

# Ueber Aceton als Stoffwechselprodukt.

Von

**Dr. med. H. Chr. Geelmuyden.**

(Aus dem physiologischen Institut der Universität in Christiania.)

**Mit einer Abbildung.**

(Der Redaction zugegangen am 23. Juni 1897.)

Es wird allgemein angenommen, dass das Aceton, die Diacetsäure und die  $\beta$ -Oxybuttersäure Produkte des Stoffwechsels sind, welche mit Rücksicht auf ihren stofflichen Ursprung und ihre Bildungsweise im Organismus einander nahe stehen. Aus den häufig beobachteten Thatsachen, dass Hunger und absolute Fleischdiät sowohl bei Gesunden als bei Diabetikern Acetonurie und Diaceturie hervorrufen, hat man ferner geschlossen, dass Aceton und Diacetsäure im Organismus durch Spaltung von Eiweisskörpern entstehen, eine Annahme, welche Honigmann<sup>1)</sup> und v. Noorden<sup>2)</sup> dahin näher präcisiren, dass diese Substanzen nur durch Spaltung von «Organeiweiss», nicht aber von «Nahrungseiweiss» entstehen. Acetonurie und Diaceturie sollten nur auftreten, wenn der Organismus mehr N ausscheidet, als mit der Nahrung aufgenommen wird, also bei absolutem oder relativem Hunger. Wenn Acetonurie und Diaceturie auch bei reiner Fleischdiät auftreten, so geschieht dies, weil eine solche Kost in der That für Menschen niemals ausreichend sein kann, weil dieselben bei weitem nicht so viel Fleisch verdauen und resorbiren können, als nothwendig ist zur Deckung ihres calorischen Bedarfes.

Die Annahme dieser Hypothese scheint ziemlich allgemein verbreitet gewesen zu sein, wenigstens wird sie in den meisten

---

1) Honigmann, Zur Entstehung des Acetons. Diss. Breslau 1886.

2) v. Noorden, Lehrbuch der Pathologie des Stoffwechsels. Berlin 1893.

Lehrbüchern referirt. Ihr scheinen besonders die meisten Kliniker gehuldigt zu haben, bis Weintraud<sup>1)</sup> bei einem Diabetiker nachwies, dass Acetonurie neben N-Gleichgewicht bestehen konnte, und Rosenfeld<sup>2)</sup> und Hirschfeld<sup>3)</sup> die Entdeckung machten, dass die Kohlenhydrate der Nahrung eine specifische Wirkung haben, Acetonurie zu hindern oder zu unterdrücken, selbst unter Umständen, welche ihrer Entstehung sonst günstig wären. Diese Beobachtungen haben der Honigmann-v. Noorden'schen Hypothese ihre Stützen beraubt, obschon noch die Auffassung die herrschende zu sein scheint, dass das Aceton und die mit demselben verwandten Substanzen aus Eiweisskörpern entstehen.

Gegen diese und überhaupt gegen jede Hypothese, welche auf der Annahme beruht, dass alle Stoffwechselprodukte «Zerstellungs»- oder «Oxydationsprodukte» von gewissen Nahrungs- oder Organbestandtheilen darstellen, lassen sich nun schwerwiegende principielle Einwände erheben. Eine physiologische Betrachtung muss natürlich daran festhalten, dass, obgleich der Stoffwechsel im Grossen und Ganzen von analytischer und oxydativer Art ist, doch keineswegs mit Sicherheit daraus folgt, dass alle Excretionsstoffe auch Spaltungs- oder Oxydationsprodukte gewisser «Muttersubstanzen» seien, welche unter den Nahrungs- oder Organbestandtheilen zu suchen wären. Es kann von vornherein nicht als unmöglich oder unwahrscheinlich von der Hand gewiesen werden, dass Stoffwechselprodukte wie das Aceton, die Diacetsäure und die  $\beta$ -Oxybuttersäure oder eventuelle Vorstufen derselben im Stoffwechsel durch Synthesen entstehen, und dass es folglich gänzlich unerlaubt ist, Schlüsse

---

1) Weintraud, Ueber die Ausscheidung von Aceton, Diacetsäure und  $\beta$ -Oxybuttersäure beim Diabetes mellitus. Arch. f. experim. Path. und Pharm. XXXIV, S. 169.

2) Rosenfeld, Grundgesetze der Acetonurie und ihre Behandlung. Centralblatt für innere Medicin 1895, Nr. 51.

3) Hirschfeld, Beobachtungen über die Acetonurie und über das Coma diabeticum. Zeitschrift für klin. Med. XXVIII, S. 176, 1895.

zu ziehen über ihre Bildung und Herkunft einzig und allein aus Veränderungen im totalen Umsatz von N oder C. Solche Schlüsse lassen sich schwerlich auf anderem Boden aufbauen als auf ausgedehnten Kenntnissen über ihr Verhalten, wenn sie in den Organismus einverleibt werden, und über die Bedingungen ihres Auftretens in den Geweben und Excreten.

Derartige Kenntnisse das Aceton und verwandte Substanzen betreffend liegen aber bis jetzt nur so spärlich vor, dass sie eingehende Erwägungen über die Physiologie derselben nicht gestatten. Ich stellte mir deswegen die Aufgabe, solche Kenntnisse auf experimentellem Wege herbeizuschaffen, beschränkte mich aber aus leicht ersichtlichen praktischen Rücksichten vorläufig auf ein genaueres Studium nur eines derselben und wählte dann als Gegenstand meiner Untersuchungen das Aceton. Die Diacetsäure und die  $\beta$ -Oxybuttersäure habe ich bis jetzt nur gelegentlich berücksichtigt.

#### I. Kann das Aceton im Organismus umgesetzt werden?

Eine das Verhalten des Acetons im Organismus betreffende Frage, welche nothwendig eine Beantwortung verlangt, ist folgende: Ist der thierische Organismus unter normalen Verhältnissen im Stande, Aceton zu spalten, zu oxydiren oder in anderer Weise umzusetzen, wenn dasselbe in den Kreislauf hineingebracht oder im Organismus gebildet wird? Sollte es sich zeigen, dass dies der Fall wäre, so würde ja der Schluss nahe gelegt sein, dass eine Acetonurie entsteht, wenn diese Fähigkeit verloren geht. Es wird aber in solchem Falle nothwendig, auch eine andere Function anzunehmen, welche eine Bildung von Aceton veranlasst, und voraussetzen, dass eine Acetonurie näher betrachtet die Folge einer Verschiebung im gegenseitigen Verhältniss dieser zwei Functionen ist.

Ich habe versucht, diese Frage durch Versuche an Thieren von zwei verschiedenen Arten zu beantworten, nämlich Kaninchen und Hunden, indem ich voraussetzte, dass, wenn die Versuchsergebnisse für beide Arten übereinstimmten, es sehr wahr-

scheinlich sei, dass sie für alle höheren Säugethiere sowie auch für Menschen gültig wären.

Das Verfahren bei meinen Versuchen war folgendes: Ich stellte mir ein reines Acetonpräparat<sup>1)</sup> dar, welches ich vermittelst einer Morphiumspritze unter die Haut der Thiere brachte. War es mir darum zu thun, die eingespritzte Menge so genau wie möglich zu bestimmen, so schloss ich die gefüllte Spritze in ein Reagensglas ein, welches durch einen Korkstöpsel geschlossen wurde. Das Ganze wurde dann vor und nach der Einspritzung gewogen. Durch ein solches Verfahren schützte ich mich soweit wie möglich vor Verdampfung.

Bei der ersten Versuchsreihe (4 Kaninchen) bestimmte ich das Aceton nur im Harn vermittelst der Messinger-Huppert'schen Methode.<sup>2)</sup> Die Thiere wurden in einen gewöhnlichen Kaninchenkäfig eingeschlossen, unter welchem zur Aufsammlung des Harns ein Trichter mit einem Filter aus Drahtnetz angebracht war. Das Rohr des Trichters war mittelst eines Schlauches und Glasrohres durch einen doppelt durchbohrten Kautschukstöpsel bis an den Boden eines Kolbens verlängert. In dem zweiten Loch des Stöpsels war ein kleines Quecksilberventil angebracht, welches der Luft gestattete, aus dem Kolben hinauszuströmen, wenn dieselbe durch das Hineinströmen des Harns verdrängt wurde. Mittelst dieser Einrichtung<sup>3)</sup> konnte ich den Harn in dem Kolben sammeln, ohne nennenswerthe Verdampfung von Aceton befürchten zu müssen. Davon hatte ich mich durch Kontrollversuche mit Acetonlösungen überzeugt.

---

<sup>1)</sup> Das Aceton, welches ich benutzte, war von Merck in Darmstadt bezogen. Es war aus der Bisulfitverbindung dargestellt und wurde, bevor ich es benutzte, durch Destillation über Chlorcalcium und geglühtem kohlensauren Kali rectificirt. Dasselbe Aceton benutzte ich bei einer Reihe von Prüfungen auf die Genauigkeit der Messinger-Huppert'schen Methode zur Bestimmung des Acetons. Siehe hierüber in „Zeitschr. f. analyt. Chemie“. Bd. 35, S. 503, wo auch die Kriterien der Reinheit des angewandten Acetons angegeben sind.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. analyt. Chemie XXIX, S. 362.

<sup>3)</sup> Sie ist auf der Tafel abgebildet (U und v); jedoch ist hier das Leitungrohr für den Harn in luftdichter Verbindung mit dem trichterförmigen Boden des Käfigs.

Die Thiere wurden mit Kohlblättern gefüttert. Der Harn wurde dann reichlich abgeschieden (400 bis 500 ccm. in 24 Stunden). Als normalen Bestandtheil enthielt er Spuren flüchtiger Substanzen, welche Jod in alkalischer Lösung zu binden vermochten und deshalb bei der Bestimmung des Acetons durch die Messinger-Huppert'sche Methode als Aceton bestimmt wurden. Da nun v. Jaksch<sup>1)</sup> gezeigt hat, dass Kaninchenharn, gerade wie Menschenharn, Spuren von präformirtem Aceton enthält, so müssen diese flüchtigen Substanzen wenigstens zum Theil aus Aceton bestehen, obgleich das Harndestillat, wenn es mit Jodlösung und Kalilauge versetzt wird, nicht wie eine Acetonlösung einen Niederschlag von Jodoform gibt. Die Menge dieser flüchtigen Substanzen betrug, als Aceton berechnet, 2 bis 3 mgr. in 24 Stunden. Beim Hungerzustand fand ich weniger, durchschnittlich 0,8 bis 1 mgr. Bei hungernden Kaninchen tritt überhaupt keine Acetonurie oder Diaceturie ein. Sie verhalten sich in dieser Beziehung anders wie Menschen.

Ein erwachsenes Kaninchen verträgt die Einspritzung von ein paar Gramm Aceton unter die Haut, ohne besonders davon angegriffen zu werden. Bei grösseren Dosen tritt Narkose und bei ca. 6 gr. der Tod ein. Nach einer Einspritzung kann Aceton stets im Harn nachgewiesen werden. Selbst so kleine Gaben wie 10—20 mgr. rufen schwache Acetonurie hervor. Bei grösseren Gaben steigen die Mengen, welche durch den Harn ausgeschieden werden, doch machen sie immer nur einen Bruchtheil (bis 16 %) der eingespritzten Mengen aus. Die Ausscheidung dauert ein bis zwei Tage, je nach der Menge des eingespritzten Acetons. Es scheint nach einer Einspritzung schwache Albuminurie einzutreten. Dagegen konnte ich keinen Einfluss auf die Gesamt-Stickstoff-Ausscheidung beobachten. Die Gerhard'sche Eisenchloridreaction trat nicht ein, der Harn enthielt keinen Zucker und drehte die Polarisationssebene nicht.

Bezüglich dieser Versuche bespreche ich keine Einzelheiten. Sie waren nur vorläufige Versuche und von kleinerem

---

<sup>1)</sup> v. Jaksch, Ueber Acetonurie und Diaceturie. Berlin 1885.

Werthe für die Lösung der gestellten Frage. Es zeigte sich nämlich bei der Einspritzung grösserer Gaben, dass die Athemluft gleich nachher stark nach Aceton roch. Sollte ich nun das ausgeschiedene Aceton quantitativ bestimmen, so musste dies demgemäss sowohl in der Athemluft als im Harn geschehen, d. h. ich musste einen Respirationsapparat bauen.

Meinem besonderen Zweck schien mir das Pettenkofer'sche Modell am meisten zu entsprechen. Mein Apparat war folgendermassen gebaut:

Das Thier wurde in einen Käfig (B) eingeschlossen, dessen Wände aus gröberem, dessen Boden aus feinerem Drahtnetz bestand. Dieser Käfig wurde während der Versuche in einen Kasten aus Eisenblech (C) eingeschlossen, welcher aus einem viereckigen, unten offenen Deckel und einem trichterförmigen Boden bestand. Um letzteren herum lief eine Rinne für Quecksilber, in welche der untere freie Rand des Deckels hineingesenkt werden konnte. In die nach oben gekehrte Fläche des Deckels war ein Glasfenster eingekittet. An jedem Ende des Bodens war ein Metallrohr für die Zu- und Ableitung der Luft eingelöthet. Die Oeffnung der Zuleitungsröhre innerhalb des Kastens befand sich nahe am Boden, die der Ableitungsröhre dicht unter dem Fenster des Deckels. Beide endeten in T-Röhren mit langen Armen,<sup>1)</sup> welche von feinen Löchern durchbohrt waren.

