

# Untersuchungsergebnisse zur Anwendung von wasserfreiem Ammoniak bei der Strohpelletierung

Dipl.-Landw. G. Wartenberg/Dr. rer. nat. M. Beer, KDT/ Chem.-Ing. Lydia Hartung/Dipl.-Ing. W. Quandt  
 Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR  
 Ing. P. Emmrich, KDT, Trockenwerk Grimma

Effektiver Einsatz von Stroh als Grobfuttermittel hat zur Voraussetzung

- den Futterwert bei der Lagerung zu erhalten
- Energiekonzentration und Futteraufnahme durch Strohaufschluß zu erhöhen.

Bei der Pelletierung als wesentliches Aufbereitungsverfahren für Stroh ist es im Interesse rationeller Energieanwendung erforderlich, durch das Aufschlußmittel gleichzeitig die Pelletqualität zu verbessern und den Verfahrensaufwand zu senken.

In der Literatur vieler Länder (UdSSR, ČSSR, Norwegen, BRD, Dänemark, Großbritannien, USA, Schweden) wird in den letzten Jahren im steigenden Maß neben Natronlauge (NaOH), Ammoniak (NH<sub>3</sub>) in verschiedenen Applikationsformen, wie NH<sub>3</sub>-Gas, NH<sub>3</sub>-Wasser, Ammoniumbikarbonat (NH<sub>3</sub> HCO<sub>3</sub>), Harnstoff (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) als effektives Aufschlußmittel für Stroh beschrieben. Die Autoren verweisen vorwiegend auf deutlichen Zuwachs an Energiekonzentration, Erhöhung der Strohaufnahme und, gegenüber NaOH, auf Vorteile durch neutrale Reaktion, physiologische Unbedenklichkeit, konservierende Wirkung, Aflatoxinzerstörung und besonders auf irreversible N-Bindung.

Diese Feststellungen und die bekannten Nachteile von NH<sub>3</sub>-Wasser [1] führten zum Vorschlag eines Verfahrens [2] und zur Realisierung einer technischen Lösung zur Applikation von wasserfreiem Ammoniak bei der Strohpelletierung auf der Basis eines Paddelmischers und von Einrichtungen aus den Beständen der NH<sub>3</sub>-Felddüngetechnik [3]. Nach diesem Verfahren wurden im Trockenwerk Grimma, Bezirk Leipzig, im ersten Anwendungsjahr 10 kt Strohpellets hergestellt. 10 Pelletierwerke haben das Verfahren inzwischen übernommen. Es muß jedoch darauf verwiesen werden, daß durch die AdL der DDR bisher kein ausreichender Strohaufschluß im Tierversuch nachgewiesen werden konnte, um eine breitere Einführung dieses Verfahrens in die Praxis mit den damit verbundenen Aufwendungen zum gegenwärtigen Zeitpunkt zu rechtfertigen.

Die im Jahr 1978 vom Trockenwerk Grimma und dem Forschungszentrum für Mechanisierung Schlieben/Bornim gemeinsam durchgeführten Untersuchungen dienen der Erfassung der Wirkung des Verfahrens auf die Pelletqualität unter Praxisbedingungen. Es war erforderlich, den Einfluß der für die Produktion wesentlichen Größen, wie NH<sub>3</sub>-Aufwand, Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) des Stroh-Konzentrat-Gemisches und Konzentratanteil, auf die Pelletqualität zu bestimmen.

## 1. Versuchsbeschreibung

Die Durchführung der Versuche erfolgte in der Pelletieranlage des Trockenwerks Grimma mit der bereits früher beschriebenen Technik [3].

Nach Vorversuchen mit unterschiedlichen NH<sub>3</sub>-Aufwandmengen, bei subjektiv eingestellter optimaler Pelletfeuchte, wurde ein Komplexversuch mit folgenden Parametern durchgeführt:

- durchschnittlicher Strohdurchsatz 1,6 t/h, bezogen auf einen TS-Gehalt von 85 %
- Strohanteil (Rest Weizenschrot) 100 %, 80 %, 60 %
- NH<sub>3</sub>-Aufwand 0 kg, 8 kg, 16 kg je Tonne preßfertiges Gemisch
- TS-Gehalt des Gemisches 77 bis 90 %.

