

Ueber den Zucker in den Muskeln.

Von

A. Panormoff, Privatdocent an der Universität Kasan.

(Der Redaction zugegangen am 11. Januar 1893.)

Durch die Untersuchungen von Cramer¹⁾ und mir²⁾ ist es erwiesen, dass sich das Glycogen in den Muskeln nach dem Tode ebenso verhält wie in der Leber, d. h. eine dauernde Abnahme desselben eintritt. Es entsteht nun die Frage, ob sich dieser Parallelismus zwischen dem Leber- und Muskelglycogen in ihrem physiologischen Verhalten auch weiter verfolgen lässt, ob also das Glycogen in den Muskeln ebenso wie in der Leber in Traubenzucker übergeht. Diese Frage ist verschieden beantwortet worden. Nach Cl. Bernard³⁾ und Tichonowitsch⁴⁾ bildet sich in den Muskeln kein Zucker, nach Meissner⁵⁾ ist in den Muskeln eine besondere Art von Zucker enthalten, der gährungsfähig, vom Traubenzucker aber durch geringere Löslichkeit in Alkohol und die Unfähigkeit mit NaCl eine krystallisirte Verbindung zugeben, unterscheidet. Dieser Zucker ist in reinem Zustande nicht erhalten worden. Ranke⁶⁾ bestätigt die Angabe, dass im

¹⁾ Zeitschrift für Biologie 1887, Bd. 24.

²⁾ Beilagen zu den Protokollen der Sitzungen der Naturforschenden Gesellschaft der Universität Kasan, No. 119.

³⁾ Vorlesungen über den Diabetes. Deutsch von A. Posner 1878, S. 261.

⁴⁾ Quelle der Bildung der Kohlehydrate. Charkow 1866.

⁵⁾ Nachrichten von der Universität zu Göttingen, 1861 und 1862.

⁶⁾ Tetanus, Leipzig 1865, S. 170.

wässerigen Auszug frischer Muskeln eine zu alkoholischer Gährung fähige Substanz vorhanden sei. Pavy¹⁾ hat mit Alkohol aus den Muskeln eine Substanz extrahirt, deren reducirende Fähigkeit sich nach Behandeln mit Schwefelsäure verdoppelte. Andere analytische Data hinsichtlich des von ihm aufgefundenen Körpers theilt Pavy nicht mit, hält jedoch die Annahme für möglich, dass der reducirende Stoff in den Muskeln Maltose sei. Aus dieser kurzen Litteraturübersicht ersieht man, dass einerseits die Meinungen über die Zuckerproduction in den Muskeln einander vollkommen widersprechen, andererseits die analytischen Data mangelhaft und ungenau sind. Es rührt dies daher, dass wir bis in die letzte Zeit keine guten Methoden besaßen, um aus irgend einem Organ oder einer Flüssigkeit den Zucker abzuscheiden, falls er in geringer Quantität und neben einer grossen Menge anderer Extractivstoffe vorhanden ist. Heute versprechen Untersuchungen in diesem Gebiete der Physiologie Dank der unlängst entdeckten Methoden ein bestimmteres Resultat.

Ich habe die Zuckerproduction in den Muskeln des Hundes, des Welses und des Hechtes untersucht. Hunde wurden nach dem Chloroformiren durch Aderlass aus der Carotis getödtet. Die Muskeln wurden möglichst vom ganzen Körper abgeschnitten, mit der Fleischhackmaschine fein zerkleinert, mit heissem Wasser ausgezogen und durch Leinwand ausgepresst. Das Ausschneiden und Zerkleinern der Muskeln und das Erwärmen des Extractes bis zum Aufkochen verlangte gewöhnlich 1 1/2 bis 2 Stunden. Zu dem auf ein kleines Volumen eingeeengten Auszuge wurde das drei- bis vierfache Volumen 95proc. Alkohols hinzugefügt, der Niederschlag abfiltrirt und auf Glycogen untersucht. Dies war in allen Muskeln, die ich auf Zucker untersucht habe, vorhanden. Das Filtrat wurde auf dem Wasserbade bei mässiger Temperatur zur Syrupconsistenz eingedampft. In letzterem musste der Zucker neben anderen Stoffen vorhanden sein. Zum Nachweis seines Vorhandenseins benutzte ich verschiedene

¹⁾ Lancet. vol. 11, 1881, S. 5 und 43.

