Ueber die Umwandlung der Stärke im thierischen Organismus.

Von

Dr. **E. H. Bimmermann**

aus Amsterdam.

Vor einiger Zeit veröffentlichten v. Mering und Musculus in der Zeitschrift für physiologische Chemie (Bd. II) einen Artikel: Ueber die Umwandlung von Stärke und Glycogen durch Speichel, Pancreas- und Leberferment, worin sie ihre Entdeckung mittheilten, dass durch Einwirkung genannter Fermente auf Amylum und Glycogen Maltose in bedeutender Menge, Traubenzucker in Spuren auftrete.

Ferner bringen sie neue Beweismittel für die Hinfälligkeit der Seegen'schen Behauptung, laut der es je nach der Nahrung verschiedene Modificationen von Glycogen geben sollte. Bereits auf der 49. Naturforscherversammlung hielt v. Mering¹⁾ einen Vortrag über Diabetes mellitus, in welchem er unter Anderem anführte, dass er das Glycogen, welches nach Zufuhr von Kohlenhydraten als auch dasjenige, welches nach Zufuhr von Albuminaten entsteht, gegen Fermente etc. geprüft habe, „ohne, dass sich hierbei ein Unterschied ergab“. Dieser Angabe geben nun v. Mering und Musculus noch mehr Beweiskraft, da es ihnen gelang, aus Glycogen, welches nach Fibrinfütterung und aus Glycogen, welches nach Amylaceennahrung auftritt, dieselben Zersetzungsproducte (reducirendes Achroodextrin, Maltose und Traubenzucker) nachzuweisen. — Vor wenigen Monaten hat Musculus²⁾ im Vereine mit Gruber von neuem gezeigt, dass Stärke durch Diastase oder Säuren eine mit Wasseraufnahme verbundene Spaltung erfährt.

1) v. Mering: Untersuchungen über Diabetes mellitus. Tageblatt der 49. Naturforscherversammlung in Hamburg. Ref. in No. 40 der deutschen Zeitschrift für pract. Medizin 1876.

2) Zeitschrift für phys. Chemie. Bd. II.

Die Körper, welche hierbei gebildet werden, sind lösliche Stärke, Dextrine, Maltose und Traubenzucker. Die verschiedenen Dextrine nennen sie, je nachdem sie leichter oder schwerer durch Fermente angegriffen werden, Achroodextrin α , Achroodextrin β und Achroodextrin γ . Seegen¹⁾ fand später für letzteres den wohlklingenden Namen Dystropodextrin.

Es lag nun nahe zu untersuchen, wie sich diese verschiedenen Spaltungsprodukte der Stärke im thierischen Organismus verhalten würden. Zunächst wollte ich aber die Angaben von Musculus und v. Mering in Bezug auf die Umwandlung der Stärke durch thierische Fermente näher prüfen. Zu diesem Behuf liess ich Speichel auf Stärke einwirken und konnte ich hierbei, wie dies folgender Versuch zeigt, Maltose und Spuren von Traubenzucker nachweisen.

100 gr Kartoffelstärke wurden mit 1000 ccm Wasser verkleistert und mit 800 ccm filtrirtem Mundspeichel versetzt. Nachdem die Flüssigkeit 5 Stunden lang bei 30—40° erwärmt worden war, wurde sie auf dem Wasserbade bis zum Syrup eingedampft und mit 1400 ccm (95 %) Alkohol versetzt. Zum alkoholischen Filtrat wurden 1000 ccm Aether gefügt; es bildete sich hierdurch ein Niederschlag, von dem nach zwei Tagen sich die darüber stehende Flüssigkeit klar trennen liess. Zum Filtrat wurden nun zwei Liter Aether gesetzt. — Nach 36 Stunden hatte sich ein reichlicher, krystallinischer Niederschlag gebildet. Die Krystalle wurden einer näheren Prüfung unterzogen und erwiesen sich als reine Maltose.

Durch fortgesetztes Füllen mit Aether gelang es schliesslich in der ätherisch-alkoholischen Lösung geringe Mengen von Traubenzucker nachzuweisen.

Aus Glycogen, welches nach Traubenzuckerfütterung und aus Glycogen, welches nach Eiweissfütterung entstanden war, konnte ich durch Einwirkung von Speichel und Pancreassaft grössere Mengen von Maltose, sowie Traubenzucker darstellen. Ferner erhielt ich hierbei ein reducirendes Dextrin.

