Bemerkungen zur Physiologie der Kohlehydrate.

Von

Otto Nasse.

Vor Kurzem hat J. Seegen in einem kleinen Aufsatz ¹⁾ berichtet, dass Glykogenlösungen nach vollständig abgelaufener Fermentation nur einen Bruchtheil des Traubenzuckers enthalten, welcher entstehen sollte, wenn die ganze gelöste Glykogenmenge in Traubenzucker umgewandelt worden wäre, und zwar 34—41% bei der Anwendung von Speichel, 45—48% bei der Anwendung von Pankreas-extract, und weitere Untersuchungen über die Art der Zersetzung des Glykogens, insbesondere über die Frage, ob der Zucker wirklich Traubenzucker oder eine andere Zuckerart sei, in Aussicht gestellt. Zu meinem Bedauern bin ich hierdurch zu einer vorläufigen Mittheilung aus einer grösseren Untersuchung genöthigt, die mich seit einiger Zeit beschäftigt, und die, wie sich im Folgenden ergeben wird, noch lange nicht abgeschlossen ist. Die Beobachtung von Seegen, die, wie hier gleich gesagt sein mag, richtig ist, hatte ich längst gemacht, auch einigen befreundeten Fachgenossen das auffällige Ergebniss mitgetheilt, als ich in Fortsetzung einer früheren Arbeit Studien über die Physiologie der Kohlehydrate im Muskel anstellte, auf die ich im Weiteren noch zurückkommen werde. Eine Veröffentlichung scheute ich indess bis dahin, wollte die Erscheinung erst im Zusammenhang mit anderen einschlagenden verfolgen.

Nur von dem Eingehen auf die Wirkung der verschiedenen diastatischen Fermente des Thierkörpers auf die verschiedenen Kohlehydrate der Stärkegruppe glaubte ich Aufklärung erwarten zu können, und vielleicht gleichzeitig auch etwas Licht über die immer noch unbekannte Molekularstructur dieser Kohlehydrate.

Nichts lag nun näher als ein Vergleich mit der Wirkung der Diastase. Hier ist man der Lösung der Frage bereits sehr nahe gerückt. Märcker und E. Schulze ²⁾ haben nachgewiesen,

1) Centralbl. f. d. medicin. Wissenschaften 1876. No. 48.

2) Journal f. Landwirthschaft. 20. Jahrg. p. 52 ff.

dass das Reduktionsvermögen (Red. V.) der vollkommen durch Diastase umgewandelten Stärke nur etwa die Hälfte des durch Rechnung erfordernden (bzw. durch Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure zu erreichenden) beträgt, O'Sullivan¹⁾ und ebenso später E. Schulze und A. Urich²⁾, dass der hierbei entstehende Zucker eine besondere, bereits von Dubrunfaut³⁾ bei demselben Prozess beschriebene, aber fast gänzlich in Vergessenheit gerathene Zuckerart: Maltose ist. Von der Maltose, deren Zusammensetzung von O'Sullivan und E. Schulze $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$ angegeben wird, reduciren 100 Gewichtstheile wie 66—67 Traubenzucker, oder ihr Red. V beträgt $\frac{2}{3}$ des von Traubenzucker. Durch verdünnte Säure geht die Maltose unter Wasseraufnahme in Traubenzucker über. Endlich hat Märcker⁴⁾ mit vollkommener Sicherheit festgestellt, dass Traubenzucker bei diesem Vorgang überhaupt nicht entsteht. Ausser der Maltose wird nur noch Achroodextrin gefunden. Ist nun auch das Achroodextrin noch nicht analysirt, so darf man doch wohl schon den Versuch machen, die Spaltung des Amylums durch eine Formel auszudrücken. So sei hier eine jüngst von Märcker⁵⁾ aufgestellte Umsetzungsgleichung mitgetheilt, bei der übrigens der Maltose eine andere Formel zugeschrieben wird. Die betreffende Gleichung lautet:

Die Umwandlung des Amylums durch menschlichen Speichel ist noch nicht so aufgeklärt, doch vermag ich bereits mit Bestimmtheit zu erklären, dass sie von der eben besprochenen verschieden ist. Meine Stütze sind eine sehr grosse Anzahl von Versuchen, zunächst mit Arrowroot angestellt, in denen ich die Menge des — natürlich als Kleister verwendeten — Arrowroots, die Menge des Fermentes — filtrirter Mundspeichel, bei wohlgereinigter Mundhöhle gewonnen, übrigens wahrscheinlich von sehr wechselnder Stärke — und endlich die Zeit der Digestion — sie geschah in

1) Moniteur scientifique Quesneville, März 1874.