Die Luft wurde zu dem Apparat durch eine Leitung geführt, welche im Freien mündete ausserhalb des Raumes, in dem der Apparat aufgestellt war. Im Verlauf der Leitung war ein Quecksilberventil (A) angebracht, durch welches die Luft nur in der Richtung nach dem Käfig zu passiren konnte. Das Ableitungsrohr führte aus dem Käfig zu einer kleinen, doppelt tubulirten Flasche (D), welche zur Aufnahme von verdichtetem Wasserdampf bestimmt war. Auf der anderen Seite derselben theilte sich die Leitung in zwei Zweige, einen Hauptzweig und einen Nebenzweig, in welchem letzterem die Apparate für die Luftanalyse eingeschaltet waren. Durch beide Leitungen wurde die Luft mittelst Wasserstrahlpumpen hineingesaugt. Sie wurde durch Gasuhren gemessen. Die im Hauptzweig angebrachte (F) zeigte englische Kubikfuss<sup>2)</sup> an, die im Nebenzweig (L) Liter.<sup>3)</sup> Die Geschwindigkeit der Ströme wurde durch Quecksilberventile (V und w) regulirt, welche zwischen den Wasserstrahlpumpen und den Gasuhren angebracht waren. Der Unterschied im Druck

---

1) Von diesen sieht man auf der Tafel den Querschnitt.

2) Es war eine vom hiesigen Gaswerke geliehene Präcisionsgasuhr.

3) Von Elster in Berlin.

der Luft im Freien und in den Gasuhren (das „Saugen“ in mm. Hg. gemessen) wurde durch Quecksilbermanometer (M und m) gemessen, welche an den Röhren angebracht waren, wodurch die Luft aus den Gasuhren strömte. T und t sind Thermometer, welche die Temperatur der Luft in den Gasuhren anzeigten.

Der Zweigstrom<sup>1)</sup> wurde zuerst durch ein modificirtes Pettenkofer'sches Absorptionsrohr<sup>2)</sup> (k) geleitet, worin sich 40 procentige Kalilauge befand, dann durch ein Verbrennungsrohr (c) mit glühendem Kupferoxyd und endlich durch ein zweites Absorptionsrohr (b) mit titrirtem Barytwasser. Von diesem führte die Leitung zur Gasuhr.

In der Kaliröhre wurde alle Kohlensäure und ein Theil des in der Luft enthaltenen Acetondampfes zurückgehalten. Der Rest verbrannte in der Kupferoxydröhre zu Kohlensäure, welche in der Barytröhre absorbiert, in der gewöhnlichen Weise titrimetrisch bestimmt und in Aceton umgerechnet wurde. Das in der Kaliröhre befindliche Aceton wurde nach der Messinger'schen Methode<sup>3)</sup> titrimetrisch bestimmt.

Da die Messung des Zweigstromes geah, nachdem die Luft von Kohlensäure befreit war, so musste ich, um Fehler bei der Berechnung des Acetons im Hauptstrom zu vermeiden, entweder die Kohlensäure im Zweigstrom bestimmen und für den Hauptstrom berechnen, oder ich musste vor der Messung auch die Luft im Hauptstrom von Kohlensäure befreien. Ich wählte das letztere Verfahren und schaltete in den Hauptstrom einen Absorptionsapparat für Kohlensäure ein, bestehend aus einer grossen, zwei Liter 40 procentiger Kalilauge enthaltenden, doppelt tubulirten Flasche (K), einem Cylinder mit Natronkalk (N) und einer kleinen (auf der Tafel nicht angegebenen) Waschflasche mit Barytwasser, die letztere zur Prüfung, ob die Luft frei von Kohlensäure sei.

Wird nun das auf der Gasuhr F nach einer Versuchsperiode abgelesene Volumen f genannt, das auf der Gasuhr L abgelesene l und die im Zweigstrom bestimmte Acetonmenge a, so sollte die während der Versuchsperiode ausgeschiedene, gesammte Acetonmenge (A) sein:

$$A = a \cdot \frac{f \cdot n}{l} + a = a \left( \frac{f \cdot n}{l} + 1 \right)$$

in welcher Gleichung n die Verhältnisszahl zwischen englischen Kubikfuss und Litern (28,314) bedeutet. Unter den obwaltenden Umständen konnte

1) Der Deutlichkeit halber sind die Apparate im Zweigstrom auf der Tafel unter dem Tisch statt auf dem Tisch neben den Apparaten im Hauptstrom angebracht.

2) In „Zeitschrift für analytische Chemie“, Bd. 35, S. 516 beschrieben.

3) Ber. d. d. chem. Ges. 21. 2. S. 3366. In „Zeitschr. f. analyt. Chemie“ Bd. 35, S. 503 habe ich eine Reihe Prüfungen der Zuverlässigkeit der Methode veröffentlicht. Aus diesen geht hervor, dass sie vollen Anspruch auf Zuverlässigkeit machen kann.

ich mich aber nicht auf die Richtigkeit der unmittelbaren Angaben der Gasuhren verlassen. Sie arbeiteten nämlich unter Verhältnissen, für die sie nicht kalibriert waren. Die Absorptionsapparate verursachten in beiden Leitungen ziemlich grosse Widerstände, und um diese überwinden zu können, musste eine starke Saugung ausgeübt werden, im Hauptstrom 18—20 mm. Hg, im Zweigstrom ca. 15 mm.

Um nun die Angaben beider Gasuhren auf eine gegebene Einheit — Liter — reduciren zu können, bestimmte ich durch eine empirische Kalibrirung zwei Reductionscoefficienten  $\alpha$  und  $\beta$ , einen für jede Gasuhr.

$$A = a \cdot \frac{f \alpha}{1 \beta} + a = a \left( \frac{f}{1} \cdot \frac{\alpha}{\beta} + 1 \right)$$

Es zeigte sich, dass besonders  $\beta$  bei den verschiedenen Kalibrirungsversuchen nicht unerheblich schwankte. Das Verfahren bei der Bestimmung von  $\alpha$  und  $\beta$  war kürzlich folgendes.

$\alpha$  wurde bestimmt durch:

Versuchsanordnung I: Die Gasuhr L wurde in der Leitung an der Stelle des Käfigs C angebracht. Der Zweiweghahn H wurde so gestellt, dass die Luft nur durch die Hauptleitung strömen konnte. Nach Durchsaugung eines beliebigen Quantums Luft wurde der Stand der Gasuhren ( $f$  und  $l$ ) abgelesen. Dann ist  $f \alpha = l$ . Die Angaben von L dienten dabei und während der folgenden Versuche als Standardeinheit.

$\beta$  wurde bestimmt durch:

Versuchsanordnung II: Die Gasuhr L an ihrem gewöhnlichen Platz, F an Stelle des Käfigs. Die Luft strömte nur durch die Nebenleitung. Dann ist  $l, \beta = f, \gamma$ .

$\gamma$  wurde bestimmt durch:

Versuchsanordnung III: Ein Luftvolumen von gegebener durch einen Aspirator gemessener Grösse wurde zuerst durch F, dann durch L gesaugt. Wir haben dann  $\gamma = \frac{b_{\gamma}}{f_{\gamma}}$ .

$\gamma$  wurde in 2 Versuchen = 28,342 resp. 28,269, im Mittel = 28,306 gefunden.

$\beta$  schwankte in 13 Versuchen zwischen 0,86 und 0,94,  $\alpha$  in 7 Versuchen zwischen 27,3 und 27,6.

Wird nun  $\alpha = 27,3$ ,  $\beta = 0,94$  gesetzt, so wird  $\frac{\alpha}{\beta} = 29,04$  und wird  $\alpha = 27,6$ ,  $\beta = 0,86$  gesetzt, so wird  $\frac{\alpha}{\beta} = 32,09$ .

Bei diesen, sowie bei allen später anzuführenden Thierversuchen wurde das „Saugen“ möglichst constant gehalten. Beide Gasuhren standen zusammen in einem Schrank und zeigten nur unerhebliche Temperaturdifferenzen. Correcturen für Temperatur- und Druckschwankungen wurden nicht eingeführt. Sie würden verschwinden neben den von den Schwankungen der Widerstände in den Leitungen verursachten Fehlern, für die sich keine Correctur einführen liess.



Auf die genaue Bestimmung der Grösse  $\alpha$  wurde die grösstmögliche Sorgfalt verwendet. Alle Messgeräthe waren z. B. durch Auswägen mit Wasser genau kalibriert oder in anderer Weise mit einander verglichen.

Um nun immer über die Grenzen orientirt zu sein, binnen welchen das richtige Resultat jedes Versuchs fallen müsste, berechnete ich mittelst der beiden angeführten Werthe von  $\frac{\alpha}{\beta}$  einen maximalen und einen minimalen Werth des Resultates. Als Glieder in der Berechnung des maximalen resp. des minimalen Werthes benutzte ich weiter die grössten resp. die kleinsten der bei den titrimetrischen Doppelanalysen gefundenen Zahlen.

In den tabellarischen Darstellungen meiner Versuche habe ich bei Detailangaben die Maximalwerthe angeführt, die Minimalwerthe immer nur, was das Hauptresultat betrifft.

Sicherheitshalber controllirte ich meinen Apparat dadurch, dass ich abgewogene Mengen Aceton bestimmte, welche ich durch eine Kautschukverbindung der zum Käfig führenden Leitung einspritzte. Zwei dieser Controllversuche sind beim Anfang, zwei beim Schluss aller der Versuche ausgeführt, welche ich mit meinem Apparate anstellte.

Ver- such.	Dauer.	Ein- gespritztes Aceton. mgr.	Gefundenes Aceton. mgr.	Gefundenes Aceton in ‰ des ein- gespritzten.	
I	10 St. 36 Min.	917,1	947,8 1035,2	103,3 112,9	Kleinste Berechnung. Grösste „
II	9 „ 45 „	590,0	602,9 660,8	102,2 112,0	Kleinste „ Grösste „
III	7 „ 00 „	956,5	(837,5) <sup>1)</sup> 991,0	(87,6) <sup>1)</sup> 103,6	Kleinste „ Grösste „
IV	9 „ 00 „	950,2	918,9 1002,1	96,7 105,5	Kleinste „ Grösste „

1) Das niedrige Resultat wahrscheinlich die Folge eines Analysenfehlers.

Der Harn wurde während der Versuche in einem Kolben (a) gesammelt, welcher unter dem trichterförmigen Boden des Käfigs angebracht war, mit welchem er durch ein Kautschuk- und Glasrohr verbunden war. Der Kolben war mit einem Quecksilberventil versehen, welcher verhinderte, dass die Luft durch den Kolben in den Käfig gesaugt wurde.

Die Bestimmung des Acetons im Harn wurde nach der Messinger-Huppert'schen Methode ausgeführt. Diese gibt durchschnittlich 8% zu niedrige Resultate.<sup>1)</sup> Da indessen die Acetonmenge im Harn gering ist im Verhältniss zu derjenigen, welche in der Athemluft ausgeschieden wird, und zumal letztere bei der Berechnung ihres maximalen Werthes zu hoch bestimmt wird, so habe ich diesen Fehler ausser Betracht gelassen bei der Berechnung der Totalmenge des ausgeschiedenen Acetons.

Die Excremente wurden in einem Versuche, welcher sonst wegen Analysenfehler misslang, untersucht. Es waren unter die Haut eines Kaninchens 925 mgr. Aceton eingespritzt. In den Excrementen, welche nach Zusatz von Wasser und Säure gerade wie der Harn destillirt wurden, wurden 1,66 mgr. Aceton gefunden. Bei einem anderen Versuche mit einem Hündchen, welchem 964,9 mgr. Aceton eingespritzt waren, wurden am ersten Versuchstage 1,23 mgr. Aceton in den Excrementen gefunden. Da diese kleinen Mengen keinen Einfluss auf die Versuchsergebnisse ausüben, und da es sich ausserdem zeigte, dass Aceton, welches bei einigen Versuchen in den Magen eingespritzt wurde, gut resorbirt und nachher wie gewöhnlich durch Lungen und Nieren ausgeschieden wurde, so hielt ich es bei den übrigen Versuchen für überflüssig, Acetonbestimmungen in den Excrementen auszuführen.

Die Versuche dauerten 2—4 Tage und die einzelne Versuchsperiode 12—15 Stunden, d. h. das Kali- und Barytrohr sammt dem Kolben für den Harn wurden jeden Morgen und Abend gewechselt. Die neuen Röhren wurden an ihrem Platz angebracht und durch Umdrehung von zwei Zweiweghähnen, welche in einem System von Glasröhren angebracht waren, konnte

<sup>1)</sup> Siehe meine Abhandlung: Ueber die Messinger'sche Methode zur Bestimmung des Acetons. Zeitschr. f. analyt. Chemie, Bd. 35, S. 503.

ich im Verlaufe von ein paar Sekunden den Luftstrom von den benutzten zu den neuen Röhren leiten und ausserdem noch den Stand der Gasuhren ablesen.

Wenn die Versuche mit hungernden Thieren ausgeführt wurden, blieb der Käfig die ganze Zeit hindurch geschlossen. Sollten die Thiere gefüttert werden, so musste er natürlich geöffnet werden. Dabei wurde das Saugen durch die Wasserstrahlpumpen eingestellt und der Hahn H geschlossen. Die ganze Operation geschah so schnell wie möglich und kann keinen nennenswerthen Verlust von Aceton verursacht haben.

