

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

Band XV. Jahrgang 1885.



München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1886.

~
In Commission bei G. Franz.

Herr C. v. Voit theilt die hauptsächlichsten Resultate zweier in seinem Laboratorium von Dr. Erwin Voit und Dr. C. Lehmann und von Dr. M. Rübner ausgeführten Untersuchungen mit

„Ueber die Fettbildung im Thierkörper.“

Man hat bekanntlich früher, nachdem sich herausgestellt hatte, dass das Eiweiss im Thierkörper ausschliesslich aus dem in der Nahrung schon vorhandenen Eiweiss stammt und demnach kein Eiweiss in demselben erzeugt wird, das Gleiche auch für das Fett angenommen. Es waren vorzüglich die französischen Forscher Dumas, Boussingault und Payen, welche den Satz vertheidigten, dass das Fett des Thieres nur von dem aus der Nahrung resorbirten, durch die Pflanze bereiteten Fett herrührt.

Liebig zog dagegen aus seinen geistvollen Betrachtungen über die Vorgänge im Thierkörper den Schluss, dass die Kohlehydrate der Nahrung die Hauptquelle für das im thierischen Organismus abgelagerte Fett seien. Liebig ging damals aus dem lebhaft geführten Kampfe als Sieger hervor, da es sich zeigen liess, dass das Fett der Nahrung in einer Anzahl von Fällen nicht hinreicht, das unterdess im Körper angesetzte Fett zu decken.

Pettenkofer und ich machten später auf eine weitere Quelle für das Fett aufmerksam, nämlich auf das Eiweiss, das sich nach unseren Untersuchungen am Hunde im Organismus in einen stickstoffhaltigen und stickstofffreien Antheil

spaltet, welcher letzterer nahezu die Zusammensetzung des Fettes besitzt.

Dadurch war es nöthig geworden, zuzusehen, ob vielleicht das in der Nahrung zugeführte Fett mit dem bei dem Eiweisszerfall sich abspaltenden Fett hinreicht, den Fettansatz im Thierkörper zu bewirken, und ob die Kohlehydrate in diesem Falle nur die Aufgabe haben, das Fett vor der weiteren Zerstörung zu schützen.

Es liess sich dies auch in der That, unter der Annahme, dass nach Henneberg's Berechnung aus dem Eiweiss bei dem Zerfall in sich selbst — nach Analogie der Zuckergährung, ohne Eingriff des atmosphärischen Sauerstoffes — im höchsten Falle 51,4 % Fett entstehen, für die von uns beim Hunde gemachten Beobachtungen nachweisen. Ebenso genügte das aus dem Darm resorbirte und aus dem Eiweisszerfall entstandene Fett zur Deckung des Butterfettes einer gut genährten reichlich Milch secernirenden Kuh. Auch von Anderen wurde darauf hin das Gleiche gefunden, so z. B. von Stohmann für milchgebende Ziegen, von Gust. Kühn und von M. Fleischer für Milchkühe bei an Eiweiss und Fett armer Nahrung.

Ich habe daher damals gesagt, dass der Uebergang von Kohlehydraten in Fett nicht bewiesen sei und ein solcher Vorgang erst dann angenommen werden dürfe, wenn man Beispiele fände, wo jene beiden anderen Fettquellen sicher nicht mehr zureichen. Es war dies der einzig richtige Standpunkt; niemals habe ich behauptet, dass die Kohlehydrate kein Fett geben und es ist demnach auch, wenn der Beweis der Bildung von Fett aus Kohlehydraten geliefert wird, nicht dargethan, dass ich mich geirrt habe, wie es jetzt nicht selten fälschlich von solchen dargestellt wird, die meine Lehren nicht kennen.