2) Berichte d. deutsch. chem. Gesellsch. VII. p. 1047.

3) Annal. d. chim. et d. phys. XXI. p. 178.

4) Jahrbücher d. Landwirthschaft. Suppl.-Bd. 1876.

5) Art. Spiritusfabrication in Ber. üb. d. Wiener Weltausstellung. 2. p. 244.

Kölbchen im Wasserbad bei c. 40° C. — mannigfach variirte. Das Reductionsvermögen der digerirten Masse wurde in einer wiederholt von mir angegebenen Weise ¹⁾ durch schwefelsaures Kupferoxyd ermittelt und verglichen mit dem geforderten, das nach Märckers Vorschrift ²⁾ erhalten wird durch sechsständiges Erhitzen von Stärke mit 1% Schwefelsäure in Druckflaschen bei 110° C. In den meisten der Versuche, die im Einzelnen wiederzugeben wohl überflüssig ist, betrug das Red. V. 45 % des geforderten, in einigen wenigen 48 %. Bringt man weniger als 15—20 Cc. Speichel zu c. 0,3 Grm. Stärke aufgequellt in 20 Cc. Wasser, so bleibt auch bei 6—7-stündiger Digestion das Red. V. noch unter 45 %, steigt dann bei nochmaliger Digestion mit frischem Speichel. Auf die nicht unbeträchtlichen Schwankungen ist möglicher Weise die Temperatur von Einfluss, die bei der länger dauernden Digestion wohl nicht immer genau controlirt worden ist.

Es wurde hierbei die Frage aufgeworfen, ob sich nicht ein höheres Red. V. ergäbe, wenn die Zersetzungsproducte zum Theil weggeschafft würden, und zu diesem Zwecke die Digestion auf einem Dialysator gemacht, aber ohne Erfolg. Ebenso wenig vermochten Zusätze von die Speichelwirkung befördernden Stoffen ³⁾, wie NaCl und Curare, die Menge der reducirenden Substanz zu vermehren.

Bei Verwendung von Glycerinextract aus möglichst frischen menschlichen Bauchspeicheldrüsen waren die Resultate dieselben wie in den Mundspeichelversuchen. Das hatte ich nicht

1) Dies. Archiv. Bd. II, p. 102 und Bd. XI, p. 145.

2) Journ. f. Landwirthsch. 20. Jahrg. p. 59.

3) An Stelle des Ausdrucks Beförderung der Fermentation wäre wohl besser zu sagen Beschleunigung. Wie bedeutend dieselbe sein kann, habe ich an einem anderen Orte (dies. Arch. Bd. XI. p. 138) gezeigt, möchte aber hier eine noch schlagendere Beobachtung mittheilen betr. Rohrzucker und Invertin. Bei Zusatz von 5 Grm. NH_4Cl zu der 50 Cc. betragenden Mischung fand sich nach 5 Stunden die Inversion vollendet, während in dem ohne irgend einen Zusatz gemachten Parallelversuch kaum $\frac{1}{5}$ des Rohrzuckers invertirt war. Bis dahin keine Stoffe gefunden zu haben, welche in ähnlichem Grade die Speichelwirkung beschleunigen, war mir sehr bedauerlich, schon aus dem Grunde, weil das Sammeln von Speichel so lästig ist. Mir scheint, es lohne sich auch für die medicinische Praxis solche Stoffe für die Verdauungsfermente überhaupt aufzusuchen. Wirkliche Carminativa fehlen dem Arzneischatze.

anders erwartet, nachdem sich in einem schon früher angestellten (noch nicht veröffentlichten) Vergleich menschlicher Mund- und Bauchspeichel (bzw. Pankreasextract) gegenüber verschiedenen neutralen Salzen, Na_2SO_4 , NH_4Cl , NaNO_3 , KCl und NH_4NO_3 gar nicht unterschieden hatten in ihrer Einwirkung auf gekochte Stärke. Wir dürfen hiernach wohl vorläufig, selbstverständlich mit aller in solchen Fällen nöthigen Reserve, die Identität der diastatischen Fermente des menschlichen Mund- und Bauchspeichels annehmen.

