

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band III. Jahrgang 1873.



München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1873.

In Commission bei G. Franz.

Sitzung vom 8. November 1873.

Mathematisch - physikalische Classe.

Herr Voit spricht:

„Ueber die Bedeutung der Kohlehydrate in der Nahrung.“

Nach Untersuchungen von M. v. Pettenkofer und C. Voit.

Es ist die Aufgabe der Nahrung den Verlust von Stoffen vom Thierkörper zu verhüten oder einen bestimmten Stand derselben in ihm hervorzubringen. Es ist daher zur Feststellung der Bedeutung eines Nahrungsstoffes nothwendig zu wissen, welchen Stoff im Körper er erhält oder vermehrt, und wieviel von ihm zu diesem Zwecke darzureichen ist.

Wir haben früher beschrieben, welche Stoffe in einem hungernden Organismus (einem Hunde) zersetzt werden, und wie sich der Zerfall bei Zufuhr von Fleisch und dann von Fleisch unter Zusatz von Fett gestaltet. In letzter Zeit haben wir unsere Versuche bei Fütterung mit Fleisch und Kohlehydraten und bei Fütterung mit Kohlehydraten allein zusammengestellt, deren Hauptergebnisse wir heute der Akademie mittheilen wollen, uns die ausführliche Darlegung und Begründung an einem anderen Orte vorbehaltend.

Es handelt sich hier um einige allgemein interessante Probleme, nämlich um die Frage, in wie weit die Kohlehydrate

[1873. 3. Math.-phys. Cl.]

für das Fett der Nahrung eintreten, und ob aus ihnen Fett entsteht und im Organismus abgelagert wird.

In dem Darmkanale des fleischfressenden Hundes kann in 24 Stunden verhältnissmässig ebensoviel Stärkemehl in Zucker übergeführt und Zucker resorbirt werden, als in dem Darne eines Pflanzenfressers. Der complicirter gebaute Darm des letzteren ist nur dafür eingerichtet, ein für den Darm des Fleischfressers schwer oder gar nicht verwerthbares Kohlehydrat, die Cellulose, zu lösen und dadurch auch die in den Cellulosehüllen eingeschlossenen anderen Stoffe den Verdauungssäften zugänglich zu machen. Wir betonen dies, da man häufig glaubt, die Vorgänge in dem Leibe des pflanzenfressenden Thieres seien grundverschieden von denen des fleischfressenden. Dies ist durchaus nicht der Fall; die Prozesse sind vielmehr bei beiden ganz die gleichen, sobald die in die Säfte übertretenden Stoffe qualitativ und quantitativ die gleichen sind, was nicht schwer zu erreichen ist. Wir sind daher berechtigt, aus den Versuchen am Hunde über das Verhalten und die Bedeutung der Kohlehydrate allgemeine Schlüsse zu ziehen.

Aus unseren Versuchen geht hervor, dass aller in die Säfte eingetretene Zucker in den Organen in kurzer Zeit zerfällt und schliesslich, unter Eintritt von Sauerstoff in Kohlensäure und Wasser umgewandelt, ausgeschieden wird. Man hat neuerdings von mancher Seite die Verbrennung des Zuckers im Thierkörper geleugnet. Es wäre in der That wohl möglich, dass der Zucker darin zunächst in Produkte zerfällt, welche noch nicht mehr Sauerstoff einschliessen, und dass erst diese Abkömmlinge bei ihrem weiteren Zerfalle reicher an Sauerstoff werden, d. h. im eigentlichen Sinne des Wortes oxydirt werden. Man macht sich in der That, wie der eine von uns (V.) schon öfter hervorgehoben hat, von den Zersetzungs- und Oxydationsvorgängen im Thierkörper, ja selbst von den Verbrennungen ausserhalb desselben

häufig ganz falsche Vorstellungen. Man denkt sich, der Sauerstoff nage einfach die Kohlenstoff- oder Wasserstofftheilchen einer organischen Verbindung an und führe sie zu Kohlensäure und Wasser über, während es vielmehr eine mehr oder weniger grosse Anzahl von Zwischenproducten giebt. Wir nennen z. B. den Uebergang der Cellulose in Kohlensäure und Wasser unter Zutritt von Sauerstoff eine Oxydation, obwohl wir recht gut wissen, dass die Cellulose als solche nicht sich mit dem Sauerstoff verbindet, sondern nur die durch die Anzündungstemperatur entstandenen gasförmigen Zerfallprodukte. Sollte also auch der Zucker bei seiner Zersetzung nicht gleich Sauerstoff aufnehmen, so könnte man doch immerhin mit dem gleichen Rechte von einer Verbrennung desselben sprechen, mit dem man von einer Verbrennung des Holzes oder des Fettes redet; es wäre aber sicherlich richtiger, wenn man nur von einer Oxydation der direkt Sauerstoff bindenden Produkte spräche, und im Uebrigen nur den Ausdruck Zerfall gebrauchte. Wie dem auch sein möge, der in die Säfte eingetretene Zucker zerfällt nach unseren Versuchen in kurzer Zeit vollständig und wird in der Form von Kohlensäure und Wasser entfernt.

