

## ÜBER DIE GESUNDHEITSGEFÄHRDUNG DURCH NITROSE GASE IN LANDWIRT- SCHAFTLICHEN BETRIEBEN

H. DRASCHE

*Institut für Arbeitsmedizin der Universität d. Saarlandes, Saarbrücken*

*(Eingegangen am 10. U. 1962)*

Es wird über die Ätiologie, pathologisch-anatomische Veränderungen und Klinik der bisher ausschliesslich in den Vereinigten Staaten bekannt gewordenen sogenannten »Silo-Füller-Krankheit« berichtet. Eigene Erhebungen zeigten, dass derartige Erkrankungen bisher in der Bundesrepublik noch nicht beobachtet wurden. Durch eigene Untersuchungen mit Hilfe der Gasanalyse in einem mit amerikanischen Maishybriden beschickten Gärfutterbehälter konnte jedoch gezeigt werden, dass die Möglichkeit des Auftretens von berufsbedingten Gesundheitsschäden durch Einatmung toxischer Konzentrationen von Stickstoff-Dioxyd unter gleichartigen Bedingungen durchaus gegeben ist.

Berufsbedingte Gesundheitsschäden durch Einatmung von nitrosen Gasen wurden bisher fast ausnahmslos nur in Betrieben der Industrie beobachtet. Vergiftungsmöglichkeiten bestehen vor allem beim Autogenschweißen, bei Arbeiten mit rauchender Salpetersäure, bei der Herstellung von Schwefelsäure und Salpetersäure sowie in Sprengstofffabriken und ganz allgemein in der chemischen Industrie.

In der Landwirtschaft waren dagegen bis vor kurzem die Voraussetzungen für das Auftreten derartiger Gesundheitsschäden nicht gegeben und entsprechende Unfälle nicht bekannt geworden, wie wir durch eine Umfrage bei den landwirtschaftlichen Versuchs- und Forschungsanstalten und bei der zuständigen Berufsgenossenschaft\* feststellen konnten.

Überblickt man jedoch die Entwicklung der Landwirtschaft während der letzten 50 Jahre, so ist die Tendenz zur Industrialisierung durch fortschreitende Mechanisierung und Rationalisierung nicht zu über-

\* In der Deutschen Bundesrepublik.

sehen. Der ständig steigende Bedarf an Nahrungsmitteln bei gleichzeitigem Rückgang der für die landwirtschaftlichen Betriebe verfügbaren menschlichen Arbeitskraft zwingt zu dieser Entwicklung.

Im Zuge dieser Maßnahmen ist es auch zu einer bedeutenden Intensivierung der Grünfütterkonservierung durch Gärung in Silos gekommen, wodurch besonders die Viehhaltung von jahreszeitlichen Schwankungen der Futtergewinnung und ganz allgemein von Produktionsschwankungen unabhängig wird.

In den nachfolgenden Ausführungen soll nun näher auf eine speziell mit der Gärfuttermittelbereitung zusammenhängende Gesundheitsgefährdung, auf die sogenannte »Silo-Füller-Krankheit« eingegangen werden. Eine Darstellung dieser Zusammenhänge verdient insofern ein besonderes Interesse speziell in Ländern mit überwiegender Agrarwirtschaft, da von den bis 1960 in der Literatur veröffentlichten 16 Fällen 4, d. h. 25% tödlich verliefen.

Im Jahre 1949 berichteten *Peterson* u. Mit. über einen Arbeitsunfall in einem mit Mais beschickten Gärfutterbehälter, in dessen Atmosphäre u. a. auch nitrose Gase nachgewiesen werden konnten. Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen den beobachteten Gesundheitsschäden des verunglückten Arbeiters und den nachgewiesenen nitrosen Gasen wurde jedoch damals noch nicht diskutiert.

Erst eine Häufung ähnlich gelagerter Zwischenfälle in der Folgezeit führte zu eingehenderen Untersuchungen und zur Aufklärung der Ätiologie dieser Erkrankung (*Delaney* u. Mit., *Grayson*, *Lowry* u. *Schuman*, *Peterson* u. Mit.). Eine zusammenfassende Darstellung aller bis 1960 bekannt gewordenen Fälle von Silo-Füller-Krankheit (S. F. K.) veröffentlichten *Cornelius* und *Betlach*.

