

Biologisches Centralblatt.

Begründet von J. Rosenthal.

In Vertretung geleitet durch
Prof. Dr. Werner Rosenthal

Priv.-Doz. für Bakteriologie und Immunitätslehre in Göttingen.

Herausgegeben von

Dr. K. Goebel und **Dr. R. Hertwig**
Professor der Botanik Professor der Zoologie
in München.

Verlag von Georg Thieme in Leipzig.

Der Abonnementspreis für 12 Hefte beträgt 20 Mark jährlich.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Die Herren Mitarbeiter werden ersucht, alle Beiträge aus dem Gesamtgebiete der Botanik an Herrn Prof. Dr. Goebel, München, Menzingerstr. 15, Beiträge aus dem Gebiete der Zoologie, vgl. Anatomie und Entwicklungsgeschichte an Herrn Prof. Dr. R. Hertwig, München, alte Akademie, alle übrigen an Herrn Prof. Dr. Werner Rosenthal, z. Z. Erlangen, Auf dem Berg 14, einsenden zu wollen.

Bd. XXXVI. 20. September 1916.

№ 9.

Inhalt: Bokorny, Neues über die Kohlenstoffernährung der Pflanzen. — Haecker, Reizphysiologisches über Vogelzug und Frühgesang. — Mische, Allgemeine Biologie. — Kraepelin, Die Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander. — Neuerschienene Bücher.

Neues über die Kohlenstoffernährung der Pflanzen.

Von Dr. Th. Bokorny.

Ernährung mit Kohlehydraten.

Schon vor 30 Jahren teilte J. Böhm (Über Stärkebildung aus Zucker, Bot. Ztg. 1883) mit, dass Blattabschnitte gewisser Pflanzen (z. B. Feuerbohnen), wenn sie entstärkt in 10–20%ige Zuckerlösung gelegt werden, innerhalb 1–14 Tagen (im Dunkeln) reichlichen Stärkegehalt in den Chlorophyllapparaten ansammeln.

Rohrzucker und Traubenzucker gaben positives Resultat.

1–5%ige Lösung wirkte viel schwächer als 20%ige.

Freilich manche Blätter (z. B. von *Allium*, *Asphodelus*) bilden niemals Stärke, weder bei der normalen Kohlensäureassimilation noch bei vieltägigem Einlegen in 20%ige Zuckerlösung.

Der Zucker wird hier vermutlich direkt zur Eiweißbildung verwendet (oder zur Cellulosebildung).

A. Meyer erhielt positives Resultat, d. h. ersichtliche Stärke Neubildung bei fast allen geprüften Blättern mit Lävulose, nicht ganz so reichlich mit Dextrose. Während bei der Gärung die Dextrose der Lävulose über ist, soll hier bei der Assimilation die Lävulose besser geeignet sein. Da die Stärke bei der Spaltung

Dextrose liefert, stehen wir hier vor einem Rätsel. Indes ist eine quantitative Bestimmung der Stärke von A. Meyer nicht gemacht worden, jene Annahme beruht also auf einer mikroskopischen Schätzung. Rohrzucker kann fast bei allen (geprüften) Pflanzen zur Stärkebildung verwendet werden; nur *Juglans* und *Gypsophila* ergaben A. Meyer ein negatives Resultat.

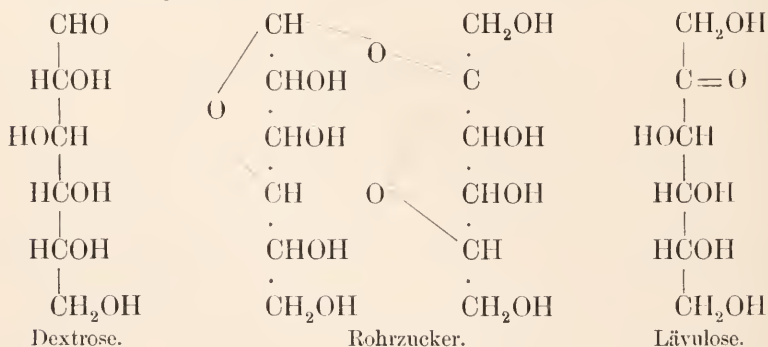
Letzterer Forscher vermutete, dass die Pflanzen, innerhalb welcher eine Zuckerart vorkommt, auch besonders befähigt sind, aus derselben Stärke zu bilden.

Das stimmt aber wenig zu dem Rohrzucker, der in den Pflanzen viel weniger vorkommt als die Dextrose; er wird trotzdem von fast allen Pflanzen leicht assimiliert.

Der Rohrzucker ist ein Disacharid. Es kommt hier zunächst darauf an, dass das Rohrzuckermolekül, das doch wohl als Ganzes nicht zur Stärke umgewandelt werden kann, gespalten wird in Dextrose und Lävulose; weiterhin, dass diese assimiliert werden. Letzteres dürfte meist der Fall sein, da die Blätter ja in der Regel aus Dextrose und Lävulose Stärke zu bilden vermögen. Indes scheint auch die Spaltung des Rohrzuckermoleküls meist keine Schwierigkeiten zu machen, da ja nach genannten Forschern, zu denen etwas später auch E. Laurent mit übereinstimmenden Resultaten hinzukam, die meisten geprüften Pflanzen aus Rohrzucker Stärke bilden können.

Es ist also in den meisten Pflanzen entweder ein Rohrzucker spaltendes Enzym vorhanden, oder das Protoplasma der betreffenden Zellen ist imstande, die Rohrzuckermoleküle zu spalten.

Die Formel der hier einschlägigen Kohlehydrate ist nach E. Fischer folgende:



Es bedarf der Aufnahme von einem Molekül Wasser, um die Spaltung des Rohrzuckermoleküls in ein Dextrose- und ein Lävulosemolekül herbeizuführen. Wasser ist in der Zelle genug vorhanden. Ob ein Ferment oder das Protoplasma selbst die Spaltung bewirkt, müsste in den einzelnen Fällen untersucht werden.

Die Stärke, welche tatsächlich entsteht, kann wohl direkt aus den Monosachariden gebildet werden. Wasserabspaltung muss natürlich eintreten, damit $(C_6H_{10}O_5)_n$ wird. Welche Umwandlungen sonst geschehen, ob vielleicht eine Zerspaltung in kleinere Moleküle dem Aufbau vorausgeht, kann nicht gesagt werden. Da auch Stoffe von sehr kleinem Molekül, wie CH_3OH und CH_2O , zur Stärkebildung dienen können, ist diese letztere Annahme nicht ganz von der Hand zu weisen.

Eine andere Hypothese, die in dem steten Vorhandensein eines protoplasmatischen Stärkebildners eine Stütze findet, ist die, dass zuerst Eiweiß gebildet und aus diesem durch Abspaltung bestimmter Gruppen und Zusammentritt derselben das Stärkekorn allmählich entsteht. Das gilt natürlich auch von der Stärkebildung aus anderen Stoffen als Kohlehydraten (siehe später).