Damit ist abermals dargethan, dass aus den Kohlehydraten dauernd keine anderen Stoffe, namentlich niemals Fette zum Ansatz gelangen, eine Lehre, die der eine von uns (V.) schon in früheren Arbeiten zu begründen gesucht hat.

Es galt bis vor Kurzem ganz allgemein als erwiesen, dass die Kohlehydrate die Hauptquelle des im Körper abgelagerten Fettes sind, da man bei Fütterung mit Kohlehydraten und anderen Stoffen ein Thier fett werden sah und man kein anderes Material für die Fettbildung zu haben glaubte. Nun haben wir früher gefunden, dass nach Darreichung grosser Fleischmengen, die nur Spuren von Fett enthielten, wohl aller Stickstoff derselben in den Exkreten

wieder erscheint, aber eine beträchtliche Quantität des Kohlenstoffes zurückbleibt, der nur in der Form von Fett, entstanden aus dem Zerfalle des Eiweisses, abgelagert worden sein konnte. Wir halten es darnach für feststehend, dass bei dem Zerfalle des Eiweisses stets als eines der nächsten Zersetzungsprodukte Fett entsteht, welches noch weiter zerlegt oder auch unverändert aufgespeichert wird. Bei Zugabe von Kohlehydraten zu Fleisch findet ganz der gleiche Process statt, nur gelangt in der Regel mehr Fett zum Ansätze, weil die Kohlehydrate das aus dem Eiweisse hervorgegangene Fett vor dem weiteren Zerfalle schützen.

Findet sich in den Exkreten dauernd weniger Kohlenstoff vor, als in dem unterdess zersetzten Eiweisse und den in den Darm eingeführten Kohlehydraten enthalten war, so ist Fett im Körper entstanden und zurückgeblieben. Man darf aber daraus nicht ohne Weiteres den Schluss ziehen, dass dieses Fett aus den Kohlehydraten herkommt, es könnte sich ja ebensogut auch bei dem Zerfalle des Eiweisses abgespalten haben.

Wenn man nun genau wüsste, wie viel Fett aus 100 Grammen Eiweiss hervorgehen, so wäre es möglich, da die Grösse der Eiweisszersetzung leicht zu eruiiren ist, zu berechnen, wieviel Grammen Fett aus dem zersetzten Eiweisse entstanden sind. Es ist zwar bis jetzt nicht genau bekannt, welche Menge von Fett aus 100 Grammen sich zersetzenden Eiweisses wirklich erzeugt wird, aber man vermag dieselbe annähernd zu schätzen; wir nehmen mit Henneberg an, dass bei dem Zerfalle von Eiweiss 51,4 % Fett hervorgehen und demgemäss aus dem frischen Fleische 11,2 %.

Würde die unter dem Einflusse der Kohlehydrate abgelagerte Menge Fett die aus dem gleichzeitig zersetzten Eiweisse hervorgegangene nicht erreichen und in keinem Falle übertreffen, so wäre es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass jenes Fett nicht aus den Kohlehydraten entstanden ist.

Dies war nun bei unseren Versuchen durchgängig der Fall; meist wurde nur so viel Fett abgesetzt, dass aus dem frischen Fleische 1—3 % Fett hervorgehen mussten, einige Male wurde bei Darreichung von viel Stärkemehl zu Fleisch die Zahl 8—10 % erreicht, und nur zwei Mal nach Aufnahme von 608 Gramm trockener Stärke musste die Zahl 11 % bei der Berechnung angenommen werden, während der Kohlenstoff der Stärke stets völlig wieder entfernt wurde.

Wäre dagegen das abgelagerte Fett aus den Kohlehydraten entstanden, so müsste die Menge des ersteren mindestens proportional der Menge des Kohlehydrates sein, oder doch wenigstens mit ihr zunehmen. Dies trifft jedoch durchaus nicht ein, sondern es steht vielmehr die angesetzte absolute Fettmenge in unverkennbarer Beziehung zu der Quantität des zersetzten Eiweisses.

