

## Kann Hexamethylentetramin als Stickstoffquelle für pflanzliche Organismen verwendet werden?

(Aus der biochem. Abteilung des bot. Instituts München.)

Von E. Tereg.

Die vorstehende Frage ist von größerem Interesse, als es dem Uneingeweihten scheinen möchte; und zwar aus folgendem Grunde: Es ist Tatsache, daß bei der Lagerung des Stallmistes ein ganz bedeutender Stickstoffverlust stattfindet, denn das durch Fäulnisvorgänge erzeugte kohlen saure Ammoniak verflüchtigt sich zum Teil als solches, zum Teil wird der Stickstoff dieses Ammoniaks an der Oberfläche nitrifiziert, worauf eine Denitrifikation erfolgen kann unter Entwicklung von freiem Stickstoff. Letztere tritt besonders dann ein, wenn durch Regen der oberflächlich gebildete Salpeter in das Innere der Haufen hineingewaschen wird. Der Verlust von gebundenem Stickstoff nach Umwandlung in diese beiden Formen ist außerordentlich groß und soll nach Soxhlet für Bayern allein 66 Millionen Mark jährlich betragen. Es wurden schon verschiedene Vorschläge gemacht, die übliche Stallmistbehandlung durch eine rationellere zu ersetzen, einerseits durch Überdachung und Verhinderung des Zutritts von Regen, andererseits durch Aufstreuen von Superphosphat zur Bindung des sonst sich verflüchtigen Ammoniaks, oder durch Zugabe von Gips, um das flüchtige kohlen saure Ammoniak in nichtflüchtiges schwefelsaures Ammoniak umzusetzen. Allein viele Landwirte stoßen sich noch immer am Kostenpunkt.

In neuester Zeit nun hat Rippert<sup>1)</sup> verdünnten Formaldehyd zur Bildung des aus Jauche und Stallmist sich verflüchtigen Ammoniaks verwandt. Er beobachtete, daß gärender Rinderharn dabei sofort seinen Ammoniakgeruch verlor und die weitere Gärung gehemmt wurde, als 10% käufliches Formalin (entsprach ca. 3½% Formaldehyd) zugesetzt wurde. Weitere Versuche zeigten, daß schon 2%iges Formalin (ca. 0,7% reiner Formaldehyd) hinreichten, die Harngärung zu sistieren. Die Kosten der Konservierung von einem Hektoliter Jauche berechnet Rippert auf 2—3 Mark. Von dieser Mischung

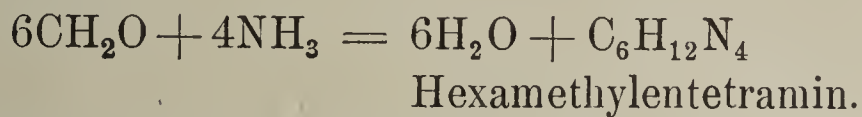
---

1) Flugbl. d. Deutsch. Landwirtschaftl. Gesellsch., No. 41, 1916, pag. 794/99.



wurden je 100 ccm zu Gefäßdüngung verwendet und es ergab sich ein sehr günstiges Resultat mit weißem Senf als Kulturpflanze. Der Formaldehyd scheint also bei jenem Versuch völlig von Ammoniak gebunden worden zu sein, denn sonst hätten sich wahrscheinlich die Giftwirkungen des Formaldehyds gezeigt.

Es erhob sich nun die Frage, ob in diesen Versuchen wirklich die Verbindung von Formaldehyd mit Ammoniak als Stickstoffquelle gedient hat, oder ob noch vorhandener, unveränderter Harnstoff und andere Stickstoffsubstanzen von den Pflanzen verwendet wurden. Diese Frage ist sehr berechtigt, weil Formaldehyd mit Ammoniak ein ziemlich resistentes Produkt liefert, das keineswegs leicht seinen Stickstoff abspalten läßt; nämlich das Hexamethylentetramin, das nach folgender Gleichung gebildet wird:



Dieses Produkt hat den Charakter einer schwachen Base und wird bei gewöhnlicher Temperatur von verdünnten Alkalien und Säuren keineswegs angegriffen. Beim Kochen mit Schwefelsäure spaltet es unter Wasseraufnahme sich wieder in seine ursprünglichen Bestandteile. Nessler's Reagenz gibt mit der Base einen schwach gelblich gefärbten Niederschlag. Merkurinitrat (Millon's Reagens) liefert selbst bei beträchtlicher Verdünnung des Hexamethylentetramins einen weißen Niederschlag, dgl. Phosphorwolframsäure und ebenso Silbernitrat, während Kupferazetat und Bleiessig keinen Niederschlag bewirken.