Ein den Pflanzenzellen fremdes Kohlehydrat ist der Milchzucker.

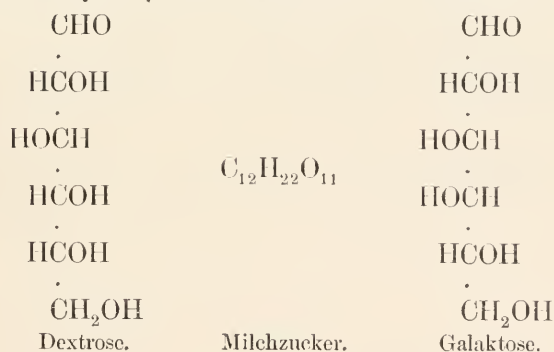
Können die Pflanzen auch hieraus Stärke bilden?

Nach der Anschauung, dass dieselben nur aus solchen Kohlehydraten Stärke bilden, die auch normal in der Pflanze vorkommen, muss man hier ein negatives Resultat erwarten.

Tatsächlich erhielt A. Meyer bei Versuchen mit diesem Kohlehydrat keine Stärkebildung.

Hingegen gelingt nach E. Laurent die Stärkebildung aus Milchzucker an Kartoffelsprossen.

Der Milchzucker ist bekanntlich ebenfalls ein Disacharid. Er zerfällt bei der Hydrolyse in Dextrose und Galaktose.



Ist ein Milchzucker spaltendes Enzym in dem Kartoffeltrieb enthalten oder bewirkt das Protoplasma die Spaltung?

Ersteres ist nicht wahrscheinlich, da nicht einmal die gewöhnlichen Hefen Milchzucker spalten, die doch wahre Fundgruben für Enzyme sind. Der Milchzucker wird von der Mehrzahl der Hefen nicht angegriffen; nur die spezifischen Milchzuckerhefen, wie *S. kefir*, *S. fragilis*, *S. lactis*, *S. acidi lactici*, bilden hiervon eine Ausnahme.

Es bleibt dann nur die Annahme übrig, dass das Protoplasma selbst die Spaltung bewirkt.

Ist die Spaltung vollzogen, so kann die Dextrose zur Stärkebildung dienen.

Sogar die Galaktose kann eventuell in Betracht kommen. Denn A. Meyer fand, dass einige (allerdings nur wenige) Blätter aus Galaktose Stärke bilden.

Die sich widersprechenden Ergebnisse der Versuche A. Meyer's und E. Laurent's veranlassten mich neuerdings (Pflüg. Arch. 1915, Bd. 163), an *Spirogyra* eine Probe zu machen.

Die *Spirogyra* (eine kleine Art) wurde zuerst entstärkt, dann in kleinen Portionen in zwei kleine gut verschlossene Gläschen von 50 cc Inhalt gebracht. Dieselben enthielten je 25 cc Flüssigkeit. Beide Proben wurden nebeneinander in gutes Tageslicht gestellt.

Das Gläschen a enthielt 1%ige Milchzuckerlösung, Gläschen b (Kontrollversuch) aq. dest. In beiden Fällen war das Wasser ausgekocht worden (zur Entfernung der gelösten Kohlensäure). Die Abkühlung erfolgte in den luftdicht verschlossenen Gläschen, um zu verhüten, dass von neuem Kohlensäure in die Flüssigkeit geriet.

Der Ausfall des Versuches war bei a sehr deutlich positiv.

Die mikroskopische Untersuchung der Fäden ergab schon ohne Jodproben die Anwesenheit von reichlich Stärke in den Spirogyren (wie auch in den beigemischten Zygnemen). Mit Jodlösung trat eine intensive Blauschwarzfärbung in den Chlorophyllkörpern ein.

Hingegen ließ sich in dem Kontrollversuch keine Stärke erkennen.

Die Verwendung dieses tierischen Zuckers, Milchzucker, zur Ernährung von Algen ist nicht ohne Interesse.

Ein Ernährungsversuch, den ich mit Galaktose, dem einen Spaltungsprodukt des Milchzuckers und *Spirogyra*, anstellte, fiel ebenfalls positiv aus. Nach 24stündigem Liegen (siehe vorige bei Milchzucker angewandte Methode) der Algen in der 1%igen Lösung ergab, nachdem bald direktes Sonnenlicht bald Wolkenlicht eingewirkt hatte, die mikroskopische Untersuchung reichlichen Stärkegehalt, während im Kontrollversuch die Stärke fehlte.

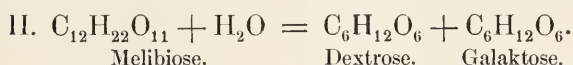
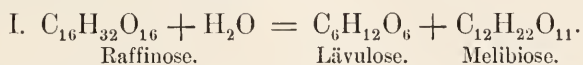
Es ist von Interesse, dass auch diese Glykose bei *Spirogyra* nicht versagt; sie ist eine Aldose wie die Glukose, die ja auch positives Resultat ergibt.

Leider standen mir andere Aldosen nicht zu Gebote.

Die Raffinose, $C_{18}H_{32}O_{16} + 5H_2O$, ist eine Hexotriose [$3C_6H_{12}O_6 - 2H_2O = C_{18}H_{32}O_{16}$]. Dieselbe enthält nach Haedicke, Gaus und Tollens drei Glykosen, und zwar je ein Molekül Dextrose, Galaktose, Lävulose, denn sie gibt mit Salpetersäure sowohl Schleimsäure als Zuckersäure, und es lässt sich ein fast wie Lävulose links drehender Zucker daraus abscheiden. Bei kurzem Erwärmen mit

Säure wird Lävulose daraus abgespalten, indem nach Scheibler und Mittelmeier Melibiose entsteht. Bei längerem Erhitzen wird auch die Melibiose in Dextrose und Galaktose zerlegt (Tollens, Kohlehydrate II, S. 192).

Eine solche Zerlegung scheint nun auch die Spirogyrenzelle fertig zu bringen. Denn bei einem ganz gleichen Versuche, wie der bei Milchzucker beschriebene, ergab sich, dass die Raffinose Stärke in den Spirogyren erzeugt. Die Raffinoselösung war 1%ig.



Dextrose und Galaktose können zur Stärkebildung in Spirogyren dienen. Hingegen konnte ich mit meiner Spirogyren-Art bei Lävulose kein positives Resultat erzielen (siehe unten).

Dextrose und Lävulose haben sich bei den Versuchen der oben genannten Forscher als brauchbar zur Stärkebildung bei zahlreichen Pflanzen gezeigt.

Meine eigenen Versuche an diesen beiden Glykosen, die mit der gleichen kleinen *Spirogyra*-Art angestellt wurden, ergaben bei Dextrose positives, bei Lävulose auffallenderweise negatives Resultat.

Das unerwartete Resultat mit Lävulose veranlasste mich, denselben Versuch mehrmals, auch mit neuen entstärkten Algenportionen zu machen; ich erhielt immer dasselbe abweisende Ergebnis.