Von den früher angestellten Versuchen schienen nur einige von Lawes und Gilbert an Schweinen angestellte die

Nothwendigkeit der Kohlehydrate zur Fettbildung zu ergeben. Diese Forscher stellten bei einem Schweine den Gehalt an Wasser, Eiweiss, Fett und Asche fest und dann ebenso in einem anderen, dem ersten möglich gleichen, nachdem es durch 10 Wochen mit einer bekannten Nahrung gefüttert worden war. Ich habe diese Versuche nicht für genau genug gehalten, um einen so wichtigen Satz festzustellen; auch Soxhlet hält dieselben nicht für entscheidend, da dabei weder der Koth noch der Harn aufgesammelt worden ist und nur ein einziger brauchbarer Versuch vorliegt, bei welchem zudem nur wenig Fett aus Kohlehydraten abzustammen braucht, während bei den übrigen Versuchen weder die Zusammensetzung der Versuchsthiere noch die gleichartiger Controlthiere ermittelt wurde.

Bei den später von Weiske und Wildt ebenfalls an Schweinen ausgeführten Versuchen schien es, als ob die Kohlehydrate für die Fettbildung nicht in Anspruch genommen werden müssten, jedoch machte E. Schulze und auch E. v. Wolff darauf aufmerksam, dass der Stickstoff der dabei verfütterten Kartoffeln nicht aller in Eiweiss, wie Weiske und Wildt angenommen hatten, sondern zum grossen Theil in Amidverbindungen enthalten ist, die kein Fett zu liefern im Stande sind.

Es mehrten sich nun nach und nach die Beispiele, nach welchen das Fett aus der Nahrung und aus dem Eiweiss nicht zureicht.

Zunächst wurden Versuche vorgebracht, bei welchen eine Anzahl möglichst gleicher Thiere ausgewählt und dann angenommen wurde, dass alle die gleiche Fettmenge im Körper besitzen. Eines oder mehrere der Thiere wurde nun gleich geschlachtet, um den anfänglichen Fettgehalt zu erfahren und dann eines oder mehrere gefüttert und hintennach wieder die Quantität des Fettes ermittelt. Auf diese Weise suchte man zu finden, wie viel Fett unter dem Einflusse

einer bestimmten Nahrung angesetzt worden ist. Man wählte solche Thiere aus, welche sich zur Fettmast erfahrungsgemäss besonders eignen und grosse Quantitäten von an Kohlehydraten reichen und an Eiweiss sowie an Fett armen Nahrungsmitteln ertragen, wie z. B. Schweine oder Gänse.

In solcher Art sind die Versuche von Soxhlet an Schweinen bei Fütterung mit Reis, von B. Schulze und von Chaniewski an Gänsen, sowie von M. Tscherswinsky an Schweinen gemacht worden.

Gegen diese Methode ist im Allgemeinen einzuwenden, dass es kaum möglich ist Thiere mit annähernd gleichem Fettgehalt zu bekommen. Ich habe dies bei Versuchen, welche schon vor 15 Jahren an Gänsen in meinem Laboratorium ausgeführt worden sind, erfahren und es hat sich das gleiche neuerdings bei den Versuchen von Dr. E. Voit und Dr. C. Lehmann an Gänsen herausgestellt. Trotzdem die Thiere aus dem gleichem Trieb genommen waren und nahezu gleiches Gewicht besaßen und vor Beginn des Versuchs $4\frac{1}{2}$ Tage lang gehungert hatten, zeigte sich doch ein Unterschied im prozentigen Fettgehalte der Controlgänse von 14—27% oder bei einem Gewicht der Gans von 4 Kilo eine Differenz in der Menge des Fettes von 500 Gramm. Es ist klar, dass bei solchen Verschiedenheiten die Methode zu keinem genauen Resultate führen kann.

