

Sitzungsberichte
der
mathematisch-physikalischen Classe
der
k. b. Akademie der Wissenschaften
zu **München.**

1884. Heft IV.

München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1885.

In Commission bei G. Franz.

Herr Voit legt eine in seinem Laboratorium von Herrn Privatdozenten Dr. M. Rubner ausgeführte Abhandlung vor:

„Ueber calorimetrische Untersuchungen.“

Die Kenntniss der Verbrennungswärme jener Stoffe, welche für die Physiologie der thierischen Wärme von grosser Bedeutung sind, hatte erst eine ausgedehnte Bereicherung erfahren, als Frankland mit einem von Thompson angegebenen Calorimeter Bestimmungen des Kraftvorraths der Nahrungsstoffe und einiger im Körper vorkommender Zersetzungsprodukte des Eiweisses (Harnstoff, Harnsäure)¹⁾ ausgeführt hatte. Das Verfahren besteht kurz in folgendem:

Die Substanz wird mit einer entsprechenden Menge von ClO_3K und Braunstein gemischt und sozusagen mit festem O verbrannt.

Diese Versuche Franklands haben die Anschauung über die Kraftvorräthe einzelner Nahrungsstoffe entschieden gefördert und namentlich die Frage, ob Eiweisskörper in der Regel die ausschliessliche Quelle der Muskelkraft sein können, mit entscheiden helfen.

Doch sind nahezu 20 Jahre vergangen, ehe von anderer Seite mit der nämlichen Methode gearbeitet worden ist.

1) Irrthümlicher Weise wird zumeist die ganze Hippursäure auch als ein Stoff, welche mit dem Harnstoff und der Harnsäure gleichzeitig (also als Abfallsprodukt des Eiweisses) zu nennen ist, angesehen.

Endlich hat dann Stohmann dieselbe wieder aufgegriffen und berechnete Einwände gegen die ursprüngliche Ausführung von Frankland gemacht. Einen Hauptfehler wollte er in dem Mangel einer Kontrolle für die völlige Zersetzung der Substanzen sehen und er schlug vor, bei jeder Verbrennung unmittelbar zu bestimmen, wie viel Chlorkalium in Lösung gegangen sei, und nach einigen Stunden durch eine zweite Titration zu erweisen, dass wirklich alles ClO_3K in ClK übergegangen sei, d. h. die Verbrennung eine völlige wäre. Ein weiterer Einwand Stohmanns war dann der, dass die Wandungen des Cu-Cylinders theilweise mit (zu CuO) verbrannten und dass namentlich N-haltige Stoffe ohne besondere Vorsichtsmaassregeln nicht völlig in die Endprodukte OH_2 , CO_2 und N zu verbrennen seien, sondern dass auch O-haltige N-Verbindungen aufträten.

Dies sind Fehler, welche in jedem einzelnen Versuche von verschiedener Grösse waren und deren Einfluss auf das Endresultat sich nicht einmal nachträglich schätzen liess. Sie fallen nicht alle in dieselbe Richtung.

Die Resultate wurden zu hoch:

1. durch die Verbrennung des Cu der Patrone,
2. durch die nicht völlige Lösung des Chlorkaliums, welches ja die Endtemperatur hätte erniedrigen müssen, wenn es sich gelöst hätte,
3. bei N-haltigen Stoffen durch gewisse Oxydationsstufen des N und die Bildung von Cu-Salz.

Zu niedrig wurden die Resultate:

1. durch die Unvollständigkeit der Verbrennungen,
2. durch die als Gas entweichende Untersalpetersäure.

Diesen hier gemachten Einwänden begegnete Stohmann durch bestimmte Modifikationen der Methode: In jedem einzelnen Versuche wurde das in Lösung gegangene ClK bestimmt, und einige Stunden nach der Verbrennung geschah durch erneute Titration der Nachweis der völligen Zersetzung

des ClO_3K und somit der Nachweis der kompletten Zersetzung der Substanz: ausserdem ist an Stelle einer Kupferpatrone eine solche von Platin zur Anwendung gekommen. Die Bildung von Oxydationsstufen des N aber soll durch Zusatz von N-freien Stoffen hoher Verbrennungswärme und Verlangsamung der Verbrennung durch Binstein vermieden werden können.

