

treten von nekrobiotischem Fett in andern Organen auf fettige Degeneration der Leber geschlossen werden kann, darüber muss man die Pathologie hören; für die hier vorliegenden Zwecke ist der Exkurs über die Fettleber schon fast zu lang geworden.

Sobald überhaupt Fett, ganz unabhängig von seiner Abstammung, abnormer Weise liegen bleibt, sei es im ganzen Körper (bei sogenannter Fettsucht), sei es in einem bestimmten Organ: der Grund dieses Liegenbleibens muss in gänzlichem Fehlen oder in Verminderung des Fettzersetzungsvermögens gesucht werden. Die früher betonten Erfahrungen über die Sensibilität des fettzerspaltenden Fermentes des Pankreassaftes ermächtigen sicher zu der Annahme einer gleich großen Sensibilität der einstweilen freilich noch rein hypothetischen und von dem Protoplasma nicht abzutrennenden fettspaltenden Fermente der Organe des Tierleibes. Bringt man mit dieser Vorstellung die Thatsache in Verbindung, dass Liegenbleiben von Fett in demjenigen Organ, in welchen sonst die Fettzersehung lebhaft vor sich geht, der Leber, die Endersehnung so vieler Krankheiten und experimenteller Störungen des Körpers ist, so wird man sich aber sehr davor hüten müssen, die Wirkung fremder Agentien auf den Organismus, weil in ihrem Gefolge auch Liegenbleiben von infiltriertem oder nekrobiotischem Fett eintritt, stets auf dieselbe Weise erklären zu wollen. Es ist hier nicht der Ort, auf die Wirkung dieser Agentien näher einzugehen, zumal die Gefahr vorliegt sich in Hypothesen zu verlieren; nur mag zum Schluss noch darauf hingewiesen werden, dass manche Stoffe, während sie den Fettzerfall hindern, den Eiweißzerfall im Körper vermehren; diese Erscheinung würde dafür sprechen, dass die Kräfte, welche die beiden in Rede stehenden Zersetzungen vermitteln, ebenso an verschiedenen Molekülen des Protoplasmas haften, wie im Darmkanal die Zersetzungen von Eiweiß, Fett u. s. w. durch verschiedene Fermente veranlasst werden.

O. Nasse (Rostock).

Ueber die Fettbildung im Tierkörper.

Nach zwei von Dr. Erwin Voit und Dr. C. Lehmann und von Dr. M. Rubner ausgeführten Untersuchungen mitgeteilt von C. v. Voit¹⁾.

Man hat bekanntlich früher, nachdem sich herausgestellt hatte, dass das Eiweiß im Tierkörper 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

1) Aus den Sitzungsberichten der k. bayr. Akademie d. Wissenschaften.

und Payen, welche den Satz verteidigten, dass das Fett des Tieres nur von dem aus der Nahrung resorbierten, durch die Pflanze bereiteten Fett herrührt.

Liebig zog dagegen aus seinen geistvollen Betrachtungen über die Vorgänge im Tierkörper den Schluss, dass die Kohlehydrate der Nahrung die Hauptquelle für das im tierischen 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 unsern Untersuchungen am Hunde im Organismus in einen stickstoffhaltigen und stickstofffreien Anteil spaltet, welcher letzterer nahezu die Zusammensetzung des Fettes besitzt.

Dadurch war es nötig geworden zuzusehen, ob vielleicht das in der Nahrung zugeführte Fett mit dem bei dem Eiweißzerfall sich abspaltenden Fett hinreicht, den Fettansatz im Tierkörper zu bewirken, und ob die Kohlehydrate in diesem Falle nur die Aufgabe haben, das Fett vor der weitem 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 Zuckergärung, 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 resorbierte und aus dem Eiweißzerfall entstandene Fett zur Deckung des Butterfettes einer gut genährten reichlich Milch sezernierenden Kuh. Auch von andern wurde darauf hin das Gleiche gefunden, so z. B. von Stolmann 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 andern 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 Notwendigkeit 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 andern, 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 Kot 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 Versuchstiere noch die gleichartige Kontrolliere 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 Teil in Amidverbindungen enthalten ist, die kein Fett zu liefern imstande 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 Tiere ausgewählt und dann angenommen wurde, dass alle die gleiche Fettmenge im Körper besitzen. Eines oder mehrere der Tiere 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 Tiere 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. Tschervinsky an Schweinen gemacht worden.

Gegen diese Methode ist im allgemeinen einzuwenden, dass es kaum möglich ist, Tiere 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 Tiere aus dem gleichen 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 Kontrollgänse 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 Kontrolle und fütterte die beiden andern mit Reis, wobei er den Kot aufsammelte und daraus die Menge des im Darm resorbierten Eiweißes und Fettes entnahm. Das Kontrollschwein erwies sich schon als recht fett, denn es enthielt 38,6 Kilo Fett, und von den beiden andern 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 Tier etwas länger gefüttert wurde, so ist doch wohl ein großer Teil des ungleichen Resultates auf einen verschiedenen Anfangsfettgehalt bei den Tieren zu setzen. Soxhlet kommt jedoch bei der Betrachtung der Versuchsergebnisse zu dem Schluss, dass, wenn man nicht ganz abnorme Zahlen für die Tiere anfangs abgelagerte Fettmenge annehmen will, ein großer Teil des Körperfettes aus Kohlehydraten gebildet worden sein muss. Soxhlet hat mir später übrigens die Mitteilung 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 Gänsen wurden 8 Tiere verwendet, zwei alsbald geschlachtet und sechs mit Roggenkleie und Kartoffelstärke gefüttert. Bei den 2 Kontrolltieren war der Fettgehalt höchst ungleich, nämlich bei dem einen nur 452 Gramm, bei dem andern 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 Verhältnis 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 gesamten neugebildeten Fettes betragend), welche Zahlen aber alle in die Fehlergrenzen der ursprünglichen Bestimmung des Fettgehaltes fallen.

