

sind, wie die Auseinandersetzungen HABERLANDT's¹⁾ zeigen, in ihrer Wirkung ebenso schwer verständlich, wie die früher in's Auge gefassten Möglichkeiten. Setzt man z. B. an Stelle der von mir näher ausgeführten Radialdruckhypothese die neuere Otolithenhypothese, so hat man eine an verschiedenen Punkten der Plasmahautschicht differente geotropische Sensibilität anzunehmen (HABERLANDT l. c.), und kann in letzter Linie z. B. die Differenz des Verhaltens von plagiotropen Seitenwurzeln oder Seitenästen in gleicher Winkeldistanz oberhalb und unterhalb der horizontalen Lage ebenso wenig ungewungen verstehen, wie durch die Radialdruckhypothese, da in beiden Fällen symmetrische gleiche Veränderungen angenommen werden müssen. Meine Meinung geht dahin, dass es besonders die nähere Kenntniss vom Seitenwurzelgeotropismus sein dürfte, welche uns in der Lösung des so interessanten geotropischen Problems einige Schritte weiter bringen wird.

5. F. Czapek: Zur Kenntniss der Stickstoffversorgung und Eiweissbildung bei *Aspergillus niger*²⁾.

Eingegangen am 25. September 1901.

Die Schimmelpilze, darunter besonders auch *Aspergillus niger*, sind im Hinblick auf ihre Versorgung mit Stickstoff sehr häufig einer eingehenden Untersuchung unterzogen worden, so dass wir wissen, dass eine ausserordentlich grosse Zahl verschiedener organischer und anorganischer Stickstoffverbindungen im Stande ist *Aspergillus* mit Stickstoffnahrung zu versorgen³⁾. Doch liessen sich, wie noch die letzte Zusammenstellung in PFEFFER's⁴⁾ Handbuch lehrt, kaum irgend welche Beziehungen zwischen der chemischen Constitution der dargereichten Stickstoffnahrung und dem Nährwerthe sicher stellen.

1) G. HABERLANDT, Berichte der Deutschen Bot. Ges. Bd. 18, S. 271 (1900).

2) Ausgeführt mit Unterstützung der Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Litteratur in Böhmen.

3) Hauptsächliche Litteratur: C. NÄGELI, Untersuch. über die niederen Pilze, S. 1ff. (1882). J. REINKE, Untersuch. aus dem botan. Institut. zu Göttingen, III, S. 37 (1888). W. PFEFFER, Jahrb. für wissensch. Bot., Bd. 28, S. 206 (1895) und Pflanzenphysiologie, II. Aufl., Bd. 1, S. 398 (1897) und die hier citirte Litteratur. Aus der neuesten Litteratur ist besonders zu nennen: L. LUTZ, Annal. des sc. nat. Bot. (8) 7, S. 1 (1899).

4) W. PFEFFER, Pflanzenphysiologie 1897, I. c.

Immerhin sind, wie PFEFFER besonders hervorhebt, die Pilze geradezu prädestinirt, um uns eine Reihe wichtiger Aufklärungen über den Zusammenhang von Stickstoffnahrung und Eiweissbildung zu verschaffen.

