

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 unermüdlige 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 Schwierig-

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.