Was nun meine Versuche betrifft, so will ich, um später nicht in Wiederholungen zu fallen, kurz die Methode meiner Untersuchung angeben. Als Versuchsthiere wurden Kaninchen benutzt und die be-

1) Pflüger's Archiv 1879. Bd. XIX.

treffenden Körper (durchschnittlich 2 gr : 30 cem Wasser) in eine Jugularvene langsam und möglichst gleichmässig injicirt. Das vierundzwanzigstündige Urinquantum wurde sorgfältig gesammelt und durch Thierkohle filtrirt; dadurch ging zwar ein geringes Quantum Zucker verloren, es war mir jedoch nicht darum zu thun quantitative, sondern qualitative Zuckerbestimmungen im Harn zu machen.

Im Anfange benutzte ich zur Titrirung des Harns Fehling'sche Lösung, musste dieselbe jedoch bald verlassen, weil in vielen Fällen keine Endreaction auftrat, sondern statt ihrer eine schmutzig grün bräunliche Färbung des Harns, welche nicht mehr verschwand. Statt der Fehling'schen Flüssigkeit benutzte ich eine Quecksilberlösung, welche Sachsse angegeben hat:

18 gr reines und trockenes Jodquecksilber werden mit Hülfe von 35 gr Jodkali in Wasser gelöst. Zu dieser Lösung fügt man 80 gr Aetzkali in Wasser gelöst und verdünnt das Ganze auf 1000 cem. 40 cem Quecksilberlösung = 0,72 gr Jodquecksilber entsprechen 0,15 Traubenzucker. Die Ausführung der Bestimmung geschieht in der Weise, dass man eine gewisse Menge z. B. 40 cem der Quecksilberlösung in einer Porcellanschale zum Sieden bringt und die zuckerhaltige Flüssigkeit aus einer Bürette zufließen lässt, bis alles Quecksilber ausgefällt ist. Bei Zusatz der Zuckerlösung zu der heissen Quecksilberlösung wird die Mischung sofort trübe, klärt sich aber am Ende der Operation und wird etwas gelblich. Zur Erkennung der Endreaction wendet Sachsse eine alkalische Zinnoxidullösung an, welche man sich durch Uebersättigung einer Lösung des käuflichen Zinnsalzes mit Alkali bereitet. Eine solche Lösung fällt Quecksilber augenblicklich und erzeugt auch noch in sehr verdünnten Lösungen dieses Metalles eine deutliche braune Trübung. Man bringt einige Tropfen der Zinnoxidullösung in kleine Porcellanschälchen und setzt hierzu von Zeit zu Zeit einige Tropfen der Quecksilberlösung. Anfangs entsteht ein starker schwarzer Niederschlag, der um so geringer wird, je mehr die Fällung des Quecksilbers durch den Traubenzucker fortschreitet; sobald auch die Bräunung beim Vermischen beider Flüssigkeiten verschwunden ist, ist alles Quecksilber ausgefällt, der Versuch also beendet. Man kann recht gut auf diese Weise nach Sachsse noch den Erfolg von $\frac{1}{10}$ cem einer halbprocentigen Zuckerlösung = 0,0005 Zucker beobachten. Ich kann diese vorzügliche Methode, besonders bei zoochemischen Untersuchungen, wo wir es häufig

mit stark gefärbten zuckerhaltigen Flüssigkeiten zu thun haben und die Fehling'sche Lösung keine scharfe Endreaction erkennen lässt, nur empfehlen.

Zuerst untersuchte ich den ursprünglichen durch Kohle filtrirten Urin, später jedoch dampfte ich den Harn zur Syrupconsistenz ein und extrahirte dann den Syrup mit Alcohol, dampfte denselben ab und löste den Rückstand in Wasser. Hierdurch kann man Maltose und Traubenzucker zum grossen Theil von den Dextrinen trennen, was in verschiedenen Versuchen von Wichtigkeit war. Die Lösung wird in den Versuchsprotokollen alcoholischer Extract genannt. Dasjenige, was sich in Alcohol nicht löste, wird in Wasser gelöst und wässriger Extract genannt. Beide Extracte wurden dann in Bezug auf Drehungs- und Reductionsvermögen sowie mitunter auf Gährungsfähigkeit untersucht. Der ursprüngliche Urin wurde auch stets auf Albumen geprüft.

Versuchsprotocolle.

I. Maltose.

Spec. Drehungsvermögen $\alpha] = + 150$, Spec. Reductionsvermögen = 66.

Versuch 1.

Einem mittelgrossen Kaninchen werden 2 gr Maltose injicirt.

98 ccm Urin werden aufgefangen.