#### ÄTIOLOGIE

Zunächst muß betont werden, daß die von amerikanischen Autoren eingeführte Bezeichnung »Silo-Füller-Krankheit« (Silo-Filler's Disease) bei wortwörtlicher Übertragung den ätiologischen Gegebenheiten nicht vollkommen gerecht wird. Gefährdet sind nämlich keinesfalls diejenigen Personen, welche direkt am Vorgang des Füllens des Silos beteiligt sind, soweit dies durch Menschenkraft und nicht maschinell erfolgt. Eine Gefährdung ist vielmehr frühestens 12 Stunden nach beendeter Füllung des Gärfutterbehälters möglich und besteht durch etwa 3–4 Tage. In der Folgezeit sind gesundheitsschädigende Wirkungen durch nitrose Gase bei Gärfutterbehältern nicht mehr zu erwarten. Eine weitere, bemerkswerte Eigenart dieser Erkrankung ist die von amerikanischen Autoren gemachte Feststellung, daß nitrose Gase nicht bei jedem Füllgut eines Gärfutterbehälters aufzutreten pflegen sondern ausschließlich nur beim Silieren von Mais und Alfalfa (Luzerne). *Peterson* u. Mit.

sowie *Briggs* u. *Mit.* konnten nachweisen, daß bei der Silierung von Mais und Alfalfa mit Einsetzen des Gärungsvorganges nach etwa 12 Stunden beträchtliche Mengen an Stickoxyd (NO) freigesetzt werden, welches durch Zutritt von atmosphärischen Sauerstoff zu Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) oxydiert wird. Die Stickoxydproduktion erreicht nach etwa 24 Stunden ein Maximum und sistiert nach etwa 3–4 Tagen.

Im Gegensatz zu den hohen Kohlensäurekonzentrationen, welche über die ganze Dauer des Gärvorganges in einem Silo nachweisbar sind, ist mit dem Auftreten von nitrosen Gasen bei der Silierung von Mais und Luzerne nur während eines relativ kurzen Zeitraumes nach Beendigung der Füllung zu rechnen. In Übereinstimmung mit diesen Feststellungen kann auch aus den kazuistischen Darstellungen der verschiedenen Autoren entnommen werden (*Cornelius* u. *Betlach, Evans*), daß der Zeitpunkt der entscheidenden Exposition immer innerhalb des angegebenen Zeitraumes von 12 Stunden bis zu 4 Tagen nach Beendigung der Füllung lag. Zur Unfallsituation wäre zu bemerken, daß die erkrankten Personen vielfach Arbeiten im oder in unmittelbarer Nähe des Silos ausführten (Festtreten der am Vortag eingebrachten Silage, Reparaturarbeiten an Leitern und Treppen am Silo, an Luken oder andere landwirtschaftliche Arbeiten in unmittelbarer Nähe eines Hochsilos), welche nicht in direktem Zusammenhang mit dem Füllvorgang standen.

#### PATHOLOGIE UND KLINIK

Die durch die Einatmung von nitrosen Gasen in landwirtschaftlichen Betrieben ausgelösten pathologisch-anatomischen und klinischen Veränderungen unterscheiden sich nicht von dem Krankheitsbild, wie es die industrielle Reizgasvergiftung durch Stickoxyde darbietet.

Die Ausdehnung und Intensität der pathologisch-anatomischen Veränderungen reicht in Abhängigkeit von der Konzentration der eingeatmeten nitrosen Gase und der Dauer der Einwirkung von leicht entzündlichen und reversiblen Schleimhautschäden über Veränderungen mit Abstoßung des Epithels und bronchopneumonischen Infiltraten bis zu einem mit tödlichem Ausgang verbundenem Lungenoedem. *Cornelius* und *Betlach* berichten über folgende schwerwiegende Schäden nach Einwirkung von nitrosen Gasen in landwirtschaftlichen Betrieben: Bronchopneumonie, Lobärpneumonie, Bronchiolitis obliterans, Lungenoedem und umschriebene sowie generalisierte interstitielle Fibrose. Von den 4 tödlich verlaufenen Fällen konnte bei zwei Erkrankten ein Lungenoedem, bei zwei weiteren eine Bronchiolitis obliterans nachgewiesen werden.