Um einen Normalwerth für den Gehalt der Athemluft an Stoffen zu bestimmen, welche bei den Analysen als Aceton wirkten, wurde folgender Versuch mit einem hungernden Kaninchen ausgeführt:

#### Versuch I.

Gewicht des Thieres vor dem Versuch 1910 gr., nach demselben 1730 gr.

Datum.	Dauer der Versuchsperiode.	Im Kali- röhre gefundenes Aceton.	
5. IX. 95	10 St. 36 Min. <sup>1)</sup>	3,1 mgr.	
	13 „ 40 „	2,6 „	
6. IX. 95	9 „ 56 „	3,2 „	
	14 „ 28 „	3,2 „	
7. IX. 95	8 „ 27 „	2,9 „	
Aceton, gefunden im Baryt- rohr <sup>2)</sup> . . . . .		73,4 „	
Aceton, gefunden in der tubu- lirten Flasche D . . . .		0,4 „	
Summa . . .		88,8 „	= 17,8 mgr. pr. Versuchsperiode.
Nach der kleinsten Berech- nung . . . . .		58,0 „	= 11,6 „ „ „

<sup>1)</sup> Die erste der für jedes Datum angeführten Versuchsperioden erstreckt sich bei diesem wie bei den folgenden Versuchen vom Morgen bis zum Abend, die zweite vom Abend bis zum folgenden Morgen.

<sup>2)</sup> Im Barytrohre wurde so wenig kohlensaurer Baryt abgesetzt, dass ich das vom Anfang an eingesetzte Barytrohr während des ganzen Versuches an seinem Platze liess.

Auch folgende zwei Versuche führe ich hier an. Sie wurden angestellt, um zu untersuchen, inwieweit Zuckerstich bei Kaninchen Acetonausscheidung hervorbring. Dies scheint nicht der Fall zu sein.

Bei dem ersten dieser Versuche trat keine Glykosurie ein. Das Gewicht des Thiers war 1950 gr. Es wurde während des Versuchs mit Kohl und Karotten gefüttert. Der Zuckerstich wurde am 4. XII. 95 um 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Vormittags ausgeführt.

Versuch II.

Datum.	Dauer der Versuchsperiode.	Aceton in der Athemluft.		Aceton in Harn.		Harnmenge.
		Grösste Berechnung.	Kleinste Berechnung.	Grösster Befund. <sup>1)</sup>	Kleinsten Befund. <sup>1)</sup>	
4. XII. 95	8 St. 16 Min.	33,5 mgr.	23,6 mgr.	{ 3,1 mgr.	2,4 mgr.	121 gr.
	15 „ 5 „	17,8 „	15,8 „			
5. XII. 95	9 „ 4 „	19,0 „	5,3 „	{ 3,0 „	2,0 „	102 „
	14 „ 31 „	23,3 „	5,6 „			
Mittelzahl pr. Versuchsperiode . .		23,4 mgr.	12,6 mgr.			

<sup>1)</sup> Bei den zwei Parallelanalysen.

Beim folgenden Versuch trat Glykosurie ein. Das Thier bekam nach der Operation starke und andauernde Rollbewegungen, welche verschiedene Uebelstände während des Versuchs veranlassten. Das Thier wollte keine Nahrung nehmen und starb kurz nach dem Schluss des Versuchs. Gewicht vor dem Versuch 2100 gr., nach demselben 1620 gr. Der Zuckerstich wurde am 10. XII. 95 um 10 Uhr 20 Min. Vormittags ausgeführt.

Versuch III.

Datum.	Dauer der Versuchsperiode.	Aceton in der Athemluft.		Aceton im Harn.		Zucker im Harn.	Harnmenge.
		Grösste Berechnung.	Kleinste Berechnung.	Grösster Befund.	Kleinster Befund.		
		mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	gr.	gr.
10. XII. 95	9 St. 59 Min.	29,4	26,9	1,92	1,85	3,0	175
	13 „ 57 „	28,2	16,2				
11. XII. 95	8 „ 44 „	23,1	12,6	3,37	0,80	0,3	81
	15 „ 19 „	17,6	12,2				
12. XII. 95	8 „ 58 „	(12,3)	(9,3) <sup>1)</sup>	2,04	0,98	Spuren	57
	14 „ 41 „	(6,6)	(3,7)				
Mittelzahl pr. Versuchsperiode . . . . .		24,6	17,0				

Bei diesen drei Versuchen wurden also durch die Athemluft kleine Mengen flüchtiger Substanzen ausgeschieden, welche in meinem Respirationsapparate als Aceton bestimmt wurden. Ihre Menge machte durchschnittlich nach der grössten Berechnung 21,9 mgr., nach der kleinsten 14,1 mgr. pr. Versuchsperiode aus. Es zeigte sich indessen bei mehreren meiner Versuche mit Einspritzung von Aceton, dass das in der Athemluft bestimmte Aceton beim Schluss der Versuche weit unter die bei den eben angeführten Versuchen gefundenen Mengen sank (Versuch VII), was vielleicht entweder auf dem verschiedenen Ernährungszustand der Thiere oder auf anderen nicht bestimm- baren Verschiedenheiten derselben beruhte. Deswegen habe

<sup>1)</sup> Die eingeklammerten Zahlen sind nicht bei der Berechnung der Mittelzahl mitgenommen, theils weil das Thier gegen den Schluss des Versuchs stark angegriffen war, theils weil die Zahlen wegen Versuchsfehlern, welche durch die Rollbewegungen des Thieres verursacht waren, nicht ganz zuverlässig sind.

ich keine Veranlassung gefunden, bei der Berechnung meiner übrigen Versuche eine Correctur für diese flüchtigen Bestandtheile der Athemluft einzuführen.

Von jetzt an führe ich nur die Hauptresultate jedes Versuchs an, nur für einen Versuch — VII — mache ich darin eine Ausnahme, indem ich, um den zeitlichen Verlauf der Ausscheidung zu zeigen, die in jeder Versuchsperiode gefundenen Mengen anführe. Alle übrigen Versuche verhalten sich im Grossen und Ganzen diesem ähnlich.

Die Versuche IV bis VII sind mit hungernden Kaninchen ausgeführt, welchen abgewogene Mengen Aceton eingespritzt wurden.

#### Versuch IV.

Männliches Kaninchen. Gewicht beim Anfang des Versuches 2220 gr. Eingespritzt 490,1 mgr. Aceton. Dauer des Versuches 33 St. 3 Min. (drei Versuchsperioden).

Aceton gefunden in der Athemluft	129,8 mgr. = 26,5 %	} der eingespritzten Menge.
„ „ im Harn . . . . .	2,8 „ = 0,6 „	
Im Ganzen gefunden . . . . .	132,6 mgr. = 27,1 %	
Das Thier hat umgesetzt wenigstens	357,5 „ = 72,9 „	

Während des Versuches liess das Thier keinen Harn. Es bekam nach dem Versuche Kohl und liess gleich darauf Harn, welcher untersucht wurde. Der Acetongehalt desselben machte 2,2 % der ganzen ausgeschiedenen Acetonmenge aus.

(Nach der kleinsten Berechnung wurden wieder gefunden 107,9 mgr. Aceton = 22,0 % der eingespritzten Menge.)

#### Versuch V.

Männliches Kaninchen, welches drei Tage vor dem Versuch hungerte. Das Thier wog beim Anfang des Versuches 1790 gr. Eingespritzt 922,6 mgr. Aceton. Dauer des Versuches 55 St. 27 Min. (5 Versuchsperioden).

Aceton gefunden in der Athemluft	608,9 mgr. = 66,0 %	} der eingespritzten Menge.
„ „ im Harn . . . . .	28,5 „ = 3,1 „	
Im Ganzen gefunden . . . . .	637,4 mgr. = 69,1 %	
Das Thier hat umgesetzt wenigstens	285,2 „ = 30,9 „	

Im Harn wurde ausgeschieden 4,5 % der ganzen ausgeschiedenen Menge.

(Nach der kleinsten Berechnung wieder gefunden 577,1 mgr. = 62,6 % der eingespritzten Menge.)

### Versuch VI.

Männliches Kaninchen, welches zwei Tage vor dem Versuch hungerte. Gewicht beim Anfang des Versuches 2180 gr. Eingespritzt 980,5 mgr. Aceton. Dauer des Versuches 47 St. 3 Min. (4 Versuchsperioden).

Aceton gefunden in der Athemluft 428,9 mgr. = 43,7 %	} der eingespritzten Menge.
„ „ im Harn . . . . . 0,5 „ = 0,1 „	
Im Ganzen gefunden . . . . . 429,4 mgr. = 43,8 %	

Das Thier hat umgesetzt wenigstens 551,1 „ = 56,2 „  
Harnmenge 550 gr. Der Harn wurde erst nach dem Versuch gelassen, nachdem das Thier Kohl bekommen hatte. Er enthielt 0,23 % der ganzen ausgeschiedenen Acetonmenge.

(Nach der kleinsten Berechnung wurde ausgeschieden 385,9 mgr. = 39,4 % der eingespritzten Menge.)

### Versuch VII.

Männliches Kaninchen, welches seit 7. X. Morgens hungerte. Gewicht beim Anfang des Versuches 2587 gr., nach dem Versuch 2290 gr. Eingespritzt 2061,1 mgr. Aceton.

Datum.	Dauer der Versuchsperiode.	Aceton gefunden in der Athemluft.	Aceton gefunden im Harn.	Harnmenge.
9. X. 95	8 St. 29 Min.	380,6 mgr.	} 94,4 mgr.	206 gr.
	15 „ 42 „	517,8 „		
10. X. 95	9 „ 18 „	121,4 „	} 20,4 „	163 „
	14 „ 35 „	12,8 „		
11. X. 95	9 „ 2 „	3,5 „		
In der tubulirten Flasche D .		0,3 „		
Acetongefunden in der Athemluft		1036,4 mgr.	= 50,3 % der eingespritzten Menge.	
„ „ im Harn . . .		114,8 „	= 5,6 % „ „ „	
Im Ganzen gefunden . . . . .		1151,2 mgr.	= 55,9 % „ „ „	
Das Thier hat umgesetzt wenigstens . . . . .		909,9 „	= 44,1 % „ „ „	

Im Harn wurden ausgeschieden 10 % der ganzen ausgeschiedenen Menge.

(Nach der kleinsten Berechnung wurden ausgeschieden 1038,8 mgr. = 50,4 % der eingespritzten Menge.)

Beim folgenden Versuch, welcher, wie die eben angeführten, ein Hungerversuch war, wurde das Aceton in den

Magen hineingebracht, indem die Kanule der Spritze durch die Bauchwand hineingestochen wurde. Das Thier starb 2 Tage nach Beendigung des Versuches, und ich überzeugte mich durch Autopsie, dass die Spitze der Kanule ihren Bestimmungsort erreicht hatte, indem ich an der Serosa des Ventrikels ein Mal nach der Einstichöffnung fand.

#### Versuch VIII.

Männliches Kaninchen, welches drei Tage vor dem Versuch hungerte. Gewicht beim Anfang des Versuches 1750 gr. Eingespritzt 2152,8 mgr. Aceton. Dauer des Versuches 80 St. 23 Min. (7 Versuchsperioden).

Aceton gefunden in der Athemluft	1613,2 mgr. = 74,9 %	} der eingespritzten Menge.
„ „ im Harn . . . .	18,4 „ = 0,9 „	
Im Ganzen gefunden . . . . .	1631,6 mgr. = 75,8 %	
Das Thier hat umgesetzt wenigstens	521,2 „ = 24,1 „	

Harnmenge 149 gr. Der Harn enthielt 1,2 % der ganzen ausgeschiedenen Menge.

(Nach der kleinsten Berechnung wurden ausgeschieden 1448,4 mgr. Aceton = 67,3 % der eingespritzten Menge.)

Dieser Versuch unterscheidet sich, was sein Resultat anbelangt, nicht wesentlich von den vorhergehenden. Er hat ein besonderes Interesse dadurch, dass er zeigt, dass der Durchgang des Acetons durch die Darmwand keinen Einfluss auf seine Umsetzung ausübt.

Bei den folgenden zwei Versuchen wurden die Thiere täglich mit 500 gr. Kohlblättern gefüttert. Das Aceton wurde subcutan eingespritzt. Die Fütterung bewirkte den Uebelstand, dass durch die Lungen eine grosse Menge Wasserdampf ausgeschieden wurde, welcher sich im Käfig verdichtete. Im Versuch IX wurde das so gebildete Wasser gesammelt und sein Gehalt an Aceton bestimmt. Es wurden 4,0 mgr. gefunden, ein Resultat, welches ganz gewiss zu hoch ist, da es sich beim Titriren mit Jod zeigte, dass das Destillat auch Ammoniak enthielt, welches Jod in alkalischer Lösung gerade wie Aceton bindet. Die gefundene Menge Aceton ist unter allen Umständen so klein, dass ich sie ohne nennenswerthen Fehler ausser Betracht lassen konnte.



### Versuch IX.

Männliches Kaninchen. Gewicht beim Anfang des Versuches 2100 gr. beim Schluss desselben 2110 gr. Eingespritzt 981 mgr. Aceton. Dauer des Versuches 48 St. 37 Min. (4 Versuchsperioden).