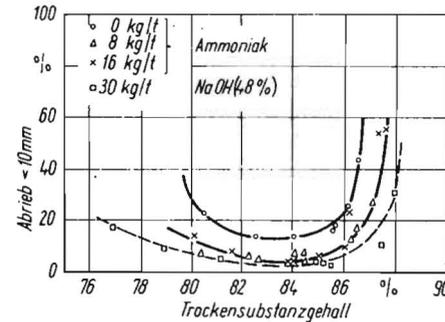


Bild 1. Abriebanteil (vor Kühlturmeinlauf gemessen) als Funktion des Trockensubstanzgehalts; Gemischbestandteile: 80 % Stroh, 20 % Weizenschrot

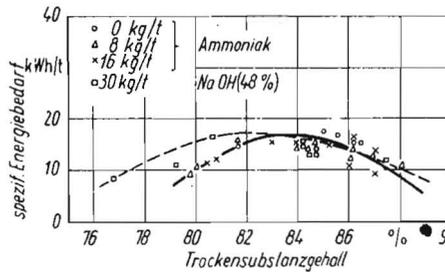
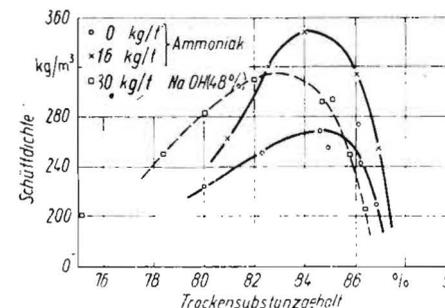


Bild 2. Spezifischer Energiebedarf (Presse G 600; mittlerer Durchsatz 1,6 t/h) als Funktion des Trockensubstanzgehalts; Gemischbestandteile: 80 % Stroh, 20 % Weizenschrot

Bild 3. Schüttdichte (Gefäßgröße 2 dm<sup>3</sup>) als Funktion des Trockensubstanzgehalts; Gemischbestandteile: 80 % Stroh, 20 % Weizenschrot



Die aus Strohanteil und NH<sub>3</sub>-Aufwand kombinierbaren 9 Grundvarianten wurden durch eine Vergleichsvariante mit NaOH (entsprechend [1], Strohanteil 80 %) ergänzt. In jeder dieser Grundvarianten wurde der TS-Gehalt in Stufen von 1 bis 2 % solange variiert, bis keine Pelletbildung mehr stattfand. Zwischen den einzelnen Varianten wurden ausreichende Einfahrzeiten abgewartet. Die Dosierung von Weizenschrot und Ammoniak erfolgte nach Kennlinien der Dosierorgane. Ihre Größe wurde durch gravimetrische, d. h. chemische Messungen vor und nach jedem Einzelversuch kontrolliert.

Der Strohdurchsatz wurde durch Probenahme aus dem Pelletstrom, unter Korrektur des TS-Gehalts, in Größe und Streuung bestimmt.

## 2. Versuchsergebnisse

Es zeigt sich, daß das wasserfreie Ammoniak in einem intensiv wirkenden Mischer (Trog-Paddelschnecke) von feuchtem oder angefeuchtetem Stroh mit einem TS-Gehalt  $\leq 90\%$  sehr schnell aufgenommen wird. Dabei kann 1 t Stroh bei Ausgangstemperaturen von 20 bis 30 °C leicht 20 kg NH<sub>3</sub> absorbieren.

Dementsprechend ergaben sich bei gleichen Ausgangsmaterialien und gleicher Feuchte des Stroh-Konzentrat-Gemisches Pellets gleicher Qualität, wenn verarbeitet wurden:

- getrocknetes Stroh, Wasser und wasserfreies NH<sub>3</sub>
- ungetrocknetes Stroh, wenn erforderlich, Wasser und wasserfreies NH<sub>3</sub>.