Methoden. Daher waren die weiteren Operationen in jedem einzelnen Experiment verschieden. Ein Gährungsversuch mit den Extracten aus 1—2,5 Kilo Hundemuskeln gibt negative Resultate. Die Versuche wurden in folgender Weise angestellt. Der Syrup wurde zum krystallisiren hingestellt, von dem sich abscheidenden Kreatin getrennt, mit einer geringen Menge Wasser versetzt und 24 Stunden lang mit Hefe stehen gelassen. Im Verlauf dieser Zeit wurde keine Gasentwicklung wahrgenommen, während in einem Kontrollversuch mit Traubenzucker lebhafte Gährung eintrat. Wenn man zum Muskel-extracte Traubenzucker hinzufügt, so bekommt man nach 3 Stunden eine lebhafte Gährung. Daraus folgt, dass die Abwesenheit der Gährung in dem Muskelauszug nicht davon abhing, dass in ihm neben dem Traubenzucker oder der Maltose ein Stoff enthalten war, der giftig auf den Hefepilz einwirkte, sondern die Ursache lag offenbar darin, dass in dem Extracte entweder gar kein Zucker oder nur eine so geringe Menge davon enthalten war, dass er durch die Gährung nicht entdeckt werden konnte, da die CO_2 durch die Flüssigkeit absorbirt wurde. Wenn der Syrup, mit einer geringen Menge Wasser versetzt, nach E. Fischer¹⁾ mit essigsaurem Phenylhydrazin behandelt wird, so geht die Reaction folgendermassen vor sich. Bei Zimmertemperatur bildet sich kein Niederschlag, beim Erwärmen auf dem Wasserbade scheiden sich zuerst braune Flocken ab, nach 45 Minuten gelbe Krystalle in Form von Nadeln, deren Menge sich beim ferneren Erwärmen vergrössert. Nach 2—2 $\frac{1}{2}$ stündigem Erwärmen vergrössert sich die Menge des Niederschlages beim Abkühlen bis zur Zimmertemperatur nicht mehr. Bei der mikroskopischen Untersuchung erwies sich der Niederschlag als aus gelben Nadeln und aus einer braunen amorphen Substanz bestehend. Um das Osazon zu reinigen, wurde der Niederschlag abfiltrirt und zuerst mit kaltem, dann mit heissem Wasser ausgewaschen, sodann getrocknet und entweder mit Chloroform oder mit 95 proc. Alkohol ausgewaschen. Hierbei löst sich der grösste Theil der braunen Producte auf

¹⁾ Berichte. 17. 579.

und nach drei- bis viermaligem Umkrystallisiren aus kochendem 60proc. Alkohol wird ein gelber Niederschlag erhalten, der theils aus mit Nadeln besetzten Kugeln, theils aus feinen zu Büscheln vereinigten Krystallen besteht. Diese fangen bei 193—196° an sich zu bräunen, schmelzen unter Gasentwicklung und zeigen folgende Zusammensetzung:

- I. 0,1815 gr. gaben 0,395 gr. Kohlens. — 0,107 gr. Wasser.
 II. 0,176 gr. gaben 0,3835 gr. Kohlens. — 0,104 gr. Wasser.
 III. 0,163 gr. gaben bei 757,5 mm. Barom. und 18,5° 22 cbcm. Stickstoff.

	Gefunden:			Berechnet für
				$C_{15}H_{22}N_4O_4$:
C =	59,35	59,42	— %	60,33 ⁰
H =	6,54	6,56	— »	6,14 »
N =	—	—	15,79 »	15,64 »

Da die erhaltene Substanz sich nur durch den C-Gehalt von dem Glucosazon unterscheidet und auf Grund ihres Verhaltens zu Alkohol, ihres Schmelzpunktes und ihres N-Gehaltes mit dem Phenylglucosazon als identisch erscheint, so vermuthe ich, dass seine Reinigung mittelst Umkrystallisiren aus Alkohol nicht genügend bewerkstelligt werden könne. Ich führte es deshalb behufs völliger Reinigung nach dem Verfahren von E. Fischer¹⁾ in Glucoson über, welches letztere dann wieder in das Glucosazon verwandelt wurde. Zu diesem Zwecke wurden 1,4 gr. Glucosazon, das aus einer grossen Portion Muskelfleisch erhalten, mit Alkohol gewaschen und aus 60proc. Alkohol zweimal umkrystallisirt worden war, mit 25 cbcm. einer Salzsäure von 1,10 spec. Gew. durchgeschüttelt, dann eine Minute lang auf 45° erwärmt, darauf rasch bis Zimmertemperatur abgekühlt und 10 Minuten stehen gelassen, schliesslich im Verlauf von $\frac{1}{4}$ Stunde bis auf — 2° abgekühlt und dann filtrirt. Der Rückstand wurde mit einer geringen Menge Salzsäure ausgewaschen. Das Filtrat wurde mit dem fünf-fachen Volumen Wasser verdünnt und mit Bleicarbonat neutralisirt. Schliesslich wurde die Lösung entbleit und mit 4,0 gr. essigsauren Phenylhydrazins versetzt. Die Reaction