Ob die thierischen Speichelfermente die Stärke in gleicher Weise wie die menschlichen umsetzen, lässt sich a priori nicht sagen, bedarf einer besonderen Prüfung. Zu einer solchen fordert nicht bloß der Umstand auf, dass sich Unterschiede zwischen den thierischen und menschlichen Speichelfermenten bezüglich der Schnelligkeit ihrer Wirkung bei Zusatz verschiedener Stoffe erkennen lassen¹⁾, sondern noch ganz besonders die oben mitgetheilte Angabe von Seegen, dass aus Glykogen durch Pankreasextract, unter welchem vermuthlich thierisches zu verstehen ist, eine grössere Menge von reducirender Substanz gewonnen wird, als durch Speichel.

Wenn nun auch die hohen Zahlen aus meinen Versuchen vermuthen lassen könnten, es wäre nur wegen Unvollkommenheiten der angestellten Versuche nicht dasselbe erreicht wie bei Verwendung von Diastase, so muss doch jeder Gedanke an eine Gleichheit beider Fermentationen schwinden bei näherer Untersuchung der Zersetzungsproducte. In einer Beziehung findet sich allerdings noch eine Uebereinstimmung: auch die thierischen diastatischen Fermente bilden nicht Traubenzucker aus Stärke. Hiermit fällt die Lehre von der Traubenzuckerbildung durch Speichel, die seit der Entdeckung der chemischen Wirkung des Speichels durch Leuchs²⁾ im Jahre 1831 ohne nähere Prüfung in der Physiologie als richtig gegolten hat. Zur Sicherstellung dieser Thatsache wurde nach dem Vorgange Märckers bei der Prüfung der durch Diastase zerlegten Stärke das zu wenig beachtete Barfoed'sche³⁾ Reagens benutzt, eine schwach essigsäure Lösung von neutralem essigsäurem Kupfer-

1) Dies. Arch. Bd. XI. p. 156 u. 161.

2) Kastner's Archiv 1831; nach J. Müller's Physiologie I. 4. Aufl. p. 436.

3) Zeitschr. f. analyt. Chemie. XII. p. 27 — auch Chem. Centralbl. 1873. p. 357.

oxyd, die schon bei kurzer Erwärmung durch Traubenzucker reducirt wird, nicht aber durch verschiedene andere Zuckerarten, welche Kupferoxyd bei Gegenwart von Alkali reduciren, wie Milchzucker, Maltose und die durch Speichel aus Stärke gebildete Substanz.

Dieses Kohlehydrat, das ich als ein bis dahin unbekanntes betrachten muss, und einstweilen schon der Kürze wegen Ptyalose (Speichelzucker) und zwar Amylum-Ptyalose zu nennen vorschlage, ist nun leider noch nicht analysirt, es ist noch nicht sein Drehungsvermögen u. s. w. festgestellt, und zwar weil es an der nöthigen Garantie der Reinheit der Substanz fehlte, weil sie noch nicht in krystallinischem Zustande (den sie übrigens vielleicht gar nicht besitzt) erhalten werden konnte, trotzdem seit längerer Zeit durch vorsichtige Dialyse aus Fermentgemischen während und nach der Digestion isolirte Lösungen derselben in gewöhnlich als der Krystallisation günstig angesehene Bedingungen gebracht worden sind. Mit je grösseren Cautelen solche Ptyaloselösungen gewonnen werden, desto genauer zeigen sie die Eigenschaften, dass ihr Red. V durch Kochen mit Schwefelsäure verdoppelt wird, während, wie oben erwähnt, das der Maltose unter der gleichen Bedingung nur von 2 auf 3 steigt. Im Vergleich mit Traubenzucker besitzt die Ptyalose eine geringere Löslichkeit in Alkohol.

