©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ueber

Kohlenhydrate.

Von

DR. JOHANN OSER.

Vortrag, gehalten am 28. Jänner 1867.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Als Gegenstand des heutigen Vortrages, meine Herren, habe ich die Kohlenhydrate gewählt, eine Reihe von Substanzen, welche unter den sogenannten organischen Verbindungen eine hervorragend wichtige Stelle einnehmen, indem sie nicht nur für die Functionen der vegetabilischen und animalischen Organismen unbedingt nothwendig, sondern auch für die Industrie in den verschiedensten Richtungen von der höchsten Bedeutung sind. Des vielfachen Interesses wegen, welche diese Substanzen darbieten, ist es mir aber auch nicht möglich, dieselben nach allen Seiten hin zu würdigen und muss ich mich darauf beschränken nur eine Gruppe von Kohlenhydraten herauszunehmen, ihre Beziehungen zu einander zu beleuchten und zu zeigen, welche Rolle dieselben hauptsächlich in den Organismen spielen.

Den Namen Kohlenhydrate führen diese Verbindungen, weil sie, aus Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O) bestehend, Wasserstoff und Sauerstoff in jenem quantitativen Verhältnisse enthalten, in welchen dieselben Wasser (H_2O) bilden.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ihrer Zusammensetzung nach kann man die Kohlenhydrate im Allgemeinen in 3 Gruppen theilen, deren wichtigste Glieder folgende sind:

$C_6H_{10}O_5$ Cellulose, Stärke, Dextrin, Gummi.

$C_6H_{12}O_6$ Stärkezucker, Fruchtzucker, Invertzucker.

$C_{12}H_{22}O_{11}$ Rohrzucker, Milchzucker.

Wir begnügen uns, die für uns wichtigsten 4 Kohlenhydrate: Stärke, Dextrin, Cellulose, Stärkezucker näher ins Auge zu fassen.

Wir werden jeden derselben zuerst für sich betrachten und dann sehen, in welcher Art und Weise dieselben zusammenhängen.

Die Stärke (*Amylum*) ist in allen Ordnungen des Pflanzenreiches verbreitet, nur in der Ordnung der Pilze ist ihr Vorkommen noch zweifelhaft; sie findet sich dabei in allen Pflanzentheilen, im Samen, in den Wurzeln, Knollen, Blättern, Stengeln, Blüthen und Stämmen.

Sie kommt darin vor in Gestalt von meistens runden oder ovalen Körnchen, die je nach den verschiedenen Stärkearten sehr wechselnde Grösse zeigen, während dieselbe für ein und dieselbe Stärkeart ziemlich constant bleibt.

Diese Körnchen zeigen in ihrem Innern einen Kern, um welchen herum die Stärkesubstanz in schichtenförmiger Lagerung angeordnet ist. Diese Schichtung lässt sich sowohl unter dem Mikroskop durch polarisirtes Licht als auch durch Reagentien

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nachweisen. Am besten kann man sich die Stärke als eine Pseudomorphose nach einer Zelle vorstellen. Wit haben in der Stärke nicht einfach eine chemische Verbindung im gewöhnlichen Sinne des Wortes vor uns, in ihr ist die Materie nach Gesetzen geordnet, wie wir sie in den nicht organisirten Substanzen bis jetzt noch nicht wahrzunehmen vermochten. — Auch ist das Stärkekorn nicht durch seine ganze Masse homogen, sondern wir unterscheiden darin 2 Substanzen, die Granulose und die Cellulose, beide von gleicher chemischer Zusammensetzung, so dass selbst verschiedene Stärkesorten, welche die Granulose und die Cellulose in wechselnden Mengen enthalten, durch die Formel $C_6H_{10}O_5$ ausgedrückt werden können. — Die Stärke ist unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether, mit heissem Wasser quillt sie zu einer durchscheinenden Gallerte auf, die unter dem Namen Kleister bekannt ist. Sowohl dieser Kleister als auch die Stärke selbst färben sich mit einer Jodlösung blau. Diese höchst empfindliche Reaction ist für die Nachweisung der Stärke dem Chemiker wie dem Physiologen gleich unentbehrlich.

Das Dextrin ist fertig gebildet in vielen Pflanzensäften. Es wurde schon von Vauquelin im Jahre 1811 beobachtet, aber lange Zeit als Gummi angesehen, bis Payen und Persoz constatirten, dass dasselbe mit dem Gummi nicht identisch sei. Diese Verwechslung ist sehr begreiflich, indem beide nicht blos gleiche Zusammensetzung zeigen, sondern auch ihre physikali-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

schen und chemischen Eigenschaften sie nicht so leicht von einander unterscheiden lassen. — Das Dextrin ist eine feste, gummiartige Masse, bei sehr vorsichtiger Darstellung durchsichtig und farblos, gewöhnlich aber schwach gelb gefärbt. Es löst sich sehr leicht in Wasser, ist auch löslich in verdünntem Alkohol, aber unlöslich in absolutem Alkohol und in Aether.

