

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

1883. Heft III.

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1884.

In Commission bei G. Franz.

Sitzungsberichte
der
königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 2. Juni 1883.

I. Herr v. Bauernfeind berichtet über zwei Abhandlungen:

- 1) „Neue Beobachtungen über die tägliche Periode barometrisch bestimmter Höhen.“
- 2) „Ergebnisse aus Beobachtungen der terrestrischen Refraktion.“ (2. Mittheilung.)

Die beiden Abhandlungen werden in den „Denkschriften“ veröffentlicht.

II. Herr v. Voit theilt die Hauptresultate einer im physiologischen Institute von Herrn Dr. Max Rubner ausgeführten Arbeit mit:

„Ueber die Vertretungswerthe von Eiweiss,
Fett und Kohlehydraten im Thierkörper.“

Es ist durch meine Untersuchungen dargethan worden, dass der Verlust von Eiweiss vom Thierkörper nur durch eiweissartige Stoffe vollständig aufgehoben werden kann. Es giebt allerdings Stoffe, welche eine Verminderung des Eiweisszerfalls hervorbringen, wie z. B. die Fette, die Kohlehydrate,

der Leime etc. etc.; der letztere besitzt diese Eigenschaft in so hohem Grade, dass er durch seine Zersetzung in den Zellen das Eiweiss fast ganz vor der Zerstörung bewahrt und es scheint, als ob bei sehr reichlichen Leimgaben nur dasjenige Eiweiss, welches in zu Grunde gegangenen Zellen z. B. Epidermisschüppchen, Epitheliumzellen, Blutkörperchen etc. enthalten war, durch Zufuhr eiweissartiger Substanz ersetzt werden müsste.

Man weiss dagegen aus den Arbeiten von Pettenkofer und mir, dass der Verlust von Fett vom Körper nicht nur durch das Fett der Nahrung, sondern auch durch die Kohlehydrate und durch das Eiweiss derselben verhütet werden kann.

Es ist eine wichtige Frage, in welchen Mengen in Beziehung der Verhütung der Fettabgabe vom Körper sich die genannten 3 Stoffe ersetzen und dafür äquivalent sind.

Liebig glaubte bekanntlich, es hätten die stickstofffreien Stoffe, besonders die Fette und Kohlehydrate, sowie auch das über den Eiweissbedarf hinaus gereichte Eiweiss die Bedeutung, die für den Organismus nöthige Wärmemenge zu liefern, wesshalb er sie die Respirationsmittel nannte und er lehrte daher, dass diejenigen Mengen dieser Stoffe äquivalent sind, welche gleiche Mengen von Sauerstoff zur Oxydation brauchen, offenbar in der Meinung, dass dann auch gleiche Mengen von Wärme erzeugt werden. Darnach waren für ihn äquivalent:

100	Gramm	Fett,
240	"	Stärkemehl,
249	"	Rohrzucker,
263	"	Traubenzucker,
193	"	trockenes Fleisch. ¹⁾

1) Dadurch, dass Liebig auf frisches Fleisch (770 Gramm) rechnete und nicht wie bei den übrigen Stoffen auf wasserfreie Substanz,

Pettenkofer und ich haben darauf hin nicht besondere Versuche angestellt, da uns damals andere Fragen zu sehr in Anspruch nahmen, aber unter unseren vielen Versuchen bei verschiedener Ernährung befanden sich doch einige, aus welchen auf jene Verhältnisse geschlossen werden konnte. Wir haben geglaubt darthun zu können, dass 100 Gr. Fett in jener Beziehung die gleiche Wirkung besitzen wie 175 Gr. Kohlehydrate; ebenso gaben wir nach den Resultaten eines Versuchs an, 179 Gr Eiweiss (= 224 Gr. trockenes Fleisch) hätten die gleiche Wirkung wie 167 Gr Stärkemehl.

Diese Ergebnisse waren es vorzüglich, welche uns bestimmten anzunehmen, dass die Stoffe sich nicht nach dem zur Verbrennung nöthigen Sauerstoffverbrauch ersetzen und dass der Sauerstoff nicht die direkte Ursache der Zersetzung im Körper ist, sondern dass andere Ursachen, welche in der Organisation gegeben sind, bestimmend dafür sind.