Es ist nun von Interesse zu beobachten, daß, während Formaldehyd selbst in der Verdünnung von 1:20,000 noch Giftwirkung auf niedere Organismen ausüben kann, eine Lösung von 1‰ Hexamethylentetramin selbst nach 4 Wochen nicht im mindesten schädlich auf Algen (*Spirogyra*, *Cladophora*, *Mougeotia*, *Mesocarpus*, Diatomeen) und Infusorien wirkt. Daraus geht hervor, daß, falls diese Zellen das Hexamethylentetramin als Nährstoff verwenden können, die Spaltung des Körpers entweder sehr langsam vor sich geht, oder eine weitere Verwendung der einzelnen Bestandteile Formaldehyd und Ammoniak sofort bei der Spaltung eintritt. Man kann sich denken, daß das Ammoniak sofort zur Eiweißbildung verwendet wird, während der Formaldehyd zu Zucker bzw. Stärkemehl kondensiert wird.

Vor allem aber ergab sich die Frage, wie sich das Hexamethylentetramin im Boden verhalten würde, denn ob die Bodenbakterien es leicht spalten und Stickstoff als Ammoniak freimachen würden, war keineswegs a priori anzunehmen. Um über diese Frage Aufschluß zu



erhalten, wurden 20 g Gartenerde mit 50 ccm einer 0,2%igen Lösung von Hexamethylentetramin übergossen und sich selbst überlassen. Nach 10 Tagen hatte eine ziemlich kräftige Ammoniakbildung stattgefunden, wie durch Nessler's Reagens festgestellt werden konnte. Diese nahm in der Folge bis zu einem gewissen Grade zu, worauf ein Stillstand eintrat. Deshalb ließ sich vermuten, daß neben der Ammoniakbildung eine Nitrifikation einherging, was sich auch bestätigt hat. Das Reagens von Griess auf salpetrige Säure lieferte nicht nur eine rote Färbung, sondern einen recht erheblichen roten Niederschlag in einer abfiltrierten Probe jener Mischung. Jodkaliumstärkekleister gab in der angesäuerten Probe des Bodenfiltrats eine intensive Nitritreaktion. Diphenylaminschwefelsäure bewirkte mit einem Tropfen des Filtrats eine sehr intensive Blaufärbung. Letztere Reaktion wird aber sowohl von salpetriger als von Salpetersäure erzeugt. Ein Kontrollversuch ergab, daß nur Nitrit, kein Nitrat vorhanden war.

Allmählich machte sich in der ursprünglichen Lösung eine Gasentwicklung bemerkbar, die bei Bewegung des Gefäßes besonders stark hervortrat. Wie sich zweifellos ergab, enthielt das Gas Kohlensäure, denn ein durch Kalilauge von seinem Kohlensäuregehalt befreiter Luftstrom erzeugte nach dem Passieren der Mischung in Kalkwasser eine deutliche Trübung.

Somit folgt aus diesen Beobachtungen, daß das Hexamethylentetramin im Boden leicht einer Oxydation seines Kohlenstoffgehaltes unterliegt, wobei der Stickstoff jener Base als Ammoniak frei wird, das dann einer Nitrifikation unterliegt. Dieser Zersetzungs Vorgang läßt sich durch diese Gleichung veranschaulichen:



Eine solche Oxydation dürfte auch an der Oberfläche von mit Formaldehyd behandelter Jauche und von Stallmist stattfinden, worauf in landwirtschaftlichen Betrieben zu achten wäre. Die weitere Beobachtung ergab, daß die Nitrifikation von einer allmählich zunehmenden Denitrifikation begleitet wurde, denn die Reaktion auf salpetrige Säure verschwand allmählich wieder; gleichzeitig hatte sich eine ziemlich bedeutende Gasentwicklung von freiem Stickstoff eingestellt. Diese Denitrifikation findet aber bekanntlich nur dann in ausgedehntem Maße im freien Lande statt, wenn der Wassergehalt des Bodens sehr bedeutend ist. Nach achtwöchentlichem Stehen der Mischung ergab die Reaktion mit Phosphorwolframsäure, daß noch ein Teil Hexamethylentetramin in der Lösung vorhanden war. Nun wurde die abfiltrierte Lösung mit dem gleichen Volumen Wasser verdünnt und 20 g frischer Boden zu-



gesetzt, jedoch war nach achttägigem Stehen keine weitere Veränderung wahrzunehmen. Diese Sistierung der Tätigkeit der Bodenbakterien gibt der Vermutung Raum, daß ein kleiner Anteil des Hexamethylentetramin durch gewisse Mikroben eine Spaltung in Formaldehyd und Ammoniak erfuhr und daß den Spuren gebildeten Formaldehyds jene Erscheinung zuzuschreiben war. In freiem Ackerboden würde jedoch diese Erscheinung sich nicht bemerkbar machen, weil der Boden so ausgiebig durchlüftet ist, daß Spuren abgespalteten Formaldehyds alsbald wieder oxydiert würden. In der Tat ergab ein Versuch mit *Linum usitatissimum* in Sandboden mit 0,26 ‰ Hexamethylentetramin, daß die Pflanzen sich durchaus normal bis zu Blüte und Frucht entwickelten.