Wegen seiner, dem Gummi sehr ähnlichen Eigenschaften findet es in der Industrie, zum Leimen des Papieres, zum Appretiren von Geweben etc. eine sehr ausgedehnte Anwendung.

Die Cellulose, im Pflanzenreich ganz allgemein verbreitet, bildet fast ausschliesslich die Zellwände sämmtlicher Pflanzenzellen, kommt aber nie rein in denselben vor, sondern ist mit anderen Substanzen verunreinigt, welche theils in der Zelle selbst abgelagert sind, theils die Zellwände durchdringen und die mannigfaltigen Cohäsionsverhältnisse bedingen, welche wir hier vorfinden. Verhältnissmässig am reinsten findet man die Cellulose in der gereinigten Baumwoll-, Hanf- oder Leinenfaser, daher denn auch das Filtrirpapier, dessen sich der Chemiker bedient, fast reine Cellulose ist. Will man dieselbe vollständig rein darstellen, so behandelt man solches mit einer Reihe von Lösungsmitteln wie: Wasser, Alkohol, Aether, verdünnter Salzsäure, verdünnter Kalilauge, woraus hervorgeht, dass die Cellulose in allen diesen Lösungsmitteln unlöslich und unveränderlich ist. — Die Cellulose ist rein weiss und zeigt fast immer die Structur der

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Pflanzentheile, aus welchen sie dargestellt wurde. Wir kennen für die Cellulose bis jetzt blos ein Lösungsmittel, das Kupferoxyd-Ammoniak, welches dieselbe löst, ohne sie chemisch zu verändern. Aus dieser Lösung wird die Cellulose durch Salze oder verdünnte Säuren als structurlose, gelatinöse Masse herausgefällt, welche beim Trocknen hornartige Consistenz annimmt. Diese structurlose Cellulose zeigt noch alle Eigenschaften der gewöhnlichen Cellulose, nur wird erstere von Reagentien viel leichter angegriffen. — Der Stärkezucker ist sowohl im Pflanzenreiche als auch im Thierreiche weit verbreitet. Er findet sich in den Früchten begleitet von anderen Zuckerarten, dem Fruchtzucker, und dem Rohrzucker, er bildet einen normalen Bestandtheil fast aller thierischen Flüssigkeiten, wie man ihn z. B. im Blut, im Chylus, in der Leber, im Eiweiss, im Eigelb, im Harn findet, ja er kann aus letzterem bei einer eigenthümlichen Krankheit, der zuckrigen Harnruhr (*diabetes mellitus*) in bedeutenden Quantitäten dargestellt werden, Peligot gibt z. B. an, aus dem in 24 Stunden ausgeschiedenen Harn eines Diabetikers 2 Kilogramm Zucker erhalten zu haben. — Der Stärkezucker krystallisirt aus seiner wässerigen Lösung nur schwierig und gibt hiebei blumenkohlartige warzige Kristalle, die Kristallwasser enthalten. Er ist sehr leicht löslich in Wasser, in Weingeist um so schwieriger, je concentrirter derselbe ist. Eine Lösung des Stärkezuckers scheidet in einer alkalischen Kupferoxyd-Lösung beim Erwärmen sogleich gelbes Kupfer-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

oxydulhydrat ab, welches bei längerem Erwärmen in rothes Kupferoxydul übergeht. Diese Reaction, bekannt unter dem Namen der Fehling'schen Zuckerprobe, dient zur Nachweisung der kleinsten Mengen von Stärkezucker.

Von grossem Interesse sind nun aber die Beziehungen, in welchen die Stärke, die Cellulose, das Dextrin und der Stärkezucker zu einander stehen. Schon die chemischen Formeln dieser Substanzen machen darauf aufmerksam, dass sie wohl in einem bestimmten Zusammenhang stehen mögen. Die Stärke, die Cellulose, und das Dextrin haben gleiche Zusammensetzung, welche durch die Formel $C_6H_{10}O_5$ ausgedrückt wird, und die Formel für den Stärkezucker $C_6H_{12}O_6$ unterscheidet sich von ersterer blos durch 1 Aequivalent Wasser (H_2O). Wir werden sogleich sehen, dass dieser schon durch die Formeln angedeutete Zusammenhang auch in der That existirt.