Es waren daher neue, eigens auf diesen Punkt gerichtete Untersuchungen über die Vertretungswerthe von Eiweiss, Fett und Kohlehydraten nothwendig, besonders da sich zeigte, dass bei den früheren Versuchen noch nicht alle Vorsichtsmaassregeln, welche ein richtiges Resultat garantiren, beachtet worden waren. Ich habe darum schon vor längerer Zeit Herrn Dr. Rubner gebeten, die Versuche mit allen jetzt zu Gebote stehenden Mitteln zu wiederholen und sichere Aufklärung über den Sachverhalt zu bringen. Die Resultate, zu welchen derselbe bei diesen mühsamen Untersuchungen gelangte, fasse ich in Folgendem kurz zusammen:

Ein wichtiger Punkt zur Erhaltung richtiger Ergebnisse ist die Herstellung einer gleichmässigen Fettzersetzung. Eine Tag für Tag gleiche Eiweisszersetzung ist ja leicht zu erhalten, es den Anschein, als ob das Fleisch als „Respirationsmittel“ weit hinter den Kohlehydraten zurückstehe, während dasselbe doch, nach Liebig's Auffassung betrachtet, ein besseres Respirationsmittel wäre als die Kohlehydrate.

halten, da für die Grösse des Eiweisszerfalls vor Allem die Grösse der Eiweisszufuhr bestimmend ist und die Körperbewegung für gewöhnlich keinen Einfluss darauf besitzt, auch nicht die Schwankungen der Temperatur oder andere wechselnde Bedingungen. Dies ist aber mit der Fettzersetzung anders: dieselbe hängt bekanntlich in hohem Grade von der Arbeitsleistung des Körpers, sowie auch von der Temperatur der umgebenden Luft ab, und es frägt sich, ob es denn möglich ist, diese Faktoren auf die Dauer so gleich zu halten, dass die Fettzersetzung während einer Reihe von Tagen die gleiche bleibt. Man sollte denken, dass namentlich die Körperbewegungen eines grösseren Hundes, an welchem man solche Versuche allein anstellen kann, an sich folgenden Tagen höchst wechselnde sind und demnach von vorn herein ein Unternehmen wie das vorgesezte aussichtslos ist.

Nachdem aber das Versuchsthier an die Verhältnisse sich gewöhnt hatte und öfter in dem kein Umherspazieren gestattenden Respirationsapparate war, legte es sich alsbald in demselben zusammengekauert nieder und blieb so fast die ganze Zeit über ruhig. Versuche am hungernden Hunde, bei welchem in Zwischenräumen von 3 zu 3 Stunden die ausgeathmete Kohlensäure bestimmt wurde, zeigten auch dementsprechend, dass die Ausscheidung der letzteren in den einzelnen Perioden fast ganz die gleiche ist und die Schwankungen nur minimale sind. Dass man dabei auf möglichste Gleichhaltung der Temperatur der äusseren Luft sehen muss, ist selbstverständlich; es war diess in den nach Norden gelegenen Räumen des physiologischen Instituts leicht möglich.

Aus dieser Gleichmässigkeit der Eiweiss- und Fettzersetzung geht hervor, dass wir die Hauptbedingungen für den Stoffzerfall im thierischen Organismus jetzt kennen und es keine unbekanntenen Faktoren giebt, welche die Zersetzungen in bemerkbarem Grade beeinflussen.

Ferner darf man dem Thier, um die Vertretungswerthe

der Nahrungsstoffe festzustellen, letztere nicht in beliebiger Quantität reichen, also z. B. einen Ueberschuss von Fett oder von Stärkemehl und dann die im Organismus verbrannten Mengen der beiden miteinander vergleichen. Wird nämlich mehr Fett zugeführt, als eben nöthig ist, um den Fettverlust vom Körper aufzuheben, dann wird das Plus nicht völlig angesetzt, sondern es wird über den genannten Bedarf hinaus zersetzt; ebenso verhält es sich mit den Kohlehydraten und dem Eiweiss. Es ist daher in einem solchen Falle nicht möglich die Aequivalente zu finden. Man muss zu diesem Zwecke unter sonst gleich bleibenden Umständen diejenige kleinste Menge der sich zersetzenden Stoffe suchen, bei welcher eben kein Fett vom Körper mehr abgegeben wird.