Aceton gefunden in der Athemluft	511,4 mgr. = 52,1 %	} der eingespritzten Menge.
„ „ im Harn . . . . .	115,8 „ = 11,8 „	
Im Ganzen gefunden . . . . .	627,2 mgr. = 63,9 %	

Das Thier hat umgesetzt wenigstens 353,8 „ = 36,1 „

Harnmenge 895 gr. Der Harn enthielt 20,1 % der ganzen ausgeschiedenen Menge.

(Nach der kleinsten Berechnung wurden ausgeschieden 575,5 mgr. = 58,7 % der eingespritzten Menge.)

### Versuch X.

Männliches Kaninchen. Gewicht beim Anfang des Versuches 2400 gr. Eingespritzt 2316,1 mgr. Aceton. Dauer des Versuches 55 St. 45 Min. (5 Versuchsperioden).

Aceton gefunden in der Athemluft	1255,7 mgr. = 54,2 %	} der eingespritzten Menge.
„ „ im Harn . . . . .	251,4 „ = 10,9 „	
Im Ganzen gefunden . . . . .	1507,1 mgr. = 65,1 %	

Das Thier hat umgesetzt wenigstens 809,0 „ = 34,9 „

Harnmenge 1005 gr. Der Harn enthielt 16,7 % der ganzen ausgeschiedenen Menge.

(Nach der kleinsten Berechnung ausgeschieden 1357,7 mgr. = 58,6 % der eingespritzten Menge.)

Meine zwei letzten Versuche wurden mit jungen Hündchen ausgeführt, welche während der Versuche mit Milch gefüttert wurden. Ein vorläufiger Versuch mit dem einen derselben, bei welchem ca. 1 gr. Aceton eingespritzt wurde, zeigte, dass die nachfolgende Acetonurie dann im Laufe von 24 Stunden aufhörte. Am ersten Tage nach der Einspritzung wurden im Harn 35,9 mgr., am zweiten 1,4 mgr. und am dritten 2,0 mgr. Aceton im Harn ausgeschieden.

### Versuch XI.

Hündchen. Gewicht nach einer reichlichen Mahlzeit 1420 gr. Eingespritzt 976,2 mgr. Aceton. Dauer des Versuches 45 St. 30 Min. (4 Versuchsperioden).

Aceton gefunden in der Athemluft	665,7 mgr. = 68,8 %	} der eingespritzten Menge.
„ „ im Harn . . . . .	115,7 „ = 12,0 „	
Im Ganzen gefunden . . . . .	781,4 mgr. = 80,8 %	

Das Thier hat umgesetzt wenigstens 194,8 „ = 19,2 „

Harnmenge 481 gr. Im Harn wurden ausgeschieden 14,9 % der ganzen ausgeschiedenen Menge.

(Nach der niedrigsten Berechnung wurden ausgeschieden 689,1 mgr. = 71,2 % der eingespritzten Menge.)

### Versuch XII.

Hündchen. Gewicht beim Anfang des Versuches 1750 gr., nach demselben 1700 gr. Eingespritzt 964,9 mgr. Aceton. Dauer des Versuches 72 St. 12 Min. (6 Versuchsperioden).

Aceton gefunden in der Athemluft	547,2 mgr. = 56,7 %	} der eingespritzten Menge.
„ „ in Harn u. Excre- menten <sup>1)</sup> . . .	75,4 „ = 7,8 „	
Im Ganzen gefunden . . . . .	622,6 mgr. = 64,1 %	
Das Thier hat umgesetzt wenigstens	342,3 „ = 35,5 „	

Harnmenge unbekannt, da der Harn am zweiten Versuchstage verloren ging. Rechnet man, dass er (wie im vorigen Versuch) am zweiten Versuchstage ca. 10 mgr. Aceton enthalten hat, so macht dies etwas über 1 % der eingespritzten Menge aus. Am ersten Versuchstage wurden im Harn 70,2, am dritten 4,1 mgr. ausgeschieden, zusammen 12,1 % der ganzen ausgeschiedenen Menge.

(Nach der kleinsten Berechnung wurden gefunden 545,1 mgr. = 56,5 % der eingespritzten Menge.)

Schliesslich führe eine Uebersichtstafel über die hauptsächlichsten Resultate sämtlicher Versuche an.

Ver- such.	Thierart.	Tägliches Futter.	Eingespritztes Aceton.	Aceton umgesetzt. Mgr. und % der eingespritzten Menge.	% der aus- geschie- denen Menge im Harn.	Harn- menge.
			mgr.	mgr.	%	gr.
IV	Kaninch.	Hunger	Subcut.	490,1	357,5 72,9	2,2 ?
V	„	„	„	922,6	285,2 30,9	4,5 ?
VI	„	„	„	980,5	551,1 56,2	0,2 550 <sup>2)</sup>
VII	„	„	„	2061,1	909,9 44,1	10,0 369
VIII	„	„	In den Magen	2152,8	521,2 24,1	1,2 107
IX	„	500 gr. Kohl	Subcut.	981,0	353,8 36,1	20,1 895
X	„	„	„	2316,1	809,0 34,9	16,7 780
XI	Hündchen	Milch	„	976,2	194,8 19,2	14,9 481
XII	„	„	„	964,9	342,3 35,2	12,1 ?

1) In den Excrementen 1,23 mgr.

2) Nach dem Versuch.

Die Schlüsse, welche aus diesen Versuchen gezogen werden können, sind kürzlich folgende:

Wenn Aceton bei einem Kaninchen oder Hunde durch den Verdauungscanal oder mittelst subcutaner Application in den Organismus hineingebracht wird, so wird im Laufe der folgenden paar Tage Aceton durch den Harn und die Expirationsluft ausgeschieden. In diesen Excreten wird aber nur ein Theil des hineingebrachten Acetons wiedergefunden. Der Rest muss in irgend einer Weise im Körper umgesetzt worden sein.

Die Acetonmenge, welche umgesetzt wird, steigt im Grossen und Ganzen mit der in den Körper hineingebrachten Menge.

Das Vermögen der Thiere Aceton umzusetzen, wird nicht dadurch merkbar beeinflusst, dass sie hungern oder gefüttert werden. Es werden in beiden Fällen gleich grosse Mengen Aceton umgesetzt<sup>1)</sup>.

Die grösste Menge desjenigen Acetons, welches ausgeschieden wird, geht durch die Lungen fort. Der durch den Harn ausgeschiedene Theil nimmt mit der Harnmenge zu. Deswegen wird bei gefütterten Thieren relativ mehr Aceton durch den Harn ausgeschieden als bei hungernden.

Selbst sehr kleine Dosen von Aceton (10—20 mgr.) rufen Acetonurie hervor.

Das wichtigste dieser Resultate ist ohne Vergleich das, dass Kaninchen und Hunde — jedenfalls in einem gewissen Grade — wirklich das Vermögen besitzen, Aceton umzusetzen. Inwiefern nun in diesem Vermögen die Ursache zu suchen ist, weshalb unter normalen Lebensumständen kein Aceton in den Excreten dieser Thiere auftritt, lässt sich aus den vorliegenden Versuchen nicht direkt ableiten. Sollte es sich in der That so verhalten, so muss, wie schon oben besprochen wurde, auch

---

<sup>1)</sup> Eine von den Versuchspersonen Rosenfeld's schied nach Einnahme von 5 gr. Aceton bei kohlenhydratfreier Nahrung 59,9 mgr. Aceton aus, bei kohlenhydrathaltiger Nahrung 30 mgr. Rosenfeld meint hieraus schliessen zu können, dass Kohlenhydrate auch eine Zersetzung des Acetons bewirken, welches durch den Darmcanal aufgenommen wird. Die Differenz scheint mir viel zu klein, um einen derartigen Schluss zu erlauben.

eine andere Function vorausgesetzt werden, welche mit dieser parallel verläuft und eine Bildung von Aceton veranlasst.

Ebenso liegt die Sache bei dem Umsatz eines anderen Stoffes, welcher für den thierischen Organismus von grösster Bedeutung als **Nahrungsstoff** ist, nämlich des Zuckers. Wir wissen, dass Zucker unaufhörlich im Organismus gebildet und wieder umgesetzt wird, und dass das Blut eine gewisse Menge (1 bis 1,5 ‰) davon enthält, welches von den Nieren zurückgehalten und nicht in den Harn hinübergeht. Die Frage wird dann nahe gelegt, inwieweit das Aceton sich ähnlich verhält, ob es ein Stoffwechselprodukt von dem gleichen Range und derselben Bedeutung für den Organismus wie der Zucker ausmacht.

Zur Beantwortung dieser Frage sind nun ähnlich wie für den Zucker Kenntnisse über das Verhalten des Acetons im Organismus erforderlich, in erster Reihe die Kenntnisse von dem Gehalt des Blutes an Aceton in verschiedenen Gefässbezirken bei verschiedener Nahrung, in pathologischen Zuständen, welche Acetonurie zur Folge haben u. s. w. Hierüber liegen aber bis jetzt nur spärliche Angaben vor. v. Jaksch<sup>1)</sup> hat Blut und verschiedene menschliche Organe mit Wasser destillirt und im Destillate Spuren von Aceton nachgewiesen. Devoto<sup>2)</sup> hat den Gehalt des Blutes an Aceton bei Acetonurie untersucht und denselben sehr klein gefunden (0,02—0,09 ‰), selbst wenn der Harn reichlich Aceton enthielt. Werden diese Angaben neben die Thatsache gestellt, dass Acetonurie selbst von kleinen Mengen (10—20 mgr.) Aceton hervorgerufen wird, wenn es dem Thierkörper einverleibt wird, und neben Rosenfeld's<sup>3)</sup> Erfahrung, dass Menschen nicht einmal 5 gr. Aceton vollständig umsetzen können, so scheint daraus hervorzugehen, dass das Aceton sich im thierischen Organismus ganz anders als der Zucker verhält. Die Zuckermenge im Blut ist weit grösser und kann bis zu einem gewissen Grade (bis auf 3 ‰) vergrössert werden, ohne dass Glykosurie

---

<sup>1)</sup> l. c.

<sup>2)</sup> Devoto, Note di Chimia clinica. Rivista med. 1891. Citirt nach Virchow-Hirsch, Jahresberichte der gesammten Medicin. 1891, I. S. 310.

<sup>3)</sup> l. c.

eintritt. Claude Bernard<sup>1)</sup> gibt z. B. an, bei Kaninchen 2 gr. Zucker subcutan eingespritzt zu haben, ohne dass Glykosurie eintrat.

Die Nieren scheinen also kein Vermögen zu besitzen, Aceton im Blut zurückzuhalten. Schon dieser Umstand deutet daraufhin, dass das Aceton als Stoffwechselprodukt nicht dieselbe Bedeutung für den Organismus hat wie der Zucker, und dass das Vermögen, Aceton umzusetzen, welches der Organismus unzweifelhaft besitzt, keineswegs eine Acetonurie zu hindern vermag, wenn Umstände, welche das Auftreten einer solchen begünstigen, sonst vorhanden sind, oder mit anderen Worten, dass die Ursache einer Acetonurie nicht in einer mangelhaften Zersetzung von im Körper gebildeten Aceton zu suchen ist, sondern in einer Stoffwechselveränderung anderer Art, welche eine reichlichere Bildung von Aceton als unter normalen Umständen veranlasst.

Diese Folgerung wird auch von einem anderen der oben angeführten Versuchsergebnisse gestützt, von dem nämlich, dass die Menge, welche umgesetzt wird, von der Ernährung unabhängig ist. Wie wir gesehen haben, geht aus mehreren neueren Untersuchungen hervor, dass ein Umsatz von Kohlenhydraten im Körper eine Acetonurie hindern oder unterdrücken kann. Aceton, welches im freien Zustande im Körper circulirt, scheint indessen nach meinen Versuchen nicht von einem Kohlenhydratumsatz beeinflusst zu werden. Die Stoffwechselveränderung also, welche schliesslich zur Acetonurie führt, muss deswegen in einem früheren Stadium im Stoffwechsel vor sich gehen, ehe es noch zu einer Bildung von Aceton gekommen ist.

## II. Die alimentäre Acetonurie.

Die Thatsache, dass Acetonurie bei Hunger und bei reiner Fleischdiät entsteht, und dass die Kohlenhydrate in der Nahrung ein eigenthümliches Vermögen besitzen, dieselbe zu verhindern, geben, wie interessant sie auch sein mögen als Anknüpfungs-

---

<sup>1)</sup> Claude Bernard's Vorlesungen über Diabetes. Deutsch herausgegeben von Dr. Carl Posner. Berlin 1878, S. 150.

punkte für weitere Untersuchungen, an und für sich durchaus keine Aufschlüsse über die Quellen der Acetonbildung und über die Art und Weise, wie dieselbe vor sich geht. Auf diese vereinzelt Thatsachen eine physiologisch begründete Lehre von den Ursachen der alimentären Acetonurie zu bauen, ist nicht möglich.