Dieser sonst so gute Nährstoff versagte also hier; ein neuer Beweis nicht bloß für die Wichtigkeit der Konfiguration des Moleküls für die Ernährung, sondern auch für das verschiedene Verhalten verschiedener Untersuchungsobjekte; man darf nicht verallgemeinern.

Die Dextrose ist eine Aldose, die Lävulose eine Ketose.

Die Aldose Galaktose ergab, wie schon erwähnt, bei meinen neuen Versuchen ebenfalls positives Resultat.

Wie verhalten sich Pentosen?

Zu letzteren gehört die Arabinose.

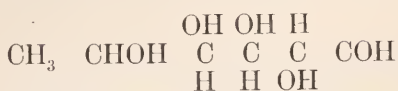
Sie wird aus den Pentosanen verschiedener Kleien, wie Gersten-, Weizen-, Roggenkleie, gewonnen.

Auch im Harn wurde sie gefunden.

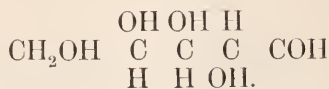
Nach Cremer gibt jeder oder fast jeder menschliche Harn nach dem Klären mit Blutkohle die Pentosenspektralreaktion, wenn man ihn mit Phloroglucin und Salzsäure erwärmt.

Meine Versuche über die Verwendbarkeit der Arabinose zur Stärkebildung in Spirogyren fielen negativ aus.

Auch Xylose hat (bei meinen früheren Versuchen) ein negatives Resultat an *Spirogyra* ergeben. Ebenso Rhamnose, sie ist eine Methylpentose ($C_6H_{12}O_5 \cdot H_2O$).



Rhamnose (Isodulcit, Methylpentose).



l-Arabinose (gewöhnliche Arabinose).

Cremer und Verf. haben mit Arabinose an Kartoffeltrieben keine Stärkebildung erhalten können.

Es ist sehr merkwürdig, dass die Spirogyren, die doch sonst eine große Reihe von Stoffen (Methylalkohol, Methylal, Formaldehyd, Essigsäure etc.) zur Stärkebildung gebrauchen können, mit den Pentosen nichts anzufangen wissen. Mag sein, dass hier die Zahl der C-Atome im Molekül eine Rolle spielt.

Rhamnose und Arabinose sind auch durch Hefe nicht vergärbbar!

Dieses Zusammentreffen ist recht bemerkenswert.

Endlich sei nun noch ein eine Tetrose bei gelinder Oxydation liefernder 4wertiger Alkohol, der Erythrit,



erwähnt.

Mit Erythrit erhielt sowohl E. Laurent als A. Meyer bei Phanerogamen negatives Resultat.

Das stimmt überein mit dem, was ich an Spirogyren beobachtete.

Spirogyren zeigten keinen Stärkeansatz, als sie in Erythritlösung von 1 : 500 bis 1 : 100 gebracht wurden, weder nach 10 noch nach 24 noch nach 48 Stunden.

Das Resultat ist auffallend, nachdem Weinsäure (als saures Calciumsalz) ein positives Resultat bei *Spirogyra* ergibt (B. Chem. Ztg. 1894, Nr. 2).

Erythrit steht ja nach seiner Zusammensetzung den Kohlehydraten so nahe wie Weinsäure:



Ersterer ist zu arm, letztere zu reich an Sauerstoff.

Es scheint, dass die grünen Pflanzen leichter Reduktionen ausführen als Oxydationen.

Ersteres sind sie von der Kohlensäureassimilation her gewöhnt.

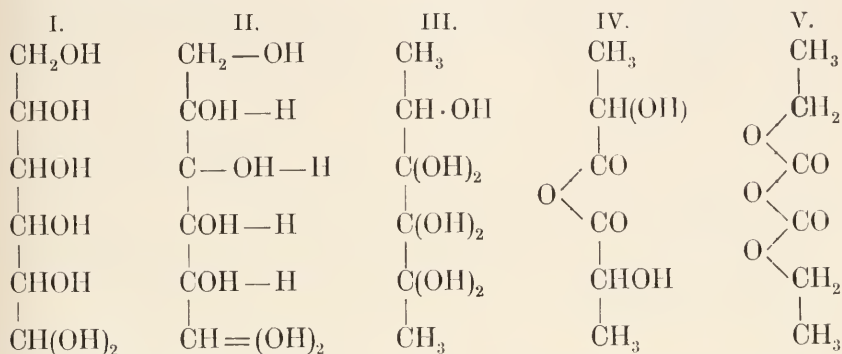
Freilich das positive Resultat mit Methylalkohol und grünen Pflanzen (auch Spirogyren) weckt wiederum Zweifel an dieser Auffassung. Verf. hat gefunden, dass z. B. Wirsingpflanzen, im Topf gezogen, den Methylalkohol assimilieren können (Pflüger's Archiv Bd. 163).

Derselbe muss ja auch oxydiert werden, um zur Kohlehydrat-synthese tauglich zu sein.

Freilich entsteht damit ein direkt taugliches Produkt CH_2O , während im Falle Erythrit erst eine Zerspaltung des Moleküls eintreten musste.

Die Übereinstimmung, welche Arabinose und andere Pentosen in bezug auf Unbrauchbarkeit zur C-Ernährung und auf Nichtvergärbbarkeit aufweisen, möge Veranlassung sein, um auf den chemischen Gärungsvorgang kurz einzugehen und dann die Assimilation von Kohlehydraten (und einigen anderen Stoffen) durch Hefe kurz zu streifen.

A. v. Baeyer hat (Chem. Ber. Bd. 3) angenommen, dass bei der Vergärung des Zuckers folgende Atomverschiebung im Zuckermolekül stattfindet:



Man sieht hier, wie die Alkohol- und Kohlensäuremoleküle allmählich vorbereitet werden.

Das ist ja auch ohne weiteres einleuchtend, dass Alkohol (Äthyl-) und Kohlensäure nicht sofort durch Spaltung aus dem Traubenzuckermolekül hervorgehen können. Es müssen zuerst Atomverschiebungen stattfinden.

Dieselben sind gar nicht sehr einfacher Natur.

Man muss sich auch füglich wundern, wie die Hefe imstande ist, gerade diejenigen Atomverschiebungen fertig zu bringen, welche zur Bildung von Alkohol und Kohlensäure führen.

B. schildert die Veränderung selbst folgendermaßen:

„Die erste Formel ist die des unveränderten Zuckers.

In der zweiten sind die austretenden Wasserelemente durch vorgesetzte horizontale Striche angedeutet, in der dritten ist schon so viel Wasser hinzuaddiert als ausgetreten ist, aber die OH und H sind in anderer Verteilung hinzugefügt . . .

In der dritten Formel befindet sich nun aller Sauerstoff an einem Punkte des Moleküls angehäuft, eine Erscheinung, die man Akkumulation nennen kann.

Die Folge der Akkumulation des Sauerstoffs ist die Sprengung der Kohlenstoffkette, die bei der Milchsäuregärung einmal, bei der Alkoholgärung dreimal stattfindet.

