die am Tag ausgeschiedene Kohlensäure viel mehr Sauerstoff enthält, als dem zu gleicher Zeit aufgenommenen Sauerstoff entspricht. Bei diesen Versuchen fällt auch die Möglichkeit hinweg, die oft so bedeutende Ueberschreitung der mittleren Verhältnisszahl von 100, welche bei Grasfressern die Regel ist, etwa auf Kosten der Bildung einer ganz abnormen Menge Wasserstoff oder Grubengas zu erklären, denn beide Gase sind ja stets bestimmt worden und haben sich in so geringer Menge bemerkbar gemacht, dass damit nichts erklärt werden könnte. Da der Maximalfehler des Weender Apparates, der bei diesem wegen seiner Dimensionen und der grossen Ventilation für einen Ochsen grösser als beim hiesigen ist, durch Controlversuche ermittelt ist, aber auch nicht entfernt die beobachteten Schwankungen der Verhältnisszahl erklärt, so bleibt nichts übrig, als anzunehmen, dass der am Tag in Form von Kohlensäure erscheinende Sauerstoff grösstentheils in der vorausgehenden Nacht aufgenommen war. Henneberg wird die Versuche nun wieder aufnehmen und auch die zweite Hälfte des Tages, während das Thier bei Nacht ruht, untersuchen.

Die Weender Zahlen sind aber jetzt schon vom grössten Werthe. Wenn man die sämmtlichen Verhältnisszahlen der verschiedenen Fütterungsreihen mit den Zahlen vergleicht, welche in der Rubrik für den in 24 Stunden durch die Nieren ausgeschiedenen Stickstoff, der der Einheit wegen auf Harnstoff berechnet angegeben ist, und als ein zuverlässiges Maass für die in 24 Stunden umgesetzten stickstoffhaltigen, eiweissartigen Bestandtheile des Futters angesehen werden darf, so leuchtet sofort eine innige Beziehung zwischen beiden Rubriken hervor. Ganz ausnahmslos zeigt sich nämlich bei jedem Thier und bei jedem Versuche, dass die Verhältnisszahl mit der Harnstoffzahl steigt und fällt. In Worten ausgedrückt heisst das soviel, als: mit der Vermehrung des Eiweisses in der Nahrung steigt die Fähigkeit des Körpers, zu gewissen Zeiten Sauerstoff aufzuspeichern.

Diese merkwürdige Thatsache stimmt namentlich sehr gut zu unsern Versuchen X und XI mit eiweissreicher Kost am Menschen, welche den Rythmus der Sauerstoffaufnahme gegenüber dem der

Kohlensäureabgabe so beträchtlich auch schon am Tage zu ändern vermochte. Warum bei den 22 Versuchen von Henneberg mit Ochsen die Zeit der Sauerstoffaufspeicherung so ausschliesslich auf die Nacht fällt, während sie beim Menschen mit eiweissreicher Kost auch am Tage eintritt, wird die Fortsetzung der Versuche in Weende und in München entscheiden; uns scheint die Menge der verdauten Eiweisskörper und die Zeit ihres Ueberganges in den Säftestrom maassgebend zu sein. Durch die Frage ob bei Tag oder Nacht, wird das Wesen der Sache nicht im mindesten verändert und die physiologische und biologische Tragweite der Thatsache hat dadurch nur gewonnen, dass sie aus der anfangs etwas mystischen Beleuchtung zwischen Tag und Nacht, Wachen und Schlafen, in der wir sie selber nach den Versuchen V und VIII zuerst erblickten, namentlich durch die Versuche X und XI bereits in ein etwas helleres Licht getreten ist.

Unser Organismus besitzt im Zustande der Gesundheit wirklich die Fähigkeit, nicht nur während der Nacht, was vielleicht manchem Laien anziehender und fasslicher erscheinen möchte, sondern unter gewissen Bedingungen auch bei Tag einen Vorrath von Sauerstoff in sich zu sammeln, um ihn erst später zur Kohlensäurebildung zu verwenden. Es wird für alle Organe bestimmte Grade der Sättigung mit Sauerstoff geben, wie es einen für das Sauerstoff zuführende Organ, für das Blut, gibt. Aufgabe fernerer Forschung ist es, alle Umstände zu ermitteln, welche auf den zeitlichen Rythmus der Sauerstoffaufnahme von Einfluss sind; einstweilen begnügen wir uns, nachgewiesen zu haben, dass Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe bis zu einem gewissen Grade zeitlich von einander unabhängig sind, während man bisher allgemein das Gegentheil annahm.

Die Trennung der 24stündigen Versuche in zwei Zeithälften (Tag und Nacht) hat noch zwei Thatsachen von grosser Bedeutung ausser Zweifel gestellt, nämlich dass der hungernde Mensch in den 12 Tagesstunden bei Ruhe und Arbeit soviel Sauerstoff in sich aufnimmt, als zur Oxydation des umgesetzten Eiweisses und des im Kohlenstoff der Respiration austretenden Fettes nothwendig ist, und ferner dass an Arbeitstagen während der Arbeit auch nicht vorübergehend mehr Eiweiss zersetzt wird.

Die Stoffwechselgleichungen für 24 Stunden, die wir oben mitgetheilt, lassen sich nämlich theilweise auch für 12 Stunden herstellen, insoferne es kein ungleicher Zustand in der Verdauung unzulässig macht. Das sind also jedenfalls die Hungerversuche I, III, IV und Versuch XIV mit gleicher Vertheilung der Kost auf die zwei Tageshälften.

Im Versuch I haben wir einen Stickstoffverlust des Körpers am Tage von 6.83 Grmm., was 201 Grmm. frischem Fleische entspricht, welches trocken

C	25.0 Grmm.
H	3.5 „
O	10.3 „
N	6.83 „

enthält. In der Bilanz für den Tag finden sich aber 119.3* Grmm. Kohlenstoff ausgegeben, es sind mithin 94.33 Grmm. Kohlenstoff noch von einer andern kohlenstoffhaltigen Substanz genommen worden. Diese Kohlenstoffmenge entspricht 123 Grmm. Fett, welches nebst dem 14.64 Grmm. Wasserstoff und 14.27 Grmm. Sauerstoff enthält. Zieht man den gefundenen Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstoffgehalt des Harns von den Elementen des zersetzten Fleisches ab, so bleiben

20.75 Grmm. C
2.40 „ H
6.30 „ O

Addirt man hiezu die Elemente von 123 Grmm. Fett, so hat man

115.8 Grmm. C
17.04 „ H
20.57 „ O

Diese Menge Kohlenstoff und Wasserstoff bedarf 306.8 + 136.3, im Ganzen also 443.1 Grmm. Sauerstoff zur Verbrennung. Da aber in der Gruppe, die für die Respiration bleibt, schon 20.6 Grmm. Sauerstoff enthalten sind, so sind aus der Atmosphäre nur mehr 422.5 Grmm. aufzunehmen. Der Versuch I ergiebt am Tage eine Sauerstoffaufnahme von 450 Grmm. Es wäre hienach nur sehr wenig mehr Sauerstoff condensirt worden, als zur Verbrennung nothwendig ist, und man sieht, dass jedenfalls wesentlich nur Fleisch und Fett verbrannt sind.