Als Beitrag zur Lösung dieser Aufgabe theile ich einige Versuche mit. Ich habe in diesen der Forderung an Vielseitigkeit möglichst nachzukommen gesucht. Einerseits habe ich in grösstmöglicher Ausdehnung die Kost der Versuchspersonen in Bezug auf Menge und Zusammensetzung gewechselt. Andererseits habe ich so genau, wie die obwaltenden Umstände es erlaubten, den Umsatz der verschiedenen Nahrungsstoffe im Organismus zu bestimmen versucht.<sup>1)</sup>

Die grösste Schwierigkeit, welche sich der Ausführung solcher Versuche entgegenstellt, liegt darin, dass sie nur mit Menschen ausgeführt werden können. Bei den gewöhnlichen Versuchsthiere, Kaninchen und Hunden, verhält sich nämlich die Acetonausscheidung anders als bei Menschen. Es tritt, wenn diese Thiere hungern, keine Steigerung, sondern dagegen ein Abfall der Acetonmenge im Harn auf. Bei Ernährung von Hunden mit Fleisch und Fett habe ich (wie Baginski<sup>2)</sup>) zwar eine reichlichere Ausscheidung als im Hunger nachweisen können; von einer Acetonurie in dem Maasstabe, in welchem dieselbe bei Menschen vorkommen kann, war aber niemals die Rede.

---

1) Meine Versuche sind im Frühling 1896 ausgeführt. Die Arbeiten von Rosenfeld und Hirschfeld, welche ein paar Monate vorher erschienen waren, lernte ich erst später kennen. Der Plan meiner Versuche war wesentlich, die älteren Theorien Honigmann's und v. Noorden's einer experimentellen Prüfung zu unterwerfen und zu untersuchen, inwieweit eine specifische Wirkung der Kohlenhydrate auf die Acetonurie bestehe. Dass dies der Fall sei, findet man nämlich in der älteren Litteratur häufig angedeutet. Unabhängig von Hirschfeld und Rosenfeld kam ich, wie aus dem Folgenden hervorgeht, in vielen Beziehungen zu demselben Resultat, obschon meine Versuche in vielen Punkten andere Resultate ergeben haben.

2) Baginski: Ueber Acetonurie bei Kindern. Arch. f. Kinderheilkunde. IX., S. 1, 1888.

Die höchste Tagesmenge, welche ich beobachtete, war 13 mgr. Diese Thiere eignen sich deswegen nicht für solche Versuche.

Für die meisten Menschen wird indessen eine einseitige Kost nach wenigen Tagen widerlich und wird nur mit Ueberwindung verzehrt. Bei meinen Versuchen hatte dieselbe gewöhnlich einen starken Gewichtsverlust und ein Gefühl von Schläffheit zur Folge. Letztere stieg bei einigen meiner Versuchspersonen in solchem Grade, dass ich die Versuche binnen kurzer Zeit abbrechen musste.

Meine Versuchspersonen waren mit einer Ausnahme Studenten der Medicin, alle völlig gesund. Die Versuchsanordnung war in der Regel folgende:

Die Versuchspersonen wohnten während der Versuche im physiologischen Institut. Die Versuchsperiode wurde von Morgen zu Morgen vor dem Frühstück gerechnet. Sie wurden jeden Morgen nüchtern gewogen, nachdem sie den Harn gelassen hatten. Alles, was im Laufe des Tages verzehrt wurde, wurde von ihnen selbst gewogen und aufgeschrieben.

Im Harn wurden Stickstoff- und Acetonbestimmungen, in den Excrementen Stickstoff- und Fettbestimmungen gemacht. Bei meinen ersten Versuchen machte ich regelmässig die Gerhard'sche Eisenchloridreaction und, zur Prüfung auf  $\beta$ -Oxybuttersäure, Zuckerreaction und polarimetrische Bestimmung des Harns. Da indessen diese Proben immer, selbst bei sehr hohem Acetongehalt, negativ ausfielen, wurden sie bei meinen späteren Versuchen unterlassen.

Es wäre wünschenswerth gewesen, wenn ich für jeden Versuch eine vollständige C- und N-Bilanz hätte berechnen können. Für C liess sich dieses aus leicht ersichtlichen Gründen nicht machen, und auch für N nur annähernd. Zur Berechnung der täglichen N-Bilanz wäre es nämlich nothwendig gewesen, den N-Gehalt der Kost möglichst genau zu kennen. Da mir nun eine quantitative Analyse desselben neben den zahlreichen übrigen Analysen unausführbar vorkam, musste ich die Analyse mit einer Berechnung ersetzen, obwohl eine solche, was Genauigkeit anbelangt, viel zu wünschen übrig lässt.

Mit Sicherheit ein Stickstoffgleichgewicht nachzuweisen,

war in dieser Weise unmöglich. Dagegen konnte ich durch Berechnung einer minimalen und einer maximalen Grenze, innerhalb welcher der Stickstoffgehalt der Kost nothwendig liegen musste, in gewissen Fällen einen Verlust resp. einen Ansatz von N im Organismus nachweisen. Wird nämlich der N im Harn und in den Excrementen von dem N der Kost abgezogen, so stellt die Differenz (N-Ansatz der Tabellen), im Falle sie bei der Berechnung des kleinsten N-Gehaltes der Kost positiv ausfiel, einen notorischen Ansatz von N dar, im Falle dieselbe bei Berechnung des grössten N-Gehaltes der Kost negativ ausfiel, einen ebenso notorischen N-Verlust.

Die Berechnung des kleinstmöglichen Gehaltes der Kost an Eiweiss und N ist nach folgender Tabelle vorgenommen, welche die in Anwendung gebrachten Nahrungsmittel enthält und deren Werthe für Eiweiss und N aus König: „Chemie der Nahrungs- und Genussmittel“<sup>1)</sup> zusammengestellt sind. Nur bei der Berechnung des Brodes wurden Stadtchemiker Schmelck's<sup>2)</sup> Analysen des Brodes in Christiania benutzt. Für das Rind- und Kalbfleisch ist bei dieser Berechnung ihr Gehalt an Eiweiss in rohem Zustande benutzt. Rindfleisch und zum Theil Kalbfleisch machten nämlich bei allen Versuchen mit einseitiger Eiweisskost die Hauptmenge des Fleischgehaltes der Kost aus. Dasselbe wurde als Braten oder englisches Beefsteak bereitet und gewogen und hat deswegen viel mehr Eiweiss enthalten, als bei dieser Berechnung vorausgesetzt wurde.

	% Eiweiss.	% Fett.	% Kohlen- hydrate.	
Mageres Rindfleisch .	20,7	1,7		König s. 190
„ Kalbfleisch .	19,9	0,8		„ 192
Magerer Schinken . .	25,0	8,0		„ 229
Gesalzenes Rindfleisch	27,0	5,0		„ 249
Eier . . . . .	12,6	12,1		„ 359
Rahm . . . . .	3,8	22,7	4,2	„ 369
Butter . . . . .		85,0		„ 7
Brod . . . . .	6,4 <sup>3)</sup>	0,25	52,4	Schmelck

Für Liebig's Fleischextract ist 10,6% Stickstoff gerechnet (König: S. 235).

<sup>1)</sup> Dritte Auflage, Bd. 1.

<sup>2)</sup> Schmelck, Beretning om chemiske analyser udførte for sundhedskommissionen i 1892. V. S. 7.

<sup>3)</sup> Schwankend zwischen 6,0 und 6,81%.



Bei der Berechnung des grösstmöglichen Stickstoffgehaltes im Fleisch habe ich für dasselbe 25 % Eiweiss und 5 % Fett gerechnet. 1) Für die übrigen Nahrungsmittel sind dieselben Werthe wie bei der Berechnung des kleinsten Stickstoffgehaltes beibehalten.

Ich nehme an, dass der grösste Werth des Stickstoffgehaltes der Nahrung sich weniger als der kleinste von der wirklichen entfernt, weshalb ich wesentlich auf denselben Rücksicht nahm, wenn ich die Wahrscheinlichkeit eines Stickstoffgleichgewichtes beurtheilen wollte.

Es wurde vorausgesetzt, dass das Eiweiss 16 % Stickstoff enthält. Bei der Berechnung des calorischen Werthes der Kost wurden die Rubner'schen<sup>2)</sup> Standardzahlen benutzt: 1 gr. Fett = 9,3, 1 gr. Eiweiss und 1 gr. Kohlenhydrate = 4,1 Calorie. Das in den Excrementen bestimmte Fett wurde bei dieser Berechnung in Abzug gebracht.

Den calorischen Bedarf schätzt Rubner bei Menschen, die wie meine Versuchsobjekte nur wenig körperliche Arbeit ausführen, zu 2445 Calorien in 24 Stunden.

A. In den Tabellen I—V habe ich die Resultate einer Reihe von Versuchen über das Verhalten der Acetonurie bei kohlenhydratfreier Kost mit hohem Eiweissgehalt und wechselnden Mengen Fett zusammengestellt. In diesen wie in allen später anzuführenden Versuchen, wo ein besonders hoher Fettgehalt der Kost gewünscht wurde, ist derselbe durch Zulage von Butter als das für Menschen am meisten schmackhafte Fett erreicht. Bei Berechnung des kleinsten Stickstoffgehaltes der Kost bekommt man den grösstmöglichen Stickstoffverlust. Ich habe diesen in „Fleisch“ mit 3,4 % Stickstoff<sup>3)</sup> umgerechnet und dieses Fleisch mit dem Gewichtsverlust verglichen, um die Wahrscheinlichkeit eines Fettverlustes schätzen zu können. Als Paradigmen gebe ich in Versuch I detaillierte Angaben über die Zusammensetzung der Kost. Bei den übrigen Versuchen werde ich dies unterlassen. Nur betreffs der Butter, welche vielleicht einen besonderen Einfluss auf die Acetonurie ausübt, werde ich eine Ausnahme machen.

---

1) Vergl. Woltering, Diätet. Handbuch, Bd. I, S. 174.

2) Rubner: Calorimetrische Untersuchungen: Zeitschr. für Biologie, XXI, S. 377 u. 382.

3) Vergl. Voit: Handb. der Physiologie des Gesamtstoffwechsels. S. 74 und 53.

Versuch I. H. S. 20<sup>3</sup>/<sub>4</sub> Jahre alt.

Versuchstag.	Körper- gewicht. kg.	Gewichts- verlust. gr.	K o s t.			Excre- mente.		Im Körper angesetzt.		Harn.	
				Calorien.	Fett.	N.	Fett.	N.	N.		Aceton.
				gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	mgr.
1	67,45	750	Beef- u. Rinds- braten 434 gr. Kalbsbraten 209 „ Schinken 136 „ Gesalzenes Rindfleisch 58 „ Eier 79 „ Butter 237 „	3027	249	30,58	7,7	1,44	+1,30	+38	27,84 116
2	66,7	200	Beef- u. Rinds- braten 518 „ Kalbsbraten 80 „ Schinken 71 „ Gesalzenes Rindfleisch 22 „ Eier 77 „ Butter 522 „	4633	469	25,04	40,0	3,87	-8,15	-40	29,32 370
3	66,5	300	Beef- u. Rinds- braten 484 „ Kalbsbraten 156 „ Schinken 59 „ Gesalzenes Rindfleisch 43 „ Eier 101 „	798	29	27,25	17,7	0,65	-7,46	-19	34,06 144
4	66,2	-200 <sup>1)</sup>	Beef- u. Rinds- braten 611 „ Schinken 51 „ Gesalzenes Fleisch 112 „ Eier 178 „	1174	42	30,70			-4,61	-36	35,31 78
5	66,5										

Summe: 1050 gr. Gewichtsverlust.

Summe: -57 gr.

- 557 „ Fleischverlust.

493 gr.

1		3142	253	37,50	+8,22	+32
2		4996	488	32,51	-0,68	-20
3	Nach höchster Berechnung.	1198	49	35,28	+0,57	+17
4		1540	60	38,30	+2,99	+38

1) — bedeutet Gewichtszunahme.

Versuch III. M. H. 20 Jahre alt.

Versuchstag.	Körper- gewicht.	Gewichts- verlust.	K o t.			Excre- mente.		Im Körper angesetzt.		Harn.		
				Calorien.	Fett.	N.	Fett.	N.	N.	Fleisch.	N.	Aceton.
	kg.	gr.		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	mgr.	
1	55	1500	Fleisch, Eier und Butter (119 gr.).	1950	138	31,88	16,3	4,35	— 3,01	— 89	30,54	33
2	53,5	500	Fleisch, Eier und Butter (236 gr.).	2892	239	32,67	18,4	2,71	— 6,40	— 188	36,36	244
3	73	1000	Fleisch, Eier und Butter (105 gr.).	1479	110	17,83			— 15,85	— 466	33,68	95
4	72											

Summe: 3000 gr. Gewichtsverlust.

Summe: — 743 gr.

— 743 „ Fleischverlust.

2257 gr.

1	Nach niedrigster Berechnung	2326	156	40,02			+ 5,13	+ 151	
2		3249	255	40,95			+ 1,88	+ 52	
3		1725	123	22,61			— 11,07	— 326	

Versuch II. N. H. 21 1/2 Jahr alt.

Versuchstag.	Körper- gewicht. kg.	Gewichts- verlust. gr.	K o t.			Excre- mente.		Im Körper angesetzt.		Harn.		
				Calorien. gr.	Fett. gr.	N. gr.	Fett. gr.	N. gr.	N. gr.	Fleisch. gr.	N. gr.	Aceton. mgr.
1	70,5	+300	Fleisch, Eier und Butter (300 gr.)	3305	288	24,42			+2,42	+ 71	22,00	276
2	70,8	—600	Fleisch, Eier und Butter (300 gr.)	3182	291	20,50	4,9	0,87	—3,74	—110	23,37	302
3	70,2	0	Fleisch und Eier.	695	34	18,29	9,5	1,24	—8,27	—243	25,32	370
4	70,2	0	Fleisch und Eier.	548	27	19,25	21,5	1,91	—9,88	—291	27,22	396
5	70,2											

Summe: 300 gr. Gewichtsverlust

Summe: — 573 gr.