Erhitzt man Stärke durch längere Zeit mit verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure, und setzt nach dem Erkalten Jodlösung hinzu, so tritt nun die obenerwähnte Reaction auf Stärke nicht mehr auf, die Stärke ist also aus der Flüssigkeit verschwunden. Verfolgt man den Process während seines Verlaufes, so findet man, dass die Stärke hiebei succesive in Dextrin und dann in Stärkezucker übergeht. Auf dieser Reaction nun beruht die fabriksmässige Darstellung des Stärkezuckers, der auch häufig den Namen Traubenzucker führt, obwohl derselbe mit Unrecht so benannt

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wird, da der in den Trauben enthaltene Zucker ein anderer ist. Zur Darstellung des Stärkezuckers im Grossen erhitzt man in mit Blei ausgefütterten Bottichen verdünnte Schwefelsäure, und lässt die in Wasser vertheilte Stärke in einem dünnen Strahl einfliessen. Nach mehrstündigem Erhitzen ist die Stärke in Zucker verwandelt, man neutralisirt nun die saure Flüssigkeit mit Kreide, filtrirt vom unlöslichen Gyps ab, und dampft die Lösung des Zuckers so weit ein, dass sie in Formen gegossen erstarrt. — Der so aus Stärke dargestellte Zucker findet eine ausgedehnte Anwendung in der Conditorei, z. B. als sogenanntes Sommer-Gefrornes, und zum Gallisiren der Weine. — Dieselbe Umwandlung der Stärke in Dextrin und Zucker bewirkt nun noch eine Reihe anderer Substanzen.

Behandelt man Stärkekleister bei einer Temperatur von 60—75° Cels. mit einem wässrigen Extract gekeimter und geschrottener Gerste, so wird dabei die Stärke ebenso in Dextrin und Zucker übergeführt. Diese Wirkung des Gerstenmalzextractes auf die Stärke rührt von einer in demselben enthaltenen Substanz her, welcher man den Namen Diastase gegeben hat. Wird eine wässrige Lösung der Diastase über 75° C. erhitzt, so verliert dieselbe ihr Vermögen, die Stärke in Zucker überzuführen. — Auf diesen Eigenschaften der Diastase nun beruhen zwei wichtige Fabrikationszweige, die Bierbrauerei und die Branntweinbrennerei; in beiden Fällen stellt man mit Stärke- und Diastasehältigen Substanzen Zuckerhältige Flüssigkeiten dar,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

welche durch Gährung in Alkoholhältige übergeführt werden. — Wie die Diastase wirken noch das lösliche Ferment der Hefe, ferner Leim, Kleber und ähnliche stickstoffhältige Substanzen, so wie auch der Speichel des Menschen und verschiedener Säugethiere, die Absonderungsflüssigkeiten der Bauchspeicheldrüse etc. Versetzt man dünnen Stärkekleister in einem Probegläschen mit Speichel, so kann man beinahe augenblicklich durch die Fehling'sche Probe Zucker in demselben nachweisen.

Ganz ähnliche Wirkung wie auf die Stärke üben die Säuren auch auf die Cellulose aus, sie geht nämlich hiebei zunächst in eine Substanz über, die sich mit Jodlösung blau färbt, und welcher man deshalb den Namen Amyloid gegeben hat, diese Substanz gibt dann bei weiterer Einwirkung der Säure eine dem Dextrin sehr ähnliche Verbindung, weshalb man sie mit dem Namen Holzdextrin bezeichnet, und bei lange fortdauernder Einwirkung der verdünnten Säuren geht dieses Holzdextrin endlich in einen Zucker über, der mit dem Stärkezucker identisch zu sein scheint. Es ist klar, dass, wenn man den so erhaltenen Zucker vergähren lässt, ebenfalls eine alkoholische Flüssigkeit erhält, so, dass es ganz leicht ist, aus Sägespänen einen Branntwein oder Liqueur darzustellen.

Es fragt sich nun, gibt es nicht auch für die Cellulose noch andere Substanzen, welche dieselbe ebenso in Zucker umzuwandeln vermögen, wie man die Stärke durch Diastase, Speichel etc. in Zucker

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

überführen kann? Bis jetzt hat man solche stickstoffhaltige Substanzen noch nicht aufgefunden, oder vielmehr gar nicht gesucht, indem man immer die Cellulose von vorneherein durch solche Substanzen unveränderlich, und daher auch im thierischen Organismus für absolut unverdaulich hielt.

Neuere Versuche aber, angestellt im Interesse der Landwirthschaft, ergaben, dass auch die Cellulose in ganz bedeutenden Quantitäten von den Wiederkäuern verdaut werden könne. So ergaben in der Dresdner Thierarzneischule an Schafen angestellte Versuche, dass dieselben von der ihnen als Nahrung beigebrachten Cellulose 80 Percent derselben verdauten, wenn dieselbe in Form von Papierbrei dargereicht wurde, jedoch nur 51 Percent, wenn sie Cellulose in Form von Pappelholzsägespänen zu fressen bekamen.