Bezüglich des klinischen Verlaufes ist hervorzuheben, daß in 5 von insgesamt 16 Fällen die akuten Beschwerden unmittelbar nach der Exposition so intensiv waren, daß sofort ärztliche Hilfe in Anspruch genommen wurde. 2 dieser Fälle verliefen tödlich. Bei den restlichen

11 Personen trat jedoch nach kurzdauernden initialen Beschwerden leichteren Grades, wie Reizhusten, Beklemmungsgefühl, Augenbrennen, Übelkeit und vermehrter Auswurf eine beschwerdefreie und symptomlose Latenzperiode von mehreren Stunden ein, um erst später in ein schweres Krankheitsbild mit entsprechenden Symptomen überzugehen. 2 dieser Fälle mit einem beschwerdefreien Intervall verstarben an einer Bronchiolitis obliterans (*Lowry und Schuman*).

Über die Therapie sei vermerkt, daß die Anwendung von Nebennierenrindenhormonen (8 von 16 Erkrankten) besonders in Fällen mit einem symptomlosen und beschwerdefreien Intervall zu einer Abkürzung der Krankheitsdauer führten. Sie erwiesen sich dagegen als unwirksam in Fällen mit pneumonischen Veränderungen und bei bereits vorhandenem Lungenödem. Die nicht mit Nebennierenrindenhormon-Präparaten behandelten Personen zeigten, soweit es sich um Fälle mit einer beschwerdefreien Latenzperiode handelte, eine verzögerte Wiederherstellung und waren vielfach über die Dauer von Monaten arbeitsunfähig. Dauerschäden mit bleibender Minderung der Erwerbsfähigkeit wurden gleichfalls beschrieben (*Schell, Leib u. Mit.*).

#### EIGENE ERHEBUNGEN

Angesichts der relativ hohen Mortalität der S. F. K., wie sie von amerikanischen Autoren berichtet wurde und der ständigen Intensivierung der Gärfutterbereitung in allen landwirtschaftlichen Betrieben, lag ein begründetes Interesse vom Standpunkt des Arbeitsschutzes vor, dieser Frage in den landwirtschaftlichen Betrieben der Bundesrepublik nachzugehen. Unsere Erhebungen erstreckten sich daher zunächst auf Rückfragen bei allen landwirtschaftlichen Versuchs- und Forschungsanstalten über Beobachtungen, welche das Auftreten von nitrosen Gasen bei der Silierung von Mais und Luzerne und von Zwischenfällen nach Art der S. F. K. betrafen.

Die uns erteilten Auskünfte waren durchwegs negativ. Lediglich von einer Stelle wurde mitgeteilt, daß es im Verlaufe von experimentellen Untersuchungen des Gärvorganges gelungen war, Oxydationsprodukte des Stickstoffs nachzuweisen. Rückblickend erscheint dieses negative Ergebnis der Umfrage jedoch keineswegs ungewöhnlich, zumal bisher noch nicht alle Voraussetzungen für das Auftreten von Gesundheitsschäden, wie sie in den Vereinigten Staaten bei der Silierung von Mais und Luzerne beobachtet wurden, in den landwirtschaftlichen Betrieben der Bundesrepublik gegeben waren. Neuere Untersuchungen haben nämlich gezeigt, daß die Entstehung von Stickoxyden während der Gärfutterbereitung vorwiegend bei bestimmten amerikanischen Maishybriden, welche sich für die Silierung besonders gut eignen, zu erwarten ist. Der Anbau von amerikanischen Maishybriden als Futterpflanze ist auch hier in den letzten Jahren besonders gefördert worden, so auch

im Saarland, obwohl hier die Landwirtschaft angesichts der hoch entwickelten Schwerindustrie und des Bergbaues nur eine untergeordnete Rolle spielt. Eine Versuchspflanzung amerikanischer Hybriden bot die Möglichkeit zu entsprechenden gewerbehygienischen Untersuchungen während der entscheidenden Phasen des Gärvorganges.

#### EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Unsere eigenen Untersuchungen erstreckten sich ausschließlich auf gasanalytische Bestimmungen in einem Gärfuttersilo. Es handelte sich dabei um einen Hochsilo, welcher mit insgesamt 3680 kg milchreifem Mais gefüllt war. Die Silage bestand überwiegend aus Maishybriden amerikanischer Herkunft mit folgender Sortenbezeichnung: H. A. P., Pioneer, Wisconsin, Hymador, Warwick und U 22. Von der Gesamtfüllung des Silos entfielen lediglich 550 kg auf einheimischen badischen Mais.

Der Mais war am Vortage in den Morgenstunden geerntet und bis 12 h mittags vollständig mit Hilfe eines Gebläses in den Silo eingebracht worden. Als Gär Salz wurde Kofasil zugesetzt. Die gasanalytischen Untersuchungen erfolgten genau 24 h nach Beendigung der Füllung mit Hilfe eines Dräger-Gasspürgerätes (*Bretzke*).

Es wurde zunächst die CO<sub>2</sub>-Konzentration in 30 cm Tiefe im Füllgut und in 20 cm Höhe über dem Füllgut bestimmt. Beide Messungen ergaben Werte über 5,0% (Maximaler Anzeigebereich des Prüfröhrchens: 5%). Die tatsächlichen Konzentrationen dürften sehr wahrscheinlich wesentlich höher gewesen sein.

Die nachfolgende Bestimmung der Stickstoffdioxid-Konzentration ergab in 30 cm Tiefe innerhalb der Silage, gemessen im Mittelpunkt des Silos mit einem Durchmesser von 3 m, einen Wert von 0,15 mg/l = 75 ppm, in 20 cm Höhe über dem Füllgut ebenfalls im Mittelpunkt des Behälters 0,075 mg/l = 37,5 ppm (*Mak-Wert*: 5 ppm!). Zur Situation an der Meßstelle sei hinzugefügt, daß die Oberfläche des Füllgutes gut 2 m unterhalb der Oberkante des während der Messung nicht bedeckten Gärfutterbehälters lag. Ferner befand sich in Höhe der Oberfläche des Füllgutes eine quadratische Wandöffnung im Ausmaß von 1,0 × 1,0 m, welche nicht verschlossen war. Zum Zeitpunkt der Messung herrschte mittlerer Südwestwind bei fast wolkenlosem Himmel und eine Außentemperatur von 20° C. Während der Messung war selbst innerhalb des Silos noch eine deutliche Luftbewegung spürbar. Diese klimatischen und meteorologischen Bedingungen lassen mit einem gewissen Vorbehalt den Schluß zu, daß bei stehender Luft und bei teilweise geschlossenem Behälter mit noch höheren Konzentrationen an NO<sub>2</sub> gerechnet werden muß.

Diese Untersuchung zeigt eindeutig, daß unter bestimmten Voraussetzungen, besonders bei der Silierung von Maishybriden nicht nur Ge-

sundheitsschädigungen reversibler Art sondern auch tödliche Zwischenfälle mit Rücksicht auf die gemessenen Konzentrationen auftreten können. Da sich die gegenwärtig in der Bundesrepublik geltenden Unfallverhütungsvorschriften der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft lediglich auf diejenigen Gesundheitsgefährdungen und Schäden erstreckt, welche durch die in allen Gärfutterbehältern vorhandene Kohlensäure hervorgerufen werden können, so erscheint ein Hinweis auf diese offenbar bisher noch nicht entsprechend beachtete Gefahrenquelle durchaus berechtigt.