1	Nach höchster Berechnung	3577	300	30,66			+ 8,59	+ 253	
2		3429	304	25,41			+ 1,17	+ 34	
3		914	45	22,75			— 3,81	— 112	
4		812	41	24,67			— 4,46	— 131	

30\*

Versuch IV. J. A. 21 1/2 Jahr alt.

Versuchstag.	Körper- gewicht. kg.	Gewichts- verlust. gr.	K o s t.				Excre- mente.		Im Körper angesetzt.		Harn.	
			Calorien.	Fett.	N.	Fett.	N.	N.	Fleisch.	N.	Aceton.	
1	73,5	1900	Fleisch und Eier.	1099	39	29,81	4,2	1,07	— 3,28	— 96	32,02	72
2	71,6	200	Fleisch, Eier und Butter (159 gr.).	1931	160	17,23			—10,22	—301	27,45	171
3	71,4	0	Fleisch und Eier.	904	39	21,14			—10,13	—298	31,27	221
4	71,4						0,4 (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	0,08				

Summe: 2100 gr. Gewichtsverlust.

— 695 „ Fleischverlust.

1405 gr.

Summe: — 695 gr.

1	Nach der höchsten Berechnung.	1499	60	38,19			+ 5,10	+ 150		
2		2134	171	21,14			— 6,31	— 186		
3		1107	49	25,28			— 5,99	— 176		

Versuch V. A. D. H. 21 1/2 Jahr alt.

Versuchstag.	Körper- gewicht. kg.	Gewichts- verlust. gr.	K o s t.				Excre- mente.		Im Körper angesetzt.		Harn. .	
			Calorien.	Fett.	N.	Fett.	N.	N.	Fleisch.	N.	Aceton.	
				gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	mgr.
1			Gewöhnliche Haus- kost.								14,93	16
2	63,0	1500	Fleisch und Eier.	842	25	26,42	6,9	2,28	— 1,06	— 31	25,20	22
3	61,5	1000	Fleisch und Eier.	916	26	26,26			— 8,05	—237	34,31	46
4	60,5	300	Butter (110 gr.),	823	94				—20,11	—591	20,11	360
5	60,2						5,1	1,35				

Summe: 2800 gr. Gewichtsverlust.

— 859 „ Fleischverlust.

1941 gr.

Summe: — 859 gr.

1	Nach der höchsten Berechnung.	1268	48	34,66			+ 7,18	+ 211		
2		1309	46	34,37			+ 0,06	+ 2		

Was bei diesen Versuchen am meisten in die Augen springt, ist der deutlich hervortretende Parallelismus zwischen dem Fettgehalte der Kost und dem Grade der Acetonurie. In den zwei ersten und im letzten Versuch lässt sich dieser Parallelismus am besten verfolgen, indem die Acetonurie zu- und abnimmt mit dem Fettgehalte der Kost. Im dritten und vierten Versuch ist derselbe weniger hervortretend, insofern als die Acetonurie nicht abnimmt, nachdem das Fett aus der Kost entfernt ist. Indessen scheint der Fettgehalt der Excremente in diesen Versuchen zu zeigen, dass die Resorption des Fettes langsam gewesen ist und sich auch über die Tage hinaus erstreckt hat, in welchen kein Fett gegeben wurde.

Wenn die verschiedenen Versuche verglichen werden, so zeigt sich der Parallelismus zwischen dem Fettgehalte der Kost und der Acetonurie darin, dass in den zwei Versuchen I und III, während deren schon am ersten Versuchstage gemischte Fleisch- und Fettkost gegeben wurde, sogleich eine bedeutende Acetonurie eintritt, während dieselbe sich bei reiner Fleischkost niedrig hält (Versuch IV, V und die später anzuführenden VI und VII).

Bei den meisten der Versuchspersonen hat aller Wahrscheinlichkeit nach ein Umsatz von reichlichen Mengen Körperfett stattgefunden. Dies ist einleuchtend bei den Versuchen, welche mit ungemischter Fleischkost anfangen, da eine solche niemals den calorischen Bedarf des Menschen decken kann. Dasselbe geht auch aus den Versuchsergebnissen hervor, insofern der Verlust von «Fleisch» den Gewichtsverlust nicht deckt. Dasselbe Verhältniss findet statt auch in zweien der Versuche mit gemischter Fleisch- und Fettkost (I und II). Besonders ist in Versuch II der Unterschied zwischen Gewichts- und Fleischverlust zu gross, um anders als durch einen Verlust von Körperfett erklärt zu werden. Ein Parallelismus zwischen dem so berechneten Fettverlust und dem Grade der Acetonurie geht aus den Versuchen nicht hervor.

Der Umstand, dass ein Fettumsatz die wichtigste Ursache einer Acetonurie zu sein scheint, ist bis jetzt so gut wie voll-

ständig der Aufmerksamkeit entgangen. Von neueren Arbeiten über Acetonurie ist die von Rosenfeld<sup>1)</sup> die einzige, in welcher der Einfluss des Fettes auf die Acetonurie discutirt wird. Er schreibt demselben nur einen moderirenden Einfluss zu, insofern es den Eiweissumsatz beeinflusst. Rosenfeld's Versuche gestatten aber nicht die Schlüsse, die er aus ihnen gezogen hat. Die meisten von ihnen erstrecken sich nur über einen Tag, in welcher Zeit die Acetonurie meistens nur noch wenig entwickelt ist. Viel werthvoller sind die Versuche Hirschfeld's<sup>2)</sup>. Seine Versuchsobjecte lebten bis 10 (!) Tage von kohlenhydratfreier Kost. Sie zeigen dann auch eine mit jedem Tag zunehmende Acetonurie, bis 0,7 gr. Aceton pro Tag, bei grösseren Mengen Aceton zugleich Diacetsäure.

Hirschfeld legt dem Fettumsatz keine Bedeutung für die Acetonurie bei. Ich habe seine Versuchsergebnisse mit Rücksicht auf diesen Punkt zusammengestellt, aber in diesen nur andeutungsweise einen Parallelismus zwischen der Fettmenge der Nahrung und der Acetonurie nachweisen können. Sie scheinen also direkt gegen die Resultate meiner Versuche zu streiten.

Da Hirschfeld, ebenso wie ich, um den Fettgehalt der Kost zu erhöhen, sich einer Zulage von Butter bedient hat, so kann die Erklärung dieser Nichtübereinstimmung nicht in einer Verschiedenheit des gegebenen Fettes gesucht werden, vielleicht dagegen in zwei anderen Umständen. Erstens erhielten die Versuchspersonen Hirschfeld's relativ kleine Mengen Fett von 46 bis zu 197 gr., während bei meinen der Fettgehalt der Nahrung zwischen 25 und 469 gr. pro Tag schwankte. Zweitens hat sowohl Hirschfeld als Rosenfeld die Erfahrung gemacht, dass die Acetonurie bei eiweissreicher Nahrung schwächer ist als bei eiweissarmer. Bei Hirschfeld's Versuchen ist offenbar der Fettgehalt der Kost so klein gewesen, dass die Schwankungen des Eiweissgehaltes bestim-

---

1) L. c.

2) L. c.

mend auf den Grad der Acetonurie gewirkt haben. Bei meinen Versuchen ist dieser Factor gegenüber den grossen Mengen Fett in der Nahrung in den Hintergrund getreten.

Sowohl Rosenfeld als Hirschfeld stimmen mit Weintraud<sup>1)</sup> darin überein, dass eine Acetonurie von einem Zerfall von Körpereiwiss ganz unabhängig ist. Auch aus meinen Versuchen geht eine derartige Abhängigkeit nicht hervor. Im Gegentheil sehen wir starke Acetonurie bei nachweisbarem Ansatz von Stickstoff im Organismus (Versuch I und II) und andererseits eine Abnahme von der Acetonurie gleichzeitig mit einem starken Anstieg der Stickstoffausscheidung (Versuch II). Rosenfeld hält die Acetonurie — selbstverständlich beim Ausschluss eines Kohlenhydratumsatzes — für «eine Function eines mässigen Eiweisszerfalles» und sieht die Eiweissstoffe der Nahrung als die wesentlichste Quelle des Acetons an. Meine Versuche stützen ebensowenig diese Hypothese, als die von Honigmann und v. Noorden. Meistens sind in ihnen solche Mengen Eiweiss umgesetzt, wie die, welche Rosenfeld als «grosse» bezeichnet und welche nur eine schwache Acetonurie bedingen sollten. Nichtsdestoweniger ist die Acetonurie bei meinen Versuchen sehr bedeutend, sobald grosse Mengen Fett gereicht werden, während dieselbe bei Rosenfeld's Versuchen mit reichlicher Eiweissnahrung ohne Fett nur 42 mgr. pro Tag erreicht.

**B.** In den folgenden Tabellen (VI—XIV) findet sich eine Reihe von Versuchen über das Verhalten der Acetonurie bei gemischter kohlenhydrathaltiger Kost. Die vier ersten sind vorzugsweise zur Prüfung der Honigmann-v. Noorden'schen Hypothese und zur Feststellung der specifischen Wirkung der Kohlenhydrate auf die Acetonurie angestellt.

---

1) L. c.

Versuch VI. A. M. R. 22 Jahre alt.

Versuchstag.	Körper- gewicht. kg.	Gewichts- verlust. gr.	K o s t.				Im Körper angesetzt.		Harn.		
			Calorien.	Kohlen- gr. hydrate.	Fett. gr.	N. gr.	N. gr.	Fleisch. gr.	N. gr.	Aceton. mgr.	
1	54,9	980	Fleisch und Eier.	692		11,1	23,0	— 3,2	— 94	26,2	16
2	53,92	570	Fleisch und Eier.	794		22,1	23,0	— 7,02	— 206	30,02	28
3	53,35	— 150	Frühstück: Fleisch und Eier. Mittag und Abend: Reine Kohlenhydrate (Stärke, Zucker, Saft).	1520	314,3	13,3	4,19	— 14,5	— 428	18,73	11 <sup>1)</sup> 2,6 <sup>2)</sup>
4	53,50										
Summe: 1400 gr. Gewichtsverlust.							Summe: — 728 gr.				
— 728 „ Fleischverlust.							Harn mehrere Tage später 10				
672 gr.											

1		1087	38,6	30,82	+ 4,62	+ 136
2	Nach der höchsten Berechnung.	1164	41,8	30,26	+ 0,24	+ 7
3		1516	12,5	4,37	— 14,36	— 422

Versuch VII. H. P.

Versuchstag.	Körper- gewicht. kg.	Gewichts- verlust. gr.	K o s t.				Excre- mente.	Im Körper angesetzt.		Harn.	
			Calorien.	Kohlen- gr. hydrate.	Fett. gr.	N. gr.	N. gr.	N. gr.	Fleisch. gr.	N. gr.	Aceton. mgr.
1			Gewöhnliche Haus- kost.							13,33	14
2	65,0		Gewöhnliche Haus- kost.							15,56	16
3		500	Fleisch und Eier. Bouillon aus Fleischextract.	795	22	23,68	1,75	+ 5,54	+ 163	16,39	25
4	64,5	1600	Fleisch und Eier. Bouillon aus Fleischextract.	1046	34	28,87	2,71	— 19,80	— 582	45,96	72
5	62,9	400	Brod und Zucker.	1369	662	1,3	5,12	— 14,57	— 429	19,69	16
6	62,5		Frühstück: Brod.	176	39	0,2	0,77	1,20			
Summe: 2500 gr. Gewichtsverlust.							Summe: — 848 gr.				
— 848 „ Fleischverlust.											
1652 gr.											

3		1161	41	30,80	+ 12,66	+ 372
4	Nach der höchsten Berechnung.	1371	49	36,10	— 12,57	— 370

1) Harn bis zum Abend.

2) Nachtharn.



Versuch VIII. J. K. 21½ Jahr alt.

Versuchstag.	Körper- gewicht. kg.	Gewichts- verlust. gr.	K o s t.					Im Körper angesetzt.		Harn.	
				Calorien.	Kohlen- gr. hydrate.	Fett. gr.	N. gr.	N. gr.	Fleisch. gr.	N. gr.	Aceton. mgr.
1	68,5	1000	Butter . . . . . 286 gr.	2261		243		—13,85	—307	13,85	83
2	67,5	1000	Frühstück:								
			Butter . . . . . 112 gr.	1713	178	96	3,49	— 8,73	—257	12,22	83
			Mittag u. Abend:								
			Brod . . . . . 340 „								
3	66,5	0	Brod . . . . . 500 gr.	1461	319	1,3	5,12	— 1,97	— 58	7,09	1,8
			Zucker . . . . . 57 „								
4	66,5		Frühstück:		92						
			Brod . . . . . 175 gr.								
Summe: 2000 gr. Gewichtsverlust.								Summe: — 622 gr.			
— 622 „ Fleischverlust.											
1378 gr.											

Versuch IX.

Dieser Versuch ist mit einem Sträfling angestellt, welcher zu der in Norwegen üblichen «Wasser- und Brodstrafe» verurtheilt war. Die tägliche Kost besteht bei dieser Strafe aus 750 gr. Roggenbrod und Wasser nach Belieben.