¹⁾ Berichte, Bd. 22, S. 87.

begann schon bei gewöhnlicher Temperatur. Nach 1 $\frac{1}{2}$ stündigem Erhitzen auf dem Wasserbade und zweimaligem Umkrystallisiren aus 60 proc. Alkohol wurden nadelförmige Krystalle erhalten, die bei 194° schmolzen¹⁾ und folgende Zusammensetzung hatten:

0,1595 gr. gaben 0,352 gr. CO₂ und 0,093 H₂O.

	Gefunden:	Berechet für
		C ₁₈ H ₂₂ N ₄ O ₄ :
C =	60,18%	60,33%
H =	6,47 »	6,14 »
N =	— »	15,64 »

Auf Grund aller ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften muss man die erhaltene Substanz für identisch halten mit Phenylglucosazon. Es folgt hieraus, dass die Glucose ein constanter Bestandtheil der Hundemuskeln ist. Es handelt sich nun darum, ihre Quantität in denselben festzustellen. Offenbar ist dieselbe sehr gering. Denn in einem Auszuge aus 2 Kilo Fleisch konnte man durch Einwirkung von Hefe keine merklichen Mengen von CO₂ erhalten. Um, freilich nur annähernd, zu ermitteln, wie viel Zucker in den Muskeln eines Hundes in verschiedenen Zeiträumen nach dem Tode enthalten ist, bediente ich mich ebenfalls der Reaction mit Phenylhydrazin. Nach E. Fischer ist die Ausbeute bei der Bildung von Glucosazon 85—90% der angewandten Dextrose, wenn man auf 1 Theil Dextrose 2 Theile salzsaures Phenylhydrazin und 3 Theile essigsaures Natron (oder 2 Theile essigsaures Phenylhydrazin) und 20 Theile Wasser anwendet und 1 $\frac{1}{2}$ Stunden erhitzt. In meinen Versuchen waren die Reactionsbedingungen ein wenig verschieden von den eben genannten. Die Menge des Zuckers war mir unbekannt. Um den E. Fischer'schen Vorschriften möglichst nahe zu kommen, fügte ich zu dem eingeeengten Muskelextract soviel Phenylhydrazin, dass dasselbe 5% des gegebenen Volumens ausmachte (entsprechend = 10% essigsaures Phenylhydrazin). Da die Muskelextracte auf 100 bis 200 ccm. eingeeengt wurden, bildete das hinzugefügte Phenylhydrazin einen bedeutenden

¹⁾ Nach meinen Untersuchungen schmilzt das Phenylglucosazon bei vorsichtigem Erhitzen zwischen 193 und 196°.

Ueberschuss gegenüber dem Zucker, der sich in denselben befinden konnte. Darauf musste das Osazon mit Alkohol ausgewaschen werden. Um festzustellen, wie viel Glucosazon sich unter diesen Bedingungen bilden würde, stellte ich folgende Versuche an. Zu 100 cbcm. einer 0,9proc. Dextroselösung wurden 5 cbcm. Phenylhydrazin hinzugefügt nebst ebenso vieler 50proc. Essigsäure. Das Gemisch wurde ca. 2 Stunden auf dem Wasserbade erhitzt, nach dem Erkalten der Niederschlag mit heissem Wasser ausgewaschen, getrocknet und mit annähernd derselben Menge Alkohol ausgewaschen, welche zum Auswaschen des aus den Muskeln gewonnenen Osazons verwandt worden war. Zuletzt wurde der Niederschlag im Vacuum getrocknet. Es wurden zwei Parallelversuche ausgeführt. Das gewonnene Glucosazon betrug 89 und 99% der angewandten Dextrose. In einem anderen Versuche nahm ich 100 cbcm einer 0,35proc. Dextroselösung. Die Abscheidung der Osazonkrystalle begann nach 45 Minuten dauerndem Erwärmen. Im Uebrigen war das Verfahren dasselbe wie oben. Das gewonnene Osazon betrug 64—68% der angewandten Dextrose. Nimmt man noch verdünntere Lösungen von Dextrose z. B. von 0,1%, so erhält man ganz geringe Mengen von Glucosazon. Demnach ist es unmöglich, auf diese Weise die Menge der Glucose zu bestimmen. Doch betrug die Menge des in meinen Versuchen gefundenen Glucosazons annähernd 64—99% des in den Muskeln vorhandenen Zuckers. Die Bestimmung der Menge der Dextrose in den Muskeln gab folgende Resultate. Aus 8 Kgr. von Muskeln verschiedener Hunde (die Muskeln jedes Hundes wurden besonders verarbeitet) wurde $0,462 = 0,006\%$ Osazon gewonnen. In diesem Versuche dauerte die vorläufige Behandlung bis zum Sieden des Wassers $\frac{1}{2}$ Stunde. Aus 2 Kgr. Muskeln, die nach zweistündigem Erstarren in Arbeit genommen waren, wurde nur eine unbedeutende Quantität Osazon erhalten. Aus 2,5 Kgr., 4 Stunden nach dem Erstarren verarbeitet, wurde 0,36 oder $0,015\%$ Osazon erhalten. Aus 2 Kgr., 20 Stunden nach Erstarrung in Arbeit genommen, wurden 0,24 gr. oder $0,012\%$ erhalten. Die in den Muskelextracten durch Phenylhydrazin