Berechnet man in gleicher Weise die Bilanz für die Nacht, so ergeben sich aus Fleisch und Fett 83.78 Grmm. Kohlenstoff und 12.45 Grmm. Wasserstoff mit 13.99 Grmm. Sauerstoff für die Respiration, zu deren vollständiger Verbrennung 309 Grmm. Sauerstoff aus der Luft nöthig sind, während eine Aufnahme von 330 Grmm. beobachtet worden ist, was also wieder etwas zu viel ist. Das stimmt sehr genau mit unserm obigen Satze überein, dass hungernde Organismen in der Ruhe stets etwas mehr Sauerstoff aufnehmen, als zur Verbrennung ihrer der Zersetzung anheimfallenden Körpersubstanz nothwendig wäre, dass sie im Wesentlichen aber nur von Fleisch und Fett leben.

Für den Hungerversuch III berechnet sich am Tage eine Sauerstoffaufnahme von 391, während 419, also 28 Grmm. zu viel, beobachtet wurden. Für die Nacht-Hälfte berechnen sich 313, während 323, also 10 zu viel, beobachtet wurden.

Anders verhält sich Versuch IV, Hunger mit Arbeit. Da berechnen sich für den Tag 941 Grmm. Sauerstoff, während 922, mithin 19 zu wenig, aufgenommen wurden, es ist also am Tage während der Arbeit wie bei Ruhe eine Masse von der Zusammensetzung des Fleisches und Fettes oxydirt worden. Für die Nacht berechnet sich aber unter der Voraussetzung, dass nur Fleisch oder Fett zersetzt worden sind, eine Sauerstoffaufnahme von 255 Grmm., während nur 150, also 105 zu wenig, gefunden wurden. Um dieses Resultat zu erklären, muss man entweder eine vorausgegangene Aufspeicherung und Verwendung von Sauerstoff annehmen, oder man müsste annehmen, dass in der Nacht nach der Arbeit neben Eiweiss nicht nur Fett, sondern auch eine an Sauerstoff viel reichere Kohlenstoffverbindung verbrannt wäre, die weniger Sauerstoff erfordern würde.

Wir halten die letztere Deutung nicht gerade für völlig unmöglich, aber doch nicht für wahrscheinlich, da eine Sauerstoffaufspeicherung oder eine Zehrung von einem Vorrath daran nach unsern Versuchen feststeht und die an Sauerstoff reichere Verbindung sich keinesfalls während des Tages durch die Arbeit gebildet haben kann, weil am Tage die aufgenommene und berechnete Sauerstoffmenge genau übereinstimmen.

Während der Muskelbewegung ist also die Zersetzung quali-

tativ die nämliche wie bei der Ruhe, aber nach der Arbeit beobachteten wir mehr Sauerstoff in den gasförmigen Zersetzungsprodukten als unterdessen von Aussen aufgenommen worden ist; letzteres steht wohl in Zusammenhang mit der Beobachtung von Ludwig und Sezelkow, die das Gleiche bei der Muskelcontraction wahrnahmen.

Für den Versuch XIV mit den gleichen Kosthälften Morgens und Abends berechnen sich für den Tag 420 Grmm. Sauerstoff, während 397 beobachtet sind, für die Nacht 374, während 453 beobachtet sind; es hat somit während der Nacht eine nicht unbeträchtliche Aufspeicherung stattgefunden.

Dass bei der Arbeit nicht mehr Eiweiss zersetzt wird, als in der Ruhe, wird zwar jetzt bereits so allgemein angenommen und selbstverständlich gefunden, als es vor mehreren Jahren, als einer von uns diese unerwartete Thatsache zuerst fand, mit aller Heftigkeit und Zuversicht bestritten worden ist, — aber wir halten es doch nicht für überflüssig nochmals darauf hinzuweisen, weil die vorliegenden Versuche am normalen Menschen angestellt und der 24stündige Versuch stets in zwei 12stündige Beobachtungen zerfällt. Mit unsern gegenwärtigen Zahlen lässt sich direkt beweisen, dass bei der Arbeit weder im Ganzen, noch zeitweis eine gesteigerte Eiweisszersetzung auftritt. Die Harnstoffzahlen der drei Arbeitsversuche bei Tag und Nacht (Respirationstabelle I) sind $\frac{11.9}{13.1}$, $\frac{20.1}{16.2}$ und $\frac{18.9}{18.4}$. Das sind die gleichen Verhältnisse, welche man auch bei Ruhe beobachtet. Durchschnittlich kommt in der ersten Tageshälfte, wenn sich der Mensch mit einer Kost im Gleichgewicht befindet, und auch im Hunger etwas mehr Harnstoff als bei Nacht. Auffallend ist, dass bei den Versuchen mit mittlerer Kost, von denen zwei im Sommer und drei im Winter gemacht worden sind, sich offenbar ein verschiedener Rythmus in der Harnstoffausscheidung zwischen Tag und Nacht geltend macht: wir haben im Sommer $\frac{21.5}{15.7}$ und $\frac{20.1}{16.2}$, im Winter $\frac{17.8}{17.6}$, $\frac{19.2}{18.0}$ und $\frac{18.9}{18.4}$. Im Sommer ist die Differenz entschieden grösser, welcher Unterschied in der Schwankung der Sauerstoffaufnahme zwischen Tag und Nacht ein Analogon findet; es ist möglich, dass der Mann im Sommer die nämliche Kost erst in längerer Zeit verdaut hat, als im Winter.

Ueber die Quelle der Muskelkraft.

Dass bei Arbeit mehr Eiweiss zersetzt werde, als in der Ruhe, wurde früher ganz allgemein geglaubt, ja man ging so weit, dass man meinte, aus der Vermehrung des Harnstoffes auf die Grösse einer Arbeitsleistung schliessen zu dürfen. Dieser Glaube hatte ganz feststehende Thatsachen aus der täglichen Erfahrung zur Grundlage. Wusste doch jedermann, wie sehr eine Erhöhung des Eiweissgehaltes im Futter die Muskelleistung unserer Nutz- und Hausthiere zu erhöhen im Stande ist. Ein mit Haber gefüttertes Pferd ist ganz anderer Leistungen im Ziehen und Laufen fähig, als ein bloss mit Gras und Heu ernährtes. Dasselbe gilt für den Menschen — ein mit eiweissreicher Kost genährter Arbeiter vermag viel mehr mechanische Arbeit zu leisten, als der, welcher nur Kartoffel und Brod geniesst. Playfair¹⁾ hat über die verschiedene Leistungsfähigkeit bei verschiedenem Gehalte der Nahrung an Eiweiss sowohl bei Menschen als bei Thieren höchst lehrreiche und schlagende Beispiele beigebracht.