Stohmanns Schüler Rechenberg hat mit dieser modifizirten Methode Franklands viele Bestimmungen an N-freien Körpern ausgeführt, wobei sich höhere Zahlen als bei Frankland ergaben: so fand z. B. Frankland für 1 gr Stärke 4010 cal., Rechenberg 4479, also $+ 11,6\%$; noch grösser ist die Differenz bei Rohrzucker, nämlich 3348 nach Frankland, 4173 nach Rechenberg, also $+ 20\%$.

Danilewsky hat bald nach Rechenberg Versuche mitgetheilt, welche anscheinend nach denselben Regeln wie die Rechenberg'schen ausgeführt sind. Er hat für Fett, für einige Eiweisskörper und den Harnstoff Werthe angegeben, welche ebenso wie die Rechenbergs für die N-freien Substanzen höher waren, als die ursprünglichen Frankland'schen. Ochsenfett lieferte nach Frankland 9069 cal., nach Danilewsky 9686, $= + 6,7\%$, Harnstoff 2206 nach Frankland, 2537 nach Danilewsky, also $+ 15,0\%$.

Es konnte nach diesen Versuchen also als entschieden betrachtet werden, dass die Fehler in der Methodik Franklands so fielen, dass seine Werthe im Allgemeinen zu niedrig wurden.

Ich hatte nun an Thieren die Vertretungswerthe der einzelnen organischen Nahrungsstoffe untersucht und es stellte sich, wie früher in diesen Berichten mitgetheilt worden ist, heraus, dass die direkt am Thier gewonnenen Zahlen und diejenigen, welche man erhält, wenn man Nahrungsstoffe gleichen Spannkraftinhalts vergleicht, nahezu identisch sind, d. h. dass sich eben die Nahrungsstoffe nach ihren Verbrennungswärmen vertreten.

Eine ganz völlige Uebereinstimmung bestand allerdings nicht, allein die Differenzen betrugen nur 5 %, so dass man also bei der Schwierigkeit der Untersuchung mit diesem Resultate im höchsten Grad befriedigt sein konnte.

Während für Stärke, Rohrzucker, Traubenzucker, sowie für das Fett direkte Bestimmungen der Verbrennungswärme vorlagen, konnte leider die Verbrennungswärme des Fleisches, das als hauptsächlichster Repräsentant der Eiweisskörper gefüttert worden war, nur unvollkommen berechnet werden, weil keine Bestimmungen der Verbrennungswärme des Fleischeiweisses vorlagen; es schien aber die Berechtigung nach den vorliegenden Zahlen Danilewskys zu rechnen um so zulässiger, als die Werthe der von ihm untersuchten thierischen Eiweisskörper nur wenig unter einander abweichen.

Bei genauer Durchsicht der calorimetrischen Literatur und der Versuche Danilewskys, dessen Zahlen ich für das Fett, für Harnstoff und die Eiweisskörper benützt habe, musste ich mich überzeugen, dass eine erneute calorimetrische Untersuchung der von Danilewsky angegebenen Werthe nicht zu umgehen war. Die Zahlen Danilewskys zeigen nämlich bei vielen Stoffen so bedeutende Differenzen in den Einzelbestimmungen, dass man zur Annahme gezwungen war, es handle sich dabei zum Theil um unvollständige Verbrennungen.

So z. B. finden sich in den Einzelbestimmungen bei Eiweisskörpern 5 %, bei Pepton 8 %, bei Fett 6 %, bei Harnstoff aber 17 % Differenzen. Die Differenzen sind so gross, dass selbst die alten Frankland'schen Werthe viel übereinstimmender waren, denn dieser fand bei Ochsenmuskel 1 %, bei Harnsäure 2 %, bei Harnstoff 8 % Unterschied zwischen Minimum und Maximum.

Ich habe mich daher veranlasst gesehen, direkte Versuche über die Verbrennungswärme der in Frage kommenden Stoffe anzustellen, namentlich aber auch die Verbrennungswärme der Fleischeiweisskörper in Untersuchung zu nehmen.

Wenn nun auch angenommen werden muss, dass die Zahlen Danilewskys nicht exakt sind, so ändern sich die Werthe doch nicht dergestalt, dass an meiner früher gezogenen Schlussfolgerung etwas zu ändern wäre.

Allein die Thierversuche sind so genau und exakt anzustellen, dass eine grössere Genauigkeit auf Seite der calorimetrischen Methode gefordert werden muss, als Danilewskys Zahlen darstellen.