Die Frage, ob Hexamethylentetramin von niederen Pilzen als Kohlenstoff- und Stickstoffquelle zugleich benutzt werden könnte, hatte ein negatives Resultat. Bei einem Versuch mit *Bacillus subtilis*, *Micrococcus acidi lactici* und *Penicillium glaucum* dagegen ergab sich ein lebhaftes Wachstum, wenn außer 0,07 ‰ igem Hexamethylentetramin noch 0,2 ‰ Natriumazetat in der Nährlösung vorhanden war. In diesem Falle also müßte das Hexamethylentetramin oxydiert worden sein, wobei der Stickstoff als Ammoniak verwendet wurde. Eine schädigende Wirkung, welche auf etwaige Abspaltung von Formaldehyd aus Hexamethylentetramin zu deuten gewesen wäre, wurde hier nicht beobachtet. Als Natriumazetat durch Methylalkohol ersetzt wurde, war das Ergebnis weit weniger günstig.

Um zu beobachten, ob Hexamethylentetramin eine bessere Stickstoffquelle für Schimmelpilze abgibt, als Ammoniak es ist, wurde folgende Lösung angesetzt: I. 0,5 ‰ Glycerin, 0,07 ‰ Hexamethylentetramin, 0,2 ‰ Monokaliumphosphat, 0,05 ‰ Dikaliumphosphat, 0,02 ‰ Magnesiumsulfat und eine Spur Eisenvitriol. Die Kontrollflasche II enthielt die dem Hexamethylentetramin äquivalente Menge Ammoniumnitrat. Beide Lösungen (je 250 ccm) wurden mit *Penicillium* sporen geimpft. Nach 3 Wochen ergab sich bei Hexamethylentetramin eine weit üppigere Entwicklung der Pilzdecke als auf der Kontrollösung und nach dem Abfiltrieren, Waschen und Trocknen der Pilzernte zeigte sich ein nicht unbedeutender Unterschied: Bei Lösung I betrug das Pilzgewicht 0,41 Gramm, bei Lösung II nur 0,18 Gramm.

Auch ein Versuch mit einem Moose, *Polytrichum*, wurde ausgeführt, wozu folgende Nährlösung diente: 0,01 ‰ Magnesiumsulfat, 0,02 ‰ Monokaliumphosphat, 0,02 ‰ Dikaliumphosphat, 0,01 ‰ Kalziumsulfat und Spuren von Eisensulfat. Es wurden je sechs Pflanzen in engen Glaszylindern kultiviert, derart daß die Pflanzen möglichst nahe der

Oberfläche blieben. Nach 3 Wochen ergab sich: In der Nährlösung, die 0,07% Hexamethylentetramin enthielt, ein Wachstum von 0,5, 0,5, 0,6, 0,8, 0,9, und 1 cm, in der mit der äquivalenten Menge Ammoniumnitrat beschickten Lösung 0,2, 0,25, 0,4, 0,5, 0,5, 0,6 cm. Durchschnittlich betrug also das Wachstum in Lösung I 0,71, in Lösung II 0,43 cm. Es war also auch hier das Hexamethylentetramin eine günstigere Stickstoffquelle als das Ammoniumnitrat.

Als wesentliches Resultat ergibt sich somit, daß behufs Verhinderung von Stickstoffverlusten die Behandlung von Jauche und Stallmist mit verdünntem Formaldehyd als ein rationelles Verfahren erklärt werden kann. Nur ist zu bedenken, daß durch ausgiebigen Luftzutritt die gebildete Stickstoffverbindung einer Oxydation unterliegt und dadurch doch wieder Verluste entstehen. Im Boden selbst wird die Verbindung von Formaldehyd und Ammoniak in günstiger Weise für die Pflanzen durch die Bodenmikroben gespalten.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung](#)

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: [110](#)

Autor(en)/Author(s): Tereg E.

Artikel/Article: [Kann Hexamethylentetramin als Stickstoffquelle für pflanzliche Organismen verwendet werden? 270-274](#)