Es wurde nun unter den angegebenen Cautelen durch Dr. Rubner ermittelt, wie viel aus dem Darm resorbirtes Eiweiss im Körper zersetzt werden muss, um den vorher beim Hunger stattfindenden Fettverlust zu vermeiden und weiterhin in sich unmittelbar folgenden Reihen Fett und Kohlehydrate (Rohrzucker, Traubenzucker, Stärkemehl) gefüttert, bis der gleiche Erfolg eintrat.

Der Harn wurde dem weiblichen Thier vollständig durch den Katheter entnommen; die Kohlensäureausscheidung in dem kleinen, jetzt für grössere Hunde eingerichteten Respirationsapparate bestimmt.

Die von Pettenkofer und mir für die Aequivalente angegebenen Zahlen sind danach nicht genau zutreffend. Bei der Vergleichung von Fett und Stärkemehl hatten wir vorzüglich den Fehler gemacht, das Fett in überschüssiger Menge zu geben, in der falschen Voraussetzung, dass der Ueberschuss völlig abgelagert und kein Theil davon zersetzt werde; so kam es, dass wir eine zu hohe Zahl für das Fett erhielten und eine zu niedrige für das Stärkemehl.

Die Zahlen, welche Dr. Rubner als Vertretungswerthe fand, sind die folgenden:

100	Gramm	Fett,
211	„	Eiweiss,
232	„	Stärkemehl,
234	„	Rohrzucker,
256	„	Traubenzucker.

Betrachtet man diese Zahlen genauer, so stellt sich heraus, dass diejenigen Mengen der Nahrungsstoffe in Beziehung auf den Fettersatz gleichwerthig sind, welche bei ihrer Oxydation zu Kohlensäure und Wasser gleiche Mengen von Wärme liefern.

Durch die nach der modificirten Methode von Thomson vorgenommenen Bestimmungen von Rechenberg und Dani-lewski kennt man jetzt die Verbrennungswärme einer Anzahl complizirter im Thierkörper vorkommender Stoffe, auch des Eiweisses, des Fettes und der verschiedenen Kohlehydrate genauer als dies früher der Fall war. Die von ihnen gefundenen Werthe werden nicht wesentlich von der Wahrheit abweichen. Bei der Berechnung der im Organismus bei der Verbrennung jener Stoffe gelieferten Calorien darf die für das Fett und die Kohlehydrate festgestellte Verbrennungswärme voll in Anrechnung kommen, während bei der Berechnung der von dem zersetzten Eiweiss gelieferten Calorien von dessen Verbrennungswärme derjenige Bruchtheil abgezogen werden muss, welcher in den Zersetzungsprodukten desselben im Harn noch enthalten ist.

Darnach liefern die gleichwerthigen oder isodynamen Mengen jener Stoffe folgende Wärmemengen:

	gleichviel Ca- lorien liefern	gleichwerthig sind
Fett	100	100
Eiweiss	201	211
Stärkemehl	221	232
Rohrzucker	231	234
Traubenzucker	243	256

Die Uebereinstimmung der isodynamen und calorischen Werthe ist für die schwierigen hier vorliegenden Verhältnisse so gross, dass es nicht mehr zweifelhaft sein kann, dass für den angegebenen Fall die Vertretung der Stoffe in denjenigen Quantitäten geschieht, welche gleiche Wärmemengen erzeugen.

Man könnte versucht sein daraus zu schliessen, dass ausser der Arbeitsleistung die Wärme der Umgebung oder des Körpers die direkte und hauptsächlichste Ursache für die Zersetzung im thierischen Organismus ist. Die Wärme ist aber nicht die nächste Ursache für den Zerfall der Stoffe in den Zellen, die nächsten Ursachen sind andere und sind in den eigenthümlichen Bedingungen der Organisation zu suchen; die Wärme ist nur einer der Faktoren, welche auf jene Ursachen begünstigend oder erschwerend einwirken. Denn es wird nicht selten mehr Material zerstört als zur Erhaltung der Eigenwärme des Körpers nothwendig ist: bei der Muskelarbeit wird ein grosser Ueberschuss von Wärme durch die Mehrzersetzung erzeugt, ebenso wird nach reichlicher Nahrungsaufnahme wesentlich mehr Wärme gebildet und in den Tropen haben die Bewohner alle Kunst und viel Zeit aufzuwenden, um die im Uebermaass auftretende Wärme los zu werden.