Ausser der Ptyalose wird noch Dextrin gebildet, und zwar Achroodextrin, welche von Brücke ¹⁾ vorgeschlagene Bezeichnung ich gern an Stelle der früher von mir gebrauchten Dextrinogen acceptire. Reducirende Eigenschaft, die diesem Achroodextrin anhängt, ist, wie aus der steten Verminderung derselben durch wiederholtes Auskochen mit Alkohol zu entnehmen ist, auf mechanisch beigemengte Ptyalose zu beziehen, so dass man auch ohne bereits die Substanz vollkommen rein erhalten zu haben, behaupten darf: Achroodextrin reducirt nicht. Achroodextrin wie auch die Ptyalose, möglichst isolirt, wird weder durch die menschlichen Speichelfermente, noch durch Invertin verändert. Für Brückes Beobachtung einer Einwirkung von Pankreassaft auf Achroodextrin ist es nicht schwer eine Erklärung zu geben. Nicht jedes Dextrin nämlich, das sich durch Jod nicht mehr färbt, darf Achroodextrin genannt werden, sondern nur solches, das aus vollständig umgewan-

1) Sitzgber. d. k. Ak. d. Wissensch. z. Wien. LXV. 2. Abth. p. 35 des Separatabdruckes.

delter Stärke dargestellt wird. Die Vollständigkeit der Umwandlung kann aber nur aus der Ermittlung des Red. V. erschlossen werden. Wiederholt habe ich mich davon überzeugt, dass, wenn Jod auch nicht mehr die geringste Färbung des Stärkespeichel-Gemisches sowie des möglichst isolirten Dextrins hervorruft, man von dem bekannten erreichbaren Red. V. noch weit entfernt sein kann.

Wie sehr die beiden Spaltungsproducte der Stärke einer genaueren Untersuchung bedürfen, liegt auf der Hand. Dabei ergeben sich weitere Fragen betr. die Zerlegung anderer Stärkearten (wobei ich schon bemerken kann, dass die Weizenstärke sich dem Arrowroot ganz ähnlich verhält), der Vergleich des Achroodextrins mit dem durch Diastase bereiteten u. s. w. Ganz besonders wird aber dann die Bildung, der Verbleib, die weitere Umsetzung dieser Stoffe bei der natürlichen Verdauung zu studiren sein, die Umwandlung von direct in die Blutbahn gebrachten Kohlehydraten der Stärkegruppe, ihr eventueller Uebergang in den Urin u. dgl. m. Ja, zu einem vollkommenen Verständniss aller dieser Vorgänge bedarf es wie des Vergleichs mit der Wirkung der Diastase auch wohl des Zurückgehens auf die Einwirkung von Schwefelsäure auf Amylum, bei der Dubrunfaut¹⁾ das Auftreten von Maltose beobachtet zu haben angibt.

Das Amylum verlassend, kommen wir zum Glykogen. Hier verfüge ich über zwei Versuchsreihen, angestellt mit Speichel und 1) mit einem älteren Präparat, Leberglykogen von verschiedenen Thieren und 2) mit Muskelglykogen vom Hunde. In der ersten Versuchsreihe wurden erhalten 37 %, in der zweiten 38 % des geforderten und wie bei der Stärke durch Behandlung von Glykogen mit Schwefelsäure erhaltenen Red. V. Diese Zahlen stimmen gut mit denen, welche Seegen mitgetheilt hat. Unter den neu entstandenen Producten wird wieder Traubenzucker nicht gefunden, sondern, soweit meine Erfahrungen reichen, nur Achroodextrin und Ptyalose, die als Glykogen-Ptyalose einstweilen von der Amylum-Ptyalose unterschieden werden muss, schon wegen der Verschiedenheit der Spaltung dieser beiden Kohlehydrate, wenn sie auch darin der Amylum-Ptyalose gleich ist, dass durch Erhitzen mit 1 % Schwefelsäure das Red. V. ihrer Lösungen — die reine Substanz fehlt mir auch hier noch — ebenfalls verdoppelt

1) A. o. a. O.