Die Formeln IV und V stellen das Produkt der Gärung als Anhydrid der Milchsäure und als Anhydrid der Äthylkohlenensäure dar.“

Alkohol- und Milchsäuregärung sind hier nebeneinander berücksichtigt, obwohl sie durch verschiedene Enzyme bewirkt werden, was freilich zur Zeit der Aufstellung dieser Hypothese noch im Unklaren lag.

Gegenwärtig trennen wir die beiden Vorgänge scharf.

Hier interessiert nur der alkoholische Gärungsvorgang.

Es ist klar, dass zu einem so komplizierten Vorgang, der sich nach B. in mehreren Phasen abspielt, mehrere Enzyme zusammen wirken müssen. Faktisch sind die Gärungsphysiologen der Anschauung, dass dies der Fall sei.

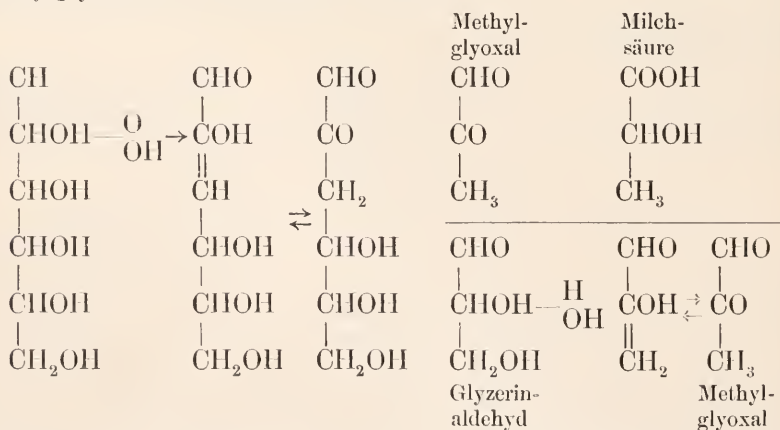
Was dann den Zusammenhang der Gärfähigkeit mit der Assimilationsfähigkeit anlangt, auf den schon mehrere Forscher aufmerksam geworden sind, so scheint derselbe doch ein recht loser zu sein.

Denn es ist kaum anzunehmen, dass der Assimilation eine Vergärung vorausgeht, um so weniger, als ja Alkohol dann nachweisbar sein müsste, weil er nicht verbraucht wird.

Die grüne Pflanze, welche Dextrose assimiliert, wird kaum den komplizierten Vorgang der Gärung einschlagen, um dann die Kohlenensäure zu assimilieren.

Dasselbe gilt auch von der Wohl'schen Hypothese der Alkoholgärung.

In neuerer Zeit stellte Wohl auf Grund von Beobachtungen der rein chemischen Umwandlung der Hexosen und ihrer Spaltprodukte ein Gärungsschema auf, in welchem Glyzerinaldehyd, Methylglyoxal und Milchsäure auftreten:



Aus den angegebenen Produkten soll dann Alkohol und Kohlenensäure werden.

Auch dieser Weg ist recht kompliziert.

Man hat kaum ein Recht zu glauben, dass die Zucker assimilierenden grünen Pflanzen diesen Weg einschlagen und dass sie eine Art Gärungsenzym besitzen; dass ferner die andern Kohlehydrate (welche nicht assimiliert werden), von der Zelle nicht vergoren werden und darum nicht zur Assimilation dienen können.

Der Zusammenhang muss, wenn überhaupt ein solcher da ist, wo anders liegen.

Vielleicht dass bestimmte Kohlehydrate infolge gewisser stereochemischer Verhältnisse von Anfang an widerstehen, dass also die Stereokonfiguration des Moleküls des Enzyms oder des Plasmas in manchen Fällen schon den ersten Angriff unmöglich macht.

Daher kommt es wohl auch, dass oft von nahe verwandten Organismen der eine einen Stoff zu assimilieren vermag, der andere nicht.

Ein gutes Beispiel hierfür liefern die Sprosshefe-Arten.

Die Hefenart muss immer in Betracht gezogen werden bei Assimilationsfragen.

Für *Sacharomyces Zopfii* z. B. ist nach Artari die Zitronensäure und die Weinsäure eine besonders gute, die Milchsäure und die Apfelsäure hingegen eine weniger gute Nahrung, während Weinsäure und Zitronensäure für Bierhefe von mäßiger Nährkraft sind.

Apfelsäure ist in einem Falle sehr zuträglich, in einem anderen Falle wieder fast wertlos.

Weinsäure ist bei manchen Heferassen beliebt. Sie wurde schon von Naegeli und Loew als Kohlenstoffquelle für Hefen benützt.

Wie sehr selbst bei den Zuckerarten vor Verallgemeinerungen gewarnt werden muss, geht aus der Beyerinck'schen Feststellung hervor, dass der von ihm zuerst auf Korinthen gefundene *Schizosacharomyces octosporus* eine Ausnahme von der Laurent'schen Regel macht. Er vermag zwar Maltose, Glukose und Fruktose, nicht aber auch Sacharose, Laktose, Raffinose, Arabinose, Dulcitol, Quercitol, Erythrit und Inosit zu assimilieren.

Eine Parallele hierzu liefert der *Sacharomyces Zopfii*.

Er kann seinen Kohlenstoffbedarf aus der Sacharose, Glukose, dem Mannit decken.

Nicht deckt er ihn aus der Maltose, Laktose, Galaktose, dem Inulin und dem Melampyrit.

Der *Sacharomyces Kefyr* und der *Sacch. acetithylicus* von Beyerinck assimilieren Glukose, Fruktose, Maltose und Sacharose, ersterer aber nicht Laktose, während letzterer diese Zuckerart assimiliert.

Ob auch Pentosen von Hefe assimiliert werden, unterlag schon öfters der Erörterung.

Es ist dies auch praktisch wichtig, weil nach B. Tollens und H. Glaubitz ungefähr ein Viertel der Malzpentosane in die Würze

übergeht und zwar zum Teil nicht mehr als Pentosane selbst, sondern in Gestalt von Pentosen.

Pentosane finden sich nach diesen Forschern in Gerste zu 8,0 %, im Malz zu 11,2 %, im Weizen zu 8,7 %, im Roggen zu 11,1 %, im Mais zu 5,8 % der Trockensubstanz.

Ob die Pentosane der Gerste bei der Keimung hydrolysiert werden, ist ungewiss.

Jedenfalls vollzieht sich aber dieser Vorgang beim Darren des Malzes.

Von da gelangen die Pentosen in die Bierwürze.

In noch größerer Menge werden die Pentosen in den Maischen der Rohfruchtbrennereien sein, welche das Rohmaterial einer mehrstündigen Dämpfung unter 3—4 Atmosphären Druck unterziehen (Lafar, Bd. 4, p. 95).

Die Pentosen sind zwar unvergärbbar, sollen aber unter günstigen äußeren Verhältnissen als Kohlenstoffquellen für Hefe dienen (H. v. Laer, J. fed. inst. brewing 1898 und Cross und Bevan in J. fed. inst. brewing 1897).