Bei ausschliesslicher Fütterung mit Fett kann sehr viel Fett im Körper zum Ansatz gelangen; bei ausschliesslicher Zufuhr der grösstmöglichen Mengen von Kohlehydraten nur ganz wenig, da dabei nur wenig Eiweiss zu Grunde geht. Verdoppelt man dabei die Kohlehydratgaben, so wird nicht mehr Fett angesetzt, aber auch nicht mehr Eiweiss zerlegt. Alles dies lässt sich nicht mit der Ansicht in Einklang bringen, dass aus den Kohlehydraten Fett hervorgeht, wohl aber mit unserer Anschauung, dass es aus dem Eiweisse sich bildet, da in den angegebenen Fällen nur wenig Eiweiss zersetzt wird.

Reicht man stets die gleiche Menge von Kohlehydrat in reichlichem Maasse und dazu verschiedene Mengen von Fleisch, so ist der Fettansatz entsprechend der Grösse der Eiweisszersetzung, so zwar, dass man geradezu im Stande ist, aus der letzteren den Fettansatz zu berechnen. Nichts spricht deutlicher für unsere Theorie als diese Thatsache, welche nach der alten Lehre absolut unverständlich ist.

Es besteht natürlich auch ein gewisser Zusammenhang zwischen der Grösse der Kohlehydratzufuhr und dem Fettansatze, wenn auch das Fett nicht aus den Kohlehydraten hervorgeht. Denn da die letzteren das aus dem Eiweisse abgespaltene Fett vor der weiteren Zersetzung schützen, indem sie selbst dafür zerlegt werden, so muss bis zu einer gewissen Grenze durch mehr Kohlehydrate auch mehr Fett erspart werden. Ist die Quantität der Kohlehydrate zu gering, so wird noch von jenem Fette zerstört; ist sie bedeutend, so wird von dem aus dem Eiweisse entstandenen Fette abgelagert. Für jede Eiweissmenge ist also eine ganz bestimmte Menge von Kohlehydraten nöthig, um das sämtliche aus dem Eiweisse hervorgegangene Fett zu schützen und zum Ansatz zu bringen. Durch die grössten Stärkgaben muss alles aus dem Eiweisse abgespaltene Fett erspart werden; wir fanden in diesem Falle einen Fettansatz, der 8—10 % des frischen Fleisches entsprach, während nach unserer obigen Annahme 11 % Fett daraus sich bilden sollen, welche Uebereinstimmung sehr für die Richtigkeit unserer Annahme spricht.

Die Resultate unserer Versuche lassen sich ganz einfach und ungezwungen unter der Voraussetzung deuten, dass die Kohlehydrate stets im Thierkörper binnen 24 Stunden in Kohlensäure und Wasser übergehen, und sie nur das aus dem Eiweisse erzeugte Fett vor dem weiteren Zerfalle bewahren; darnach müsste sich der Fettansatz nach der Menge des aus dem Eiweisse entstandenen Fettes und der des schützenden Kohlehydrates richten, was in der That auch eintraf. Unsere Versuchsergebnisse bleiben dagegen ungreiflich, wenn man das Fett aus den Kohlehydraten hervorgehen lässt.

Wir haben bei dem Hunde, trotzdem wir in der Kohlehydratzufuhr das Aeusserste versuchten, in keinem einzigen Falle die Kohlehydrate zu der Fettbildung nöthig gehabt,

und wir sind überzeugt, dass bei diesem Thiere unter keinen Umständen aus den Kohlehydraten Fett direkt sich bildet. Es ist uns aber auch ausserordentlich wahrscheinlich, dass dies bei anderen Thieren, z. B. den Pflanzenfressern, ebenso sich verhält, da, wie schon erwähnt, bei unserem Hunde die Quantität des in die Säfte übergetretenen Kohlehydrates verhältnissmässig so gross ist als bei einem sich mästenden Pflanzenfresser. So viel ist sicher, dass auch bei dem letzteren der weitaus grösste Theil des bei der Mast angesetzten Fettes aus dem zerfallenden Eiweisse und aus dem Fette des Futters abstammt, und es könnte höchstens in ganz extremen Fällen, die wir bei dem Hunde nicht erreichten, Fett aus dem Ueberschusse der Kohlehydrate hervorgehen, was wir aber für sehr unwahrscheinlich halten.

Die Kohlehydrate unterscheiden sich in ihrer Wirkung auf die stofflichen Vorgänge im Thierkörper ganz bestimmt von den Fetten, sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht. Sie vermindern wie das Fett in etwas den Eiweisszerfall und heben durch ihre Zersetzung die Abgabe von Fett vom Körper auf. Während aber bei reichlicher Fettzufuhr ein ansehnlicher Theil des Fettes abgelagert wird, wird das Kohlehydrat stets völlig oxydirt, welches dadurch das aus dem gleichzeitig zersetzten Eiweisse entstandene Fett vor dem Untergange bewahrt.