wird. Dies gilt für Ptyalose stammend von jenen beiden Glykogenarten und ebenso von Leberglykogen vom Hunde, sämmtlich auf die bei der Amylum-Ptyalose erwähnte Weise durch Dialyse gewonnen. Bemerkenswerth dürfte die Uebereinstimmung zwischen Leber- und Muskelglykogen sein. Im Vergleich mit dieser Uebereinstimmung erscheinen mir die gelegentlich gefundenen Verschiedenheiten der beiden Glykogenarten von geringer Bedeutung. Ich denke hier an die geringere Opalescenz der Lösungen von Muskelglykogen und den bläulichen Farbenton der Jod-Muskelglykogene, der besonders ausgesprochen ist bei dem Muskelglykogen der Hühner, auch noch bei dem der Kaninchen, am wenigsten bei dem der Hunde. Kurzes Kochen mit ganz verdünnter Schwefelsäure hebt übrigens den Unterschied von dem Jod-Leberglykogen schön auf.

Anstatt zu wiederholen, nach welchen Richtungen die Untersuchung weiter zu gehen hat, will ich hier sogleich auf die beiden Glykogen führenden Organe des Thierkörpers eingehen, in denen aus noch unbekannten Gründen die Zersetzung des Glykogens einen anderen Verlauf nimmt.

In der Leber ist die Umwandlung von der eben besprochenen verschieden. Die vollkommen todtenstarre Leber enthält Traubenzucker, oder vorsichtiger gesagt, eine Zuckerart, deren Red. V. durch Erhitzen mit Schwefelsäure nicht weiter erhöht wird. Dies lehrten mich wiederholte Prüfungen des Auszuges todtenstarrer blutfreier Lebern von Hunden und Kaninchen und bluthaltiger, natürlich nicht fauliger Lebern von Menschen. Da ich indess nur das Dialysat des Leberdecocotes anwendete, so kann ich das Vorhandensein von Achroodextrin in der todtenstarrten Leber nicht mit Bestimmtheit in Abrede stellen. Der erwähnte Befund in der Leber erklärte mir ein anfangs unverständliches Factum, das z. Th. Veranlassung dieser ganzen Untersuchung gewesen ist. Wenn ich nämlich Leberstückchen zu verschiedener Zeit nach Entfernen des Organes aus dem Körper kochte, zerkleinerte, mit Speichel digerirte und endlich das Red. V. bestimmte, so fand ich dasselbe zunehmen bis zu einem gewissen Maximum, das mit der Zeit des vollkommenen Fehlens von Glykogen zusammenfiel. So stieg z. B. das Red. V. oder der scheinbare Gehalt an Traubenzucker in einer Kaninchenleber von 4,5% auf 7,3, in der Leber eines jungen Kätzchens von 1,8% auf 2,8. Diese Anfangszahlen 4,5% und 1,8% sind aber unter Berücksichtigung der unvollkommenen Umwandlung des Glykogens nunmehr

anders aufzufassen, es berechnet sich aus ihnen ein anfänglicher Gehalt von c. 11,7 resp. 4,7% Traubenzucker in Form von Glykogen in der Leber, so dass wir es nunmehr nicht mit einer postvitalen Bildung von Kohlehydraten, wie es erst den Anschein haben konnte, sondern mit einem Verbrauch von Kohlehydraten (die z. Th. sicher das Material für die postvitale Säurebildung sind) zu thun haben. Noch lange vor Beginn der eigentlichen Fäulniss sieht man ganz ähnlich wie bei den Muskeln einen Stillstand in dem Verbrauch eintreten — Höhe der Starre — mit Beginn der Fäulniss aber die reducirende Substanz, die wir als Traubenzucker betrachten, von Neuem rasch an Menge abnehmen. Bei diesen Berechnungen ist aber nochmals an die angedeutete Möglichkeit der Bildung von Achroodextrin in der Leber zu erinnern.