Der Stickstoffgehalt des Brodes wurde von dem damaligen Assistenten des physiologischen Instituts Herrn cand. med. J. Bang<sup>1)</sup> bestimmt, welcher mir freundlichst die gefundenen Werthe überliess. Die Methode war folgende: Die dem Gefangenen zugetheilte Brodration wurde gewogen und aus demselben Brode wurden ca. 10 gr. zur Trockensubstanzbestimmung genommen. Der Stickstoffgehalt der Trockensubstanz wurde nach Kjeldahl bestimmt in Durchschnittsproben für 6 Versuchstage. Es wurden 20,96 — 21,26 — 22,33 — 23,45 — 28,85 — im Durchschnitt 21,96 mgr. pro Gramm — gefunden. Der durchschnittliche Eiweissgehalt des Brodes ist demnach 9,13%. Nach Schmelck<sup>2)</sup> enthält solches Brod durchschnittlich 0,55% Fett und 51,46% Kohlenhydrate. Der calorische Werth von 750 gr. wird demnach 1902 Calorien. Der calorische Bedarf des Gefangenen kann bei dem ruhigen Aufenthalt im Gefängniss

1) Der Versuch gehört einer Reihe Untersuchungen über die physiologische Wirkung der Wasser- und Brodstrafe an, welche in dem hiesigen physiologischen Institute angestellt wurden.

2) L. c.

auf 2445 Colorien geschätzt werden (Rubner).<sup>1)</sup> Die Kost muss also eine bedeutende Unterernährung veranlasst haben.

Ich habe den Versuch in Perioden von 6 oder 7 Tagen getheilt, welche alle mit einem oder mehreren Tagen anfangen, an denen der Gefangene gewöhnliche Gefängnisskost bekam. Die zweite und dritte Periode fangen mit einem, die vierte und fünfte mit zwei, die sechste mit drei solchen Tagen an. Nach diesen folgen 5 Tage mit Strafkost. Für jede solche Periode habe ich Stickstoffverlust, Gewichtsverlust u. s. w. berechnet. An den Tagen mit gewöhnlicher Kost bestand das Frühstück und Abendessen aus zusammen:

	Eiweiss. %	Eiweiss. gr.	
500 gr. feinem Roggenbrod. . .	6,4	32,0	Scmelck.
1 Liter Milch . . . . .	3,26	32,6	König S. 387.
15 gr. Butter . . . . .	0,8	0,1	„ „ 369.
		64,7 = 10,3 gr. Stickstoff.	

Das Mittagessen bestand bis zum 26. Versuchstag aus:

	N %	Eiweiss. %	Eiweiss. gr.	N gr.	
250 gr. Rindfleisch, frisch gewogen und als Beef- steak zubereitet . . .		20,7	51,8	8,3	König S. 190.
100 gr. Kartoffeln . . . .	0,4			0,4	„ „ 665.
1/3 Liter Bouillon . . . .	0,4			2,0	
				10,7	

Vom 27. Versuchstage an wurde das Mittagessen an den Tagen mit gewöhnlicher Kost von einer Volksküche geliefert. Ich habe nach Aufgaben von dieser Küche ihren Stickstoffgehalt berechnet. Die gefundenen Werthe dürften aber mit grossen Fehlern behaftet sein, weshalb der Versuch in diesen letzten Perioden, in welchen noch Verdauungsstörungen eintraten, weniger werthvoll als in den vier ersten Perioden ist.

<sup>1)</sup> L. c.

Ver- suchs- tag.	Körper- gewicht. kg.	gr. N.			mgr. Aceton.		Harn- menge. ccm.
		in der Kost.	im Harn.	in den Excre- menten.	in 100 ccm. Harn.	Total- menge.	
1	75,51)		(15,45)		1,36	20,54	1510
2	74,35	11,91	19,69	1,48 <sup>3)</sup>	0,95	9,22	975
3	73,50	11,91	12,85	3,45	0,82	7,88	761
4	73,50	11,62	9,93	4,20	0,97	7,12	761
5	74,00	11,61	15,27	3,15	1,05	12,73	1218
6	73,66	10,53	9,50	2,65	0,58	5,28	910

Summe: 57,58 |  $67,24 + 14,93 = 82,17$  gr.

Gewichtsverlust 1100 gr. N-Verlust 24,59 gr. = 723 gr. Fleisch.

Gewichtsverlust — Fleischverlust = 377 gr.

7	73,25 <sup>2)</sup>	21,00	16,40	2,89	0,97	15,49	1583
8	73,15	10,55	11,88		1,04	10,11	972
9	72,10	10,86	10,80	9,14	1,01	8,17	813
10	71,87	10,93	11,80	1,01	1,09	8,58	791
11	71,65	10,72	10,29	1,19	0,93	7,27	781
12	71,90	10,68	9,90	3,56	1,05	8,11	776

Summe: 47,74 |  $69,57 + 17,79 = 87,69$  gr.

Gewichtsverlust 810 gr. N-Verlust 12,62 gr. = 371 gr. Fleisch.

Gewichtsverlust — Fleischverlust = 439 gr.

13	72,44 <sup>2)</sup>	21,00	21,27		0,46	7,48	1626
14	72,10	10,69	14,50	5,20	5,52	5,69	1126
15	71,80	10,91	10,47	5,14	1,14	9,26	816
16	71,60	11,08	11,25		1,08	9,03	836
17	71,22	11,26	10,91	3,17	1,19	9,86	832
18	71,50	11,10	11,02	3,37	1,07	9,67	909

Summe: 76,04 |  $79,42 + 16,88 = 96,30$  gr.

Gewichtsverlust 1540 gr. N-Verlust 20,26 gr. = 596 gr. Fleisch.

Gewichtsverlust — Fleischverlust = 944 gr.

1) Bei der Berechnung von Gewichtsverlust u. s. w. ist dieser unvollständige Versuchstag weggelassen.

2) Tage mit gewöhnlicher Kost.

3) Die Werthe für den N-Gehalt der Excremente sind mir von cand. med. J. Bang überlassen.

Versuchs- tag.	Körper- gewicht. kg.	gr. N.			mgr. Aceton.		Harn- menge. ccm.
		in der Kost.	im Harn.	in den Excre- menten.	in 100 ccm. Harn.	Total- menge.	
19	70,90 <sup>1)</sup>	21,00	18,66	3,12	0,76	11,06	1455
20	71,07 <sup>1)</sup>	21,00	17,01	4,70	1,29	17,44	1352
21	70,55	10,11	11,68		0,90	8,67	963
22	70,15	11,50	9,77	2,99	2,47	14,97	606
23	70,64	11,44	8,67	2,95	0,97	6,14	636
24	70,20	11,51	11,24	4,04	1,05	8,97	854
25	70,20	11,73	9,25	2,43	1,23	7,88	640

Summe: 98,29 | 86,28 + 20,23 = 106,51 gr.  
Gewichtsverlust 140 gr. N-Verlust 8,22 gr. = 242 gr. Fleisch.

26	70,76 <sup>1)</sup>	21,00	12,03	3,60	0,83	8,66	1049
27	71,46 <sup>1)</sup>	16,95	12,60		0,44	7,56	1718
28	72,34	11,34	8,62	3,82	0,75	7,54	1012
29	70,06	10,87	8,60	3,04	1,31	8,85	676
30	70,04	10,73	8,37	4,17	1,16	7,11	613
31	69,66	11,04	8,99	5,10	0,70	4,89	698
32	69,54	10,84	9,16		0,88	5,77	656

Summe: 92,77 | 68,37 + 19,73 = 88,10 gr.  
Gewichtsverlust 1320 gr. N angesetzt 4,67 gr. = 137 gr. Fleisch.

33	69,44 <sup>1)</sup>	27,45	14,13	3,71	0,70	7,45	1071
34	70,74 <sup>1)</sup>	16,95	17,46		0,95	17,29	1820
35	70,34 <sup>1)</sup>	26,55	15,25	4,23	0,76	15,21	2001
36	70,01	10,32	10,17	6,30	1,01	9,68	958
37	68,64	10,57	6,39		1,28	5,90	461
38	68,64	10,16	11,38	2,17	1,24	9,51	767
39	67,74						

Summe: 102,00 | 74,78 + 16,41 = 91,19 gr.  
Gewichtsverlust 1700 gr. N angesetzt 10,81 gr. = 318 gr. Fleisch.

In den drei ersten dieser Versuche sehen wir eine Aceton-  
urie bei Fleischkost, Fettkost oder gemischter Fleisch- und

1) Tage mit gewöhnlicher Kost.

Fettkost entstehen. Die Kost hat eine Gewichtsabnahme bewirkt, welche theilweise in einem Verlust von Eiweiss, wahrscheinlich aber zum wesentlichsten Theil in einem Verlust von Fett begründet ist. Bei Einführung von Kohlenhydratkost hört die Gewichtsabnahme auf, trotz dauernden Verlustes von Eiweiss. Gleichzeitig schwindet die Acetonurie.

In Versuch IX findet eine bedeutende, durch längere Zeit fortgesetzte Gewichtsabnahme statt, welche zweifelsohne in einem Verlust sowohl von Fett als von Eiweiss begründet ist, während doch jegliche Spur einer Acetonurie ausbleibt.

Eine Zusammenstellung von diesen und den früher mitgetheilten Versuchen führt zu dem Resultate, dass eine kohlenhydrathaltige Kost, selbst wenn dieselbe unzulänglich ist, um den calorischen Bedarf des Körpers zu decken, keine Acetonurie veranlasst, dass sie im Gegentheil im Laufe weniger Stunden eine bestehende Acetonurie zum Schwinden bringt, während eine kohlenhydratfreie Kost, selbst wenn dieselbe einen überflüssigen calorischen Werth besitzt und sonst alle zum Aufenthalt des Lebens nothwendigen Bestandtheile enthält, Acetonurie veranlasst.

Die Versuche bestätigen also in jedem Punkte die von Hirschfeld und Rosenfeld gemachten Erfahrungen über das Vermögen der Kohlenhydrate, eine Acetonurie zu verhindern oder zu unterdrücken.

Es stellt sich nun die Frage, inwieweit diese Unterdrückung der Acetonurie proportional ist der Menge der im Körper umgesetzten Kohlenhydrate, oder ob dieselben — gleich Fermenten — eine Acetonurie vollständig zu verhindern im Stande sind, selbst wenn sie nur in kleinen Mengen umgesetzt werden.

Zur Beleuchtung dieser Frage habe ich eine Reihe von 5 Versuchen ausgeführt, in welcher zu einer reinen Fleischkost oder einer gemischten Fleisch- und Fettkost Kohlenhydrate in täglich steigenden Mengen zugelegt wurden, bis die Acetonurie schwand, und 2 Versuche mit ausschliesslich aus Brod bestehender Kost von kleinem calorischen Werthe.

Versuch X. O. S.

Ver- suchs- tag.	Körper- ge- wicht. kg.	K o s t.				Aceton im Harn. mgr.
			Calo- rien.	Kohlen- hydrate. gr.	Fett. gr.	
1		Fleisch, Eier, Butter (84 gr.), Zucker (10 gr.) Rahm.	1544	10	118	65
2	64	Fleisch, Eier, Butter (153 gr.), Zucker (10 gr.), Rahm.	2519	10	201	216
3	64	Fleisch, Eier, Butter (135 gr.), Zucker (30 gr.), Rahm.	1876	30	149	223
4		Fleisch, Eier, Butter (123 gr.), Zucker (90 gr.), Rahm.	2604	90	188	157
5	63	Fleisch, Eier, Butter (119 gr.), Zucker (150 gr.), Rahm.	2459	150	158	26
6	63	Frühstück: Fleisch, Eier, Zucker (90 gr.), Rahm.	882	90	43	2 mgr. in 100 ccm.

Versuch XI. P. K. P. 19 Jahre alt.

Ver- suchs- tag.	Körper- ge- wicht. kg.	K o s t.				Aceton im Harn. mgr.
			Calo- rien.	Kohlen- hydrate. gr.	Fett. gr.	
1	65,5	Fleisch, Eier, Butter (190 gr.), Brod.	2665	47	197	35
2	64,0	Fleisch, Eier, Butter (237 gr.), Brod, Rahm.	3154	80	240	30
3	64,4	Fleisch, Eier, Butter (204 gr.), Brod, Rahm.	3260	161	224	37
4	64,5					

7 Tage später enthielt der Harn 0,61 mgr. Aceton in 100 ccm.

Versuch XII.

Ver- suchs- tag.	Körper- ge- wicht. kg.	K o s t.				Aceton im Harn. mgr.
			Calo- rien.	Kohlen- hydrate. gr.	Fett. gr.	
1	68,5	Fleisch, Eier, Rahm, Zucker.	888	17	32	27
2	67,4	Fleisch, Eier, Rahm, Zucker.	961	33	37	48
3		Fleisch, Eier, Rahm, Zucker, Brod.	1215	112	34	26
4	67	Fleisch, Eier, Rahm, Zucker, Brod.	1441	112	48	20
5	67	Fleisch, Eier, Rahm, Zucker, Brod.	1684	164	46	14
6	67,2					

4 Tage später enthielten 100 ccm. Harn 0,26 mgr. Aceton.

Es ist aus diesen Versuchen ersichtlich, dass eine ganz bedeutende Menge Kohlenhydrate als Bestandtheil der Kost erforderlich ist, um eine von einer Fleisch- und Fettkost veranlasste Acetonurie zu beseitigen. Bei einer Kost, welche nicht sehr viel Fett enthält (Versuch X und XII), scheint die Acetonurie bei einem gesunden erwachsenen Manne zu schwinden, wenn die Menge der Kohlenhydrate sich 150 gr. nähert. Bei einer sehr fetthaltigen Kost scheint noch mehr erforderlich zu sein.