Bei meinen calorimetrischen Versuchen bin ich nun im Wesentlichen so verfahren, wie Stohmann und Rechenberg angegeben haben. Es sei daher in Folgendem nur die Verschiedenheit in ihrem und meinem Verfahren hervorgehoben, nicht aber das Gemeinsame angegeben. Die ursprünglich von Frankland empfohlene kupferne Taucherglocke ist beibehalten worden. Die von Stohmann empfohlene Platinpatrone, die ich herstellen liess, habe ich nur bei meinen ersten Bestimmungen angewendet.

Die Platinhülse hat nämlich verschiedene Unbequemlichkeiten. Die Oeffnungen müssen bei jedem Versuche mit Papierblättchen verklebt werden, was eine Correctur des Endresultates bedingt, die Schichtung in der Hülse ist unkontrollirbar, das Einführen des Zündfadens, besonders bei kleinen Mengen von Substanz, ist erschwert, das Anzünden un bequem, das Verfolgen des Funkens der glimmenden Zündschnur schwierig; es ist ferner unvermeidlich, dass von der glimmenden Zündschnur Wärme an die Platinhülse abgegeben wird, dass sich namentlich bei Zusatz von Binstein schlackenartige Massen während der Verbrennung bilden, welche den Gasen den Austritt nicht gestatten, wodurch dann hohe Gasspannung und endlich ein kräftiger Stoss erfolgt, bei welchem in der Regel etwas unzersetzte Substanz mit herausgeschleudert wird.

Alle diese Unannehmlichkeiten umgeht man, wenn an

Stelle des Platincylinders dünnwandige Glaszylinder zur Aufnahme der Substanz verwendet werden.

Ich lasse sie in verschiedenen Weiten herstellen (je nach der Menge des zuzusetzenden Bimsteins). Die Glaszylinder schneidet man sich noch vor Verwendung mit einem Diamanten (von der inneren Wandung aus) gehörig zu. Die Glaszylinder werden durch eine am Boden des Mischers angebrachte höchst einfache Vorrichtung gehalten. Ein Messingblechcylinder wird aufgeschnitten und dann mit Erhaltung eines 1 cm hohen Randes drei nicht zu hohe Zinken ausgeschnitten. In dem reifförmigen Ansatz des Mischers bekommt dann dieser seinen Halt. Der reifförmige Ansatz ist durchbohrt und besitzt eine Schraube, welche auf den Rand des die Zinken tragenden Messingcylinders drückt und diese beliebig verstellen lässt. Von den Zinken wird die Glasröhre mit der Verbrennungsmischung gehalten, damit sie aber nicht zwischen denselben bis zum Boden des Mischers hinabgleite — denn gar zu fest dürfen die Zinken das Glas nicht fassen — stellt man einen kleinen Messingcylinder von 1 cm Höhe in den von den Zinken begrenzten Raum. Auf ersterem ruht alsdann die Kuppe des Glaszylinders.

Ich habe niemals beobachtet, dass, wie man etwa denken könnte, ein Glasstück des Cylinders abspringt und dadurch der Versuch misslingt, vielmehr schreitet das Schmelzen des Glases gerade so fort, wie die Verbrennung der Substanz; ergeben sich irgendwie Widerstände für das Entweichen der Gase, so bildet sich in dem schmelzenden Glase eine Blase, welche platzt, und so ohne einen Stoss zu erzeugen den Gasen den Austritt gestattet. Bei dem Zutretenlassen von Wasser zerfällt das Glas meistens in ganz kleine Stücke, so dass der Lösung des Chlorkaliums nichts im Wege steht.

Stohmann hat namentlich darauf aufmerksam gemacht, dass N-haltige Körper nur schwierig vollständig in CO_2 , OH_2 und N verbrennen, immer entsteht auch Geruch von

Untersalpetersäure. Er meinte, wenn man den N-haltigen Stoffen N-freie Stoffe hohen Wärmewerthes zusetze, z. B. Anthrachinon oder Naphtalin, und wenn man namentlich nur geringe Substanzmengen verbrenne, Bimstein zusetze und die Verbrennung sehr verlangsame, so liesse sich dieser Uebelstand vermeiden.

Ich habe mich nun durch Versuche überzeugt, dass man thatsächlich durch Stohmanns Verfahren die Verbrennung so leiten kann, dass kein Geruch nach NO_2 mehr auftritt. Dagegen ist aber der Schluss Stohmanns, dass man dann, wenn die entweichenden Gase nicht mehr nach Untersalpetersäure riechen, auch überhaupt die Bildung von Oxydationsstufen des N vermieden habe, ganz streng genommen nicht richtig.