Aehnliche Versuche bei Rindvieh, auf deren Detail hier einzugehen die Zeit mangelt, ergaben, dass die Verdaulichkeit der in der Nahrung dargereichten Cellulose nicht allein von dem Herkommen derselben, sondern auch von der Art des Beifutters abhängt, wie beispielsweise ein und derselbe Ochse 60 Percent der in dem Wiesenheu, jedoch nur 36—39 Percent der in dem Bohnenstroh oder Kleeheu enthaltenen Cellulose zu verdauen vermochte; die verdaute Menge von Cellulose war aber immer ziemlich bedeutend geringer, wenn zugleich auch ein leicht verdauliches Beifutter gegeben wurde. Aus dieser Verdaulichkeit der Cellulose erklärt sich auch die Möglichkeit, in futterarmen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Jahren Rindvieh durch längere Zeit auch mit blosser Strohfütterung zu erhalten. Aus diesen Thatsachen ergibt sich, dass es im thierischen Organismus auch für die Cellulose ähnliche Substanzen gebe, welche wie die Diastase die Stärke, die Cellulose in Zucker überzuführen vermögen. Diese Verdauung der Cellulose finden wir aber nur bei den Wiederkäuern, das Pferd vermag dieselbe nicht mehr zu verdauen, und noch weniger gilt dies von den Fleischfressern, der Katze, dem Hunde, dem Menschen. In einer Fabrik, in welcher man aus Maisstroh Papier erzeugte, wollte man die bei der Darstellung der Papierfaser als fast reine Cellulose zurückbleibenden Abfälle ihres mehlartigen Aussehens wegen als Nahrungsmittel verwenden. Sie wurden mit Brotmehl gemengt, zu Brot verbacken, und die Arbeiter zum Genuss dieses Gebäcks verhalten. Die unverdauten Residua in der Umgebung der Fabrik zeigten durch ihr dem Album graecum ähnliches Aussehen ganz deutlich, dass die Cellulose auch durch den Verdauungsapparat von Arbeitern nicht assimilirt werden könne.

Ist auch die Thatsache, dass man aus Stärke und Cellulose Dextrin und Zucker darzustellen vermag, schon an und für sich höchst beachtenswerth, so erregt es noch mehr unser Interesse, wenn wir sehen, dass darauf die wichtigsten Functionen des pflanzlichen Organismus beruhen. Fragen wir zunächst, auf welche Weise die Kohlenhydrate in der Pflanze gebildet werden, so gibt uns der heutige Stand der Wissen-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

schaft hierüber noch keine genügende Antwort, wir wissen zwar, dass die Kohlensäure und das Wasser die Materialien zu ihrem Aufbau liefern, die Reihenfolge der Processe aber, durch welche aus diesen einfachen Verbindungen die complicirt zusammengesetzten Kohlenhydrate entstehen, ist uns noch nicht bekannt. Wir wissen nur, dass die grün gefärbten Pflanzentheile unter Mitwirkung von Luft und Wärme den Process einleiten, in welchem die Pflanze den Kohlenstoff aus der Kohlensäure aufnimmt, und dabei zugleich Sauerstoff abgibt. In diesen grünen Organen der Pflanze tritt zugleich die Stärke auf, welche das erste Glied der im Pflanzenkörper gebildeten Kohlenhydrate zu sein scheint. — Um in die Verwendung der gebildeten Kohlenhydrate einen Einblick zu erlangen, wollen wir einen concreten Fall betrachten.

Analysirt man die Frucht der Gerste, so findet man in derselben 1) unlösliche Eiweisskörper, den sogenannten Kleber; 2) unlösliche Kohlenhydrate, die Stärke und die Cellulose; 3) Mineralische Bestandtheile. Hält man von einem solchen Gerstenkorn Wärme und Feuchtigkeit ab, so kann es Jahrtausende unverändert bleiben, und seine Keimfähigkeit vollständig bewahren, wie dies von den Getreidekörnern, welche man bei egyptischen Mumien gefunden hat, angegeben wird. Führen wir aber im Dunkeln Wärme und Feuchtigkeit zu, so beginnt innerhalb desselben ein reger chemischer Process. Die unlöslichen Eiweisskörper werden löslich, es entsteht aus denselben nebst andern