Seit man nun den Stoffwechsel bei Ruhe und Arbeit vergleichend untersucht, findet man, dass bei eiweissreicher Nahrung sich wohl überhaupt mehr Eiweiss im Ganzen umsetzt als bei eiweissarmer, aber man findet keinen Unterschied in diesem Umsatz, der durch Ruhe oder Bewegung hervorgerufen würde. Wir finden, dass bei gesteigerter Muskelanstrengung der Eiweissumsatz ebenso gross, wie bei völliger Ruhe, hingegen die Kohlensäure- und Wasserausscheidung und die Sauerstoffaufnahme und der Wärmeabfluss nach aussen vermehrt ist.

Man schloss daraus jedenfalls sehr vorschnell, dass das Eiweiss die mechanische Kraft der Muskeln nicht zu liefern vermag, und M. Traube²⁾ zuerst, und nach ihm Fick und Wislicenus³⁾ und Frankland⁴⁾ haben den Satz aufgestellt, dass die eigentliche Kraftquelle in der Verbrennung des Fettes — überhaupt stickstofffreier

¹⁾ Playfair, on the food of Man in relation to his useful Work, Edinburgh 1865.

²⁾ M. Traube, Arch. f. patholog. Anat. 1861 Bd. 21 S. 386.

³⁾ Fick u. Wislicenus, Vierteljahresschr. d. Zürch. naturf. Ges. Bd. 10, S. 317.

⁴⁾ Frankland, Royal Institution of Great Britain, 8. June 1866.

Körperbestandtheile zu suchen sei, dass die Harnstoffausscheidung nur Folge einer beständigen Abnützung der Apparate (der Gewebstheile) sei, die aus Eiweisskörpern aufgebaut seien. Wie Kohle unter einem Dampfkessel verbrannt eine Dampfmaschine bewege, so liefere das Fett und die Kohlehydrate bei ihrer Oxydation im Körper zu Kohlensäure und Wasser die Kraft für unsere mechanischen Leistungen.

Mit dieser Ansicht wollen sich Viele, und darunter sind auch wir, nicht befreunden. Sie hat von vorneherein schon das gewiss sehr berechnete Vorurtheil gegen sich, dass sie dem notorisch höchst bedeutenden Einfluss des Eiweissgehaltes der Nahrung und des Körpers und damit einer grossen Reihe von allgemein bekannten Thatsachen keine Rechnung zu tragen vermag. Man könnte zwar sagen, dass durch einen zu geringen Eiweissgehalt der Nahrung nicht die Kraftquelle verringert, sondern nur der Zustand der Maschine mangelhafter werde, indem die Abnützung des Apparates nicht im gleichen Maasse ausgeglichen werde, — aber beim Lichte besehen, ist die ganze Ansicht von einer solchen Abnützung nichts weiter als eine blosser Redensart. Was müsste das für eine Maschine sein, deren Abnützung beim Gebrauch und Nichtgebrauch gleich gross wäre! Das Muskelorgan ist an unserm Körper das der Masse nach bei weitem überwiegendste. Wenn nun bei Ruhe und Arbeit der Eiweissumsatz sich gleich bleibt, so kann man denselben unmöglich als von einer Abnützung herrührend betrachten, denn diese müsste bei der Arbeit doch grösser werden; gerade weil der Umsatz nicht grösser wird, kann man ihn auch nicht als eine Abnützung auffassen.

Das heut zu Tage so beliebte Bild von der Dampfmaschine in seiner Anwendung auf die Entstehung der Muskelkraft ist jedenfalls kein glücklich gewähltes, da wir in unserm ganzen Körper nichts haben, was nur im entferntesten mit den Einrichtungen einer Dampfmaschine vergleichbar wäre. Dass im Organismus niemals die bereits durch Verbrennung entwickelte Wärme wieder in eine mechanische Bewegungserscheinung umgesetzt werden kann, wie wir es bei einer Dampfmaschine wahrnehmen, darüber sind die grössten Autoritäten mit sich einig; denn im Körper fehlt absolut eine

der wesentlichen Bedingungen für eine gute Dampfmaschine, nämlich die unerlässliche Temperaturdifferenz zwischen Kessel und Condensator (Clausius). In unserem Körper, der doch einer guten Maschine vergleichbar ist, spielt das gerade Gegentheil eine Hauptrolle; unsere Organe dürfen nie wärmer und kälter werden, sie müssen eine stets gleiche Temperatur, nämlich die des Blutes, unter den wechselndsten äussern Umständen bewahren, in der Polarzone und im Tropenklima, und nichts setzt ihrer Thätigkeit schneller und verderblicher eine Grenze, als eine merkliche Abweichung von dieser Gleichmässigkeit der Temperatur.

Man kann sagen, die Vertreter der Ansicht von der Entstehung der Muskelkraft durch Verbrennung von Fett behaupteten ja nicht geradezu, dass die in unserem Körper schon einmal durch einen chemischen Process freigewordene Wärme nochmal in mechanische Bewegung übergehe, sondern dass dieser chemische Process, dem das Fett unterliegt, theils Kraft für mechanische Leistungen, theils Wärme liefere. Darüber sind wohl alle einig, dass die mechanische Kraftleistung irgend eine Quelle haben müsse, dass das Gesetz der Erhaltung der Kraft auch im lebendigen Organismus keine Ausnahme erleiden könne, dass also auch unsere Muskelkraft nicht aus Nichts entstehe. Eine andere Frage aber ist, in wie weit wir die bei der Bewegung auftretenden Zersetzungserscheinungen als direkte Quellen für die Muskelkraft oder als bloss sekundäre Erscheinungen ansehen dürfen. Wir wollen hierüber unsere vorläufigen Ansichten darlegen.

In Dingen, die der menschliche Geist noch nicht klar erkannt hat, zu welcher Art der vorliegende Gegenstand jedenfalls gehört, drängt es ihn zunächst nach Bildern und Gleichnissen. Gegenwärtig ist das Bild von der Dampfmaschine sehr beliebt. Einer von uns (P.) hat bei einer früheren Gelegenheit diesem modernen Bilde ein anderes älteres Bild der Mechanik gegenüber gestellt. Er hat gesagt, dass er sich seit der Entdeckung von der unveränderten Grösse der Eiweisszersetzung bei Ruhe und Arbeit die daraus entwickelte Kraft wie eine Wasserkraft oder einen Mühlbach vorstelle, der gleichmässig dalingehe, unbekümmert darum, wie viel die in ihm liegende Kraft ausgenützt wird oder nicht. Der Wille lasse sich mit dem

Müller vergleichen, und die Muskeln, mit den mechanischen Einrichtungen der Mühle. Der Müller kann, ohne dass der Bach grösser oder kleiner zu werden braucht, mit ganzem, halbem, mit viertel und achtel Wasser arbeiten; es kommt darauf an, wie viel und auf wie viel Gängen er mahlen will, ob auch seine Sägemühle gehen soll u. s. w. Aber das gibt jedermann zu, dass ein kleiner Bach dem Unternehmungsgeiste des Müllers früher Grenzen setzen wird, als ein grösserer Wasserreichthum, und in so ferne wäre es auch begrifflich, dass der Haber einem Pferde mehr Kraft gibt als das Heu, und dass ein wohlgenährter Mensch mehr Arbeit leisten kann, aber nicht leisten muss, als ein ausgehungertes, dessen Mühlgerrinne nur zur Hälfte oder zum dritten Theile Wasser haben.