Soxhlet schlachtete von drei möglichst gleichen Schweinen eines zur Controle und fütterte die beiden anderen mit Reis, wobei er den Koth aufsammlte und daraus die Menge des im Darm resorbirten Eiweisses und Fettes entnahm. Das Controlschwein erwies sich schon als recht fett, denn es enthielt 38,6 Kilo Fett, und von den beiden anderen nahm das eine in 75 Tagen um 10,1 Kilo, das andere in 82 Tagen um 22,2 Kilo Fett zu. Der Erfolg der Mast war also sehr verschieden, und obwohl das dritte Thier etwas länger gefüttert wurde, so ist doch wohl ein grosser Theil des ungleichen

Resultats auf einen verschiedenen Anfangsfettgehalt bei den Thieren zu setzen. Soxhlet kommt jedoch bei der Betrachtung der Versuchsergebnisse zu dem Schluss, dass, wenn man nicht ganz abnorme Zahlen für die im Thiere anfangs abgelagerte Fettmenge annehmen will, ein grosser Theil des Körperfettes aus Kohlehydraten gebildet worden sein muss. Soxhlet hat mir später übrigens die Mittheilung gemacht, dass durch ein Uebersehen bei der chemischen Untersuchung der Organe sich die Differenz nicht so hoch stelle.

Bei den Versuchen von B. Schulze an Gäusen wurden 8 Thiere verwendet, zwei alsbald geschlachtet und sechs mit Roggenkleie und Kartoffelstärke gefüttert. Bei den 2 Controlthieren war der Fettgehalt höchst ungleich, nämlich bei dem einen nur 452 Gramm, bei dem anderen 783 Gramm; die Differenz beträgt 331 Gramm. Schulze nimmt als Anfangsfettgehalt das Mittel von 617 Gramm Fett an. Bei Anwendung eines Futters mit einem im Verhältniss zum Eiweiss reichen Stärkemehlgehalte fand nun in vier Fällen ein Ansatz von Fett aus Kohlehydrat statt und zwar von 24, 121, 95 und 74 Gramm, (5—20% des gesammten neugebildeten Fettes betragend) welche Zahlen aber alle in die Fehlergrenzen der ursprünglichen Bestimmung des Fettgehaltes fallen.

Bei den beiden Versuchen von Tscherwinsky an jungen Schweinen wurde allerdings so viel Fett bei Fütterung mit Gerste angesetzt, dass kaum etwas Anderes anzunehmen ist als dass dabei aus Stärkemehl Fett erzeugt worden ist. Denn im ersten Versuche enthielt das 7,3 Kilo schwere Controlthier nur 0,69 Kilo Fett, das gefütterte Thier 9,25 Kilo, wovon für 4,87 Kilo das Stärkemehl in Anspruch genommen werden muss; im zweiten Versuche fand sich im 11,03 Kilo schweren Controlthier 1,01 Kilo Fett vor, im gefütterten 6,44 Kilo, von denen 4,01 Kilo aus Kohlehydraten stammen mussten.

Chaniewski wählte in einer ersten Versuchsreihe 3 Gänse, von denen eine gleich getödtet, die beiden anderen unter Aufsammlung der Exkremente mit Reis während 18 und 26 Tagen gemästet wurden. Die Menge des Fettes im Körper betrug bei der ersteren Gans 216 Gramm, bei den beiden gemästeten Gänsen 489 und 890 Gramm, wovon 194 und 504 Gramm nicht aus dem Fett und dem Eiweiss der Nahrung gedeckt werden, also aus Kohlehydraten entstanden sein müssen, wenn man nicht annehmen will, dass der Anfangsfettgehalt der Mastthiere um so viel grösser gewesen sei; allerdings ist die Fettmenge bei der dritten Gans so beträchtlich höher als bei der zweiten, dass ein sehr ungleicher Gehalt an Fett bei denselben zu Anfang der Mast vorhanden gewesen sein muss. Um solche Zweifel zu beseitigen führte Chaniewski noch eine zweite Versuchsreihe aus, bei welcher die Gänse vorher 5 Tage lang hungerten. Das Controlthier wurde nach dieser Zeit als fast fettfrei (98 Gramm) gefunden, während das Mastthier nach 13 Tagen 543 Gramm Fett enthielt, also 445 Gramm Fett mehr, wovon 385 Gramm auf die Kohlehydrate treffen. Ich möchte hiezu bemerken, dass nicht immer nach 5 tägigem Hunger sich so wenig Fett im Körper einer Gans vorfindet; denn nach meinen obigen Mittheilungen kann trotz einem Hunger von $4\frac{1}{2}$ Tagen die Menge des in Gänsen abgelagerten Fettes von 560 bis 1080 Gramm schwanken.