Durch diesen Sachverhalt wird die Applikation von wasserfreiem Ammoniak möglich. Die Anwendung von NH<sub>3</sub>-Wasser ist infolge der hohen Wasserzufuhr und der unbedingten Notwendigkeit, Stroh nicht mehr zu trocknen, unmöglich geworden.

Die physikalischen Eigenschaften der Stroh-Konzentrat-Pellets zeigen bei unterschiedlichem Konzentratanteil einen ähnlichen, stark vom TS-Gehalt des Pelletiergemisches bestimmten Verlauf (Bilder 1 bis 3). Bei ansteigendem TS-Gehalt (> 86 %) ändern sich Abrieb, Abriebfestigkeit, relatives Schüttgewicht und Druckbruchfestigkeit sprunghaft: es findet keine Pelletbildung mehr statt. Bei Verminderung des TS-Gehalts erreichen die Kennwerte ein Optimum um 84 %, unterhalb werden sie dann stetig schlechter (dabei ist die optisch erkennbare Verminderung der Pelletqualität deutlicher als der Abfall der genannten Meßwerte).

Wesentliches Merkmal bei der Zuführung von Ammoniak ist neben der durchgehenden Verbesserung der Kennwerte gegenüber Varianten ohne Ammoniak auch die Vergrößerung des Bereichs des TS-Gehalts, in dem es möglich ist, überhaupt Pellets zu erzeugen. Bei dieser Veränderung sind NH<sub>3</sub> und NaOH in ihrer Wir-

| NH <sub>3</sub> -Aufwand je t Preßgut<br>kg | Abrieb < 10 mm bei einem Strohhanteil von |          |          | Abriebfestigkeit (> 10 mm) bei einem Strohhanteil von |          |          |
|---|---|----------|----------|---|----------|----------|
|   | 100%<br>%                                 | 80%<br>% | 60%<br>% | 100%<br>%   | 80%<br>% | 60%<br>% |
| 0   | 18  | 14       | 10       | 78  | 68       | 60       |
| 8   | 4   | 6        | 5        | 88  | 76       | 70       |
| 16  | 4   | 6        | 5        | 88  | 76       | 70       |

| NH <sub>3</sub> -Aufwand je t Preßgut<br>kg | Druckbruchfestigkeit bei einem Strohhanteil von |            |            | Koeffizient der relativen Schüttdichte bei einem Strohhanteil von |          |          |
|---|---|------------|------------|---|----------|----------|
|   | 100%<br>MPa                                     | 80%<br>MPa | 60%<br>MPa | 100%<br>%   | 80%<br>% | 60%<br>% |
| 0   | 0,6   | 0,1...0,2  | 0,2...0,3  | 1,0   | 0,9      | 1,1      |
| 8   | 0,9...1,0                                       | 0,6...0,8  | 0,4...0,5  | 1,2   | —        | 1,1      |
| 16  | 0,8...1,0                                       | 0,6...0,7  | 0,7        | 1,3   | 1,3      | 1,1      |

| NH <sub>3</sub> -Aufwand je t Preßgut<br>kg | Pellettemperatur bei einem Strohhanteil von |           |           | spez. Energieverbrauch bei einem Strohhanteil von |              |              |
|---|---|-----------|-----------|---|--------------|--------------|
|   | 100%<br>°C                                  | 80%<br>°C | 60%<br>°C | 100%<br>kWh/t                                     | 80%<br>kWh/t | 60%<br>kWh/t |
| 0   | 72  | 61        | 55        | 28  | 16           | 13           |
| 8   | 78  | 66        | 60        | 28  | 16           | 13           |
| 16  | 79  | 67        | 60        | 28  | 16           | 13           |

Tafel 2. Durchschnittliche Steigerung des Gehalts an Stickstoff in Pellets mit unterschiedlichem Strohhgehalt und steigendem NH<sub>3</sub>-Aufwand

| NH <sub>3</sub> -Aufwand je t Preßgut<br>kg | durchschn. Steigerung des N-Gehalts <sup>1)</sup> gegenüber unbehandeltem Stroh bei einem Strohhanteil von |          |          |
|---|--|----------|----------|
|   | 100%<br>%  | 80%<br>% | 60%<br>% |
| 0   | —  | —        | —        |
| 8   | 0,38   | 0,38     | 0,29     |
| 16  | 0,43   | 0,40     | 0,32     |