Bei meinen Untersuchungen ging ich zunächst von dem Gedanken aus, die bedentsamen Fortschritte auf dem Gebiete der Eiweisschemie, welche wir vor allem den Schulen W. KÜHNE's, F. HOFMEISTER's und A. KOSSEL's verdanken, für die Ernährungsphysiologie der Pilze mehr nutzbar zu machen, als es bisher geschehen ist. Heute besitzen wir so weit Einblick in den Bau des Eiweissmoleküls, dass wir annehmen können, ein einfach gebauter Eiweissstoff lasse sich zunächst in eine Reihe von einander durchgreifend verschiedener und auch verschieden complicirt gefügter Spaltungsstoffe zerlegen, die wir als Albumosen (die Complexe der Heteroalbumose, Protoalbumose und Deuteroalbumose *Ba*) bezeichnen. Man spricht auch von einer Antigruppe, Hemigruppe und Kohlenhydratgruppe im Eiweissmolekül, den drei genannten Albumosencomplexen correspondirend. Der Complex der Heteroalbumose (Antigruppe) und der Complex der Protalbumose (Hemigruppe) gehen bei weiter schreitender Hydrolyse in eine Reihe von Deuteroalbumosen über, die sich weiter in Peptone spalten. Die Deuteroalbumose *Ba*, der Kohlenhydratcomplex des Eiweissmoleküls, geht direct in ein Pepton über. Die Peptone sind bisher noch sehr wenig bekannte Substanzen, welche unter dem gemeinsamen Merkmal zusammengefasst werden, dass sie nicht mehr aussalzbar sind, aber noch die Biuretreaction geben. Die Endproducte der Eiweisshydrolyse bilden eine Reihe von Aminosäuren und diesen nahestehenden Substanzen. Deuteroalbumose *Ba* liefert viel Glycosamin, welches unter den Spaltungsproducten der Anti- und Hemigruppe ganz fehlt. Die Antigruppe (Heteroalbumose) liefert viel Diaminosäuren, viel Leucin, Glycocoll, Phenylalanin, Cystin. Die Hemigruppe enthält die Hauptmenge der aromatischen Gruppen im Eiweiss, als Tyrosin, Skatolaminoessigsäure, die Tryptophangruppe, aber kein Glycocoll und Leucin: wohl aber Asparagin- und Glutaminsäure. Es giebt auch native Eiweisssubstanzen, welche vorwiegend oder fast ausschliesslich die Antigruppe enthalten, wie der Thierleim, oder die Hemigruppe, wie das Milcheasein dargestellt nach HAMMARSTEN.

Diese Eiweisspaltungsproducte sind als Nährstoffe, wie voraussehen, durchaus nicht physiologisch gleichwerthig. Nach Untersuchungen der jüngsten Zeit aus dem Laboratorium HOFMEISTER's vermag der Säugethierorganismus zwar aus dargereichter Protalbumose Eiweiss zu restituiren, nicht aber aus Heteroalbumose. Voraussichtlich werden auch die verschiedenen Peptone für die Ernährung der höheren Thiere sich sehr ungleichwerthig erweisen. Es dürfte ferner Organismen geben, welche wohl sämmtliche rein dargestellten

Albumosen zu Eiweiss restituiren können, die aber nicht im Stande sind alle Peptone zu Eiweiss zu condensiren.

So weit meine Erfahrungen reichen, verarbeitet *Aspergillus niger* sowohl „Antistoffe“ wie Heteroalbumose, thierischen Leim, als „Hemistoffe“, wie Protalbumose; Milcheasein (peptonisirt) mit gleicher Leichtigkeit zu completem Eiweiss; auch bezüglich der Peptone liess sich bisher keine Differenz sicherstellen, soweit sich überhaupt heute mit getrennten Peptonen arbeiten lässt. Weitere Erforschung dieses überaus anziehenden Gebietes wird voraussichtlich, besonders auf thierphysiologischem Territorium, sehr wichtige Thatsachen zu Tage fördern.

Aspergillus niger ist, soweit meine jetzigen Erfahrungen reichen, gleich gut befähigt zur Stickstoffversorgung mit sämtlichen untersuchten Albumosen und Peptonen.

Es giebt nun gewiss auch auf pflanzlichem Gebiete Organismen, welche sich von Peptonen und Albumosen ausgezeichnet mit Stickstoff versorgen lassen, von den weiteren Spaltungsproducten des Eiweiss, den verschiedenen Aminosäuren hingegen nur viel schlechter oder gar nicht. (BEYERINCK's Peptonorganismen¹). Hierher zählt eine Reihe von Bacterien und wahrscheinlich auch manche Pilze. *Aspergillus niger* verarbeitet aber älteren und neueren Feststellungen zufolge auch alle Endproducte der Eiweisshydrolyse sehr erfolgreich zu Eiweiss, kann also aus Aminosäuren Peptone synthetisiren, aus diesen Albumosen aufbauen und diese weiter zu Eiweiss condensiren.