Hirschfeld<sup>1)</sup> schätzt die Menge Kohlenhydrate, welche erforderlich ist, um eine Acetonurie zu beseitigen, bloss auf 50—100 gr. Dabei muss aber bemerkt werden, dass solche Mengen bei seinen Versuchen die Acetonurie zwar zum starken Sinken gebracht haben (bis zu ca. 40 gr. im Tag), nicht aber zum vollständigen Verschwinden.

<sup>1)</sup> L. c.

Versuch XIII. J. C. B.

Ver- suchs- tag.	Körper- ge- wicht. kg.	K o s t.				Harn.	
			Calo- rien.	Kohlen- hydrate. gr.	N. gr.	N. gr.	Aceton. mgr.
1	60,12	Brod . . . . 300 gr.	730	157	3,07	10,68	7
2	59,50	„ . . . . 300 „	—	—	3,07	10,39	25
3	59,20	„ . . . . 600 „	1460	314	6,14	10,20	9
4	59,20						
	920 gr.	Gewichtsverlust.		Summe:	12,28	31,27	
	— 559 „	Fleischverlust.				— 12,28	
	361 gr.					18,99	
						= 559 gr. Fleisch.	

Versuch XIV. L. E. G. 22 Jahre alt.

1	65,70	Brod . . . . 450 gr.	1095	236	4,61	7,58	5
2	65,60	„ . . . . 450 „	—	—	4,61	8,60	8
3	65,05	„ . . . . 450 „	—	—	4,61	7,40	8
4	64,85						
	850 gr.	Gewichtsverlust.		Summe:	13,83	23,58	
	— 287 „	Fleischverlust.				— 13,83	
	563 gr.					9,75	
						= 287 gr. Fleisch.	

Diese zwei Versuche zeigen, dass auch, wenn die Kost wenig Eiweiss und Fett enthält, eine bedeutende Menge Kohlenhydrate erforderlich ist (zwischen 150 und 200 gr.), wenn keine Acetonurie entstehen soll.

Ausser einer Bestätigung der Erfahrung, dass bei gesunden Menschen niemals eine Acetonurie entsteht, wenn die Nahrung eine gewisse Menge Kohlenhydrate enthält, haben meine Versuche als wesentlich neuen Beitrag zur Lehre von der alimentären Acetonurie das Resultat gebracht, dass die Acetonurie grösseren oder kleineren Umfang annimmt je nach dem Gehalt der Nahrung an Fett.



Es scheinen also mehrere Factoren auf das Auftreten und den Grad der Acetonurie einzuwirken, jedenfalls zwei, nämlich der Umsatz von Fett und von Kohlenhydraten im Organismus. Aus dieser Annahme heraus lassen sich in der That alle vorliegenden, die alimentäre Acetonurie betreffenden Daten erklären.

Es scheint mir überwiegend wahrscheinlich, dass die Acetonurie bei vollständigem Hunger dieselben Ursachen hat, wie die alimentäre Acetonurie: fehlenden Umsatz von Kohlenhydraten und bedeutenden Umsatz von Fett, in diesem Falle Körperfett. Dann ist es leicht verständlich, dass die Hunger-acetonurie einen so hohen Grad erreicht — nach Fr. Müller<sup>1)</sup> bis 0,5 gr. im Tag —, während die Acetonurie bei reiner Eiweissnahrung schwach ist und noch weiter mit dem Gehalt der Nahrung abnimmt. Einerseits wird nämlich bei reiner Eiweissnahrung weniger Körperfett als im Hunger verbraucht, und andererseits kann eine eiweisshaltige Nahrung zur Bildung bedeutender Mengen Kohlenhydrate im Organismus Veranlassung geben. Das Eiweiss der Nahrung wirkt deshalb in derselben Weise wie die Kohlenhydrate, nur nicht so kräftig (vergl. Hirschfeld)<sup>2)</sup>.

Weniger leicht verständlich ist es, dass bei gemischter Eiweiss- und Fettkost mehr Aceton ausgeschieden wird, als bei reiner Eiweisskost. Ist die umgesetzte Menge Eiweiss in beiden Fällen dieselbe, so scheint es gegeben, dass der Fettumsatz auch in beiden Fällen gleichen Umfang annimmt, nur dass im einen Falle Körperfett, im anderen Nahrungsfett umgesetzt wird. Indessen hat offenbar eine solche Vertretung von Körper- und Nahrungsfett unter einander bei meinen Versuchen nicht stattgefunden. Die grossen Mengen Fett der Nahrung haben, wenigstens während der ersten Versuchstage, nicht vermocht, einen bedeutenden Gewichtsverlust zu verhindern, welcher zum grossen Theil ein Fettverlust gewesen ist. Der gesammte Fettumsatz scheint in der That selbst bei Ueberernährung mit

---

1) Fr. Müller, Senator's Bericht über die Ergebnisse des an Cetti ausgeführten Hungerversuchs. Berliner kl. Wochenschrift 1887. S. 428.

2) L. c.

gemischter Fleisch- und Fettkost bedeutend grösser gewesen zu sein als bei reiner Fleischkost.

Alle vorliegenden Erfahrungen über die alimentäre Acetonurie lassen sich also aus der Annahme zweier antagonistisch wirksamer Momente, Fett- und Kohlenhydratumsatz, erklären.

Bezüglich der Frage, wie die Wirkung des Fettes und der Kohlenhydrate aufzufassen ist, erheben sich nun weitere Fragen. Was besonders die Fähigkeit des Fettes betrifft, Acetonurie hervorzurufen, so könnte dieselbe an gewisse Bestandtheile des Fettes, Glycerin oder Fettsäuren, oder nur an das Neutralfett als solches gebunden sein. Und in letzteren Fällen wäre es vielleicht möglich, dass diese Wirkung nicht allein Fett, sondern nur gewissen Arten von Fett zukäme. In dieser Beziehung darf nicht vergessen werden, dass die Hauptmenge des Fettes bei meinen Versuchen Butter war, welche bekanntlich einen nicht unerheblichen Gehalt an verschiedenen niederen Fettsäuren, theils frei, theils als Glycerinester, besitzt.

Ueber diese Fragen bin ich zur Zeit mit Untersuchungen beschäftigt. Eine derselben, nämlich die nach der Wirkung des Glycerins, hat schon von anderer Seite ihre Beantwortung gefunden, indem Hirschfeld<sup>1)</sup> die Beobachtung machte, dass das Glycerin dieselbe Einwirkung auf die Acetonurie, und zwar ebenso kräftig wie die Kohlenhydrate, ausübt. Dies darf aber nicht überraschen, wenn man sich erinnert, dass das Glycerin zu den Glykogenbildnern gerechnet wird. Was nun die Art der Stoffwechselvorgänge betrifft, welche schliesslich zur Acetonurie führen oder nicht führen, so lassen sich darüber ebensowenig aus meinen als aus früheren Versuchen bestimmte Schlüsse ziehen. Der Umstand, dass offenbar mehrere Factoren das Auftreten und den Grad der Acetonurie bestimmen, könnte darauf deuten, dass diese Stoffwechselvorgänge aus verwickelten chemischen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen intermediären Stoffwechselprodukten resp. zwischen Fett und Kohlenhydraten bestehen. Mit einer solchen Annahme stimmt es auch gut überein, dass erst eine bedeutende Menge von Kohlenhydraten eine Acetonurie zu verhindern vermag.

---

<sup>1)</sup> L. c.

Es ist indessen ebenso wahrscheinlich, dass das Aceton ein Produkt der Zellthätigkeit ist, für welches — gleich dem Glykogen — sich keine bestimmte «Muttersubstanz» nachweisen lässt. Es lässt sich wohl annehmen, dass die Zusammensetzung der im Körper circulirenden Flüssigkeiten bei einseitiger Kost Veränderungen erleidet, welche ihrerseits die Assimilations- und Secretionswirksamkeit der Zellen modificiren entweder direkt oder indirekt durch Einwirkung auf das Nervensystem.

Als Abschluss dieser Arbeit finde ich es natürlich, in einigen kurzen Sätzen die Resultate zu sammeln, welche aus allen bis jetzt ausgeführten Versuchen über die alimentäre Acetonurie bei Menschen hervorzugehen scheinen:

1. Acetonurie entsteht, wenn mit der Nahrung nicht hinlängliche Mengen Kohlenhydrate dem Körper zugeführt werden. Wenn solche im Organismus umgesetzt werden, besitzen sie ein eigenthümliches Vermögen, eine Acetonurie zu verhindern oder eine schon bestehende Acetonurie zu unterdrücken.

Die Nahrung muss bedeutende Mengen Kohlenhydrate enthalten — beim erwachsenen Menschen 100—200 gr. —, damit keine Acetonurie entstehen soll.

2. Bei reiner Eiweissnahrung entsteht schwache Acetonurie, welche bei steigenden Mengen Eiweiss in der Nahrung noch abnimmt. Bei absolutem Hunger, reiner Fettnahrung oder gemischter Eiweiss- und Fettnahrung mit grossem Fettgehalt entsteht eine bedeutende Acetonurie. Umsatz von Fett im Körper scheint die wesentliche Ursache einer Acetonurie zu sein, und in Anbetracht dessen, dass bei absolutem Hunger eine hochgradige Acetonurie entsteht, scheint sich der Umsatz von Körperfett und Nahrungsfett in dieser Beziehung gleich zu verhalten.

Falls die bei meinen Therversuchen gewonnenen Resultate auf Menschen überführt werden dürfen, so kann noch hinzugefügt werden:

3. Der Organismus besitzt bis zu einem gewissen Grade das Vermögen, Aceton umzusetzen. Doch ist dieses Vermögen nicht wirksam genug, um Acetonurie zu verhindern, wenn in den

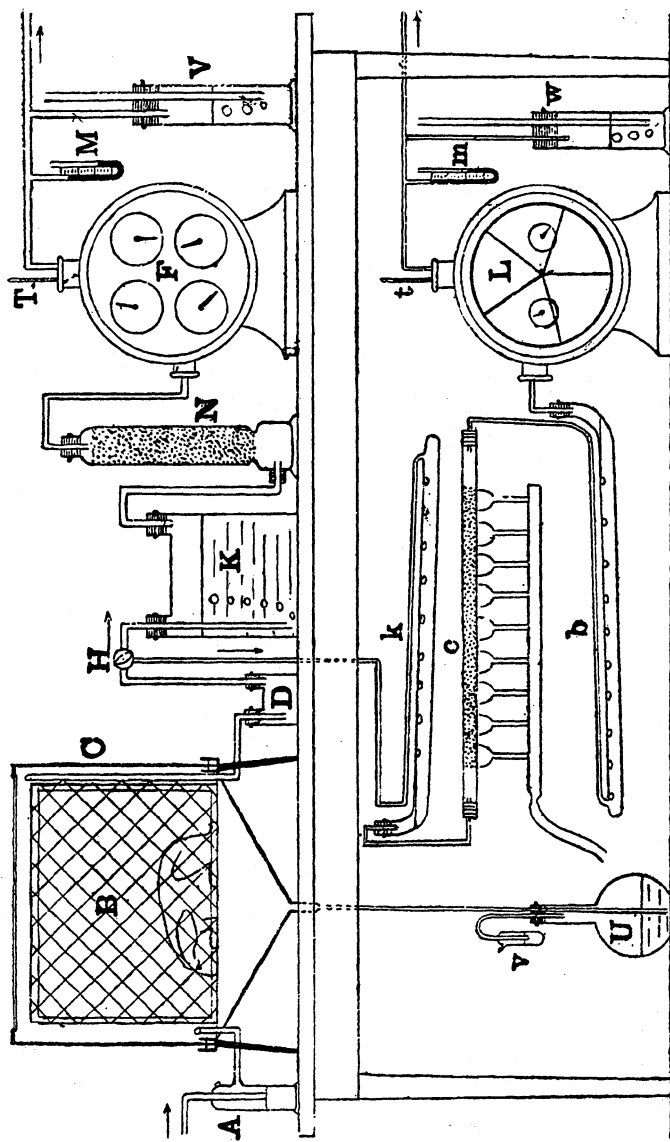
circulirenden Flüssigkeiten des Körpers mehr als die normalen Spuren — vermuthlich ein paar Milligramm in 100 cem. — vorhanden sind. Die Ursache der Acetonurie ist deswegen nicht darin zu suchen, dass dieses Vermögen weniger wirksam wird, sondern in einer gesteigerten Bildung von Aceton.

---

Die Arbeiten, deren Resultate hier mitgetheilt sind, sind auf Veranlassung des Herrn Prof. Dr. med. S. Torup ausgeführt. Für die werthvolle Unterstützung, welche er derselben zu Theil werden liess, spreche ich hiermit meinen besten Dank aus, ebenso dem Herrn cand. med. J. Bang, dessen Arbeiten an dem physiologischen Institute meinen Untersuchungen zu Gute gekommen sind, und den Herren Studenten der Medicin, welche sich bereitwilligst als Versuchspersonen zur Verfügung gestellt haben.

Christiania, im Juni 1897.

---



Zu „Geelmuyden, Ueber Aceton als Stoffwechselprodukt“.