1) 1% N entspricht einem Rohprotein-Äquivalent von 6,3% bzw. einem Futterharnstoff-Äquivalent von 2,2%

kungsrichtung und -größe praktisch gleich. Die Senkung des Abriebs bei der Produktion und die Verbesserung der Pelleteigenschaften sind dabei deutlich günstiger als beim Einsatz von „Nur-Pelletierhilfsmitteln“, wie z. B. Sulfitablauge. Diese Aussage gilt auch — allerdings bei Änderung des Konzentratanteils in den Absolutwerten verschoben — für reines Stroh und höhere Konzentratanteile im Gemisch (Tafel 1):

Der Abrieb vermindert sich signifikant, die Abrieb- und Druckbruchfestigkeit verbessert sich, die relative Schüttdichte und die Pellettemperatur erhöhen sich. Die Pellettemperatur wird allerdings von einer Reihe noch zu bestimmender Pressenparameter wesentlich stärker bestimmt. Beachtenswert ist ebenfalls das Ergebnis, daß Ammoniak — und auch Natronlauge im Bereich der empfohlenen Aufwandmenge — bei guter Verteilung auf der Oberfläche des zu pelletierenden Gemisches keine direkte Senkung des spezifischen Energieverbrauchs verursachen. Energieabnahme im Zusammenhang mit der Zugabe von NaOH oder NH<sub>3</sub>-Wasser ist nur bei unzureichender Einmischung der Aufschlußmittel in das zu pelletierende Gemisch zu beobachten.

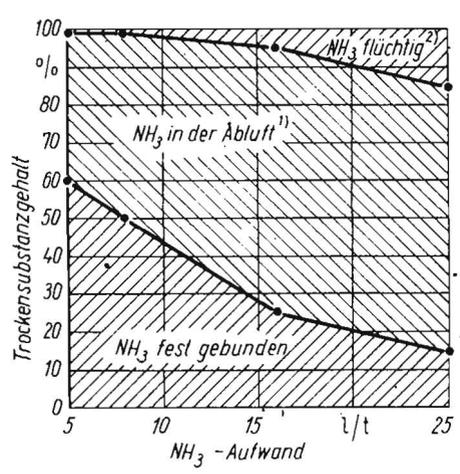
Folgen der unzureichenden Applikation sind dann aber erhöhter NH<sub>3</sub>-Verlust bzw. 20 bis 30% nicht umgesetzte Restlauge in den Pellets.

Die Änderung aller physikalischen Meßwerte aus diesen und weiteren Versuchen gestattet den Schluß, daß die Erhöhung des NH<sub>3</sub>-Aufwands auf mehr als 8 kg/t Pellets zu keiner nennenswerten und ökonomisch vertretbaren Verbesserung der Pelletqualität führt.

Analoge Tendenzen zeigen auch die Änderungen der chemischen Eigenschaften der Pellets bei NH<sub>3</sub>-Applikation. Ein Teil des applizierten, sofort reversibel in der Strohfeuchte gebundenen NH<sub>3</sub> kann bei der Pelletierung in irreversibel an das Stroh gebundenen Stickstoff überführt werden (Tafel 2).

Dieser irreversibel gebundene Stickstoff ist ein sicheres Zeichen für die chemische Reaktion von Ammoniak mit dem Stroh. Die Menge von irreversibel gebundenem Stickstoff soll als Maß für die Aufschlußwirkung angesehen werden

Bild 4. Anteil von fixiertem NH<sub>3</sub> in Pellets bei unterschiedlichem NH<sub>3</sub>-Aufwand; 1) aus Abluftmessungen > 10 min 2) späterer flüchtiger NH<sub>3</sub>-Anteil aus den Pellets