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

löslichen, stickstoffhaltigen Substanzen die Diastase. Diese fängt nun sogleich an auf die unlösliche Stärke zu wirken, führt dieselbe in Zucker über, und dieser wird mit den löslichen stickstoffhaltigen Substanzen sogleich zu Zellneubildungen verwendet, aus denen die Organe der jungen Pflanze gebildet werden. Die Cellulose dieser neugebildeten Zellen entsteht aus dem Zucker; diese chemische Metamorphose, von der Pflanze fortwährend im grössten Maassstabe ausgeführt, ist uns im Laboratorium bis jetzt noch nicht gelungen. — Die Bedingungen dieses chemischen Processes sind, wie oben erwähnt, Wärme und Feuchtigkeit, und lässt man dieselben lange genug einwirken, so wird alle Stärke in Zucker verwandelt, und dieser nebst den löslich gewordenen stickstoffhaltigen Substanzen zur Zellbildung verbraucht; entzieht man aber dem keimenden Samenkorn in einer frühern Periode die Feuchtigkeit durch Trocknen in heisser Luft, so erleidet der chemische Process eine Unterbrechung, und man findet nun in demselben nebst den ursprünglichen Bestandtheilen Zucker und Diastase. Diese Operation, welche der Bierbrauer das Darren des Malzes nennt, nimmt derselbe zu einem Zeitpunkte vor, wo noch nicht zu viel Zucker in der Zellbildung verloren ging, wo sich aber andererseits schon so viel Diastase gebildet hat, dass durch dieselbe alle in dem Korn noch vorhandene Stärke in Zucker übergeführt werden kann.

Legt man das Gerstenkorn in feuchte warme Erde, so tritt ganz derselbe Process ein, es entwickeln

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sich die Würzelchen, welche sich im Boden befestigen, es entwickelt sich ferner das Blattfederchen, welches in dem Momente, da es den Boden durchbricht und an's Licht kommt, sich in Folge von Chlorophylbildung grün färbt. Hiemit verschwinden die ursprünglichen Samenbestandtheile, sie werden zum Aufbau von Zellen verbraucht, welche als Wurzeln die Nahrung aus dem Boden aufnehmen, und als grün gefärbte Organe, als Blätter, diese Nahrungsbestandtheile assimiliren. Die Bestandtheile des Samens, das Erbtheil der Mutterpflanze, reichen gerade bis zu jener Entwicklung der Pflanze, wo sie selbstständig ihren Bedarf aus dem Boden aufzunehmen, und denselben zu verarbeiten, zu assimiliren vermag. Die Samenbestandtheile sind der Pflanze das Anlagecapital zur Errichtung einer Fabrik, welche einmal in Betrieb gesetzt, aus dem Boden und der Atmosphäre die Rohstoffe bezieht, und sie immer nach demselben Plane umgestaltend, das Anlagecapital um das unendlich Vielfache vermehrt. Die Stengel, Blätter, Wurzeln und Blattknospen sind, wie v. Liebig sagt, nur die in Apparate umgewandelten Bestandtheile des Samens, welche unter Mitwirkung des Sonnenlichtes ähnliche Producte erzeugen, wie die sind, aus welchen sie selbst entstanden sind. — Bei den perennirenden Gewächsen spielen die Kohlenhydrate mit jeder wiederkehrenden Vegetationsperiode dieselbe Rolle. So liefern die ausgebildeten Blätter der Bäume fortwährend Amylum, welches in lösliche Form gebracht, und zur Neubildung von

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Zellen verbraucht, als unlösliche Cellulose im Holzkörper abgeschieden wird. Von einer bestimmten Zeit an werden aber die Kohlenhydrate nicht mehr zur Zellneubildung verwendet, sondern in der Pflanze als Amylum abgelagert; dieses Amylum hat hier denselben Zweck, wie das im Samen niedergelegte; es ist der Sparpfennig, welchen die Pflanze zurücklegt für jene Zeit, wo derselben nach dem Winter die Blätter, die Assimilations-Organe für die aus dem Boden aufgenommenen Nahrungsbestandtheile, fehlen. Nun verwendet sie zunächst das in der früheren Vegetations-Periode aufgespeicherte Material zur Neubildung von Blättern, und erlangt damit die Fähigkeit ihren gewöhnlichen Assimilations-Process von Neuem aufzunehmen. — Vorzüglich sind es die Wurzeln, in welchen dieses Reservematerial niedergelegt wird, sie sind wie v. Liebig so schön sagt „die sparsamen Sammler aller für gewisse Functionen nothwendigen Lebensbedingungen, sie nehmen, wenn es der Boden gestattet, immer mehr ein als sie ausgeben, sie geben niemals Alles aus was sie eingenommen haben, dem Schwungrad einer Maschine ähnlich, welches die Arbeit regelt und gleichförmig macht.“ — Die als Amylum abgelagerten Kohlenhydrate können von der Pflanze zu beliebiger Zeit wieder flüssig gemacht werden, während dieselbe die Cellulose in der Regel nicht mehr in den Kreislauf der Säfte zu bringen vermag. — Aus diesen in gedrängter Kürze angeführten Thatsachen ersehen sie nun meine Herren, dass die Kohlenhydrate bei allen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse download unter www.biologiezentrum.at

Lebensfunctionen der Vegetabilien mitwirken, ohne sie kann keine Zelle gebildet werden. Ich glaube aber, dass sie auch noch nach einer andern Seite hin eine besondere Würdigung verdienen. Wir finden nämlich in der Pflanze neben den stickstofffreien noch eine Gruppe von stickstoffhaltigen Substanzen, die wir Eiweisskörper, Albuminate, nennen, und die mit den entsprechenden Albuminaten des thierischen Organismus die grösste Aehnlichkeit zeigen. Diese Albuminate und der Zucker sind der Zellbildungsstoff, das Protoplasma der Pflanzenphysiologen. Sie können als lösliche Substanzen von der Pflanze an jeden beliebigen Ort gebracht werden, wo neue Zellen gebildet werden sollen.