Die von Dr. Rubner erhaltenen Zahlen erklären sich leicht, wenn man erwägt, dass die ungenügende Erwärmung des Körpers ein Faktor ist, welcher auf die Zersetzungsprocesse und auf die Wärmebildung einwirkt und letztere regulirt, bis der Organismus seine Eigenwärme besitzt.

Ist also bei einer fast ausreichenden, aber etwas zu geringen Aufnahme der Nahrungstoffe bei dem durch die unbekanntenen Ursachen der Organisation hervorgerufenen Zerfall noch nicht genügend Wärme gegeben, um den Körper auf seiner Eigentemperatur zu erhalten, dann wird durch den genannten Faktor so viel noch dazu zersetzt, bis eben ge-

nügend Wärme gebildet ist. Es ist klar, dass in diesem Fall im Ganzen so viel von jenen Stoffen zersetzt werden muss, dass die verbrennenden Mengen gleiche Mengen von Wärmeinheiten liefern. Man kann auch daraus entnehmen, dass die bei obigen Versuchen angewendeten Stoffe gleichmässig auf die Regulatoren der Wärmeabgabe einwirken.

Die frühere Lehre Liebig's von den plastischen und respiratorischen Nahrungsstoffen ist mit der aus den neuen Thatsachen ableitbaren, wie man leicht einsieht, nicht identisch, selbst wenn man zugiebt, dass Liebig bei gleichem Sauerstoffverbrauch die Erzeugung gleicher Wärmemengen vorausgesetzt habe und auch abgesehen davon, dass nach ihm das Eiweiss der Gebilde im Körper durch die Muskelarbeit zu Grunde gehen sollte, wobei es die für letztere nöthige Kraft liefert, und das Eiweiss der Nahrung nur zum Wiedersatz des Verlustes dient. Denn es findet nur dann die Vertretung jener Stoffe in dem angegebenen Verhältniss statt, wenn eben die geringste Menge derselben, welche dazu gehört die Fettabgabe vom Körper aufzuheben, zerstört wird, also nicht zu viel von jenen Stoffen gereicht wird, die Arbeitsleistung des Körpers und die äussere Temperatur die gleiche bleibt. Sie tritt also durchaus nicht in allen Fällen ein, sondern nur in einem bestimmten Falle und unter bestimmten Voraussetzungen. Man könnte bei eben zureichender Zufuhr und gleichbleibender Arbeitsleistung ebensogut sagen, die Stoffe vertreten sich bei der Arbeit im Verhältniss der Summen der lebendigen Kraft, welche sie bei ihrer oxydativen Spaltung entwickeln.

Betrachtet man die Prozesse im Körper ausschliesslich von dem Gesichtspunkte der Ernährung und des Stoffwechsels, dann hat man es mit rein stofflichen Vorgängen zu thun, mit der Untersuchung, wie viel man von gewissen Stoffen unter verschiedenen Verhältnissen zuführen muss, um den stofflichen Bestand des Körpers zu erhalten. Fragt man

aber nach der Bedeutung dieser stofflichen Vorgänge für das Leben, nach ihrer Wirkung, so ergiebt sich bei den für die Aufhebung des Fettverlustes vertretbaren Stoffen, nach Abrechnung der verschiedenen zur Erhaltung des Eiweissbestandes nöthigen Eiweissmenge, das von Dr. Rubner gefundene Gesetz.

Ich halte diesen Nachweis zunächst für einen Beweis dafür, dass wir in den Methoden so weit gekommen sind, um die complicirten Stoffzersetzungen im thierischen Organismus genau zu verfolgen; ich betrachte ihn in der That für einen Triumph des Experimentes. Dann ist aber auch die erkannte Thatsache von wesentlicher theoretischer Bedeutung, indem sie uns einen tieferen Einblick in die Vorgänge im Thierkörper gestattet als dies bis jetzt möglich war; und es ist endlich jetzt alle Aussicht vorhanden, bei richtiger Ernährungsweise der in der Landwirthschaft verwendeten Thiere die gleichwerthigen Mengen der Nahrungstoffe im Futter zu berechnen.