E. Meissl und F. Strohmayer haben nun nicht diese vielfach trügerische Methode angewendet, sondern sie haben zugesehen, wieviel von dem aus der Nahrung resorbirten Kohlenstoff in den Exkreten, im Harn und Koth sowie in der Respiration, nicht ausgeschieden wurde, wieviel also im Körper in der Form von Fett zurückgeblieben ist. Sie sagen, sie hätten versucht, auf einem anderen vollkommen einwurfsfreien Wege zum Ziele zu gelangen, vergessen aber hinzuzufügen, dass dieser Weg zuerst und schon längst durch

die Versuche von Pettenkofer und mir gebahnt und betreten worden ist. Meissl und Strohmer experimentirten an einem Schwein, welches mit Reis gefüttert wurde, bei welchem Harn und Koth aufgefangen und am 3. und 6. Versuchstage die durch Haut und Lunge ausgeathmete Kohlensäure in einem Pettenkofer'schen Respirationsapparate bestimmt wurde. Von den dabei im Tag angesetzten 352 Gramm Fett mit 269 Gramm Kohlenstoff stammen 310 Gramm Fett aus Kohlehydraten, so dass kein Zweifel darüber besteht, dass hier bei der reichlichen Fütterung mit dem fett- und eiweiss-armen Reis aus Kohlehydraten Fett entstanden ist.

Die gleichen Versuche wie früher von Pettenkofer und mir an Hunden mit Bestimmung der Athemprodukte, der ausgeschiedenen Kohlensäure und des aufgenommenen Sauerstoffes, wurden nun von Dr. Erwin Voit und Dr. C. Lehmann an fünf Gänsen ausgeführt und zwar bei Fütterung mit Reis.

Es stellte sich dabei heraus, dass im Körper der hungernden Gans wie in dem des Hundes nur Eiweiss und Fett zersetzt und bis in die letzten Ausscheidungsprodukte übergeführt wird.

Bei reichlicher Fütterung mit Reis findet ein Ansatz von Stickstoff und von Kohlenstoff statt. Aber am ersten Fütterungstage nach dem Hunger bleibt nach Abziehung des im angesetzten Eiweiss enthaltenen Kohlenstoffes ein Rest von angesetztem Kohlenstoff, mit welchem, unter der Annahme dass derselbe im Fett enthalten ist, weniger Sauerstoff angesetzt worden ist als sich der Bestimmung nach als angesetzt ergibt, d. h. es besteht die jenen Kohlenstoff enthaltende Verbindung zum grossen Theil nicht aus Fett, sondern aus einem sauerstoffreicheren Stoff, der wohl nur Glycogen sein kann, welches bei Beginn der reichlichen Fütterung nach $4\frac{1}{2}$ tägigem Hunger in dem Körper aufgespeichert wird. An den folgenden Tagen hört die Glycogenbildung auf. Nach den dabei erhaltenen Werthen scheint es, als ob das Eiweiss der Nahrung zu der Gly-

cogenbildung nicht ganz ausreicht und als ob die Kohlehydrate auch dafür zu Hilfe gezogen werden müssen, worüber eben noch weitere entscheidende Versuche angestellt werden. Man ersieht daraus, wie der Respirationsapparat auch über die intermediären stofflichen Vorgänge der Zersetzung im Körper Aufschluss zu verschaffen vermag.

Bei einer Gans sind in 13 Tagen 376 Gramm Kohlenstoff des Futters in den Exkreten nicht wieder zum Vorschein gekommen, also im Körper zum Ansatz gelangt. Nach Berücksichtigung der Glycogenablagerung und der Fettmenge, welche aus dem Darm resorbirt worden ist und der, welche im Maximum aus Eiweiss hervorgegangen sein kann, bleiben noch 346 Gramm Fett übrig. Diese können nur aus den Kohlehydraten der Nahrung erzeugt worden sein; es sind dies 27 Gramm Fett im Tag.