Mit einer Darstellung der Leberfermente, um sie auf Glykogen und eventuell auch auf Amylum wirken zu lassen, bin ich noch beschäftigt. Möglicher Weise bilden sich zunächst durch ein dem Ptyalin ähnliches oder gleiches Ferment Ptyalose und Achroodextrin als intermediäre Producte. Entsteht aber zu irgend einer Zeit in der Leber Achroodextrin, so muss dasselbe, weil es sich bei der Darstellung von Glykogen diesem beimischen wird, die Eigenschaften des Glykogens modificiren. Aus nicht ganz frischen Lebern könnte möglicher Weise ein noch geringere Mengen von Ptyalose lieferndes Glykogen erhalten werden.

Das zweite glykogenhaltige Organ ist der Muskel. Auch hier haben wir eine postvitale Umwandlung des Glykogens, des einzigen Kohlehydrats im frischen Muskel. Auf der Höhe der Starre, gemessen durch das Maximum der Säure, ist kein Glykogen mehr im Muskel, sondern wie es scheint nur eine reducirende Zuckersubstanz, der von Meissner¹⁾ entdeckte Fleischzucker. Dieses Verhalten ist wiederholt bestätigt von Brücke²⁾, Weiss³⁾ u. A. vermittelt der vorwurfsfreien Brücke'schen⁴⁾ Methode der Wägung

1) Nachr. v. d. G. A. Universität zu Göttingen, J. 1861 p. 206 u. J. 1862 p. 157.

2) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. z. Wien LXIII. 2. Abth.

3) Ebenda LXIV. 1. Abth.

4) A. a. O. Die Brücke'sche Methode eignet sich nicht mehr ohne Weiteres, wenn neben Glykogen Dextrin insbes. Achroodextrin vorhanden, da die physiologische Bedeutung dieser Körper oft eine verschiedene ist.

des reinen Glykogens, während ich in meinen älteren Versuchen ¹⁾ die Menge des Glykogens indirect ermittelt hatte. Ich hielt ja damals die Angaben der Lehrbücher über die Wirkung des Speichels für richtig und glaubte das nach vollendeter Digestion mit Speichel gefundene Red. V. einfach als Traubenzucker in Rechnung bringen zu dürfen. Erst im Laufe dieses Sommers, als ich mich von Neuem der Physiologie der contractilen Substanz zuwenden wollte, enthüllte sich mir der grosse Unterschied zwischen diesen beiden Methoden der Glykogenbestimmung, und so entstand eine eingehendere Untersuchung, der die hier mitgetheilten Bemerkungen entnommen sind.

Die früher von mir für Frosch und Kaninchenmuskel angegebenen Mengen von Glykogen als Traubenzucker berechnet sind also viel zu niedrig, durch Multiplication mit dem Factor 2,34 wird man aber aus ihnen sehr annähernd die richtigen Glykogenmengen berechnen können. Dieselbe Correction habe ich angebracht in einigen seit jener Publication noch weiter von mir freilich nach der alten Methode gemachten Untersuchungen der Muskeln auf Glykogen, die ich, weil meist zwei Parallelversuche angestellt worden sind, und es sich nicht um kleine Differenzen handelt, einer Besprechung an dieser Stelle werth halte. Da sind denn in erster Linie die grossen Schwankungen in dem Glykogengehalt der Muskeln zu bemerken, die bei Kaninchen unter gleichen Lebensbedingungen von 0,35 bis zu 0,9% gehen und zwar wenn von den vorher zum Hinausschieben der Todtenstarre nach dem Vorschlage von Cl. Bernard auf c. 25° C. abgekühlten Thieren ein möglichst gleichmässiges Gemisch von Fleisch aus den verschiedensten Körpertheilen zur Verwendung kam. Gleichmässige Gemische herzustellen ist aber nicht bloss sehr schwer, sondern sogar unmöglich, man muss daher auf solche Untersuchungen ganz verzichten, sobald sich Unterschiede in dem Glykogengehalt der verschiedenen Muskeln zeigen. Diese zeigen sich aber in der That: die verschiedenen Muskeln haben einen sehr verschiedenen Gehalt an Glycogen, wie ein Blick auf die erste Spalte (A) der nachstehenden Tabelle lehrt.

1) Dieses Archiv Bd. II p. 97 ff.