Tafel 1 Zusammenfassung der physikalischen und technischen Meßgrößen bei Vergleichen in der Pelletproduktion (TS-Gehalt 83 bis 85,5%)

können. [4] Die Größe der N-Fixierung wird mit hoher Wahrscheinlichkeit durch die Ammoniakkonzentration, Temperatur und Verweilzeit im Preßkanal bestimmt. Da die Löslichkeit von Ammoniak bei 100°C praktisch auf Null absinkt, liegt das Optimum für die Reaktion unterhalb 100°C, und seine Lage wird durch Temperatur und Durchsatz der Presse beeinflusst. Die Zusammenhänge sind sehr schwer erfassbar und daher quantitativ noch nicht geklärt. Bisher wurden bei 70 bis 80°C und einem Strohdurchsatz von 1,6 t/h auf der Presse G 600 maximal um 0,4% N-Fixierung beobachtet (Tafel 2), bei ungünstigen Preßbedingungen und Temperaturen um 90°C sank dieser Wert praktisch auf Null ab.

Die Meßwerte der N-Bindung und NH<sub>3</sub>-Messungen in der Abluft bei Aufwandmengen zwischen 5 und 25 kg/t zu pelletierendes Gemisch gestatten Rückschlüsse auf die NH<sub>3</sub>-Bilanz (Bild 4).

Da mit steigendem Aufwand an NH<sub>3</sub> der Anteil des unwirksam in die Abluft entweichenden NH<sub>3</sub> stetig zunimmt, ist die Erhöhung auf mehr als 8 kg/t auch aus Gründen der Abluftbelastung nicht gerechtfertigt.

Die vorliegenden Untersuchungen und Einsatzserfahrungen im Trockenwerk Grimma lassen neben einer Reihe die Pelletproduktion stabilisierender Faktoren deutliche ökonomische Ergebnisse erkennen. Dabei muß berücksichtigt werden, daß durch die vorherige Einführung der Trog-Paddelschnecke gegenüber Standardanlagen bei der Senkung des Abriebanteils wesentliche Verbesserungen erreicht wurden.

Diese Einsparung deckt bereits die bisher abschätzbaren Kosten für die NH<sub>3</sub>-Applikation. Folgende ökonomische Ergebnisse können ausgewiesen werden:

- Abriebsenkung um mehr als 10%
- zusätzliche Bindung von 0,3 bis 0,4% Stickstoff
- erstes wasserfreies Pelletierhilfsmittel für Kaltpelletieranlagen mit deutlich verbesserter Pelletqualität
- Verbesserung der Lagerfähigkeit der Pellets durch Zunahme des mittleren TS-Gehalts, durch geringeren Abriebanteil bei Umschlagprozessen und durch Desinfektionswirkung von Ammoniak
- Senkung der Aufwendungen für den Arbeits- und Umweltschutz
- höhere und kontinuierlichere Auslastung der technischen Einrichtungen für Lagerung und Umschlag von Ammoniak in den ACZ.

Trotz einiger noch zu klärenden Zusammenhänge, die in fortzusetzenden Untersuchungen endgültige Angaben über optimale Pelletqualität, Preßtemperatur, Aufschlußreaktion und Ökonomie bringen werden, ist aus den Untersuchungsergebnissen schon heute ein wesentlicher Nutzen für die Praxis der Strohpelletierung ableitbar.

**Literatur**

- [1] Autorenkollektiv: Vorläufige Empfehlung zur Strohpelletierung mit Natronlauge und Ammoniakwasser. Empfehlungen zur Strohpelletierung mit Natronlauge. AdL 1977, 1978.
- [2] Beer, M.; Emmrich, P.; Gaitsch, E.; Rolliczek, R.: DDR-Patent A 23k/200506. Ausgabetag: 10. August 1977.
- [3] Emmrich, P.; Beer, M.; Wartenberg, G.: Einsatz von wasserfreiem Ammoniak bei der Pelletierung strohhaltiger Futtermittel. agrartechnik 28 (1978) H. 5, S. 192—193.
- [4] Pothast, V.; Hartfield, W.: Verdaulichkeitsversuche an Hammeln mit NH<sub>3</sub>-behandeltem Stroh. Kraftfutter 12 (1977) S. 99. A 2608