Wie ich nachzuweisen in der Lage war, wird jederzeit auch bei Verbrennung N-freier Körper etwas salpetrige Säure und Salpetersäure gebildet. Diese Anfangs paradox erscheinende Thatsache findet ihre Erklärung darin, dass der in der Taucherglocke und zwischen den Theilchen der Verbrennungsmischung befindliche atmosphärische N zum Theil oxydirt wird, Untersalpetersäure bildet, die dann im Wasser in NO_2H und NO_3H zerfällt. Auch bei Verbrennung von N-freien Stoffen finden sich Spuren von Cu im Calorimeterwasser gelöst.

Die Bildung von Oxydationsstufen des N bei Verbrennung N-freier Stoffe ist ganz gering, und kommt für die Berechnung des Verbrennungswerthes der Substanz nicht in Betracht, aber es ist von theoretischem Interesse, dass sie doch einmal besteht.

Es ist demgemäss also auch begreiflich, warum niemals bei N-haltigen Stoffen eine glatte Zersetzung von CO_2 , OH_2 und N getroffen wird. Unter den von Stohmann angegebenen Verhältnissen ist die Bildung von Oxydationsstufen des N äusserst gering.

In meinen Versuchen ist bei jeder einzelnen Substanz untersucht worden, wie viel von Oxydationsprodukten des N auftritt.

Während der Verbrennung bildet sich bei der hohen Temperatur und dem O-Ueberschuss zuerst Untersalpetersäure, welche wie bekannt von Wasser leicht absorbirt wird. Im Wasser selbst zerfällt sie in NO_2H und NO_3H . Letzteres greift dann die Kupferwand der Taucherglocke¹⁾ an. Die Resultate der Verbrennung N-haltiger Körper werden durch diese Processe modifizirt. Die Oxydation des Cu zu $(\text{NO}_3)_2\text{Cu}$ erzeugt eine positive Wärmetönung, dergleichen die Bildung gelöster NO_3H ; die Bildung gelöster NO_2H erfolgt dagegen unter schwacher Wärmeabsorption. Da man nun im Allgemeinen die Verbrennung so leitet, dass kein Geruch nach Untersalpetersäure auftritt, kann man durch Bestimmung des gelösten Cu, der NO_2H und NO_3H den Correctionswerth herstellen.

Ich habe mich durch Controlversuche überzeugt, dass dann, wenn durch den Geruch keine Untersalpetersäure nachzuweisen ist, wirklich die Menge der gebildeten Oxydationsstufen des N sich durch die alleinige Untersuchung des Calorimeterwassers ausführen lässt.

Zur Ermittlung dieser Thatsache wurde von dem Calorimeterwasser ein Theil sofort nach der Verbrennung mit Barytwasser bis zur deutlich alkalischen Reaction versetzt, dann CO_2 eingeleitet, abfiltrirt, das Filtrat eingedampft und in einen kleinen Kolben gebracht. Zum weiteren Nachweis der $\text{NO}_2\text{H} + \text{NO}_3\text{H}$ wurde das Schlösing'sche Verfahren eingeschlagen. Die wie gesagt schon stark eingedampfte Flüssigkeit wurde noch weiter bis auf 8—10 cc. eingedickt. Die damit verknüpfte kräftige Dampfentwicklung reinigte den Apparat von dem O der Luft; sodann wurde die Flamme wegge-

1) Erst nach einigem Stehen wird Mangan gelöst.

nommen. Durch die bei der Abkühlung entstehende Druckverminderung wurde dann ClH -haltige Eisenchlorürlösung eingesaugt. darauf wurde mit ClH nachgespült, wieder erhitzt und die Gase (NO) in einen mit Kalilauge beschickten Bunsen'schen Gasometer übergetrieben. Nach dem Stillstehen der Gasentwicklung wurde das NO -Gas in einer Messröhre unter Wasser gemessen.

Ausserdem wurde in einem zweiten Versuche die Hälfte der zu dem ersten Versuche verwendeten Substanz unter Umständen verbrannt, welche eine völlige Sammlung der entwickelten Gase gestattete. Dazu diente zunächst ein messingenes Gefäss mit luftdicht aufzusetzendem Deckel, wie es Rechenberg zu Controlbestimmungen benützt hatte, welche letztere den Zweck hatten, zu zeigen, dass in der That sämtlicher C bei der Frankland'schen Methode als CO_2 auftritt.