Thier	Muskeln	A. frisch Glykogen %	B. starr Trauben- zucker %	C. starr Glykogen % (aus B be- rechnet)	A—C	$\frac{A-C}{C}$
Kaninchen	Rückenmuskeln	0,94	0,35	0,32	0,62	0,66
	Adductores femoris	0,74	0,23	0,21	0,53	0,72
dto.	Rückenmuskeln	0,93	0,35	0,32	0,62	0,66
	Adduct. fem.	0,74	0,23	0,21	0,53	0,72
	Iliopsoas	0,64	—	—	—	—
dto.	Rückenmuskeln	0,68	0,14	0,13	0,55	0,81
	Biceps femoris	0,56	0,10	0,09	0,47	0,84
	Adduct. fem.	0,47	0,09	0,08	0,39	0,83
dto.	Rückenmuskeln	0,95	—	—	—	—
	Quadriceps femoris	0,7	—	—	—	—
	Rückenmuskeln und Quadr. fem.	0,83	0,17	0,15	0,68	0,82
	Adduct. fem.	0,7	0,15	0,13	0,57	0,80
Hund	Rückenmuskeln	0,97	0,30	0,27	0,70	0,72
	Adduct. fem.	0,97	0,31	0,28	0,69	0,72
	Quadr. fem.	0,85	0,24	0,22	0,63	0,74
	Iliopsoas	0,57	0,21	0,19	0,30	0,70
dto.	Rückenmuskeln	0,69	0,14	0,13	0,56	0,81
	Adduct. fem.	0,69	0,12	0,11	0,58	0,84
Katze nach 4täg. Hungern	Adduct. fem.	0,86	—	—	—	—
	Rückenmuskeln	0,54	0,18	0,16	0,38	0,70
	Quadr. fem.	0,54	0,16	0,14	0,40	0,73

Zur Erklärung dieser grossen Differenzen wird nun eine Analyse der Bewegungen der Thiere nöthig sein, da der Glycogenvorath wohl mit der Thätigkeit der Muskeln zusammenhängt, diejenigen Muskeln am wenigsten Glykogen enthalten werden, die vor dem Tode des Thieres am thätigsten waren.

Wenden wir uns nun zu dem anderen Kohlehydrat des Muskels, dem Abkömmling des Glykogens, dem Fleischzucker. Welcher Art dieser Zucker sei, lässt sich mit Bestimmtheit noch nicht sagen. Aus dem Decoct blutfreier todtentarrer Muskeln von Hunden und Kaninchen durch Dialyse gewonnene Lösungen von Fleischzucker, freilich zugleich auch von vielen anderen Stoffen, insbesondere Kreatin, reducirten nach Erhitzung mit Schwefelsäure eine nur wenig grössere Menge von Kupferoxyd. Sollte nun auch vielleicht vorübergehend Ptyalose bei der Starre gebildet werden, auf der Höhe derselben hat sie dem in die Gruppe des Traubenzuckers zu

rechnenden Fleischzucker Platz gemacht. Wie der Leberzucker, so bedarf auch der Fleischzucker noch einer gründlichen Untersuchung, bei der man aber auf nicht unbedeutende Schwierigkeiten stösst. Bedenkt man nämlich, wie leicht auch schwache Säuren, wie verdünnte Essigsäure u. dgl. Zuckerarten ähnlich der Ptyalose in stärker reducirende umwandeln, so wird man bei der Darstellung von Zucker aus thierischen Geweben zu der äussersten Vorsicht ermahnt, und man wird sehr oft, so u. A. wenn Bleiessig oder Bleizucker zur Isolirung und Reinigung benutzt worden ist, zweifeln dürfen, ob die schliesslich isolirte Substanz wirklich als solche in dem betreffenden Organ oder Gewebe enthalten war.

Erweist sich nun bei erneuter sorgfältigster Prüfung der Muskelzucker wirklich als Traubenzucker, so ergibt sich hieraus eine nicht unwichtige Folgerung: der früher schon von mir auf Grund der allerdings falschen Glykogenbestimmungen behauptete Verlust an Kohlehydraten bei der Starre des Muskels wird nicht nur bestätigt, sondern wird nun ganz beträchtlich höher gefunden, so dass nunmehr die Frage, ob die Milchsäure des starren Muskels auf die verschwundenen Kohlehydrate zurückzuführen ist, von Neuem aufgeworfen werden kann und wohl in bejahendem Sinne Beantwortung findet, auch wenn noch Achroodextrin im starren Muskel entdeckt werden sollte. Es ist wohl fast unnöthig, besonders darauf hinzuweisen, dass, wenn es sich um die Physiologie der Kohlehydrate im Muskel handelt, sämmtliche Kohlehydrate in Betracht gezogen werden müssen, nicht blos das Glykogen, wie das hie und da geschehen ist.