Ueber die Bildung dieser Albuminate wissen wir bis jetzt nur, dass der Stickstoff für dieselben dem Ammoniak und den salpetersauren Salzen entnommen wird. Bedenken wir aber, dass man aus einer den Albuminaten nahestehenden Substanz, dem Leim, im Laboratorium Zucker darzustellen vermag, dass derselbe nach seiner Formel als ein Amid eines Kohlenhydrats betrachtet werden kann, dass wir im Muskelfleisch der Thiere einen Zucker vorfinden, der von Albuminaten stammt, dass wir endlich in der Leber Zucker aus Albuminaten entstehen sehen: so drängt sich unwillkürlich der Gedanke auf, dass die Albuminate Doppelverbindungen von Ammoniakverbindungen und von Kohlenhydraten seien, und dass die Kohlenhydrate im Pflanzenkörper mit Ammoniakverbindungen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

zu Albuminaten zusammentreten. Wir können sogar einen Versuch anstellen, bei welchem eine solche Bildung von Albuminaten aus einem Kohlenhydrat und aus Ammoniak erfolgt.

Füllt man einen Cylinder mit Zuckerlösung, der eine geringe Menge von Ammoniaksalzen und von phosphorsauren Alkalien beigemengt ist, stürzt man denselben über Quecksilber und lässt einige Hefezellen in die Zuckerlösung aufsteigen, so beginnt in derselben nach kurzer Zeit ein lebhafter Gährungsprocess; aus den wenigen zugesetzten Hefezellen entwickeln sich viele Tausende derselben, die das Ebensovielfache an Albuminaten enthalten, als in den ursprünglich zugegebenen Hefezellen enthalten war. Wir haben also hier einen Vegetationsprocess vor uns, bei welchem sich aus einem Kohlenhydrat, Ammoniak und phosphorsauren Alkalien Albuminate bilden, und es dürfte daher nicht zu gewagt sein anzunehmen, dass die Kohlenhydrate bei Bildung der Albuminate mit dem Ammoniak und den salpetersauren Salzen ihr gleichgewichtiges Votum abzugeben haben.

Bevor wir nun die Kohlenhydrate nach einer anderen Seite hin würdigen, muss ich Sie, meine Herren, mit einem Gesetz vertraut machen, welches bei der Bildung chemischer Verbindungen stattfindet, und eigentlich schon aus dem allgemeineren Gesetze der Erhaltung der Kraft hervorgeht.

Dieses Gesetz kann man in seiner für unseren Zweck einfachsten Form folgendermassen ausdrücken:

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wenn bei der Vereinigung mehrerer Bestandtheile zu einer chemischen Verbindung eine Absorption oder Entwicklung von Wärme stattfindet, so tritt umgekehrt bei der Zerlegung dieser Verbindung in ihre ursprünglichen Bestandtheile eine eben so grosse Entwicklung oder Absorption von Wärme auf. Wenn wir z. B. Wasserstoff und Sauerstoff mit einander zu Wasser vereinigen, so bemerken wir bei diesem Vorgang eine bedeutende Wärmeentwicklung; wollen wir nun das gebildete Wasser wieder in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegen, so müssen wir, um diese Zerlegung zu bewerkstelligen, wieder genau dieselbe Menge Wärme oder eine dieser Menge Wärme entsprechende Quantität von Elektricität zuführen; genau die Quantität von Wärme, die wir bei dem ersten Process gewinnen, verlieren wir bei dem zweiten Process. — Die Pflanze bildet nun aus Kohlensäure und Wasser ihre Kohlenhydrate; zerlegen wir ein solches Kohlenhydrat durch einen Oxydationsprocess, den man im gewöhnlichen Leben eine Verbrennung nennt, wieder in Kohlensäure und Wasser, das heisst, verbrennen wir z. B. Holz, so tritt hiebei bekanntlich eine bedeutende Wärmeentwicklung auf; nach dem oben angeführten Gesetze muss daher bei der Bildung von einem Kohlenhydrat aus Kohlensäure und Wasser dieselbe Quantität von Wärme von Aussen zugeführt werden, welche sich bei dessen Verbrennung entwickelt.