Bei einer anderen kleineren Gans, die weniger Reis frass, gelangten in 4 Tagen 89 Gramm Fett aus Kohlehydraten zum Ansatz, also im Tag 22 Gramm; bei einer dritten Gans in 5 Tagen 82 Gramm, im Tag 16 Gramm.

Nach den Versuchen gingen im Durchschnitte aus der Gesamtmenge des aus dem Darm resorbirten Stärkemehles 17% Fett hervor. Da aber ein Theil der Kohlehydrate zur Deckung der stofflichen Bedürfnisse des Körpers dient und zersetzt wird, so darf man zur Fettbildung nur den über den Bedarf hinausgehenden Antheil derselben heranziehen. Dieser aus der Wärmebildung beim Hunger berechnet, ergiebt einen Werth, dass daraus 30% Fett entstanden sind. Nach der Berechnung von Henneberg können im Maximum aus 100 Gramm Stärkemehl, bei dem Zerfall in sich selbst, unter Abspaltung von 48% Kohlensäure und 11% Wasser 41% Fett hervorgehen.

Man könnte nun die Frage aufwerfen, ob die Pflanzenfresser sich von den Fleischfressern in den Zerfall- und Aufbauprozessen in ihrem Körper darin unterscheiden, dass

erstere aus Kohlehydraten Fett zu erzeugen vermögen, die letzteren aber nicht. Es wäre damit ein Unterschied gegeben, der über die durch die Verschiedenheiten der Nahrung gesetzten hinausgieng. Man könnte in der That jetzt geneigt sein, einen solchen Unterschied zu machen, nachdem früher Pettenkofer und ich bei einem grossen Hunde nicht im Stande waren eine Bildung von Fett aus Kohlehydraten zu beobachten.

Dr. M. Rubner ist es nun aber schon vor längerer Zeit gelungen, einem kleinen Hunde von 6 Kilo Gewicht mehr Kohlehydrate beizubringen, indem er nur einen Theil derselben als Stärkemehl reichte, den anderen Theil in dem leicht resorbirbarem Zucker, und darnach ebenfalls eine Aufspeicherung von Kohlenstoff im Körper zu beobachten, die nur unter der Annahme einer Fettbildung aus Kohlehydraten zu erklären ist.

Somit wird, wenn man einen grossen Ueberschuss von Stärkemehl neben wenig Fett und Eiweiss bietet, aus ersterem sowohl beim Pflanzenfresser als auch beim Fleischfresser Fett erzeugt. Es muss eine grosse Quantität davon vorhanden sein, ein Ueberschuss über den stofflichen Bedarf hinaus; ist dieser Bedarf daher gross z. B. bei starker Muskelarbeit oder grimmiger Kälte, dann wird kein Fett aus Kohlehydrat mehr angesetzt. Wird weniger Kohlehydrat, aber mehr Fett oder mehr Eiweiss, aus dem sich dann mehr Fett abspaltet, aus der Nahrung resorbirt, dann decken die beiden letzteren den Fettansatz und das Kohlehydrat wird zerstört, indem es das schwerer oxydirbare Fett vor der Zersetzung schützt. Dies ist in der Mehrzahl der Fälle gegeben, weshalb ich früher weder beim Fleischfresser noch beim Pflanzenfresser aus Kohlehydraten Fett hervorgehen sah; das resorbirte Fett und das aus dem Eiweiss entstandene Fett bildet für gewöhnlich die Hauptquelle des im Thierleib abgelagerten Fettes. Da sich nach Rubner's Untersuchungen

100 Theile Fett und 221 Theile Stärkemehl in Beziehung der Ersparung des Fettes im Körper vertreten, so tritt bei Aufnahme von Fett viel eher der Ueberschuss ein als bei Aufnahme von Kohlehydraten.

Ob diese Fettbildung aus Kohlehydraten in allen Organen stattfindet, oder in einem besonderen Organ z. B. in der Leber, das muss einer weiteren Untersuchung vorbehalten bleiben.