Wenn die Einrichtungen und Vorgänge in einer Mühle dem menschlichen Geiste noch so ferne lägen und in solches Dunkel gehüllt wären, wie der Organismus, so könnte ein aussenstehender exacter Beobachter leicht zu dem irrigen Schlusse verleitet werden, nicht das Wasser, an dem die Mühle allerdings jederzeit so ausnahmslos liegt, als unsere Nahrung unerlässlich Eiweiss enthalten muss, wenn sie Kraft geben soll, setze die Mühle in Bewegung, sondern das Getreide, welches die Landleute in die Mühle führen, oder wenn es eine Sägmühle ist, die Bäume, die aus dem Walde kommen. Erst da steigere sich die Thätigkeit und das Leben in der Mühle. Die Mühle mahle oft sehr lebhaft und lange, dann wieder gar nicht, das Wasser aber bleibe immer dasselbe; nicht nach der Menge Wasser im Bach, sondern nach der Menge Mehl, die erzeugt werde, sei die Kraft einer Mühle zu bemessen. Es ist gewiss nicht undenkbar, dass die gesteigerte Kohlensäureausscheidung bei der Arbeit gegenüber der sich gleichbleibenden Eiweisszersetzung dieselbe sekundäre Rolle spielen könnte, wie eine zeitweis grössere Menge Mehl oder die Sägespäne gegenüber der gleichbleibenden Wasserkraft einer Mühle.

Man weiss, mit welcher Nahrung man in England Rennpferde und Boxer für ungewöhnliche Muskelarbeit erzieht, nicht Fett und Kohlehydrate, sondern viel Eiweiss (in Haber und Fleisch) muss gereicht werden. Ein Vorrath von Fett (Fettleibigkeit) wird nirgends als ein Vorzeichen der Muskelkraft angesehen, welche in der

Regel mit Magerkeit verbunden ist. Die Zunahme der Kraft, der Arbeitsleistung eines Körpers erfolgt sehr langsam und allmählig und verhält sich durchaus nicht proportional der Menge der Verbrennungsprodukte, die er innerhalb 24 Stunden liefert.

Wir haben bei unsern Versuchen mit einem Diabetes- und einem Leukämie-Kranken die Erfahrung gemacht, dass ein Mensch beim besten Appetit und bei der besten und reichlichsten Kost doch zu jeder Muskelanstrengung absolut unfähig sein kann. Beim Diabetiker könnte man noch sagen, er habe deshalb keine Kraft, weil er eben den Zucker nicht verbrenne, sondern im Harne ausscheide; gerade der Zucker, die stickstofffreie Substanz, würde ihm bei der Verbrennung die Kraft wieder geben. Diese Anschauung muss aber sofort fallen, wenn man die Resultate beim Leukämiker ins Auge fasst. Dieser isst und verdaut so viel als ein Gesunder, scheidet keinen Zucker, überhaupt nichts in einem unverbrannten Zustande ab, er verhält sich in dieser Hinsicht wie jeder Gesunde, — und doch erlangen seine Muskeln nicht die geringste Kraft, ja er ist noch kraftloser als der Diabetiker.

Wenn wir schlechtgenährte Menschen oder Reconvalescenten, die in ihren Kräften seit langer Zeit und sehr herabgekommen sind, wieder kräftig nähren, so können sie viele Tage lang schon ganze Kost geniessen, ohne in den Besitz ihrer vollen Muskelkraft zu gelangen, was nur ganz allmählig wieder geschieht, selbst wenn die Verdauung gut ist.

Im Gegensatz hiezu steht der gutgenährte Gesunde, welcher einen und zwei Tage lang ohne jede Nahrungszufuhr noch der grössten Muskelanstrengungen fähig sein kann. Es gibt überhaupt noch viele Thatsachen, welche, wie die eben angegebenen mit Bestimmtheit darauf hindeuten, dass unsere Muskelkraft mit irgend einer Vorrathskammer von Kraft, mit einer Art Reservoir oder einer Art gespannter Feder in Zusammenhang sein müsse. Auch die Nothwendigkeit und die Wirkung der Arbeitspausen, der Ruhe, deutet darauf hin, als zehre die Muskelthätigkeit theilweise von schon vorbereiteten und aufgespeicherten Spannkraften, die nach unsern Anschauungen alle der Zersetzung des Eiweisses entstammen,

und zu deren momentaner Auslösung vielleicht das Austreten von Sauerstoff durch Bildung von Kohlensäure und Wasser aus Fett gehört. Bei Diabetes- und Leukämie-Kranken scheint das Reservoir einen grossen Leck zu haben und sich nicht mehr füllen zu können, während es sich bei Reconvalescenten wieder allmählig füllt.

Eine Rechnung, wie sie Fick und Wislicenus aufgestellt, könnte erst dann Beachtung erlangen, wenn erwiesen wäre, dass bei der Muskelthätigkeit die Verwendung eines gesammelten Vorrathes nicht in Betracht kommen könnte, dass der Mensch wirklich jeden Tag an Kraft ausgibt, was er erzeugt hat. Der Vorgang der Aeusserung der Muskelkraft ist ein viel zu complicirter, als dass man so ohne weiteres die Quelle der Kraft in die Oxydation von Fett oder Zucker verlegen könnte, bloss aus dem Grunde, weil bei der Muskelcontraktion mehr Kohlensäure erscheint. Wer dies behaupten will, muss auch den Nachweis liefern, dass von der Wärmemenge, welche bei der Verbrennung von Fett während der Arbeit geliefert worden, der als lebendige Kraft für die Arbeit benützte Theil in der nach Aussen abgegebenen Wärme fehlt.