Es entsteht aber weiter die Frage: Wenn schon *Aspergillus niger* aus Aminosäuren Pepton synthetisiren kann, vermag dieser Pilz auch darüber hinauszugehen und Aminosäuren aus andersartigem Stickstoffnahrungsmaterial zu construiren? Die vorliegenden Thatsachen bestätigen wirklich, dass *Aspergillus* auch zur Synthese von Aminosäuren befähigt sein muss, weil er aus anorganischen und organischen Ammoniaksalzen, aus Kaliumnitrat, aus Säureamiden, wie Acetamid, aus Säurenitrilen, wie Mandelsäurenitril, ferner auch aus verschiedenen Alkylaminen (Methylamin, Pentamethylendiamin u. a.) sich ernähren lässt (günstige Kohlenstoffquellen vorausgesetzt), somit aus allen diesen Stoffen Eiweiss aufbaut. Die Aminosäuresynthese muss aber nach unseren heutigen biochemischen Erfahrungen als nothwendige Zwischenstufe zur Eiweissbildung betrachtet werden, sobald sich ein Organismus von Ammoniak-N, Nitril-N, Nitrat-N ernähren kann.

Alle Pepton- und Amidorganismen im Sinne BEYERINCK's sind jedoch unter natürlichen Verhältnissen Parasiten oder Saprophyten.

1) BEYERINCK, Botan. Ztg., 1890, S. 731, Anmerkung: ferner PFEFFER, Pflanzenphysiologie 1897, Bd. I. S. 395.

denen wesentlich Eiweisspaltungsproducte verschiedener Zusammensetzung als Stickstoffquelle dienen. Sie dürfen also als Organismen angesehen werden, welche einer Ernährung mit Eiweisspaltungsproducten mehr oder weniger streng angepasst sind. Solche Organismen sind auch die saprophytisch lebenden Schimmelpilze.

Diese Erwägungen, im Vereine mit theoretisch biochemischen Ueberlegungen, führten mich dazu, zu untersuchen, in wie weit es für *Aspergillus niger* thatsächlich gleichgültig ist, ob er zur Stickstoffnahrung die als ausgezeichnete Nährstoffe bekannten Aminosäuren erhält, oder andere nährnde Stickstoffverbindungen, und ob die Aminosäuren für *Aspergillus* eine hervorragende Bedeutung haben.

Solche Untersuchungen müssen quantitativ angestellt sein, was ja bei dem rasch wachsenden *Aspergillus* mit seinen hohen Erntegewichten leicht erreicht werden kann, und die Methodik muss bestrebt sein, wirklich streng vergleichbare Versuche in grösserer Anzahl zu ermöglichen. Auf die Erörterung der angewendeten Methoden gehe ich hier, in dieser vorläufigen Mittheilung, nicht näher ein, indem sie in der im Erscheinen begriffenen Reihe meiner „Untersuchungen über Stickstoffnahrung etc.“ in HOFMEISTER'S Beiträgen, Bd. I. ausführlich gegeben wird. Hier sei nur erwähnt, dass sich bei exactem Arbeiten zwischen gleichartigen Versuchen nur Differenzen finden, die häufig bis an die Fehlergrenze chemisch analytischer Arbeiten herabreichen, und es thatsächlich möglich ist, quantitative Differenzen bei verschiedener Stickstoffnahrung als Kriterium für die Tauglichkeit der dargereichten Substanz hinzunehmen. Es wurde ferner eruirt, dass bei annähernd normalem Wachstum des Pilzes das Verhältniss Trockenentgewicht : Gesamt-N, ferner das Verhältniss Gesamt-N : Proteïn-N ein constantes ist, so dass wir aus den Trockensubstanzzahlen einen directen Rückschluss auf die Menge des Gesamt-N und Proteïn-N ziehen können. Da wir durch die Arbeiten des Strassburger physiologisch-chemischen Institutes in den Stand gesetzt sind, den Eiweiss-N in seinen verschiedenen Bindungsformen (Amid-N, Diamino-N, Monamino-N) quantitativ zu bestimmen, so unternahm ich es auch diese Bestimmungen für *Aspergillus niger* unter verschiedener Stickstoffernährung vorzunehmen. Das Resultat war, dass sich die Zahlen für die drei N-Gruppen des Eiweiss in ihrem Verhältnisse zu einander nicht ändern. Die Gesamtproteïnzahl giebt uns somit auch an, wieviel N in Form der genannten drei Bindungen in dem Pilzgewichte enthalten ist. Damit hängt es zusammen, dass die Trockengewichtszahl nicht nur ein Mass für die Eiweiss-synthese (Gesamtproteïn) darstellt, sondern auch ein Mass für die Quantität der gebildeten Aminosäuren, falls wir eine Ernährung mit nicht-aminosäurehaltiger N-Substanz durchführen.

