

Riswicker Ergebnisse 1/2003

Einsatz von Futterharnstoff in Silomais

Versuchsauswertungen und Beratungsempfehlungen

- **zur Silagequalität**
- **zur Milchviehfütterung**

**Referat Tierische Erzeugung - LWZ Haus Riswick
Dr. Hubert Spiekers - Michael Berntsen - Norbert Mues**

Dr. Hubert Spiekers
Landwirtschaftskammer Rheinland
Referat Tierische Erzeugung - Futter, Fütterung
und Futterkonservierung
Endenicher Allee 60, 53115 Bonn
Tel: 02 28 703 - 14 24, Fax: 703 - 84 24
E-mail: hubert.spiekers@lwk-rheinland.nrw.de

Michael Berntsen, Tel.: 0 28 21 - 99 61 57
Norbert Mues, Tel.: 0 28 21 - 99 61 95
Landwirtschaftszentrum Haus Riswick
Elsenpaß 5, 47533 Kleve
Fax: 0 28 21 - 99 61 26
E-mail: michael.berntsen@lwk-rheinland.nrw.de
E-mail: norbert.mues@lwk-rheinland.nrw.de

Adelheid Mengel, Annette Menke
Landwirtschaftskammer Rheinland
Referat 32a: Tierische Erzeugung

Nettopreis: 12,50 €

Inhaltsangabe

	Seite
1. Einführung/Stand des Wissens	4
2. Versuchsanstellung/-durchführung	8
3. Verdaulichkeitsbestimmungen	10
4. Stabilität der Silagen	13
5. Fütterungsversuch	17
6. Ökonomische Bewertung	25
7. Gesamtdiskussion	27
8. Empfehlungen für die Beratung	28

Anhang:

- Empfehlungen der DLG	30
- Literatur	33

1. Einführung/Stand des Wissens

Auf Grund der vergleichsweise hohen Preise für Proteinfutter und dem verstärkten Einsatz von Maisprodukten und anderen eiweißarmen Futtermitteln wie Pressschnitzsilage, Kartoffeln und deren Nebenprodukte etc. rückt der Einsatz von Futterharnstoff wieder stärker in die Diskussion. Der Einsatz kann über das Futter oder als Zusatz bei der Silierung erfolgen. Über den Einsatz von Harnstoff bei der Silierung von Mais soll die Ruminale N-Bilanz (RNB) und damit die Stickstoffversorgung der Mikroben im Pansen angehoben, die Lagerstabilität der Silage verbessert und ein Aufschluss der Restpflanze erzielt werden.

Wo passt der Harnstoff?

In maisbetonten Rationen für Milchkühe und Bullen ist der Einsatz von Futterharnstoff zum Ausgleich der Stickstoffbilanz im Vormagen (RNB) zu erwägen. Zu beachten sind hierbei die in Übersicht 1.1 angeführten Punkte. Für den Einzelbetrieb ist an Hand der konkreten Situation zu prüfen, ob der Einsatz von Harnstoff in Betracht kommt. Bei negativer RNB von über minus 50 g N je Kuh und Tag lässt sich Harnstoff sinnvoll einsetzen.

Übersicht 1.1: Einsatz von Futterharnstoff bei Milchkühen zum RNB-Ausgleich

1. **Zusatz bei der Silierung**
(2 bis 3 kg je t Silomais)
2. als **Ausgleichsfutter**
(50 bis 80 g/Tag; 3 - 4 % im Ausgleichsfutter)

Voraussetzung:

- ➔ **RNB der Grundration unter -50 g N**
- ➔ **gleichmäßige Verteilung, Anfütterung**
- ➔ **angepasste nXP-Gehalte im Milchleistungsfutter**

Zu empfehlen ist der Einsatz bei der Silierung oder im Ausgleichskraftfutter. Eine gleichmäßige Verteilung und gleitende Futterumstellung sind Voraussetzungen für den Einsatz von Harnstoff. **Nicht** zu empfehlen ist der Einsatz von Harnstoff im Milchleistungsfutter, da dann gerade die hochleistenden Tiere die höchsten Harnstoffmengen erhalten. In der Hochleistungsphase ist jedoch nicht RNB, sondern nXP zu ergänzen, was der Harnstoff nicht liefern kann.

Durch den Harnstoffzusatz bei der Silierung soll gleichzeitig die Anfälligkeit für Nacherwärmungen gemindert werden. Das aus dem Harnstoff freigesetzte Ammoniak mindert die Aktivitäten der lactatabbauenden Hefen, die vielfach für die Nacherwärmungen verantwortlich sind. Wichtig ist eine gleichmäßige Einbringung des Harnstoffes bei der Silierung.