Zur Verbrennung von Fett und Zucker gehört Sauerstoff. Der Sauerstoff gelangt aber nur durch Vermittlung der Eiweisskörper in uns. Unser Blut condensirt, wie aus unsern Arbeitsversuchen hervorgeht, in 24 Stunden mehr als ein Kilo Sauerstoffgas aus der Luft, und dieses muss, ehe es in den Verbrennungsprodukten wieder austritt, in den activen Zustand versetzt werden, wie uns Schönbein für alle Zeiten gelehrt hat. Diese Condensation besorgen einzig und allein die Eiweisskörper. Aus unserm Versuch XV geht deutlich hervor, dass ehe entsprechend einer reichlicheren Nahrung auch mehr Kohlensäure ausgeschieden wird, zuvor auch eine grössere Menge Sauerstoff aufgenommen werden muss, dass aber der Körper diese Fähigkeit nicht auf einmal, sondern erst allmählig erlangt. Also selbst wenn man die Verbrennung von Fett auch als die nächste Quelle der Muskelkraft annehmen wollte, so wären die Eiweisskörper am Vorgange immerhin noch mit ihrer beträchtlichen Arbeit der Sauerstoffcondensation wesentlich betheilig, und es ist ohne diese Rolle der Eiweisskörper keine Verbrennung von Fett und auch keine Entstehung von Kraft denkbar. Das Ineinandergreifen

der Theile des Oxydationsvorganges im Organismus ist noch zu geheimnissvoll, um darüber bestimmte Ansichten aufstellen zu können.

Der Muskel entzieht dem Blute beständig Sauerstoff und wie wir aus den Versuchen von Ludwig und Sczelkow¹⁾ wissen, der arbeitende beträchtlich mehr, als der ruhende. Der Muskel hat den Sauerstoff jedenfalls noch fester gebunden, als das Blut; dem Blute lässt sich derselbe im Vacuum noch entziehen, dem Muskel keiner mehr, wie aus den Versuchen von L. Hermann²⁾ sehr deutlich hervorgeht. So lange aber der Muskel contraktions- (lebens-) fähig bleibt, entwickelt er bei der Contraktion Kohlensäure, welche auch dieser Forscher nicht von dem Vorgange der Muskelarbeit unabhängig ansieht. Hermann ist zwar geneigt, diese Kohlensäurebildung von einer Art Gährung abhängig zu denken, aber es ist uns wahrscheinlich, dass sie als Oxydation auf Kosten des vom Muskel dem Blute entzogenen Sauerstoffes aufzufassen sei, in welcher Annahme uns das höchst merkwürdige Resultat des Versuches von Hermann über das Verhalten des Muskels im Stickoxydgas bestärkt.

Wir denken uns, dass durch die Sauerstoffaufnahme in die Organe und durch das sich gleichmässig zersetzende Eiweiss eine Spannkraft angesammelt wird, die auch bei der Ruhe allmählig verbraucht wird und die wir nach Willkühr in mechanische Arbeit verwandeln können. Während der letzteren wird auf eine noch unbekannte Weise der Sauerstoff veranlasst, sich mit einer den Muskeln nicht angehörigen kohlenstoffhaltigen Substanz (dem Fett) zu verbinden, die dann unter Erzeugung derselben Wärmemenge verbrennt, wie ausserhalb des Körpers.

Wir legen vorläufig dieser Hypothese keinen Werth bei, aber wir werden Versuche anstellen, ob eine andere Hypothese wahrscheinlicher ist. Unsere Versuche an hungernden Menschen haben eine Grundlage gegeben, die uns für derartige Versuche brauchbar erscheint. Wir wissen jetzt, dass der normale Mensch im Hunger seinen Haushalt bei Ruhe und Arbeit mit den Elementen des Fleisches und Fettes von seinem Körper und mit Sauerstoff

¹⁾ A. a. O.

²⁾ L. Hermann, Unters. über d. Stoffwechsel der Muskeln, 1867.

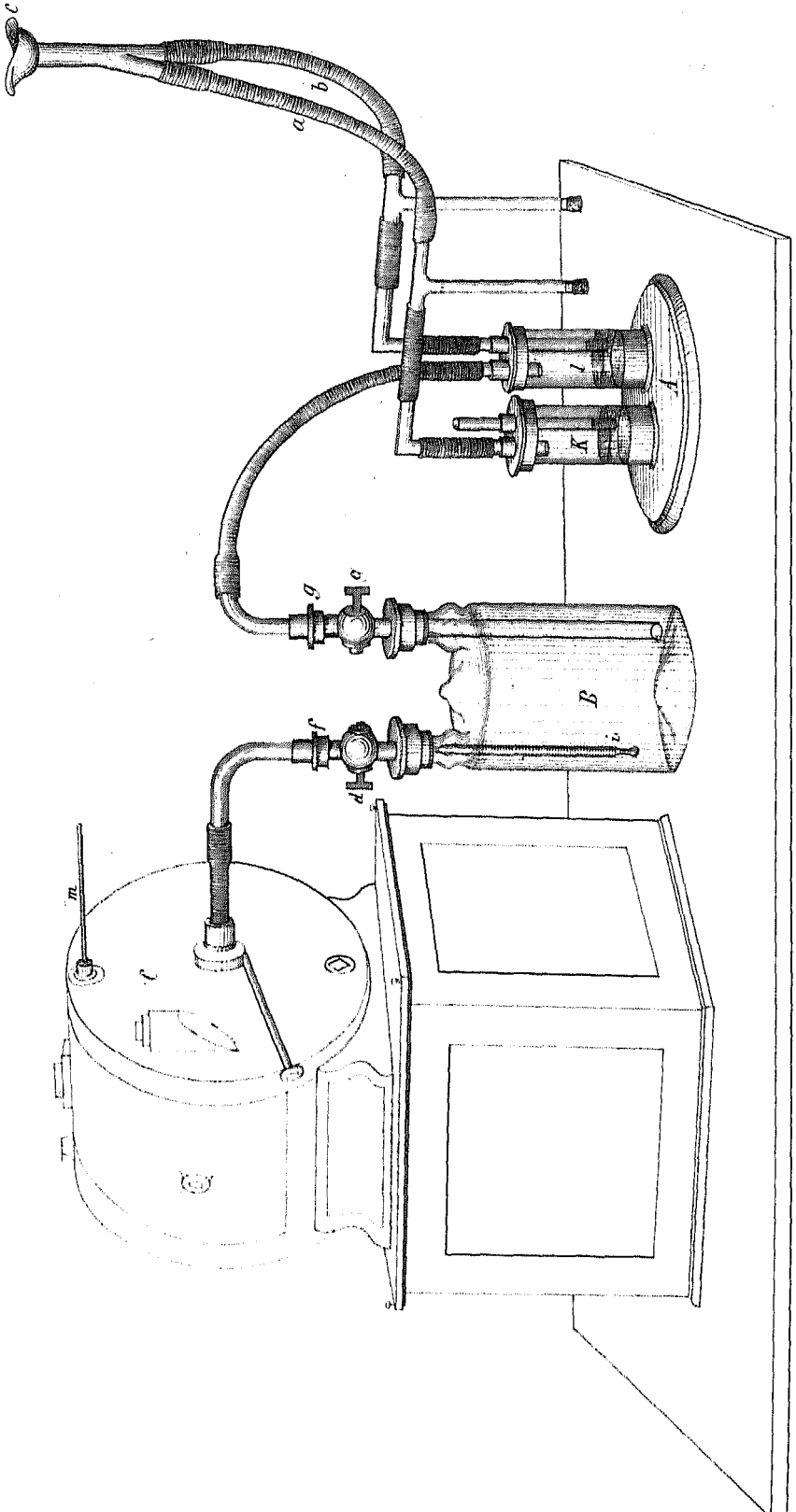
aus der Luft bestreitet; wir wissen ferner, dass er bei Arbeit nicht mehr Eiweiss zersetzt, als in der Ruhe, aber mehr Fett. In 24 Stunden beträgt die verbrauchte Fettmenge bei Ruhe im Mittel aus Versuch I und III 209 Grmm., bei Arbeit (Versuch IV) 380 Grmm. Nöch grösser wird die Differenz, wenn man die Nachthälften ausser Betracht lässt und nur die beiden Taghälften bei Ruhe und Arbeit vergleicht; da ergeben sich für den Ruheversuch bei Tag 116 und für den Arbeitsversuch bei Tag 307 Grmm. Fettverbrauch, also mehr als das $2\frac{1}{2}$ fache. Man kann nun untersuchen, wie viel 116 Grmm. Fett, in 12 Stunden in der Ruhe verbrannt, Wärme nach Aussen abgeben und dann vergleichen, wie viel Wärme nach Aussen abgegeben wird, wenn bei Arbeit in der gleichen Zeit 307 Grmm. Fett verbrennen. Ist die Wärmeabgabe nach Aussen beim Arbeitsversuche um das höher, als beim Ruheversuche, um was die Menge des zerstörten Fettes grösser ist, dann fängt die Traube-Fick'sche Hypothese an, sehr unwahrscheinlich zu werden, während wenn die beim Arbeitsversuche abgegebene Wärme viel geringer, d. h. der geleisteten Arbeit entsprechend geringer gefunden wird, sie dann an Wahrscheinlichkeit gewinnt. Wenn aber bei Hunger und Arbeit die Wärme und die mechanische Leistung durch die unterdessen verbrannte Eiweiss- und Fettmenge nicht gedeckt werden, dann ist ausser Zweifel gestellt, dass der Körper von einer aufgespeicherten Kraft gearbeitet hat, die dann von nichts anderem herrühren kann, als von Eiweiss, wenn man die oben angegebenen allgemeinen Erfahrungen über den Werth des Eiweisses gehörig beachtet. Wir sind eben damit beschäftigt, den Respirationsapparat für Verrichtung messbarer Arbeit und für Calorimetrie einzurichten, und hoffen, dass es uns gelingen wird, die immerhin nicht ganz leichte Aufgabe zu lösen.