Hingegen wird nach Beyerinck die Arabinose von *Schizosacharomyces octosporus* nicht oder sehr schwer verwendet.

Ich stehe der Assimilierbarkeit der Pentose durch Hefe vorläufig noch skeptisch gegenüber.

Denn meine Versuche an Algen haben negatives Resultat ergeben (ebenso Versuche an Bierhefe?).

In l-Arabinose-Lösungen setzten Spirogyren bei Kohlensäureausschluss im Lichte keine Stärke an.

Desgleichen nicht in Xylose.

Ferner nicht in Rhamnose (einer Methylpentose. Siehe B. in Pflüg. Arch. Bd. 163, p. 69).

Auch nach den früher vom Verf. gemeinschaftlich mit Prof. Cremer ausgeführten Ernährungsversuchen an Kartoffeltrieben liefern die Pentosen stets negatives Resultat.

Es ist übrigens nicht ausgeschlossen, dass auch hier verschiedene Hefeorganismen sich verschieden verhalten.

Beyerinck ist so weit gegangen, dass er eine Zerlegung der Gattung *Sacharomyces* in Untergattungen *Glucomyces*, *Maltomyces*, *Lactomyces*, *Raffinomyces*, *Dextrinomyces*, *Polysacharomyces* nach ihrem Verhalten gegen Kohlehydrate vorschlug.

Dextrine werden von Kulturhefen schlecht assimiliert, auch nur wenig vergoren.

Für wilde Hefen sind dagegen nach P. Lindner (W.-Schr. f. Br. Bd. 20, S. 511) Dextrine gute Nährstoffe.

Ernährung mit Alkoholen.

Bevor ich auf die Verwendung von Glycerin als Hefenahrung eingehe, sei noch der Äthylalkohol erwähnt.

Derselbe wurde von mir schon öfters als unbrauchbar für C-Ernährung der Bierhefe bezeichnet.

Man darf aber auch hier wiederum nicht verallgemeinern.

Denn nicht nur, dass Äthylalkohol eine C-Quelle für manche Schimmelpilze und Bakterien ist, derselbe kann nach P. Lindner von verschiedenen Hefepilzen sogar als ausgezeichnete Kohlenstoffquelle verwendet werden (W.-Schr. f. Br. Bd. 29, S. 1).

Das Wachstum mancher Hefen soll in Äthylalkohol kräftiger sein als in Zucker.

Ehrlich (Bioch. Zeitschr. Bd. 36, S. 47), welcher Tyrosinlösungen in Gegenwart verschiedener Stoffe vergären ließ, erhielt bei Anwendung wilder Hefen mit Äthylalkohol auffallend gute Hefeernten.

Wieder ein Fingerzeig, wie vorsichtig man mit Übertragung einer an einem Pilz gemachten Beobachtung auf andere Pilze sein muss.

Von vornherein ist es übrigens schon nicht recht wahrscheinlich, dass der Äthylalkohol eine C-Nahrung für Bierhefe sei.

Denn sonst hätte man ja doch bemerken müssen, dass der durch die Gärung entstandene Alkohol zum Teil verbraucht wird und somit im Lauf der Zeit abnimmt.

Im großen und ganzen muss man die Erfahrung machen, dass die Bierhefe in bezug auf organische C-Nahrung ziemlich wählerisch ist.

Will man die Bierhefe praktisch im großen heranzüchten, so darf der vergärbare Zucker als Gär- und Nährmaterial nicht fehlen, schon deswegen, weil sonst immer Bakterien des Nährsubstrates sich bemächtigen, oder auch Schimmelpilze.

Durch den rasch entstehenden Alkohol wird das Emporkommen anderer Pilze glücklich verhindert oder doch sehr verzögert.

Wir haben hier eine bewundernswerte chemische Ausrüstung eines Organismus gegen sonst übermächtige Feinde vor uns.

Ohne den Alkohol wird der Hefepilz sicher unterliegen.

Das hat auch jeder, der mit Hefe gearbeitet hat, zur Genüge erfahren. Versuche ohne Zuckerzusatz gehen meist zugrunde.

Nimmt man Reinkulturen (bakterienfreie), so geht ohne Zucker die Ernährung immer langsamer, weil die Hefe sich absetzt und nicht viel mit den Nährstoffen der Lösung in Berührung kommt.

Der Zucker ist also für die Hefeaufzucht unentbehrlich.

Dabei wird derselbe nicht einmal viel zur Ernährung verbraucht.

Weitaus der größte Teil wird vergoren.

Da der Zucker einen auch sonst wertvollen Nährstoff darstellt, der bei der Hefefabrikation in großer Menge verbraucht wird, so ist es am Platze, wenigstens teilweise nach einem Ersatz zu sehen.

Vielleicht ist es doch möglich, den Zuckerverbrauch einzuschränken, wenn man dabei eine andere Kohlenstoffquelle noch darbietet, welche als Nährstoff für Tiere nicht in Betracht kommt.

Ich habe zunächst an Methylalkohol und dann an Glycerin gedacht. Indes scheint die Hefe von Methylalkohol wirklich nicht viel Gebrauch machen zu können (siehe Verf. in Pflüg. Arch. Bd. 16, S. 36 ff.).

Eher scheint das Glycerin Aussicht zu bieten.

Das Glycerin als Nährstoff für Hefe.

Von allen Seiten wird zugegeben, dass das Glycerin ein Nährstoff für gewisse Hefearten sei, hingegen soll es gerade der Bierhefe nach Ehrlich nicht zur Nahrung dienen können. Letzteres widerspricht aber wiederum den Erfahrungen früherer Forscher.

Darum und weil das Glycerin auch praktisch von Bedeutung werden kann für die Hefeferzeugung, möge hier näher auf diese Frage eingegangen werden.

Das Glycerin ist bekanntlich ein Stoff, der von der Hefe bei der Gärung ausgeschieden wird. Bei jeder Vergärung von Zucker durch *Sacharomyces cerevisiae* u. a. wird in der Gärflüssigkeit auch etwas Glycerin neben Alkohol und Kohlensäure vorgefunden.

Woher stammt dasselbe?

Zunächst bietet sich die Herkunft aus dem Hefefett als plausible Annahme dar.

Das Hefefett besteht teils aus freien Fettsäuren, teils aus Neutralfett. Unter den freien Fettsäuren wurden Stearin- und Palmitinsäure gefunden, auch Säuren der Ölsäurereihe kommen vor (ferner Buttersäure in kleiner Menge).

Die Neutralfette enthalten Fettsäuren an Glycerin gebunden.

Durch Spaltung der Fette können Glycerinmengen frei werden und dann durch die Gärung (resp. durch den auftretenden Alkohol) infolge der nun eintretenden größeren Durchlässigkeit der Plasmahaut nach außen treten. Gelegentlich kann es wieder aufgesaugt und verbraucht werden.

Das ist der eine Modus, um den Glyzeringehalt der gegorenen Flüssigkeit zu erklären.