Als erstes Resultat dieser Untersuchungen stellte es sich heraus,

dass für *Aspergillus* trotz seiner Befähigung zur Synthese von Aminosäuren, fertige Aminosäuren weitaus die beste Stickstoffnahrung darstellen. Er erweist sich durch rasches Wachstum und schöne Entwicklung ungemein dankbar, wenn man ihm die Arbeit der Synthese von Aminosäuren erspart. Hingegen ist es für *Aspergillus* fast gleichgültig, welche Aminosäure man ihm darreicht

Er gedeiht auf Aminoessigsäure, Aminopropionsäure, Aminobuttersäure, Aminovaleriansäure, Aminocaprinsäure (unter Zuckerzufuhr) gleich ausgezeichnet, und vermag augenscheinlich aus irgend einer dargereichten Aminosäure gleich gut Pepton aufzubauen, wie ein Peptonorganismus aus beliebigen Peptonen und Albumosen Eiweiss construirt. Die Hauptschwierigkeit bei der Versorgung mit N liegt bei *Aspergillus* offenbar in der Synthese von Aminosäuren, d. h. in der Construction der Gruppe CH_2NH_2 mit schwerabspaltbarem N.

Diese Bevorzugung des Aminosäurenstickstoffs durch *Aspergillus* tritt prägnant hervor, wenn man die verschiedenen stickstoffhaltigen Derivate der Fettsäuren hinsichtlich ihrer Nährwirkung in sonst genau gleichen Versuchen mit einander vergleicht. In 50 ccm Nährlösung, welche 3 pCt. Rohrzucker und 1 pCt. der Stickstoffnahrung enthielt, bildete *Aspergillus* in dreiwöchentlicher Cultur bei 28° C. folgende Trockensubstanzmengen.

1. Die grössten Erntegewichtszahlen bildet er auf den Aminosäuren (500 bis über 600 mg) ohne Bevorzugung einer oder der anderen Aminosäure. Auch Diaminopropionsäure als Repräsentant der Diaminosäuren war in gleicher Weise günstig. Als Amid der Aminoameisensäure oder Carbaminsäure gehört auch Harnstoff hierher, der aber um die Hälfte schwächer wirkt als die übrigen Aminosäuren. Urethan oder Carbaminsäure-Aethylester wirkt gleich gut, wie Harnstoff.

2. Den Aminosäuren an Wirksamkeit zunächst stehend sind die Ammoniumsalze der Oxyfettsäuren, welche, wie das milchsäure und das oxybuttersäure Ammon. fast ebenso gut sind wie die Aminosäuren.

3. Bedeutend weniger wirksam sind die Säureamide, von welchen die Glieder mit höherem Kohlenstoffgehalt vom Butyramid angefangen, nicht mehr im Stande sind, *Aspergillus* mit N zu versorgen. Der einzige gute Nährstoff aus dieser Gruppe ist das Acetamid, welches in seiner einfachen Structur: $\text{CO} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$ dem Harnstoff, d. h. den einfachsten Aminosäuren noch nahesteht. Man kann auch die gutnährende Carbaminsäure $\text{CO} \begin{matrix} \text{OH} \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$ als Mittelding zwischen Säureamid und Aminosäure betrachten.