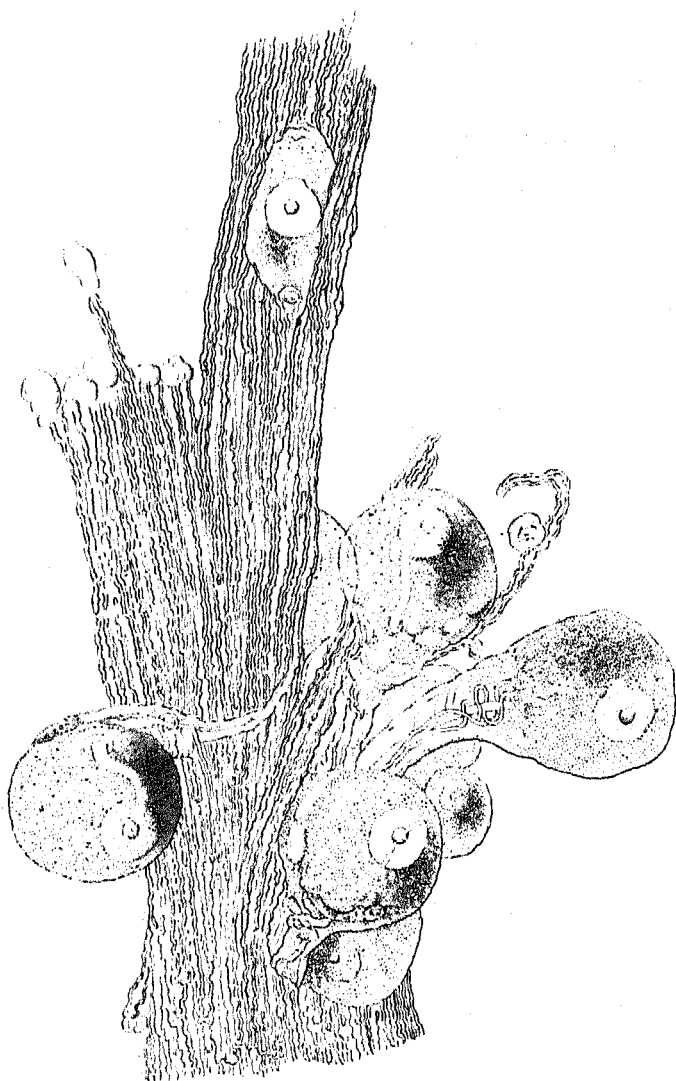
Druckfehler im Jahrgang 1866.

Seite 278 Zeile 8 von oben lies „gleich viel“ statt „sowie“.

„ 278 „ 11 „ „ lies „undenkbar“ statt „unentscheidbar“.

„ 494 letzte Zeile letzte Zahl lies 866.9 statt 448.8.





Curven der Hungerreihen.