Die oben mitgetheilte Tabelle gibt bei den meisten der aufgeführten Muskeln auch Daten über die Mengen der bei der Starre verschwundenen Kohlehydrate und zwar als Glykogen berechnet. Die letzte Columne der Tabelle, das Verhältniss des verbrauchten Glycogens zu dem ursprünglich vorhandenen behandelnd, scheint mir noch besonderer Beachtung werth. Man kann aus ihr, wenn man die kleinen, von der Unvollkommenheit der Untersuchungsmethoden herrührenden Abweichungen ausser Acht lässt, folgern, dass bei demselben Thier in allen Muskeln stets ein gleicher Bruchtheil der Kohlehydrate bei der Starre verschwindet, auf den Muskel bezogen also ein verschiedener Procentsatz, entsprechend der ursprünglichen Verschiedenheit im Glykogengehalt ¹⁾.

1) Wie auch in den verschiedenen Muskeln auf den Muskel bezogen

Diese Thatsache lässt meines Erachtens vermuthen, dass, wenigstens im erwachsenen Organismus, das Glykogen ein wesentlicher Bestandtheil der contractilen Substanz als solcher, nicht in ihr bloss aufgespeichert ist wie in der Leber. Diese Vermuthung wäre weiter auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Sie schliesst den Gedanken in sich, den Glykogengehalt des Muskels als Maassstab für die von dem (von weiterer Zufuhr abgeschnittenen) Muskel zu leistende Arbeit zu benutzen.

Nun wiederholt sich bei dem Muskel natürlich die Frage nach der Ursache der Zersetzung des Glykogens. Durch Isolirung der Fermente kann erst entschieden werden, ob ein oder mehrere Fermente die Umwandlung des Glykogens und die Entstehung der Milchsäure veranlassen. Vielleicht liesse sich hierbei aus der Veränderung von vor Beginn der Starre dem Muskel zugeführten Glykogen etwas lernen. Aus der Thatsache, dass K-salze und Salicylsäure in gleichem Maasse die Umsetzung des Glykogens und die Bildung der Säure hemmen, dass diese beiden Vorgänge überhaupt zeitlich gleichen Schritt mit einander halten, lässt sich noch Nichts folgern.

Nicht unerwähnt möchte ich noch lassen, dass es nun wohl nöthig ist, an den verschiedensten Stellen des thierischen Körpers bei der Auffindung von reducirenden zuckerartigen Stoffen eine Probe zu machen, ob nicht Kochen mit Schwefelsäure das Red. V. erhöhe. Das gilt ganz besonders für den Urin, in welchem von Reichard¹⁾ sogar bereits dextrinartige Substanzen aufgefunden sind. Die diabetischen Urine, die ich bisher unter den Händen gehabt habe, enthielten nur Traubenzucker.

Zum Schluss dieser Mittheilung erkläre ich noch ausdrücklich, dass ich mir die Beantwortung der vielen im Vorstehenden ange deuteten Fragen nicht vorbehalte. Ohne Institut, ohne Hülfe, ohne die Möglichkeit Mitarbeiter zu beschäftigen, schreiten solche Arbeiten zu langsam fort. Ausserdem ist aber auch der Gegenstand von anderer Seite bereits in Angriff genommen worden.

ein verschiedener Procentsatz an Säure auf der Höhe der Starre von Ranke beobachtet ist, 0,201% in den Rückenmuskeln, 0,196 in den Oberschenkelmuskeln des Kaninchens. Ranke, Tetanus p. 147.

1) Pharm. Zeitschrift f. Russland XIV. 45 nach Maly's Jahresbericht der Thierchemie V. p. 60.