4. Die Säurenitrile nähren sämmtlich sehr schwach oder gar nicht. Das beste Nitril, Acetonitril, ergab nur bis 35 mg Pilzernte.

5. Die schlechtesten N-Quellen sind die Ammonsalze der Fettsäuren selbst.

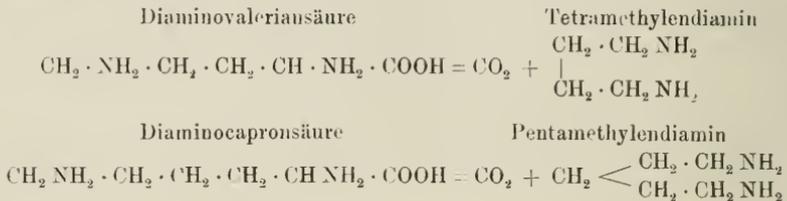
Bei den zweibasigen Säuren, Bernsteinsäure und Glutarsäure, sind ebenfalls die Aminosäuren und die Oxysäuren (in Form der NH_4 -Salze) die besten N-Quellen; daran reißen sich aber hier sofort die einfachen Dicarbonsäure-Ammoniumsalze (Ammon-Succinat und Glutarat); bedeutend schlechter sind die schwer löslichen Säureamide, unbrauchbar erwies sich das Bernsteinsäurenitril.

Damit war die Bedeutung der Ernährung von *Aspergillus niger* mit Aminosäuren für die Eiweissynthese durch diesen Schimmelpilz erwiesen. Schreiben wir aber den Aminosäuren eine so hervorragende Rolle als Zwischenproducte bei der Eiweissynthese zu, so können wir auch noch weiter gehen und sagen, dass von den nicht Aminosäure-N enthaltenden Substanzen gerade diejenigen voraussichtlich die beste Stickstoffnahrung darstellen dürften, welche leicht durch irgend welche Umsetzungen Aminosäuren, d. h. Stickstoff in der Bindung CH.NH_2 liefern können. Da *Aspergillus* zur Synthese von Aminosäuren relativ gut befähigt ist, so lassen sich auch diese interessanten, auf das bisher noch gänzlich unbekante Gebiet der Synthese von Aminosäuren in der Pflanze bezüglichen Fragen bei diesem Schimmelpilz experimentell studiren.

Schon in den oben angeführten Versuchsergebnissen ist die gute Wirkung der oxyfettsauren Ammonsalze gegenüber der minimalen Nährkraft der einfachen Fettsäureammoniumsalze hervorgehoben worden. Ammonglycolat ist weitaus besser als Ammonacetat; Ammonoxypropionat oder Lactat ist weitaus besser als Propionamid, Propionitril und Ammoniumpropionat u. s. f.

Treffliche Nährstoffe für *Aspergillus niger* findet man ferner in den Alkylaminen und Alkyldiaminen (unter gleichzeitiger Zuckerdarreichung), wie die Untersuchungen von NÄGELI, PASTEUR, L. LUTZ und meine eigenen Beobachtungen gezeigt haben. Gerade die Gruppe der Amine ist wohl dazu geeignet, um die hier aufgestellte Meinung, dass der Eiweissynthese eine Aminosäuresynthese aus der dargeleiteten Stickstoffnahrung vorausgehe, zu begründen. Alle aliphatischen Monamine (Methyl-, Aethyl-, Propylamin etc.) mit niedrigerem C-Gehalt bis zum Heptylamin sind gute Stickstoffquellen. Die zwei- und dreifach methylirten Amine, sowie die Tetraalkylammoniumbasen stehen an Nährwerth nach. Auch die Salze des Phenylamin oder Anilin sind nach meinen Erfahrungen keineswegs schlechte N-Quellen (bis 150 g Erntegewicht). Noch bessere Nährstoffe sind zum Theil die Diamine: Aethylendiamin, Tri-, Tetra- und Pentamethylendiamin

in Form ihrer salzsauren Salze. Die Amine stehen nun in nahem Zusammenhang mit den Aminosäuren, wie auch auf physiologischem Gebiete durch ELLINGER's¹⁾ Beobachtungen erwiesen wurde, der zeigte, dass Bacterien dargereicherte Diaminocaprinsäure (Lysin) und Ornithin oder Diaminovaleriansäure verarbeiten unter Bildung von Pentamethyldiamin resp. Tetramethyldiamin unter Kohlensäureabspaltung:



Es liegt nahe, anzunehmen, dass bei der erfolgreichen Verarbeitung der Diamine durch *Aspergillus* die Synthese von Diaminosäuren als umgekehrter Process unter Kohlensäureaufnahme unterläuft. Alle Amine und Diamine können in dieser Weise in Aminosäuren übergehen. So giebt Trimethyldiamin Diaminobuttersäure, Aethyldiamin Diaminopropionsäure. Aus den Alkylaminen gehen analog Monaminosäuren hervor. Methylamin giebt Glykokoll, Aethylamin Alanin etc.

Auch für secundäre und tertiäre Amine dürften solche Uebergänge möglich sein, weungleich schwieriger; wahrscheinlich sind sie deswegen schlechtere Stickstoffquellen.

Uebrigens beeinträchtigt auch bei den einfachen Aminosäuren Alkylierung öfters etwas die Nährwirkung. So ist Methylglykokoll oder Sarkosin schlechter als Glykokoll.

Scheint es also bei Alkylaminen und Alkyldiaminen relativ leicht, die Aminosäuresynthese als Vorläuferin der Eiweissynthese bei *Aspergillus* sich chemisch verständlicher zu machen, so begegnen wir bei der Ernährung mit Ammoniakstickstoff, welche bei *Aspergillus* vielfach erfolgreich bewerkstelligt werden kann, schon viel grösseren Schwierigkeiten. Gehen wir die Reihen der organischen Ammoniaksalze hinsichtlich ihrer Nährwirkung durch, so können wir, wie ich durch zahlreiche Versuche gefunden habe, die Ergebnisse etwa in folgenden Sätzen ausdrücken

1. Sehr gute Nährwirkung entfalten die Ammonsalze der Oxyparaffinmono-Carbonsäuren (Glycolsäure, Milchsäure, Oxybuttersäure etc.); sehr schlecht wirken die Ammonsalze der Essigsäurereihe selbst, ohne Ausnahme, wie jene der Oelsäurereihe.

1) A. ELLINGER, Berichte der chem. Gesellsch. Bd. 31, III, S. 3183 (1898) und Bd. 32, III, S. 3542 (1899). — Zeitschr. für physiol. Chemie. Bd. 29, S. 334 (1900).

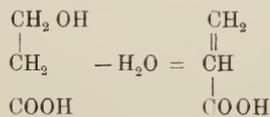
2. Sehr wirksam sind die Ammonsalze der Oxalsäurereihe (Oxalsäure, Malonsäure, Bernsteinsäure etc.), ferner die Ammonsalze der hiervon ableitbaren Oxy- und Dioxysäuren.

3. Gute N-Quellen sind endlich die Ammonsalze zahlreicher anderer hydroxylierter Säuren: Dioxymono-Carbonsäuren (Glycerinsäure), Oxytricarbonsäuren (Citronensäure). Auch Ketonsäuren, wie Brenztraubensäure, Lävulinsäure, haben gut nährnde Ammonsalze.

Bei allen diesen Versuchen ist Versorgung des Pilzes mit Zucker vorausgesetzt, so dass das Ammonsalz nur die N-Nahrung zu verschaffen braucht. Trotzdem sind nicht alle organischen Ammonsalze, wie man sieht, wirksam.