Diese Wärme liefert der Pflanze die Sonne, und sie erinnern sich nun sogleich der oben angeführten

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Thatsache, dass die Bildung von Kohlenhydraten durch die grünen Pflanzentheile nur unter Mitwirkung von Sonnenlicht und Wärme stattfinde. Dieser Verbrauch von Sonnenwärme durch die Vegetabilien zur Bildung ihrer Producte ist auch eine der Hauptursachen, warum wir an nebeneinanderliegenden Orten, auf Flächen, wo ein lebhafter Vegetationsprocess stattfindet, stets eine niedrigere Temperatur finden, als auf vegetationslosem Boden.

Die Wärme, die im Sommer bei der Bildung der Kohlenhydrate verschwindet, können wir im Winter wieder gewinnen, indem wir dieselben in unseren Oefen verbrennen; die Pflanze ist der Prometheus, der dem Himmel das Feuer raubt um es dem Menschen zu geben. Auch die Steinkohle, der Torf etc. sind nur chemische Veränderungen einer Jahrtausende alten Cellulose, eine uralte historische Basis, auf welche sich unsere Industrie gestellt hat. — Aber nicht blos indem wir die Kohlenhydrate in unseren Oefen verbrennen, gewinnen wir die in denselben niedergelegte Sonnenwärme wieder, wir können diese Verbrennung auch in unserem Organismus ausführen, und denselben von Innen heizen. Alle verdaulichen Kohlenhydrate erleiden, nachdem sie in unser Blut übergegangen sind, eine Reihe von Oxydationen, deren Endglieder Kohlensäure und Wasser sind, und die Summe der Wärmemengen, welche hiebei geliefert werden, ist genau dieselbe, als ob wir dieselben unmittelbar verbrannt hätten. Nach Berthelots Untersuchungen liefert

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

1 Gramm (ungefähr $^1/_{17}$ Loth) Zucker bei vollständiger Verbrennung 4033 Wärme-Einheiten, d. i. eine Wärmemenge, welche im Stande wäre 4033 Grammen (ungefähr 230 Loth) Wasser von 0^0 auf 1^0 C zu bringen.

Wenn wir also diese Quantität Zucker geniessen, so gewinnen wir genau dasselbe Wärmequantum, welches innerhalb unseres Organismus frei wird. Wie also die Pflanze zur Bildung der Kohlenhydrate aus Kohlensäure und Wasser Wärme verbraucht, so erhalten wir dieselbe wieder, indem wir die Kohlenhydrate wieder in unserem Körper zu Kohlensäure und Wasser verbrennen. Die Wärmequantitäten, welche hiebei gewonnen werden, machen es dem Thiere möglich, die zu seiner Existenz nothwendige Körpertemperatur unabhängig von der äusseren Temperatur stets auf einem constanten Niveau zu erhalten. Wegen dieser Verwendung im thierischen Organismus hat man den Kohlenhydraten auch den Namen Respirationsmittel und thermogene Nährstoffe gegeben. Auch Fettbildner hat man dieselben genannt in der Meinung, dass aus denselben die Fette gebildet werden, während man jetzt weiss, dass die Fette auch aus den Albuminaten entstehen können, und vielleicht auch ausschliesslich entstehen. Sehr wahrscheinlich ist es, dass die Kohlenhydrate indirect zur Fettbildung beitragen, insoferne dieselben als leichter oxydirbar die Albuminate vor Oxydation schützen, so dass eine grössere Menge dieser letzteren zur Fettbildung verwendbar

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

bleibt. — Wenn aber die Kohlenhydrate vom Physiologen nicht mehr als Fettbildner oder wenigstens nicht ausschliesslich als solche betrachtet werden, so haben sie für denselben wieder nach einer anderen Seite an Wichtigkeit gewonnen. Man stellte nämlich bis in die neueste Zeit die Kohlenhydrate und die Albuminate einander gegenüber als Substanzen, von denen die einen im thierischen Organismus vorzüglich zur Wärmeentwicklung, die anderen aber als das Material zur Leistung mechanischer Arbeit dienen.