erhaltenen Niederschläge enthalten ohne Zweifel noch andere Derivate des Phenylhydrazins, Osazone, Hydrazone, Hydrazine etc. Nehmen wir indess an, dass dieselben ausschliesslich aus Glucosazon bestehen und dass in meinen Versuchen das Gewicht des Glucosazons nur der Hälfte der vorhandenen Dextrose entspricht, so würden in unseren Hundemuskeln zu verschiedenen Zeiten nach dem Tode nicht mehr als 0,01 bis 0,03% Dextrose enthalten sein. Diese geringe Quantität Zucker berechtigt zu der Annahme, dass in den Muskeln selbst kein Zucker enthalten war, sondern dieser dem in denselben zurückgehaltenen Blute zuzuschreiben sei, das ja bei gesunden Thieren stets Zucker enthält. Um mich von der Richtigkeit dieser Annahme zu überzeugen, stellte ich folgende Versuche an. Ein chloroformirter Hund wurde durch Aderlass aus der Carotis gelötet und darauf seine hinteren Extremitäten mit einer auf 40° erwärmten physiologischen Kochsalzlösung ausgewaschen. 2 Stunden später wurden die ausgewaschenen Muskeln abgeschnitten und auf obige Weise verarbeitet. Aus 1,7 Kgr. Muskeln wurden 0,065 gr. Glucosazon erhalten, aus 60proc. Alkohol umkrystallisirt hatte dies den Schmelzpunkt 193°. Aus diesem Versuche ergibt sich nun, dass der Zucker in den Hundemuskeln sich selbst gebildet hatte und nicht aus dem Blute herrührte. Die Bildung des Zuckers in den Muskeln ist besonders leicht bei den Kaltblütern nachzuweisen. Dies kann man aus den Versuchen ersehen, die ich zu diesem Zwecke an den Muskeln des Welses und des Hechtes angestellt habe. Zum Versuche nahm ich 1375 gr. Muskeln von einem Welse, der im Winter gefangen und gefroren nach Kasan gebracht wurde. Das Extract bereitete ich wie oben angegeben. Es wurde eingeeengt und mit Alkohol gefällt. Im Niederschlag befand sich das Glycogen. Das Filtrat wurde mit Bleizucker gefällt. Darauf wurde das überschüssige Blei mit H₂S entfernt und das Filtrat erst auf dem Wasserbade, dann im Vacuum auf ein kleines Volumen eingeeengt. Diese Lösung reducirte die Fehling'sche Flüssigkeit ohne Abscheidung von Kupferoxydul. Mit Phenylhydrazin bildete sich nach 15 Minuten

anhaltendem Erwärmen ein gelber krystallinischer Niederschlag. Das Erwärmen wurde 2 Stunden lang fortgesetzt. Hierauf wurde der Niederschlag mit heissem Wasser behandelt und abfiltrirt, sodann mit Alkohol gewaschen, dann aus 60 proc. Alkohol umkrystallisirt. Das Gewicht des so gereinigten Glucosazons betrug 1,0 gr. Das Glucosazon wurde noch einmal aus Alkohol umkrystallisirt. Es bildeten sich gelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 195°. Ihre Zusammensetzung war:

0,1655 gr. gaben 0,367 gr. CO₂ und 0,097 gr. H₂O.