Das genannte messingene Gefäss hat ein gasdicht verbundenes Gasleitungsrohr. Dieses vermittelte die Verbindung mit einem Gummibeutel, in welchen vor Beginn des Versuches etwas Barytwasser eingebracht worden war. Nach der Verbrennung wurden zunächst die Gase im Gummibeutel ordentlich durchgeschüttelt, der Apparat in allen Theilen gut ausgewaschen, die Flüssigkeiten vereinigt, alkalisch gemacht, CO_2 eingeleitet und dann weiter behandelt wie im ersten Falle.

Die Zahlen, welche in den beiden Versuchen erhalten wurden, deckten sich völlig.

Es ist demnach festgestellt, dass die Untersuchung des Calorimeterwassers allein bei richtig geleiteter Verbrennung die Menge der gebildeten Oxydationsstufen des N angibt.

Nachdem also Weg und Methode festgestellt war, galten die Bestimmungen zunächst jenen Stoffen, welche für die physiologische Betrachtung die wichtigsten sind; vorerst also der Bestimmung der Verbrennungswärme des Fettes, und

namentlich der Bestimmung des effektiven Wärmewerthes der Eiweisskörper des Fleisches und dann des Fleisches selbst.

Ich bin aber dabei wesentlich anders vorgegangen, als diess bisher geschehen ist. Bei Betrachtung der Wärmeentwicklung aus Eiweiss hat man allgemein angenommen, das Eiweiss spalte sich beim Säugethier in einen N-freien Rest und in Harnstoff. Diese Anschauung ist streng genommen nicht richtig. Auch bei reiner Eiweissfütterung habe ich gefunden, dass der C-Gehalt des Harns merklich höher ist, als derselbe sein sollte, wenn nur Harnstoff entleert worden wäre. Der N-Gehalt der organischen Bestandtheile des trocknen Harnes ist niedriger als der des Harnstoffs, nämlich 42—43 % statt 46,6 %. Es werden also auch noch andere kohlenstoffreichere Materien im Harn entleert.

Ich habe zu jeder Tageszeit in letzterem Indoxylschwefelsäure und Kreatinin gefunden; ausserdem Phenol und Kynurensäure. Die Verbrennungswärme dieser Körper, die neben anderen nicht so leicht nachweisbaren Stoffen sich im Harn nach Fütterung mit reinem Eiweiss vorfinden, müsste also auch von der des Eiweisses abgezogen werden. Es lässt sich also, wie man sieht, eine richtige Bestimmung des effektiven Wärmewerthes der Eiweisskörper im Thierkörper nur dann durchführen, wenn die Verbrennungswärme des bei Fütterung mit denselben entleerten Harnes ausgeführt wird. Da im Allgemeinen die Stoffe aber nicht im trockenen Zustande entleert werden, sondern wasserhaltig, so musste eine ganz exakte Bestimmung auch berücksichtigen, mit welcher Wärmetönung diese Stoffe sich in Wasser lösen. Für den Harnstoff habe ich diess bereits durchgeführt.

Ausser dem Harn tritt aber noch ein Abfallsprodukt des Eiweisses auf: der Koth. Letzterer muss unter normalen Verhältnissen (beim Hund) als Zersetzungsprodukt der Eiweissstoffe im Körper, nicht aber etwa als der unresorbirte Theil derselben angesehen werden.

Eine richtige Bestimmung der Verbrennungswärme der Eiweisskörper im Thierorganismus setzt also voraus die Kenntniss der Verbrennungswärme des Eiweisses, sowie die von Koth und Harn — also die der Abfallprodukte, wie man die beiden letzteren nennen könnte.

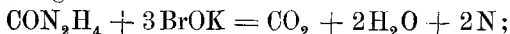
Schwierigkeiten setzte der Untersuchung die leichte Zersetzbarkeit des Harnes beim Trocknen entgegen. Jeder Harn — je nach dem Salzgehalt mehr oder weniger — zersetzt sich bekanntlich unter Abgabe von CO_2 und NH_3 . Das Trocknen unter der Luftpumpe ist bei grösseren Harnmengen undurchführbar. Ich habe daher stets eine grössere Menge Harns einfach auf Bimstein getrocknet, eine kleine dagegen im wasserfreien Luftstrom mit vorgelegter SO_4H_2 zur Absorption von NH_3 .