Eine zweite Art der Glycerinentstehung wäre die als Gärungszwischenprodukt.

Man hat ja auch lange Zeit das Glycerin für ein direktes Gärungsprodukt gehalten.

Durch den Zerfall des Zuckers sollte es neben Alkohol und Kohlensäure entstehen.

Müller Thurgau hat das freilich 1884 in Abrede gestellt, weil die Menge des Glycerins zu sehr schwankt; nämlich bei Wein von 9—15 pro 100, bei Bier von 2,5—5 pro 100, wobei 100 die Alkoholmenge bedeutet.

Er sprach das Glycerin als ein Stoffwechselprodukt der Hefe an. Neuerdings aber tritt man dem Gedanken wieder näher, dass das Glycerin ein Gärprodukt sei.

Es wurde nämlich von Buchner und Meisenheimer im Hefepresssaft bedeutend mehr Glycerin vorgefunden als der gleichzeitig anwesenden freien Fettsäure entsprach.

Sie zogen daraus den Schluss, dass die Hauptmenge des bei der Gärung auftretenden Glycerins nicht dem Fett entstammt, sondern aus Spaltprodukten des Zuckers entstanden ist, und „es ist a priori wahrscheinlich, dass das Glycerin durch Reduktion des Dioxycetons oder Glycerinaldehyd entsteht“.

Freilich ist dieser Schluss nicht zwingend.

Denn es kann ganz gut sein, dass die Fettsäure nach der geschehenen Fettspaltung rascher (zur Verbrennung) verbraucht wird als das Glycerin.

M. Oppenheimer soll aber einen Beweis für das Glycerin als Gärungsprodukt erbracht haben (H. 89, S. 63, 1914; zitiert von Euler in Chemie der Hefe S. 70).

Leider konnte ich diese Abhandlung nicht selbst einsehen.

Immerhin wollen wir damit rechnen, dass das Glycerin in der Hefezelle auch durch Gärung entstehen kann. Wird dasselbe nachher als Nährstoff verbraucht?

Zwar hat die Bayer'sche Hypothese davon abgesehen, dass Glycerin bei der Gärung entsteht.

Diese geht davon aus, dass Alkohol und Kohlensäure nicht direkt aus dem Zucker entstehen können; es müssen Zwischenprodukte angenommen werden.

Innerhalb des Zuckermoleküls gehen hiernach Atomverschiebungen vor sich unter wechselnder Addition und Subtraktion von Wasser, etwa in oben beschriebener Weise (Chem. Ber. Bd. 3, S. 63; 1870).

Jedenfalls ist die Ernährungsmöglichkeit von Hefe mit Glycerin von besonderem Interesse.

Ehrlich hat diese Möglichkeit besonders geprüft und gefunden, dass nur sogen. wilde Hefen das Glycerin assimilieren, nicht aber unsere Kulturhefen (bei Anwendung von Tyrosin als Stickstoffquelle).

Hingegen führt Naegeli das Glycerin als gute Kohlenstoffnahrung für Bierhefe an.

Bei einem von mir aufgestellten Versuch ergab sich, dass binnen wenigen Tagen in 0,2%iger Glycerinlösung auf Zusatz einer Spur

(Brauerei-)Presshefe eine Pilzvegetation eintritt, welche sich unter dem Mikroskop als zusammengesetzt erweist aus zahlreichen Sprossverbänden jener *Sacharomyces*-Art (daneben traten auch andere Pilze auf). Der Stickstoff wurde als schwefelsaures Ammoniak, die Phosphorsäure als Monokaliumphosphat zugegeben.

Es besteht in den Resultaten, wie ersichtlich, ein Widerspruch, der noch aufgeklärt werden muss.

Ernährung grüner Pflanzen mit Glycerin.

Schon vor geraumer Zeit ist die Möglichkeit einer Glycerinernährung grüner Pflanzen nachgewiesen worden.

Quantitative Versuche mit Glycerin hat Verf. im Arch. d. ges. Physiol. Bd. 89, S. 467 veröffentlicht.

Dieselben seien hier etwas ausführlicher erwähnt, weil die früher bekannt gewordenen Versuche mit Glycerin und grünen Pflanzen meist sich mit dem qualitativen Nachweis, nämlich mit der Beobachtung eines Stärkeansatzes in den Chlorophyllapparaten begnügten und dieser Beweis einer Anfechtung ausgesetzt ist.

Es wurde eine Lösung hergestellt, die 5 Tropfen reines Glycerin auf 250 ccm Wasser enthielt und außerdem 0,05 % Monokaliphosphat und 0,05 % Chlorkalium.

Die Lösung wurde mit 10 g *Spirogyra nitida* versetzt und 24 Stunden stehen gelassen.

Hierauf wurde mit Permanganat titriert, d. h. an einem kleinen Teil der Flüssigkeit der Reduktionswert festgestellt.

Die Algen gediehen sehr gut in der Lösung und häuften Stärke in den Chlorophyllbändern an.

Nach 10 Tagen wurde das Reduktionsvermögen der Nährflüssigkeit gegen Kaliumpermanganat abermals festgestellt; es hatte bedeutend abgenommen, nämlich um 66,2 %.

Die Algen hatten also ungefähr zwei Drittel des Glycerins, etwa 0,16 g (wenn 5 Tropfen Glycerin = 0,25 g gerechnet werden) binnen 10 Tagen verbraucht.

Bei einem zweiten ähnlichen Versuch ging der Gehalt an reduzierender Substanz (Glycerin) binnen 5 Tagen um 25,4 % zurück.

Ohne Algen (im Kontrollversuch) fand eine Abnahme der organischen Substanz nicht statt.

Die Rechnung ergab, dass 10 g *Spirogyra nitida* (feucht gewogen¹⁾) in ersterem Falle binnen 10 Tagen 168 mg Glycerin, in letzterem binnen 5 Tagen 66,4 mg desselben verbrauchten.

Auch Trockensubstanzvermehrung konnte an den Algen festgestellt werden.

Die betreffenden Versuche mögen in der zitierten Abhandlung nachgesehen werden.

1) Etwa 1 g Trockensubstanz entsprechend.

Erwähnenswert dürfte noch sein, dass der Sauerstoffzutritt zur Assimilation des Glycerins durch Spirogyren nicht unbedingt nötig ist; sie setzen auch in einer Wasserstoffatmosphäre Stärke an, freilich erst nach längerer Zeit als sonst (nicht nach 6 Stunden, wohl aber nach 3 Tagen). Siehe Verf. im Arch. f. d. ges. Physiol. **125**, 480, und Th. B. und Cremer, Chem.-Ztg. **1896**, Nr. 101.

Andere quantitative Versuche wurden vom Verf. auch an Wirsingpflanzen mit Glycerin angestellt und hatten positiven Erfolg (Biochem. Zeitschr. 1915, 71. Bd.).

Ernährung mit Aldehyden.