Derselbe enthält nach der

Pol. = 1,33% Traubenzucker

Red. = 0,45% „

oder nach der

Pol. = 0,44% Maltose,

Red. = 0,68% „

60 ccm werden zur Syrupconsistenz eingedampft und mit absolutem Alcohol aufgenommen.

Der alcohol. Extract enthielt nach der

Pol. = 0,253% Traubenzucker,

Red. = 0,225% „

oder nach der

Pol. = 0,09% Maltose

Red. = 0,34% „

Versuch 2.

Einem grossen Kaninchen werden 2 gr Maltose injicirt.

200 ccm Urin aufgefangen.

Nach der Pol. würde er 0,699 % Traubenzucker,

„ „ Red. „ „ 0,373 % „

enthalten.

oder nach der Pol. würde er 0,274 % Maltose

und „ „ Red. „ „ 0,559 % „

enthalten.

Nach Kochen mit verdünnter Schwefelsäure nahm das Reductionsvermögen des Urin zu und das Drehungsvermögen ab; mithin enthielt er Maltose. Ungefähr 100 ccm werden eingedampft mit absol. Alkohol aufgenommen und mit ein wenig Aether versetzt, die ätherisch-alkoholische Lösung enthält nach der

Pol. = 0,21 % Traubenzucker,

Red. = 0,22 % „

Nach Kochen mit verdünnter Salzsäure sieht man keine Zunahme der Reduction eintreten; also haben wir es mit reiner Glycose zu thun.

Versuch 3.

Einem grossen Kaninchen werden 2 gr Maltose injicirt.

120 ccm Urin aufgefangen.

Der Alcohol-Extract (95 %) enthält nach der

Pol. = 1,19 % Glycose oder 0,396 % Maltose,

Red. = 0,585 % „ „ 0,887 % „

Diese Versuche ergeben, dass Maltose im Blute theilweise in Traubenzucker umgewandelt, theilweise unverändert den Organismus verlässt.

II. Lösliche Stärke.

Spec. Rotationsvermögen $\alpha] = + 218$. Spec. Reductionsvermögen = 6.

Versuch 1.

Einem Kaninchen werden 2,5 gr. lösl. Stärke injicirt. Urinquantum 120 ccm.

Der Harn zeigt keine Jodreaction. Derselbe drehte, wie wenn er 2,48 % Glycose enthielt und reducirte, als enthielte er 0,75 % Glycose. Auf Zusatz

von Speichel nahm das Reduktionsvermögen des Urins um 13% zu, das Drehungsvermögen wesentlich ab. Der alkoholische Extract des ursprünglichen Urins gährte mit Hefe deutlich. Der Rest des Urins wurde nach Vergärung untersucht; er drehte, als enthielte er 1,5% Glycose und reducirte, als enthielte er 0,25% Glycose.

Versuch 2.

Einem grossen Kaninchen werden 3 gr lösliche Stärke injicirt. Nach 4 Stunden werden 48 ccm Urin ausgepresst. Derselbe zeigt keine Jodreaction, dreht, als enthielte er 6,69% Glycose und reducirt, als enthielte er 1,56 Glycose.

Ein Theil des Urins wird mit 20 ccm Speichel 3 Stunden stehen gelassen. Das Reduktionsvermögen des Urins nahm hierdurch um stark 10 Procent zu. Nach Kochen mit verdünnter Schwefelsäure zeigte der Urin ein zweifach höheres Reduktionsvermögen.

In der 2. Probe Urin, welche nach 16 Stunden aufgefangen wurde und 95 ccm betrug, fand sich nach der Reduction 0,26% Glycose und nach der Polarisation 0,25% Glycose. Auf Zusatz von Hefe trat deutliche Gärung ein. Durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure wurde das Reduktionsvermögen nicht gesteigert.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass lösliche Stärke im Blute umgewandelt wird, da der Urin gegen Jodlösung ein negatives Verhalten zeigt. Als Zersetzungsproducte der löslichen Stärke lassen sich mit Sicherheit im Urin Traubenzucker sowie Dextrin nachweisen. Der Nachweis von Dextrin stützt sich sowohl auf die Zunahme des Reduktionsvermögens, welche durch Zusatz von Speichel auftrat, als auch auf die sehr beträchtliche Steigerung des Reduktionsvermögens, welche nach Kochen mit verdünnter Schwefelsäure zu constatiren war. Ob auch Maltose, welche von Speichel in mehreren Stunden nicht angegriffen wird, im Urin vorhanden ist, lässt sich mit Sicherheit aus diesen Versuchen nicht entscheiden, dünkt uns aber sehr wahrscheinlich, da bei der Saccharification des Amylums sich hauptsächlich Maltose bildet und Maltose zum Theil den Organismus unverändert passirt, wie wir oben gezeigt haben.