Die Quantitäten, in welchen die Kohlehydrate diese Wirkungen ausüben, sind andere als man bis jetzt geglaubt hat. Die Kohlehydrate leisten in Beziehung der Eiweissersparung absolut mehr als die gleichen Mengen Fett. Was die Verhütung der Fettabgabe betrifft, so vollbringen, wie unsere Versuche jetzt ergeben haben, 175 Theile Kohlehydrat den nämlichen Effekt wie 100 Theile Fett, während man bisher allgemein und auch in der Praxis bei Feststellung von Futternormen angenommen hat, dass 240 Theile Stärkemehl 100 Theilen Fett äquivalent sind.

Man stellte sich nämlich ohne allen Grund vor, der Sauerstoff sei die nächste Ursache der Zerstörung der stickstofffreien Stoffe und diese seien nur gleichsam zur Neutralisirung des Sauerstoffäquivalentes im thierischen Organismus nothwendig, es würde also von dem einen oder anderen Stoffe gerade so viel oxydirt, als der unter bestimmten Umständen eintretenden Sauerstoffmenge entspricht. Die Sauerstoffaufnahme hielt man aber für abhängig von dem Rhythmus der Athembewegungen, der Temperaturhöhe und Dichtigkeit der umgebenden Luft etc. Wenn also in einem gewissen Falle 284 Gramm Sauerstoff aufgenommen werden, so werden diese durch 100 Gramm Fett neutralisirt; ebensoviel Sauerstoff als 100 Gramm Fett vermögen jedoch auch 240 Gramm Stärkemehl zu neutralisiren, wesshalb man für den Thierkörper 100 Gramm Fett äquivalent hielt für 240 Gramm Stärkemehl.

Nach unseren Versuchen ist aber die Sauerstoffaufnahme nicht von jenen Faktoren abhängig, sie ist vielmehr sehr verschieden unter sonst gleichen äusseren Umständen der Art. Der Sauerstoff ist nach den Darlegungen des einen von uns (V.) nicht die nächste Ursache der Stoffzersetzung im Körper, so wenig wie er die nächste Ursache der Verbrennung des Holzes ist, sondern vielmehr die Anzündungstemperatur, welche Zersetzungsprodukte bildet, die bei genügendem Sauerstoffzutritt dann allmählich bis zu Kohlensäure und Wasser oxydirt werden. Ebenso werden auch unter den mannigfaltigen Bedingungen im Thierkörper die Fette und Kohlehydrate ohne den Sauerstoff zerfällt; beim fortgehenden Zerfall tritt jedoch Sauerstoff aus den Geweben und dem Blute in die Verbindungen ein und dieser wird dann durch neuen aus der atmosphärischen Luft eintretenden ersetzt. Es ist daher die Hauptaufgabe, die Bedingungen des Zerfalles der Stoffe in den Organen zu studiren und aufzusuchen, welche analog wirken wie die Anzündungs-

temperatur bei dem Brennen des Holzes. Thatsache ist, dass dadurch unter sonst gleichen Verhältnissen für 100 Gramm Fett nicht 240, sondern 175 Gramm Stärkemehl zerlegt werden, wobei dann sekundär soviel Sauerstoff in Beschlag genommen wird, als diesen Stoffmengen entspricht.

Im Thierkörper zerfällt beim Hunger stets Eiweiss und Fett. Mit Eiweiss in Verbindung mit Wasser und den nöthigen Aschebestandtheilen kann man den stofflichen Zustand im Körper erhalten, wenn die Eiweissmenge zureicht, die Abgabe von Eiweiss vom Körper zu verhindern, und wenn aus dem zersetzten Eiweisse so viel Fett abgespalten wird, als unter den gegebenen Verhältnissen sonst Fett zerstört wird. Kein Stoff zerfällt leichter im Thierkörper in die nächsten Produkte als gerade das Eiweiss. Das Fett und die Kohlehydrate der Nahrung vermögen den Fettverlust vom Körper zu verhüten; man muss sich aber dabei erinnern, dass eines der ersten Spaltungsprodukte des Eiweisses Fett ist und nach dem Eiweisse die Kohlehydrate am leichtesten zerstört werden, aber kein Stoff schwerer als das Fett. Wenn man diese Thatsachen festhält, so ist nichts leichter, als die Wirkungsweise der Kohlehydrate auf den Umsatz im Thierkörper und somit die Bedeutung derselben in der Nahrung zu verstehen.