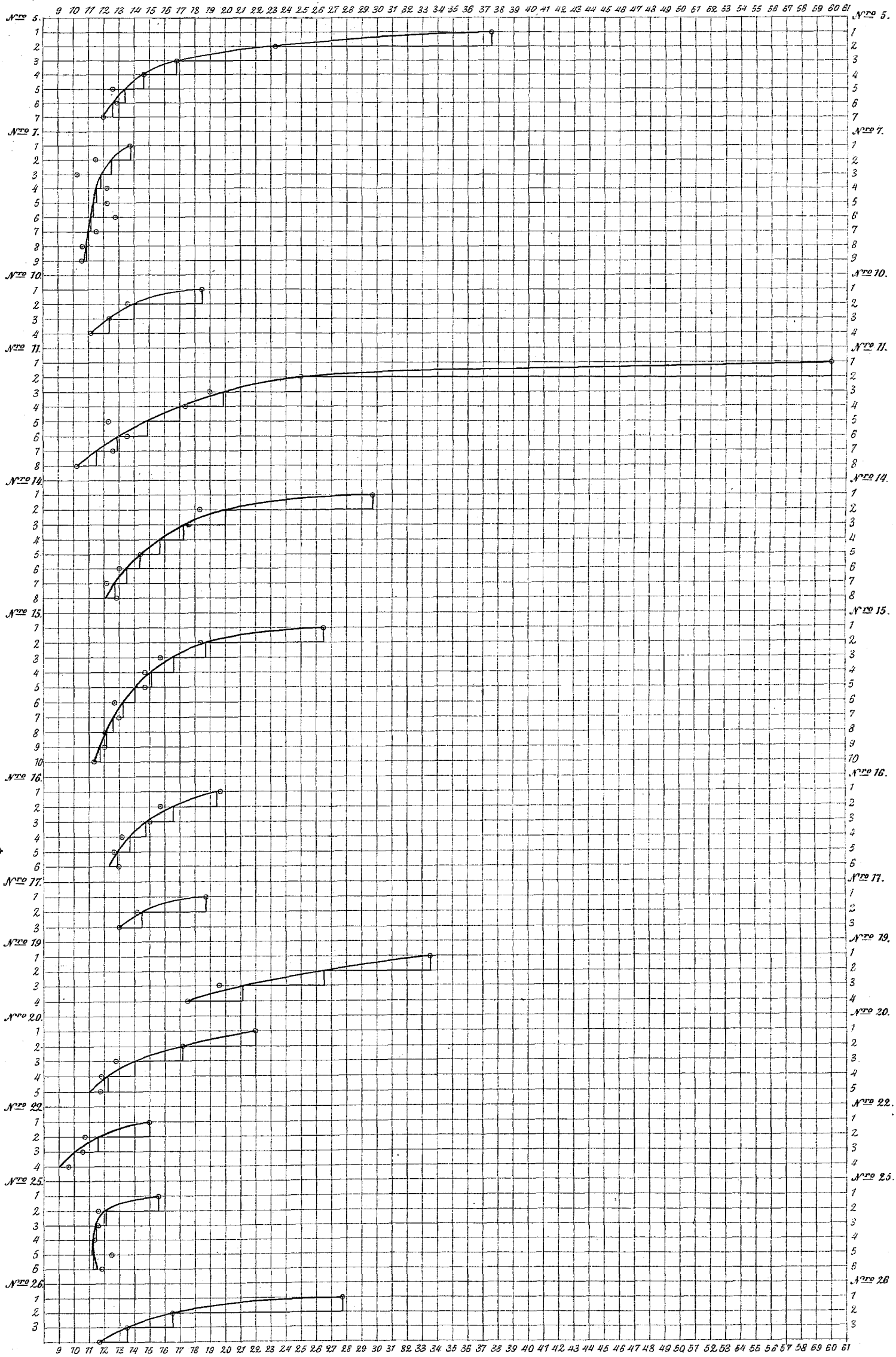


Fig. 1.

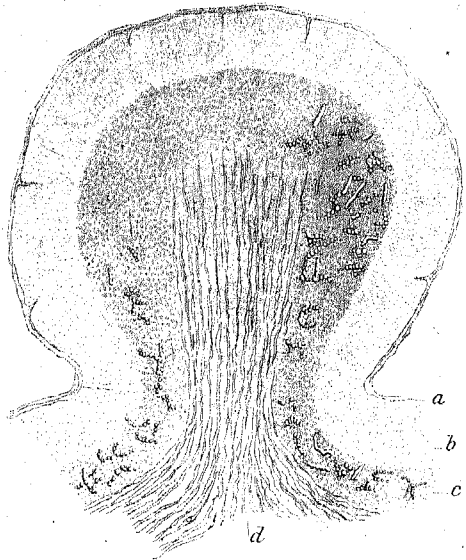


Fig. 2.

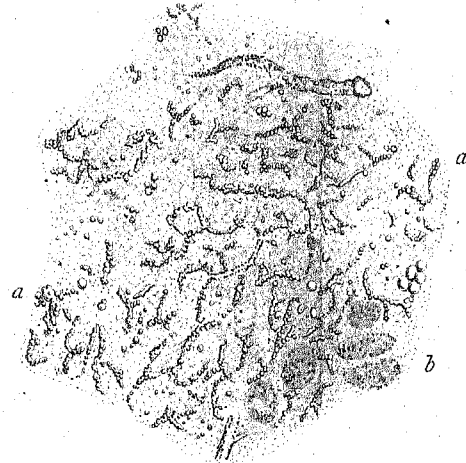


Fig. 4.

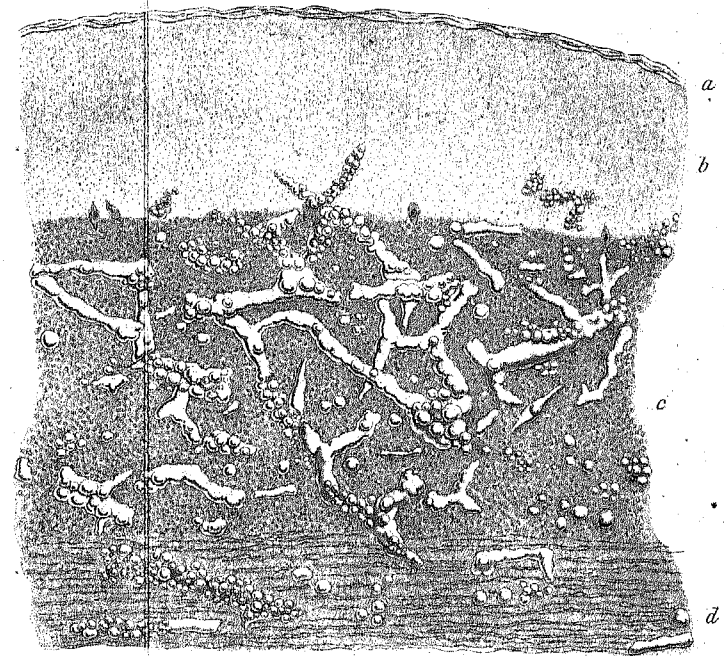


Fig. 9.



Fig. 7.



Fig. 3.



Fig. 12.

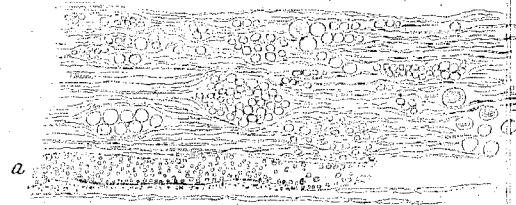


Fig. 11.



Fig. 6.



Fig. 13.

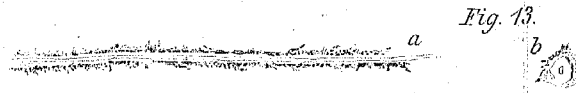


Fig. 10.

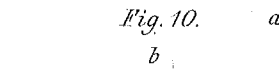


Fig. 8.

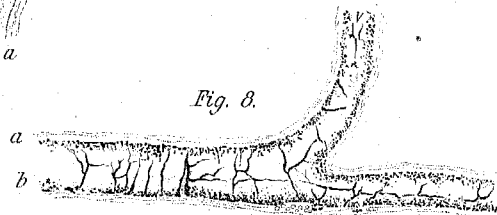


Fig. 5.