III. Achroodextrin α .

Spec. Rotationsvermögen $\alpha] = + 210$, Spec. Reduktionsvermögen = 12.

Versuch 6.

Einem kleinen Kaninchen werden 2 gr Achroodextrin α injicirt.

160 ccm Urin werden aufgefangen.

Der Urin dreht, als enthielte er 3,03 % Glycose und reducirt, als enthielte er 1,04 % Glycose.

Ungefähr 100 ccm Harn werden bis zur Syrupconsistenz eingedampft und mit (70 %) Alkohol ausgezogen. Alkoholischer Extract dreht, als enthielte er 2,89 % Glycose und reducirt, als enthielte er 0,7 % Glycose. Der alkoholische Extract gährt deutlich.

Der alkoholische Extract wird mit dem Rest des Urins mit Hefe versetzt und nach beendeter Gährung untersucht. Die Lösung drehte nach Vergährung, als enthielte sie 0,79 % Glycose und reducirte, als enthielte sie 0,1 % Glycose. Nach Kochen mit verdünnter Schwefelsäure stieg das Reduktionsvermögen beträchtlich.

Versuch 7.

Einem grossen Kaninchen werden 2,5 gr Achroodextrin α injicirt.

150 ccm Urin aufgefangen, zur Syrupconsistenz eingedampft und mit Alkohol (95 %) aufgenommen. Alkoholischer Extract enthält nach der Polarisation 3,52 % Glycose und nach der Reduction 1,19 % Glycose. Nach Vergährung des alkoholischen Extractes dreht die Lösung, als enthielte sie 0,84 % Traubenzucker und reducirt, als enthielte sie 0,11 % Traubenzucker. Durch Kochen mit verdünnter Säure nimmt das Reduktionsvermögen wesentlich zu.

Versuch 8.

Einem kleinen Kaninchen werden 2 gr Achroodextrin α injicirt.

80 ccm Urin werden aufgefangen.

Der alkoholische Extract drehte, als enthielte er 2,0 % Glycose und reducirte, als enthielte er 0,8 % Glycose.

Der alkoholische Extract vergährte mit Hefe vollends, so dass nach Vergährung in der Lösung nur ein minimales Reduktionsvermögen zu constatiren war.

Der wässrige Extract drehte, als enthielte er 0,79 % Glycose und reducirte, als enthielte er 0,12 % Glycose. Auf Zusatz von Hefe trat keine Gährung ein.

Aus diesen drei Versuchen geht hervor, dass Achroodextrin α im Blute nur eine theilweise Umwandlung erleidet. Als Zersetzungsproducte finden sich Traubenzucker und Maltose. Dextrin blieb nach Vergährung des Urins übrig und wurde als solches durch Drehung, Reduction etc. erkannt.

IV. Achroodextrin β .

Spec. Rotationsvermögen $\alpha] = + 190$, spec. Reductionsvermögen 12.

Versuch 9.

Einem Kaninehen werden 2,5 gr Achroodextrin β injicirt.

125 ccm Urin aufgefangen.

Der gesammte Harn wird zur Syrupconsistenz eingedampft und mit Alcohol (70 %) aufgenommen.

Der alkohol. Extract dreht, als enthielte er 0,76 % Glycose und reducirt, als enthielte er 0,3 % Glycose.

Derselbe gährt mit Bierhefe ein wenig. Der wässerige Extract dreht, als enthielte er 3,11 % Glycose und reducirt, als enthielte er 0,41 % Glycose; mit HCl versetzt und im Kochsalzbade während drei Stunden gekocht, findet man nach der

Pol. = 0,96 % Glycose.

Red. = 1,05 % „

Versuch 10.

Einem grossen Kaninehen werden 2,5 gr Achroodextrin β injicirt.

160 ccm Urin aufgefangen.

Dieselben werden bis zur Syrupconsistenz eingedampft und mit absolutem Alcohol ausgezogen.

Der alcoholische Extract enthält nach der

Pol. = 0,27 % Glycose,

Red. = 0,28 % „

Der wässerige Extract dreht, als enthielte er 7,3 % Glycose und reducirt, als enthielte er 1,1 % Glycose.