Bei den beiden Versuchen von Tschewinsky 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 Kontrolltier nur 0,69 Kilo Fett, das gefütterte Tier 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 Kontrolltier 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 getötet, die beiden andern unter Aufsammlung der Exkremente mit Reis während 18 und 26 Tagen gemästet wurden. Die Menge des Fettes im Körper betrug bei der ersten 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 Masttiere 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 Charniewski noch eine zweite Versuchsreihe aus, bei welcher die Gänse vorher 5 Tage lang hungerten. Das Kontrolltier wurde nach dieser Zeit als fast fettfrei (98 Gramm) gefunden, während das Masttier nach 13 Tagen 543 Gramm Fett enthielt, also 445 Gramm Fett mehr, wovon 385 Gramm auf die Kohlehydrate treffen. Ich möchte hierzu bemerken, dass nicht immer nach 5tägigem Hunger sich so wenig Fett im Körper einer Gans vorfindet; denn nach meinen obigen Mitteilungen kann trotz eines Hungers von $4\frac{1}{2}$ Tagen die Menge des in Gänsen abgelagerten Fettes von 560 bis 1080 Gramm schwanken.

E. Meißl und F. Strohmmer haben nun nicht diese vielfach trügerische Methode angewendet, sondern sie haben zugesehen, wie viel von dem aus der Nahrung resorbierten Kohlenstoff in den Exkreten, im Harn und Kot sowie in der Respiration nicht ausgeschieden wurde, wie viel also im Körper in der Form von Fett zurückgeblieben ist. Sie sagen, sie hätten versucht, auf einem andern 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 Strohmmer experimentierten an einem Schwein, welches mit Reis gefüttert wurde, bei welchem Harn und Kot aufgefangen und am 3. und 6. Versuchstage die durch Haut und Lunge ausgeatmete Kohlensäure in einem Pettenkofer'schen Respiationsapparate 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 eiweißarmen Reis aus Kohlehydraten Fett entstanden ist.

Die gleichen Versuche wie früher von Pettenkofer und mir an Hunden mit Bestimmung der Atemprodukte, 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 ent-

haltenen 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 Teil nicht aus Fett, sondern aus einem sauerstoffreichern Stoff, der wohl nur Glykogen 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 Glykogenbildung auf. Nach den dabei erhaltenen Werten scheint es, als ob das Eiweiß der Nahrung zu der Glykogenbildung 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 Glykogenablagerung und der Fettmenge, welche aus dem Darm resorbiert 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 andern kleinern 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 resorbierten Stärkemehles 17% Fett hervor. Da aber ein Teil der Kohlehydrate zur Deckung der stofflichen Bedürfnisse des Körpers dient und zersetzt wird, so darf man zur Fettbildung nur den über den Bedarf hinausgehenden Anteil derselben heranziehen. Dieser aus der Wärmebildung beim Hunger berechnet, ergibt einen Wert, 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 letztern aber nicht. Es wäre damit ein Unterschied gegeben, der über die durch die Verschiedenheiten der Nahrung gesetzten hinausginge. 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 Teil derselben als Stärkemehl reichte, den andern Teil in dem leicht resorbierbaren Zucker, und danach 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 resorbiert, dann decken die beiden letztern den Fettansatz und das Kohlehydrat wird zerstört, indem es das schwerer oxydierbare 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 resorbierte Fett und das aus dem Eiweiß entstandene Fett bildet für gewöhnlich die Hauptquelle des im Tierleib abgelagerten Fettes. Da sich nach Rubner's Untersuchungen 100 Teile Fett und 221 Teile 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 besondern Organ z. B. in der Leber, das muss einer weitem Untersuchung vorbehalten bleiben.

Aus den Verhandlungen gelehrter Gesellschaften.

58. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Straßburg¹⁾.

I. Sektion für Botanik, 1. Sitzung.

Herr E. Strasburger (Bonn) zeigte eine auf Kartoffelunterlage veredelte, sehr kräftige Pflanze von *Datura Stramonium* vor. Die

1) Nur dem Umstande, dass wir die Abteilung „Aus den Verhandlungen gelehrter Gesellschaften“ erst jetzt in unserem Blatte eingeführt haben, bitten wir es zuzuschreiben, dass wir auf die Verhandlungen der letzten Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte nicht eher Rücksicht nahmen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1886-1887

Band/Volume: [6](#)

Autor(en)/Author(s): Voit Carl von

Artikel/Article: [Ueber die Fettbildung im Tierkörper. 243-249](#)