	Gefunden:	Berechnet für C ₁₈ H ₂₂ N ₄ O ₄ :
C =	60,42 %	60,33 %
H =	6,51 »	6,14 »

Demnach entsteht in den Muskeln des Welses gleichfalls Glucose, aber in grösserer Quantität (ca. 0,1 %) als in den Hundemuskeln.

Diese Versuche geben keinen Aufschluss über eine andere interessante Frage, nämlich nach der Art des Zuckers. Denn Glucosamin und Isoglucosamin geben mit Phenylhydrazin dasselbe Glucosazon. Um auch diese Frage zu beantworten, versuchte ich den in den Muskeln sich bildenden Zucker in Form des Benzoessäureesters abzuscheiden. Nach der von mir¹⁾ modificirten Methode von Baumann ist es ziemlich leicht, vollständige Aether der einfachen Kohlenhydrate zu erhalten, die sich von einander durch einige physikalische Eigenschaften, Schmelzpunkt, und Krystallform unterscheiden, so dass man sie charakterisiren kann. Ich verwandte zur Abscheidung des Zuckers als Benzoessäureester wiederum Muskeln vom Hund und vom Wels. Der Extract von 4 kgr. Hundemuskeln (die vorläufige Behandlung dauerte 2 Stunden) wurde concentrirt, mit Alkohol gefällt, das Filtrat mit Bleizucker gefällt, das überschüssige Blei mit H₂S entfernt, das Filtrat bis zum Syrup concentrirt, dieser in einer kleinen Menge Wasser aufgelöst und mit 60 cbcm. Benzoylchlorid und 480 cbcm. 20 proc.

¹⁾ Journal der Russ. Chem. Gesellschaft, 1891, XXIII.

NaOH durchgeschüttelt. Das Product der Reaction mit Benzoylchlorid war ein Gemisch, aus dem es mir nicht gelang, einen Benzoesäureester irgend eines Kohlenhydrates zu isoliren, wahrscheinlich wegen der geringen Quantität desselben. (Ich konnte eine Substanz isoliren mit dem Schmelzpunkt 256—257, die in langen Nadeln krystallisirte, Kupferoxyd nicht reducirte und sich in kochendem Alkohol schwer löste. Ein geringer Theil des Produkts lösste sich gar nicht in Alkohol. Der in Alkohol lösliche Theil reducirte Kupferoxyd.) Ein bestimmtes Resultat erhielt ich bei den Muskeln des Hechtes. 1500 gr. gefrorener Hechtmuskeln wurden wie oben behandelt. Die Benzoylirung bewirkte ich mit 25 cbcm. Benzoylchlorid und 200 cbcm. 20 proc. Natronlauge. Der erhaltene Niederschlag wurde bis zum folgenden Tage stehen gelassen, abfiltrirt, mit Wasser gewaschen und in kochendem 95 proc. Alkohol aufgelöst. Nach dem Erkalten schied sich ein amorpher Niederschlag ab, der noch zwei Mal aus einem Gemisch von Alkohol und Chloroform umkrystallisirt wurde. Es wurde so eine geringe Quantität nadelförmiger Krystalle erhalten, die der Form nach den Krystallen der 5-Benzoyldextrose gleich waren, den Schmelzpunkt 165¹⁾ besaßen und Kupferoxyd reducirten. Aus diesem Grunde halte ich mich für berechtigt, diese Krystalle für identisch mit 5-Benzoyldextrose zu halten.

Ueber die Bildung von Maltose in den Muskeln.

Oben wurde erwähnt, dass Pavy in den Muskeln die Gegenwart von Maltose vermuthet. Obgleich seine Beweisführung unzulänglich ist, ist doch die Bildung von Maltose in den Muskeln nicht unmöglich. Zur Bestimmung derselben bediente ich mich ebenfalls des Phenylhydrazins. Das Maltosazon kann von dem Glucosazon durch heisses Wasser getrennt werden, das erstere löst sich darin, das letztere nicht. Ausserdem unterscheidet sich das Maltosazon von dem Glucosazon durch die chemische Zusammensetzung und den Schmelzpunkt. Bei langsamem Erhitzen schmilzt es bei 184°.

¹⁾ Die 5-Benzoyldextrose hatte zweimal aus dem Alkohol-Chloroform-Gemisch umkrystallisirt den nämlichen Schmelzpunkt.