Nach Kochen mit HCl im Salzbade findet man nach der

Pol. = 1,64 % Glycose,

Red. = 1,76 % „

Aus diesen beiden Versuchen ergibt sich, dass Achroodextrin β zum Theil in Zucker und zwar in Traubenzucker umgewandelt wird; ob auch Maltose gleichzeitig vor-

handen, lässt sich nicht bestimmt sagen, erscheint uns jedoch wahrscheinlich. Ferner findet sich im Urin-Dextrin.

V. Achroodextrin γ .

Spec. Rotationsvermögen $\alpha] = + 150$, spec. Reduktionsvermögen 18.

Versuch 11.

Einem grossen Kaninchen werden 2 gr Achroodextrin γ injicirt.

4 Stunden post 58 ccm Urin aufgefangen.

Derselbe dreht, als enthielte er 1,93% Glycose und reducirt wie 0,61% Glycose.

Diese Probe Urin wird mit dem noch später aufgefangenen (40 ccm) zusammen eingedampft und mit 70% Alcohol aufgenommen. Der alkoholische Extract gährt nicht.

Versuch 12.

Einem grossen Kaninchen werden $2\frac{1}{2}$ gr Achroodextrin γ injicirt.

125 ccm Urin aufgefangen.

Der Alcholeextract (95 %) dreht, als enthielte er 0,94% Glycose und reducirt, als enthielte er 0,21% Glycose.

Derselbe wird mit ausgewaschener Hefe versetzt; er gährt nicht. Hierauf wird er filtrirt und mit verdünnter Salzsäure während 3 Stunden im Salzbad gekocht. Er enthält nun nach der

Pol. = 0,45% Glycose.

Red. = 0,48% „

Der wässrige Extract enthält nach der Pol. = 3,29% Glycose, und nach der Red. = 0,40% Glycose. Nach Kochen mit verdünnter Salzsäure im Salzbad enthält er nach der Polarisation = 1,01% Glycose und nach der Reduction = 1,24% Glycose.

Diese beiden Versuche zeigen, dass nach intravenöser Injection von Achroodextrin γ in Urin kein Zucker auftritt, da im alkoholischen Extracte keine gährungsfähige Substanz vorhanden war. Vielleicht wird das Dextrin γ im Blute in ein stärker reducirendes Dextrin umgewandelt.

So sehen wir, dass Stärke im Blute, — wenn auch leichter, — so doch in derselben Weise umgewandelt wird, als dies durch thierische und pflanzliche diastatische Fermente ausserhalb des Organismus geschieht.

So z. B. gibt lösliche Stärke und Dextrin α leicht gährungsfähigen Zucker, Dextrin β schwer und Dextrin γ gar keinen, wie

dies auch in Gegenwart von Fermenten geschieht. Maltose hingegen, welche durch Fermente nicht angegriffen wird, erleidet im Blutstrom zwar eine geringe, aber doch deutliche Umwandlung in Traubenzucker. Die Zunahme des Reductionsvermögens, welche Dextrin γ erleidet, ohne dass sich Zucker bildet, deutet auf die Bildung eines neuen von Dextrin γ verschiedenen Dextrin. Ein solches Dextrin, welches schon von mehreren Autoren unter dem Namen Dextrin δ angegeben, scheint wirklich aufzutreten, wenn Amylum mit stärkeren Mitteln angegriffen wird als mit Fermenten oder mit verdünnten Säuren.

(Aus dem physiologischen Laboratorium von Prof. Ad. Dr. C. Ustimowitsch in St. Petersburg.)

Zur Lehre über die Innervation der Blutbahn.

Von

Joh. Pawlow.

(Vorläufige Mittheilung.)

1) Durchschneidung der Halsvagi beim Hunde.

Im Jahre 1869 (the Journal of Anat. and Physiol. Maiheft) ist eine kurze Mittheilung von Prof. Rutherford, die Wirkung der Vagusdurchschneidung auf den Blutdruck betreffend, veröffentlicht worden.

Rutherford's Erfahrungen gemäss hängt der Erfolg der Vagusdurchschneidung vom Zustande des Verdauungskanal ab: bei vollem Magendarmkanal soll nämlich die Nervendurchschneidung eine Drucksteigerung auslösen, wogegen an nüchternen Thieren diese Operation keine Blutdruckschwankungen bewirke.

Den Grund dieser Erscheinung will Rutherford auf eine depressorische Gefässerweiterung der Baueingeweidegefässe durch die Nahrung zurückführen. Es sollen nämlich die im Vagusstamm verlaufenden sensiblen (depressorischen) Bahnen von der Darmwand aus durch die Nahrung gereizt werden. Die Trennung dieser