Was die grössere Portion zu wenig an Gewicht gab, konnte nur als zersetzter Harnstoff gerechnet werden.

Es musste also auch die Verbrennungswärme des Ur[†] bestimmt werden. Dieselbe wurde auf zwei Wegen ausgeführt. Zunächst geschah sie mit der Frankland'schen Methode, wobei ich gleich bemerken kann, dass derartige Unregelmässigkeiten, wie bei den Zahlen Danilewskys, nicht aufgetreten sind, Minimum und Maximum differiren nur um 2,7%.

Dann schien es mir nothwendig, die erhaltenen Werthe auf einem völlig von diesem verschiedenen Wege zu kontrolliren.

Der Harnstoff zersetzt sich bekanntlich mit BrOK nach der Gleichung



es ist diess also, wenn man so sagen will, eine Verbrennung auf nassem Wege. Jeder einfache Vorversuch überzeugt, dass die Reaktion in der That unter bedeutender Wärmeentwicklung verläuft.

Ich habe mir daher ein passendes Calorimeter hergestellt, welches mit Bromlauge gefüllt wurde. Die spezifische

Wärme meiner Bromlauge ist durch eigene Versuche bestimmt. Nicht aller Harnstoff wird bei dieser Reaktion zersetzt. Man muss also aus der Gasentwicklung berechnen, wie viel Harnstoff zerlegt worden ist.

Der Ablauf des Processes ist nothwendig ein ganz anderer als im Frankland'schen Calorimeter. Die direkt gefundene Wärmemenge gibt nicht unmittelbar die Verbrennungswärme des Harnstoffs, sondern eine viel höhere Zahl.

Bei der Zersetzung von BrOK zu BrK wird ebenso wie bei Zersetzung von ClO₃K zu ClK + 3O Wärme frei, welche sich aus folgenden Gleichungen ergibt.

$$\begin{array}{rcl} 3\text{Br}_2 + 3\text{K}_2\text{O} & = & 3\text{BrOK} + 3\text{BrK} = 57600 \text{ cal} \\ \text{und } 3\text{Br}_2 + 3\text{K}_2\text{O} & = & 3\text{O} + 6\text{BrK} = 74400 \text{ cal} \\ \text{demnach} & & + 3\text{O} = 16800 \text{ cal.} \end{array}$$

Dieser Wärmewerth muss demnach nach Maassgabe des bei der Reaktion verbrauchten O berücksichtigt werden.

Bei der Zerlegung mit BrOK tritt aber ferner dadurch, dass sämtliche CO₂ von der Kalilauge absorbirt wird, gleichfalls zu viel Wärme auf. Ausserdem bleibt sonach zu berücksichtigen, dass die Verbrennungswärme mit BrOK mit gelöstem Harnstoff ausgeführt wurde, demnach um die bei der Lösung erfolgte Wärmebindung zu hoch erscheinen musste.

Berücksichtigt man aber

1. die Zersetzungswärme des BrOK,
2. die Neutralisationswärme der CO₂,
3. die Lösungswärme der $\overset{+}{\text{Ur}}$,

so erhält man Resultate, die mit den im Frankland'schen Calorimeter gefundenen sehr wohl übereinstimmen.

Die Verbrennungswärme des Harns, der auf Bimstein getrocknet war, machte in den meisten Fällen keine besonderen Schwierigkeiten, dergleichen bietet der Koth zu weiteren Bemerkungen keinen Anlass.

Die Verbrennungswärme des Eiweisses im Thierkörper ergibt sich sonach

1. aus der direkten Beobachtung der Verbrennungswärme des trocknen Eiweisses (auch hier muss in eigenen Versuchen die Wärmetönung durch das Quellen im Wasser bestimmt werden),

2. aus den Abfallprodukten

- a) dem auf Bimstein getrockneten Harn,
- b) dem bei der Trocknung zersetzten Harnstoff,
- c) der Verbrennungswärme des Kothes.

Ebenso wie die Verbrennungswärme des Fleischeiweisses ist auch der effektive Werth des unveränderten Fleisches, sowie der bei Hunger auftretenden Abfallprodukte bestimmt worden.

Im Verlauf der experimentellen Arbeit habe ich immer Gelegenheit gehabt, mich aufs Allerbestimmteste davon zu überzeugen, dass die Zahlen Danilewsky's sich auf unvollkommene Versuche beziehen.