Formaldehyd: Die Ernährung von Algen mit freiem Formaldehyd misslang früher immer wegen der starken Giftigkeit dieses Stoffes.

Endlich gelang diese Ernährung doch, als ich Spirogyren gasförmigen Formaldehyd in ganz kleiner Menge stetig zuführte, dann auch noch auf andere Weise (siehe unten).

Es wurde aus reinem arsenfreien Zink und 1 l verdünnter Schwefelsäure, die durch Auskochen luftfrei gemacht worden war, unter Zusatz einiger Kubikzentimeter 40 %igen Formaldehyds, Wasserstoffgas entwickelt, das dann natürlich immer kleinere Quantitäten Formaldehyd in Gasform mit sich führte. In der vorgelegten Waschflasche, die ebenfalls ausgekochtes Wasser enthielt, wurde selbstverständlich ein beträchtlicher Teil des Formaldehyddampfes absorbiert, so dass nur minimale Quantitäten Formaldehyd mit jeder Gasblase in das die Spirogyren enthaltende Glasfläschchen gelangten. Auf diese Weise gelang es, binnen 3 Tagen bei abwechselnd guter und schlechter Beleuchtung eine beträchtliche Anhäufung von Stärke in den zuerst entstärkt gewesenen Spirogyren zu erzielen. Die Zellen machten dabei den Eindruck völliger Gesundheit, der Zellkern zeigte keine Störung, das Chlorophyllband war reich gezackt und von rein grüner Farbe. Mit Jodlösung ergab sich an den Stärkeherden eine beträchtliche Blauschwarzfärbung; die Stärkekörnchen in denselben hatten schon eine ziemliche Größe erreicht. Also können Spirogyren aus freiem Formaldehyd Stärke bilden.

Übrigens konnte ich mich bei weiteren Versuchen davon überzeugen, dass selbst ruhiges Liegen in einer sehr verdünnten Formaldehydlösung, wenn es nur lange genug dauert, doch zu einem reichlichen Stärkeansatz in Spirogyren führt.

Spirogyren, die im Herbst gesammelt worden waren und den Winter über in einem Raume mit 3—10° C. am Fenster in einer sehr verdünnten Mineralsalzlösung verweilt hatten, wurden zunächst durch Zusatz von 0,1 % Calciumnitrat und Dunkellstellen entstärkt, dann zu den Formaldehydversuchen verwendet. In einer Lösung von 0,001 % Formaldehyd + 0,02 % Monokaliumphosphat + 0,01 % Calcium-

nitrat + 0,005 % Magnesiumsulfat setzten die entstärkten Spirogyren binnen 9 Tagen sehr reichlich Stärke an. Mit Jodlösung färbte sich das Plasma so intensiv blauschwarz, dass eine Unterscheidung nicht blauer Stellen häufig nicht mehr möglich war. Bei einem gleichzeitig und unter denselben Bedingungen aufgestellten Kontrollversuch ohne Formaldehyd zeigten sich Hungererscheinungen. Die Spirogyren hatten sich zu parallelen Bündeln vereinigt; unter dem Mikroskop erwiesen sich die Zellen als vollkommen stärkefrei; auch die Jodprobe ließ nirgends Stärke erkennen. Der Gegensatz war also so stark wie nur möglich.

Macht man denselben Versuch bei Lichtzutritt, so ergibt sich, trotzdem nun Kohlensäureassimilation möglich ist, doch ein deutlicher Unterschied zugunsten der Formaldehyd-Algen. Letztere erweisen sich nach 9 Tagen als überreich an Stärke, die des Kontrollversuchs als mäßig stärkeführend.

Die genannten Algen (Spirogyren) geben also, mit 0,001 % Formaldehyd ernährt, einen sehr kräftigen positiven Erfolg; es tritt sehr reichliche Stärkebildung ein (Verf. im Arch. f. d. ges. Physiol. 128, 568).

Die Formaldehydernährung grüner Blütenpflanzen wurde vom Verf. in letzter Zeit noch mittels formaldehydabspaltender Substanzen durchgeführt (Biochem. Zeitschr. 71. Bd., 1915). Es ergab sich, dass Kohl mit Methylallösung begossen fast das doppelte Gewicht von der Kontrollpflanze (ohne Methylal) erreichte.

Erwähnt sei noch, dass bei gleicher Versuchsanstellung mit Methylalkohol an Kohl ein starker positiver Ausschlag erhalten wurde, ebenso an der Feuerbohne.

Kann die Hefe mit Formaldehyd und anderen Aldehyden ernährt werden?

Aldehyde sind meist ungünstig, da sie leicht giftig wirken.

Da aber mit Formaldehyd und mit Formaldehyd abspaltenden Substanzen schon positive Resultate an grünen Pflanzen erhalten wurden (Pflüg. Arch. Bd. 163), so machte ich einige Versuche an Hefe.

In erster Linie interessierte mich der Formaldehyd, weil derselbe bei der Assimilation der Kohlensäure durch grüne Pflanzen wahrscheinlich als Zwischenprodukt gebildet wird, das freilich so rasch verschwindet, dass der Nachweis seiner Anwesenheit nicht gelingt.

Kann die Hefe diesen merkwürdigen Stoff assimilieren?

Es wurden folgende Lösungen hergestellt:

a) Formaldehyd	0,1 g (d. i. 1 pro mille)
Schwefelsaures Ammoniak	0,1 „
Monokaliumphosphat	0,1 „
Magnesiumsulfat	0,05 „
Wasser (destilliert)	100,00 „
Spur Hefe (so dass keine Trübung entstand).	

b) Formaldehyd	0,01 g (d. i. 0,1 pro mille)
Schwefelsaures Ammon	0,1 „
Monokaliumphosphat	0,1 „
Magnesiumsulfat	0,05 „
Wasser (destilliert)	100,00 „
Spur Hefe.	

Bei Versuch a trat keinerlei Vegetation auf.

Bei Versuch b zeigte sich erst nach 6 Wochen ein Pilzräschen auf dem Grunde der Versuchsflüssigkeit, anscheinend aus *Sacharomyces* bestehend, das nach Bildung einiger Sprosszellen in Mycel ausgewachsen war.

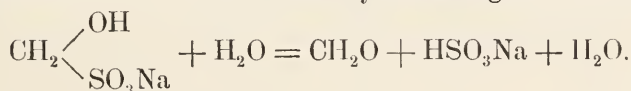
Die Vegetation war so gering, dass sie vielleicht auf flüchtige organische Substanzen, die aus der Luft hineingeraten waren, zurückgeführt werden kann.

Aber selbst wenn sie auf den Formaldehyd zurückzuführen ist, so ist das ein so verschwindender Erfolg, dass man den Formaldehyd jedenfalls zu den schlechtesten Nährstoffen rechnen müsste.

Da der freie Formaldehyd ein solches Pilzgift ist, dass er gegenwärtig in großem Maßstabe als Desinfektionsmittel gebraucht wird, so ist der negative Erfolg vielleicht auf die Giftigkeit zurückzuführen.