Hierbei spielen wohl verschiedene Umstände eine Rolle. Wir haben als wirksamen Nährstoff natürlich in allen Fällen die freien NH_4 -Ionen anzunehmen, welche als Material zur Synthese der Aminosäuren dienen. A priori dürfen wir auch erwarten, dass alle stark dissociirten Ammonsalze, deren Anionen oder Säurereste genügend rasch im Stoffwechsel verarbeitet werden und nicht mit ihrer Anhäufung durch Erzeugung einer schädlichen Menge von freien H-Ionen (d. h. durch Säurewirkung) oder auf andere Weise eine Noxe entfalten, gute Nährstoffe sein dürften. So wird es verständlich, dass die schwach dissociirten NH_4 -Salze der Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure etc. schlechter wirken als die stark dissociirten NH_4 -Salze der entsprechenden Oxyssäuren: Glykolsäure, Milchsäure, Oxybuttersäuren etc., und die stark dissociirten NH_4 -Salze der Dicarbonsäuren.

Zugleich trat aber allgemein in meinen Versuchen eine Begünstigung der Wirkung durch Hydroxylierung ein. Dies ist chemisch nicht unbegründet, weil die Oxyssäuren als Alkoholsäuren viel reaktionsfähigere Stoffe sind als die nicht hydroxylierten Säuren. So gehen die Oxyssäuren unter Wasserabspaltung über in ungesättigte Säuren, z. B. β -Oxypropionsäure in Acrylsäure:



Da aus ungesättigten Säuren durch Anlagerung von Ammoniak Aminosäuren hervorgehen, so könnte man sich in dieser Weise auch die Aminosäuresynthese bei Darreichung von Oxyssäuren verständlich zu machen suchen, was noch experimentell zu prüfen bleibt. Andererseits kann man zwischen Oxymonocarbonsäuren und Dicarbonsäuren einen Zusammenhang finden, indem letztere aus ersteren durch Oxydation hervorgehen, z. B. Oxalsäure aus Glykolsäure, und umgekehrt durch Reduction Oxyssäuren aus Dicarbonsäuren entstehen können.

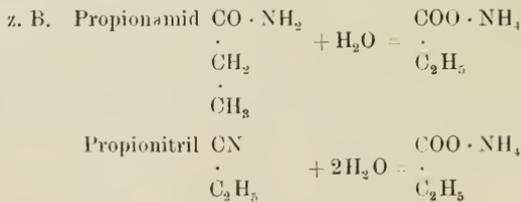
In alle diese Verhältnisse spielen aber die bis heute noch gänz-

lich unbekanntem Umsetzungen von ein- und zweibasischen Fettsäuren, Oxysäuren, ungesättigten Säuren und schliesslich der Zuckerarten so hinein, dass sich noch keine bestimmten biochemischen Vorstellungen über diese Prozesse bilden lassen.

Auch bei der Verwendung anorganischer Ammoniumsalze ist die Natur des Anions von grosser Bedeutung. Dies wird dadurch illustriert, dass das Ammoniumnitrat, Ammoniumphosphat, Ammoniumsulfat (in absteigender Folge) wegen ihrer im Stoffwechsel mehr weniger stark konsumierten Anionen (NO_3 , PO_4 , SO_4) viel bessere N-Quellen sind als das Chlorammonium, bei dem offenbar die in grösserer Menge unverbraucht zurückbleibenden Anionen eine Beeinträchtigung des Pilzwachstums bewirken. Wie sich hier die Synthese der Aminosäuren vollzieht, aus den Rohmaterialien Ammoniak und Zucker, ist noch gänzlich unbekannt.

Aus dem sehr schlechten Erfolge, welchen die Darreichung von Säureamiden und Säurenitrilen als Stickstoffquelle im Allgemeinen hat, darf man schliessen, dass die Synthese von Aminosäuren aus Säureamiden oder Nitrilen bei *Aspergillus* grosse Schwierigkeiten zu überwinden hat. Ganz unmöglich ist sie aber nicht, wie das mässig gute Wachstum von *Aspergillus niger* auf Propionamid, Acetonitril, Phenyl-Glykolsäurenitril u. a. derartigen Stoffen zeigt.