Um Maltosazon in genügender Menge zu erhalten, habe ich in allen Versuchen mit Muskeln, wo Phenylhydrazin angewandt wurde, die mit diesem entstehenden Niederschläge erst mit kaltem, dann mit heissem Wasser behandelt. Aus dem heissen Wasser schied sich beim Erkalten ein zum Theil amorpher, zum Theil krystallinischer Niederschlag ab. Diese von etwa 12 Kilo Hundemuskel erhaltenen Niederschläge wurden vereinigt und nochmals mit heissem Wasser behandelt, worin sie sich nicht vollkommen lösten. Aus dem Filtrat schied sich beim Erkalten ein gelber, amorpher Niederschlag ab. Dieser bräunte sich beim Trocknen im Vacuum und schmolz bei 135° . Aus den Welsmuskeln erhält man bei einer solchen Behandlung eine geringe Menge feiner, nadel-förmiger Krystalle von gelber Farbe, die bei 115° anfangen zu schrumpfen und bei $153-5^{\circ}$ schmelzen. Auf Grund dieser Versuche muss man annehmen, dass in den Muskeln sich keine Maltose bildet.

Somit bildet sich in den Muskeln von allen Zuckerarten nur eine, die Dextrose, bei den Warmblütern in sehr geringer Menge, bei den Kaltblütern in bedeutenderer. Ausserdem beobachtet man in den Hundemuskel eine andere interessante Erscheinung. Die Zuckermenge in den Muskeln vergrössert sich nicht merklich post mortem, wie dies in der Leber geschieht. Es scheint demnach, als ob in den Muskeln beim Erstarren ein fermentativer Process stattfände, der mit dem Leben zugleich erlischt, infolge dessen die Quantität der Producte seiner Thätigkeit constant bleibt. Betrachten wir jedoch den Zustand eines anderen Bestandtheils des Muskels, des Glycogens post mortem. Denn aus diesem allein kann sich die Dextrose im Muskel bilden. Wir sehen dann, dass der Gehalt an Glycogen im Muskel nach dem Tode sich in jeder Stunde verringert. Wenn das gesammte verschwindende Glycogen zu Dextrose verwandelt würde, so hätten wir in den Muskeln, besonders 20 Stunden nach dem Tode, eine bedeutende Quantität Zucker. Zum Beweise führe ich die schon von mir veröffentlichten Versuche an. In einem Falle enthielten die Muskeln eines Hundes eine halbe Stunde nach

dem Tode 0,92%, nach vier Stunden 0,63%, nach 24 Stunden Spuren von Glycogen. In einem anderen Falle fanden sich 25 Minuten nach dem Tode 0,93%, nach 1 $\frac{1}{2}$ Stunden 0,76%, nach 6 Stunden 0,50%, nach 24 Stunden 0,16%. Folglich musste in beiden Fällen sich nach 24 Stunden in den Muskeln auf 100 gr. ca. 1,0 gr. Zucker bilden, also auf 2 kgr. ca. 20,0 gr. Zucker, vorausgesetzt dass das ganze verschwundene Glycogen in Dextrose verwandelt wurde. Ich habe dagegen stets nur ganz unbedeutende Quantitäten von Zucker in den Muskeln gefunden. Es muss daher angenommen werden, dass sich aus Glycogen oder Dextrose in den Muskeln eine andere Substanz bildet. Auf Grund der von Vielen nachgewiesenen Thatsache, dass sich die Milchsäure in den Muskeln post mortem vermehrt, muss man annehmen, dass die Quelle dieser Vermehrung in dem Glycogen zu suchen ist, soweit es sich um Kohlenhydrate handelt. Den ganzen fermentativen Process in den Muskeln stellte ich mir folgendermassen vor. Aus dem Glycogen bildet sich zunächst Traubenzucker und aus diesem bald darauf Milchsäure, die keine weiteren Umwandlungen mehr erleidet. Darum vergrössert sich die Menge der Milchsäure mit jeder Stunde nach dem Tode des Thieres, die Quantität des Glycogens wird geringer, während die Menge der Dextrose sich fast gar nicht verändert, da die aus dem Glycogen gebildete Dextrose sich fortwährend in Milchsäure verwandelt.

Die Bildung der Milchsäure in den Muskeln aus Glycogen wurde a priori von Vielen wie oben erklärt, doch fehlten dieser Ansicht Beweise a posteriori. Die Anwesenheit des Traubenzuckers in den Muskeln, des Mittelgliedes zwischen Glycogen und Milchsäure, war noch nicht bewiesen.