Anders aber könnte sich der Ernährungsversuch gestalten, wenn man den Formaldehyd nicht im freien Zustand, sondern in Form einer leicht Formaldehyd abspaltenden Verbindung anwenden würde.

Eine solche ist das formaldehydschweflige saure Natron:



Wie man sieht, wird neben Formaldehyd auch saures schwefligsaures Natron frei, welches den Hefezellen schaden könnte.

Aus diesem Grunde wird bei folgenden Versuchen als Phosphorsäurequelle nicht Monokaliumphosphat, sondern Dikaliumphosphat zugesetzt, welches eine schwach alkalische Reaktion hat und auf saures Salz neutralisierend wirkt.

Ich stellte folgende Lösungen auf (im Dunkeln bei 25° C.):

1. Formaldehydschweflige saures Natron	1,00 g
Dikaliumphosphat	0,2 „
Magnesiumsulfat	0,05 „
Ammoniumsulfat	0,1 „
Spur Hefe (so dass keine Trübung entstand)	
Wasser	100,0 „

Nach 3 Tagen schon war eine beträchtliche Trübung und außerdem Rasenbildung am Grunde zu sehen.

Die mikroskopische Untersuchung lehrte, dass sich stäbchenförmige Spaltpilze und Beggiatoen ähnliche Fäden in großer Menge eingestellt hatten. Keine Hefesprossung war sichtbar; die Hefe hatte sich nicht vermehrt, sondern machte, so weit sie noch vorhanden war, den Eindruck des abgestorbenen Zustandes.

Wahrscheinlich hat die Hefe das formaldehydschweflige saure Natron gespalten und ist durch den freien Formaldehyd getötet worden.

2. Formaldehydschweflige saures Natron	0,5 g
Dikaliumphosphat	0,2 "
Magnesiumsulfat	0,05 "
Ammonsulfat	0,1 "
Wasser	100,0 "
Spur Hefe.	

Auch dieser Versuch endete ohne positiven Erfolg bezüglich der Sprosshefe; sie wuchs in dieser Lösung nicht.

Ebenso waren auch Versuche mit Methylal, einer leicht in Formaldehyd und Methylalkohol zerfallenden Substanz, erfolglos.

Es gelingt mit einem Worte nicht, den Formaldehyd in irgendeiner Form zur Ernährung der Hefe zu verwenden.

Auch mit Äthylaldehyd ($\text{CH}_3 \cdot \text{CHO}$) bekam ich negatives Resultat.

In einer Nährlösung, welche Äthylaldehyd von 0,07 % als einzige Kohlenstoffquelle enthielt, trat nach 8 Tagen Spaltpilztrübung ein.

In einer ähnlichen Lösung mit 0,02 % Äthylaldehyd stellten sich etwas später Schimmelpilze ein, welche als Rasen in der Flüssigkeit schwammen und an der Wand festsäßen.

Bei 0,1 % Äthylaldehydgehalt trat lange keine Pilzvegetation ein. Erst, als die Flüssigkeit durch Oxydation eines beträchtlichen Teiles des Aldehydes zu Essigsäure saure Reaktion angenommen hatte, nach 20 Tagen, stellte sich eine Schimmelpilzvegetation ein, welche bald sehr mächtig wurde.

Auch bei direkter Hefeaussaat stellt sich niemals eine Hefevervegetation ein. Wie vorhin erwähnt, wächst in einer 0,1 %igen Aldehydlösung nicht einmal ein Schimmel- oder Spaltpilz (so lange die Substanz unverändert vorhanden ist), geschweige denn ein Hefepilz.

Paroxybenzaldehyd ($\text{C}_6\text{H}_4\text{OH} \cdot \text{CHO}$, 1,4) erwies sich in 0,1 %iger Auflösung als Kohlenstoffquelle für Schimmel, nicht aber für Hefe. Binnen 3 Wochen war ein mächtiger Schimmelrasen in der Lösung gewachsen.

Für Hefe scheinen sich also Aldehyde nicht als Kohlenstoffquellen zu eignen.

Es ist das jedenfalls zum Teil auf ihre giftige Beschaffenheit zurückzuführen.

Bei den aromatischen Aldehyden kommt hinzu, dass die Hefe offenbar den Benzolkern nicht zu zertrümmern vermag.

Schimmelpilze scheinen dazu eher fähig zu sein.

Denn, wenn auch die Ernährung von Schimmel mit Oxybenzaldehyd nicht unbedingt so gedeutet werden muss, da ja möglicherweise die angehängte Aldehydgruppe allein zur Ernährung dient (nach Abspaltung derselben), so ist doch das Wachsen von Schimmel in Hydrochinon-Lösungen ein Beweis dafür, dass für Schimmel sogar der Benzolkern zur C-Ernährung tauglich gemacht werden kann.

Eine Zertrümmerung desselben muss selbstverständlich eintreten.

Bei giftigen Stoffen ist natürlich stets die Grenze der Giftigkeit festzustellen.

Wenn dieselbe nicht allzu hoch liegt, dann kann man unter Umständen durch Verdünnung des Giftes noch etwas erreichen.

Das ist auch in den obigen Fällen immer geschehen.

Der Formaldehyd erfordert eine sehr starke Verdünnung, um unschädlich zu werden.

Darum bietet er ernährungsphysiologisch so große Schwierigkeiten dar.

Weiterhin wäre nun noch zu beschreiben das Verhalten organischer Säuren als C-Nahrung von Pflanzen.

Doch ist hierüber wenig Neues bekannt geworden.

Im allgemeinen sei zum Schlusse noch hinsichtlich der organischen Ernährung grüner Pflanzen angeführt, dass dieselbe nach den bisher vorliegenden Arbeiten weit mannigfaltiger und verbreiteter ist als man gewöhnlich anzunehmen scheint.

Wir müssen mit einer beträchtlichen organischen Ernährung auch der grünen Pflanzen neben der Kohlensäureassimilation rechnen.

Doch möchte ich dabei nicht versuchen, das bessere Gedeihen der grünen Pflanzen auf gutem Humusboden ausschließlich auf die organische Nahrung dieses Bodens zu schieben, wie man wohl früher tat.

Ebensowenig möchte ich der neuerdings aufgestellten Behauptung zustimmen, dass die gute Wirkung des Humusbodens auf den größeren Kohlensäuregehalt des Humusbodens zurückzuführen sei.

Reizphysiologisches über Vogelzug und Frühgesang.

Von V. Haecker (Halle a./S.).

(Mit 4 Tabellen.)

Seit längerer Zeit habe ich meine Aufmerksamkeit solchen tierischen Lebensäußerungen zugewandt, bei welchen die reflex- und instinktmäßige Grundlage eben im Begriff ist, von psychischen Elementen höherer Ordnung gewissermaßen überdeckt zu werden. Es schien mir damit eine Möglichkeit gegeben, die Beziehungen zwischen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: [36](#)

Autor(en)/Author(s): Bokorny Thomas

Artikel/Article: [Neues ber die Kohlenstoffernährung der Pflanzen. 385-403](#)