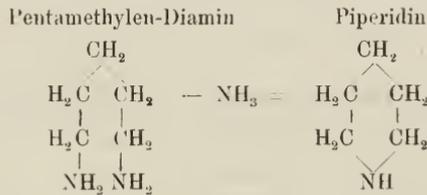
Vom rein chemischem Standpunkt aus wäre vielleicht die Frage aufzuwerfen, ob nicht bei der Verarbeitung von Säureamiden oder Nitrilen unter Wasseraufnahme zuvor Ammonium-Fettsäuresalze formirt werden und erst der NH_4 -Stickstoff zur Verarbeitung kommt:



Diese Möglichkeit ist aber nach meinen experimentellen Erfahrungen zu verneinen, da es vorkommt, dass das Säureamid ein besserer Nährstoff ist als das entsprechende Ammoniumsalz (z. B. Propionamid besser als Ammoniumpropionat), und andererseits das Nitril wieder viel schlechter wirkt als das zugehörige Amid, z. B. Propionitril so gut wie gar nicht nährt im Gegensatze zum mässig gut nährenden Propionamid.

Ich möchte auch noch darauf aufmerksam machen, dass *Aspergillus niger* in einem gewissen Grade befähigt ist, auch die ringförmige Bindung in cyclischen Imiden zu lösen und seine N-Nahrung aus Substanzen wie Piperidin oder Pyridin zu gewinnen. Allerdings ist das Wachstum hier nur sehr schwach, so dass man annehmen muss,

dass sich diese Ringsprengung nur schwierig vollzieht. Das Piperidin und Pyridin sind übrigens mit Diaminen in Zusammenhang zu bringen, indem man das Piperidin als cyclisches Imid des Pentamethylen-diamins auffassen kann:



und das Piperidin als Hexahydropyridin zu betrachten ist, welches durch Oxydation Pyridin liefert.

Zu vermuthen ist, dass auch das mit dem Tetramethylen-Diamin zusammenhängende Pyrrolidin oder Tetrahydropyrrol wie das Pyrrol selbst von *Aspergillus* gesprengt werden kann. Eine gute Stickstoff-nahrung geben aber gewiss alle diese Stoffe, wie auch die vielen hiervon ableitbaren Pflanzenalkaloide, wegen der Schwierigkeit der Ringsprengung, gewiss nicht ab. Ein Zusammenhang mit Aminen und Aminosäuren ist aber bei diesen Substanzen in physiologischer Hinsicht wohl zu beachten, und vieles deutet darauf hin, dass die Pyridinderivate im Pflanzenorganismus schliesslich aus Diaminen, die bei der Eiweiss-spaltung secundär entstehen, oder im Zusammenhang mit der Eiweiss-synthese intermediär auftreten könnten, hervorgehen.

Gänzlich dunkel sind endlich die Prozesse, welche bei der Assimilation von Nitrats-tickstoff unterlaufen, und welche bei der Fixirung von elementarem Stickstoff eine Rolle spielen. Kaliumnitrat ist übrigens für *Aspergillus niger* nur eine mässig gute Stickstoffquelle; ich erhielt nur bis 160 mg Erntegewicht auf KNO_3 gegen 500—600 mg Ernte bei Ernährung mit Aminosäuren.

Da *Aspergillus* freien Stickstoff nicht fixirt, so lassen sich die einschlägigen Fragen über die Vorgänge bei der Assimilation elementaren Stickstoffes leider an unserem so günstigen Material nicht beantworten.

Die Fortsetzung meiner Studien wird lehren, in wie weit wir berechtigt sind, die von mir aufgestellte und nach den bisherigen biochemischen Erfahrungen plausible Meinung, dass der Eiweiss-synthese eine Synthese von Aminosäuren vorausgehen muss, festzuhalten, und welche Fortschritte in ernährungsphysiologischer Hinsicht von einer solchen Auffassung zu erwarten sind.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: [19](#)

Autor(en)/Author(s): Czapek Friedrich

Artikel/Article: [Zur Kenntniss der Stickstoffversorgung und Eiweissbildung bei Aspergillus niger 1130-1139](#)