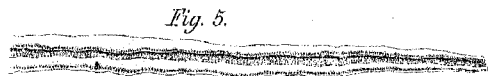
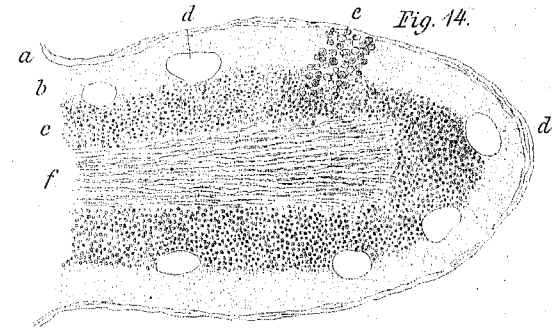
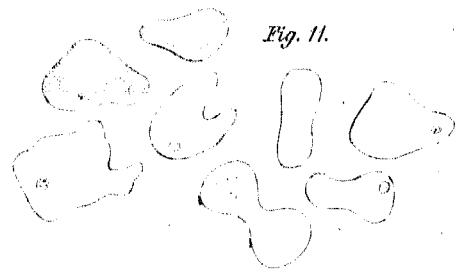
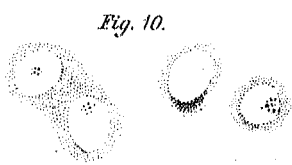
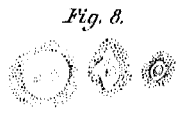
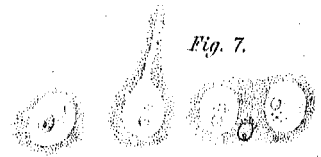
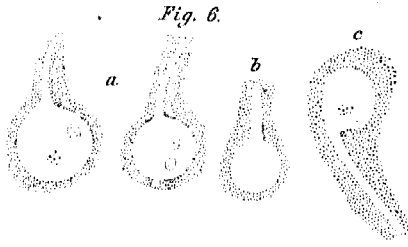
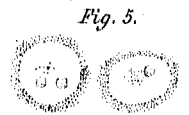
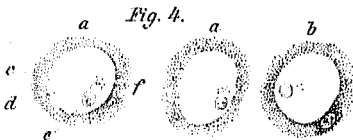
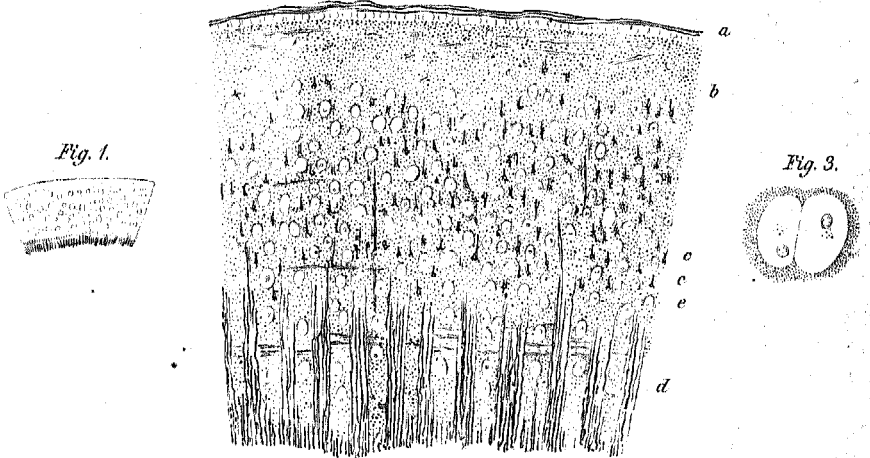
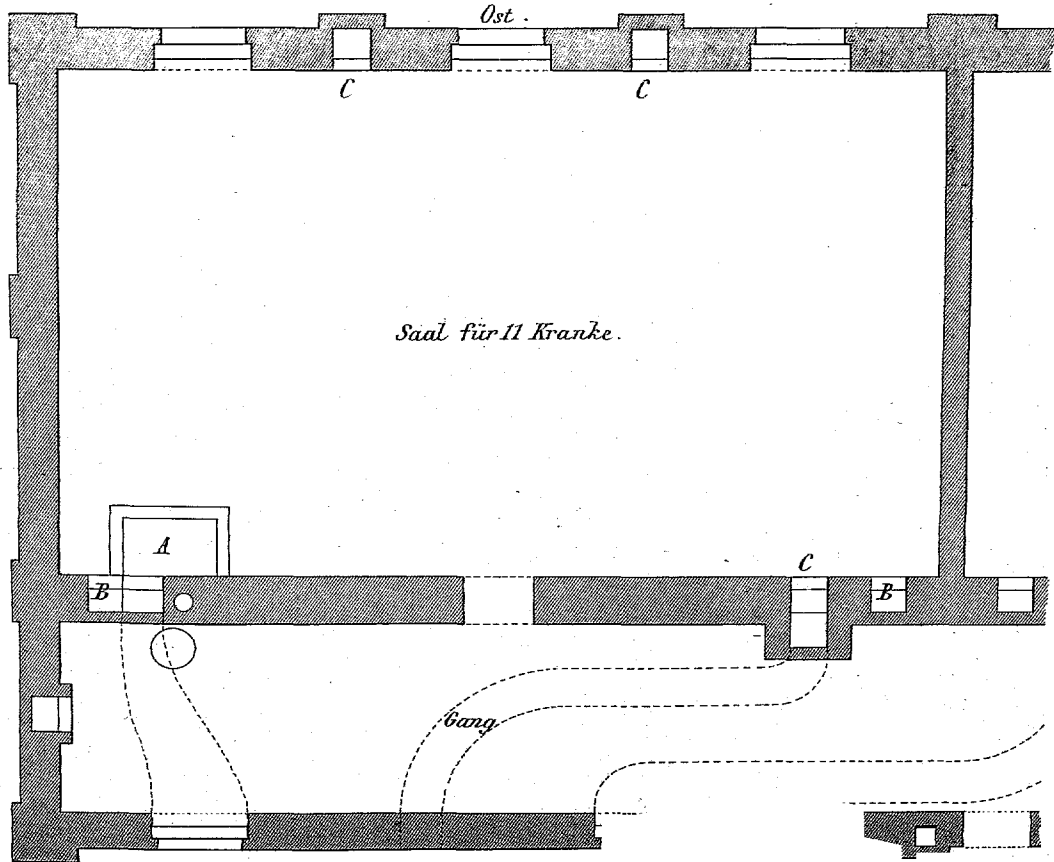


Fig. 14.





Professor Dr. Boehm's
Ventilations-Einrichtung des Aushilfs-Krankenhauses in München.



Zu Zeitschrift f. Biologie Bd. II.

Tafel VII.

Professors Dr. Boehm's

Ventilations-Einrichtung des Aushilfs-Krankenhauses in München.