Wenn auch eine Untersuchung der näheren Ursachen der Entstehung von Oxydationsprodukten des Stickstoffs bei bestimmten Futterpflanzen während des Gärungsvorganges nicht in den Aufgabenbereich der Arbeitsmedizin fällt, so sei doch abschließend die Stellungnahme eines Experten der Gärfuttertechnik wiedergegeben, welche in ihren Grundlagen auch für den Arbeitsmediziner von Interesse ist. *Zeilinger* sieht in den geänderten Arbeitsmethoden der Landwirtschaft, wie sie sich zwangsläufig infolge des Mangels an menschlichen Arbeitskräften während der letzten Jahrzehnte entwickelten, mit einem wesentlichen Faktor. Solange noch genügend Arbeitskräfte zur Verfügung standen, erfolgte nicht nur die Beschickung der Gärfutterbehälter durch Handbetrieb sondern auch während des Füllvorganges befand sich im Inneren des Silos eine Person, welche durch Eintreten der Silage für eine dichte Lagerung sorgte; d. h. innerhalb des Füllgutes waren die luft- und damit auch sauerstoffhaltigen Hohlräume auf eine Mindestmaß reduziert. Eine Oxydation des Stickoxyds zu Stickstoffdioxid konnte daher nur in beschränktem Maß stattfinden. Dagegen wird bei der heute allgemein üblichen Beschickung der Silos mit Transportbändern oder mit Gebläsen nur eine äußerst lockere Schichtung erreicht, dementsprechend sind größere Mengen atmosphärischen Sauerstoffs für die Oxydation des Stickoxyds verfügbar. Auf eine Festtreten der Silage muß im allgemeinen infolge des Mangels an Arbeitskräften verzichtet werden.

#### Schrifttum

1. *Bretzke, W.*: Die Ermittlung des Kohlendioxid-Gehaltes in der Atmosphäre von Getreidesilos und Gärkellern. *Die Berufsgenossenschaft* 5 (1960) 177.
2. *Briggs, R. A., Jezeski, J. J. and Otis, C. K.*, cit. *Cornelius*: Silage Gas Poisoning Takes Lives, *Farm Safety Rev.* 14 (1956) 232.
3. *Cornelius, E. G. and Bettlach, E. H.*: Silo-Filler's Disease, *Radiology* 74 (1960), 2, 232.
4. *Delaney, L. T., jr., Schmidt, H. W. and Stroebel, C. F.*, cit. *Cornelius*: Silo-Filler's Disease, *Proc. Staff Meet. Mayo Clin* 31 (1956) 189.
5. *Evans, E. G., McDonald, L. and Porter, R. A.*: Silo-Filler's Disease, *North Carolina Med. J.* 21 (1960) 59.
6. *Grayson, R. R.*: Silage Gas Poisoning: Nitrogen Dioxide Pneumonia, a New Disease in Agricultural Workers, *Ann. Int. Med.* 45 (1956) 393.

7. *Grayson, R. R.*: Nitrogen Dioxide Pneumonia: A recently discovered Malady in Silo-Fillers, *G. P.* 16 (1957) 90.
8. *Leib, G. M., Davis, W. N., Brown, T. and McQuiggan, M.*: Chronic Pulmonary Insufficiency Secondary to Silo-Filler's Disease, *Am. J. Med.* 24 (1958) 471.
9. *Lowry, T. and Schuman, L. M.*: »Silo-Filler's-Disease« – A Syndrome caused by Nitrogen Dioxide. *J. A. M. A.* 162, 153 (1956).
10. *Peterson, W. H., Thoma, R. W. and Anderson, R. F.*, cit. *Cornelius: Silo-Filler's Disease, Radiology* 14 (1956) 232.
11. *Peterson, W. H., Burris, R. H., Rameshandra, S. and Little, H. N.*: Production of Toxic Gas (Nitrogen Oxides) in Silage Making, *Agric. & Food Chem.* 6 (1958) 121, cit. *Cornelius: Silo-Filler's Disease, Radiology* 74 (1956) 232.
12. *Schell, H. W.*: Chronic Silo Filler's Disease, *Connecticut M. J.* 22 (1958) 546, cit. *Cornelius: Silo-Filler's Disease, Radiology* 74 (1956) 232.
13. *Zeilinger, A.*: Persönliche Mitteilung, 1961.

#### Sadržaj

### OPASNOST OD NITROZNIH PLINOVA U POLJO- PRIVREDNIM POGONIMA

Autor iznosi etiologiju, patološko-anatomske promjene i kliniku »silosne bolesti« koja je dosada bila opažena jedino u SAD. Smatralo se da u Njemačkoj ne postoje slična oboljenja, dok se nije ispitivanjima pomoću analize plina u jednom spremniku američanskog hibridnog kukuruza pokazalo da postoji mogućnost da se razviju profesionalna oštećenja udisavanjem toksičkih koncentracija dušičnog dioksida gdje god postoje slični uvjeti.

*Institut za medicinu rada,  
Sveučilište području Saar,  
Saarbrücken*

*Primljeno 10. U 1962*