Man glaubte hiernach, dass eine Arbeitsleistung immer nur auf Kosten der Albuminate geleistet werde, bis von Voit, Ranke, Fick und Wislicenus angestellte Versuche diese Annahme gründlich erschütterten. Es zeigte sich bei diesen Versuchen, dass die Stickstoffausscheidung, also der Verbrauch von Albuminaten, während einer Arbeitsleistung grösser sei, als während der Zeit der Ruhe, dass aber die Differenz eine so unbedeutende ist, dass aus ihr die Menge der geleisteten mechanischen Arbeit nicht erklärt werden kann. Besonders interessant ist ein Versuch, der von Fick und Wislicenus angestellt wurde; nachdem dieselben ihre Stickstoffausscheidung im Zustand der Ruhe festgestellt hatten, bestiegen sie unter Enthaltung von aller stickstoffhaltigen Nahrung das 1956 Meter hohe Faulhorn; die Stickstoffausscheidung während, und 6 Stunden nach der Besteigung wurde bestimmt und es zeigte sich, dass dieselbe gegen jene, welche im Zustand der Ruhe stattgefunden hatte, nur unbedeutend vermehrt war.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Auch die Gesammt-Stickstoffausscheidung während, und 6 Stunden nach geleisteter Arbeit war eine solche, dass aus der Menge der verbrauchten Albuminate die Arbeitsgrösse nicht erklärt werden kann; es muss daher der Schluss gemacht werden, dass auch andere Substanzen, und zwar vorzüglich die Kohlenhydrate zur Arbeitsleistung in beträchtlichem Maasse beizutragen vermögen. Nach dieser Anschauung gewinnen nun alle jene Materialien, die viel Kohlenhydrate, aber wenig Albuminate enthalten, und auf welche man bis in die neueste Zeit etwas zu geringschätzig herabblickte, bezüglich ihres Werthes für jene Functionen des thierischen Organismus, wo es sich um Kraftäusserungen handelt, wieder eine erhöhte Bedeutung. — Nun frägt es sich aber, in welcher Weise können denn die Kohlenhydrate zu einer mechanischen Arbeit verwendet werden, da doch eine solche nur durch Contraction der Muskelfaser geleistet wird und diese beinahe nur aus stickstoffhaltigen Substanzen besteht? Kehren wir zu der früher erwähnten Hypothese zurük, dass die Albuminate Paarlinge von Stickstoffverbindungen und Kohlenhydraten sind, so lässt sich die Wirksamkeit der Kohlenhydrate bei Leistung mechanischer Arbeit leicht erklären und folgenderweise auffassen: Bei der Contraction des Muskels zerlegt sich das Albuminat in seine Bestandtheile, die Stickstoffverbindung und das Kohlenhydrat, welches letztere als leichter oxydirbar bis zu seinen Endproducten verbrannt wird, während die Oxydation der Stickstoffverbindung

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nicht so weit geht und die Reste derselben mit den im Blute vorhandenen Kohlenhydraten durch eine progressive Stoffmetamorphose wieder zu Albuminaten zusammentreten. Freilich steht dieser Auffassung die Ansicht entgegen, dass im thierischen Organismus nur regressive Stoffmetamorphosen stattfinden, und die progressiven der Pflanze eigenthümlich seien.

Wenn man aber sieht, dass die Pflanze bei Tage Kohlensäure zerlegend, Kohlenstoff aufnimmt und Sauerstoff abgibt, also als ein Reductionsorganismus wirkt, während sie bei Nacht den Kohlenstoff oxydirend, Kohlensäure abgibt und Sauerstoff aufnimmt, also in dieser Zeit theilweise als ein Oxydationsorganismus erscheint, so muss man die Möglichkeit zulassen, dass auch der thierische Organismus zu verschiedenen Zeiten sowohl Oxydations- als Reductionsorganismus sein könne. Ueber den Zeitpunkt, wann in letzterem eine solche Rückbildung von Albuminaten stattfinden könnte, würde eine Untersuchung von Pettenkofer und Voit Aufschluss geben, nach welcher der Mensch bei Tage in der CO_2 mehr Sauerstoff ausscheidet, als er in derselben Zeit eingeathmet hat, während bei Nacht mehr Sauerstoff aufgenommen, als in der Kohlensäure wieder abgeschieden wird, so dass also während des Schlafes ein Ueberschuss von Sauerstoff in den Organismus aufgenommen und dann bei Tage wieder zur Oxydation verbraucht wird. Der thierische Organismus scheidet also bei Nacht weniger Kohlensäure aus als bei Tage, und er würde demnach hierin gerade das Gegenbild

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

des pflanzlichen Organismus sein, so dass man sagen könnte, nach ihrem Stoffwechsel hat die Pflanze bei Nacht einige Aehnlichkeit mit dem Thiere und das Thier wieder Aehnlichkeit mit der Pflanze. Fände also eine solche Rückbildung von Albuminaten aus Stickstoffverbindungen und Kohlenhydraten im thierischen Organismus statt, so würde diese Stoffmetamorphose während des Schlafes eintreten. — Aus den heutigen Betrachtungen, meine Herren, werden sie ersehen haben, dass unsere Kenntniss von den Kohlenhydraten noch viele Lücken zeigt, und besonders gilt dieses von der Rolle, welche dieselben in den Organismen spielen; könnte ich Ihnen aber ein Bild dessen entwerfen, was man über diese Substanzen vor fünfzig Jahren wusste, so würden sie mit mir stolz sein auf das, was unsere junge Wissenschaft auch auf diesem Gebiete errungen hat.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien
k. k. Universitäts-Buchdruckerei.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1868

Band/Volume: 7

Autor(en)/Author(s): Oser Johann

Artikel/Article: Ueber Kohlenhydrate. 381-405