Wird der gesamte Ausgleich an RNB über Futterharnstoff durchgeführt, so gerät die nXP-Versorgung in den Mangel. Bei einer Leistung von 30 kg Milch/Kuh und Tag resultiert durch den Austausch von Sojaextraktionsschrot gegen Harnstoff und Milchleistungsfutter bereits bei Zusatz von 1 % Harnstoff in der TM zur Maissilage ein geringerer Milcherzeugungswert nach nXP als nach NEL. Harnstoffkonzentrationen von über 1 % in der TM der Maissilage sind aus Sicht der Fütterung daher nicht zu empfehlen. Bei Einsatzmengen unter 1 % Harnstoff in der TM steigen die Anforderungen an die nXP-Versorgung über das Ergänzungsfutter bei Kühen mit Tagesleistungen über 35 kg Milch. Ähnlich sieht die Situation in der Bullenmast aus. Aus Sicht der Fütterung sind daher Harnstoffgehalte in der Maissilage von **0,5 bis 1 % der TM** vertretbar. Für die Maissilierung heißt dies, dass etwa 3 kg Harnstoff je t Silomais zu empfehlen sind.

Futterharnstoff als Silierzusatz

- Applikation

Die Einbringung des Harnstoffes in die Maissilage kann als Granulat oder flüssig erfolgen. In den Versuchen in Haus Riswick erfolgte der Einsatz bisher grundsätzlich flüssig, um eine gleichmäßige Verteilung und eine schnelle Freisetzung des Ammoniaks zu erreichen. Auf eine gleichmäßige Verteilung im Siliergut ist auch im Hinblick auf die Fütterung zu achten. Die Dosierung sollte volumenstromabhängig am Häcksler erfolgen. Bis zu 800 g Futterharnstoff können je l Wasser gelöst werden. Zu beachten ist die starke Temperaturabsenkung bei der Lösung. Es empfiehlt sich der Einsatz von vorgewärmtem Wasser. Mittlerweile wird auch eine fertige Lösung im Handel angeboten. Für den praktischen Einsatz ist diese zu empfehlen.

Silagequalität

Durch den Harnstoffzusatz soll die Anfälligkeit für Nacherwärmungen gemindert werden. Nacherwärmungen treten an der geöffneten Miete durch Abbau von Milchsäure oder Restzucker durch Hefen auf. Die Hefen brauchen hierfür Sauerstoff. Zur Vermeidung von Nacherwärmungen ist daher eine hohe Verdichtung der Maissilage und ein hoher Vorschub wichtig, um den Eintrag an Sauerstoff gering zu halten. Der zweite Ansatzpunkt ist die Einschränkung der Aktivität der Hefen. Hierzu eignen sich Silierzusätze. Angeboten werden Konservierungsmittel auf Basis von Propionsäure, Benzoat, Bisulfit etc. und Milchsäurebakterien, die gezielt den Anteil Essig- und Propionsäure bzw. 1,2 Propandiol in der Silage erhöhen. Die Kosten der chemischen Produkte belaufen sich auf 3 bis 5,5 € je t Silomais und die der heterofermentativen Milchsäurebakterien auf 1,8 bis 2 € (siehe Arbeitsgemeinschaft der Nordwestdeutschen Landwirtschaftskammern 2002). Für Betriebe mit stark negativer RNB ist der Zusatz von Futterharnstoff aus Kostengründen eine Alternative.

Das aus dem Harnstoff freigesetzte Ammoniak mindert die Aktivitäten der lactatabbauenden Hefen, die vielfach für die Nacherwärmungen verantwortlich sind. Es liegen eine Reihe ältere (GROSS et al., 1974) und auch neuere Ergebnisse vor. Im Praxiseinsatz im Flachsilo zeigte sich in Haus Riswick mit Harnstoff-Zusatz eine Verbesserung der Lagerstabilität (s. Tabelle 1.1). In dem Silo mit Harnstoffzulage war entsprechend kein Besatz mit lactatabbauenden Hefen ersichtlich. Auch der pH-Wert war nach sieben Tagen aerober (offener) Lagerung mit 3,8 auf dem Niveau der Silage bei Beginn der Prüfung.

Tabelle 1.1: Aerobe Stabilität von Maissilage aus Flachsilo;
LWZ Haus Riswick 1999

% Harnstoff in TM	ohne	0,7
Milchsäure, g/kg TM	54	62
Essigsäure, g/kg TM	10	8
Stabilität, Tage	3	7
pH-Wert 7. Tag	6,4	3,8
Hefen, Mio. KBE/g	1,8	< 0,001

Weitere Versuche in Laborsilos zeigten ebenfalls positive Effekte auf die aerobe Stabilität (SPIEKERS et al., 2000). Es gibt allerdings keine volle Wirkungssicherheit. Von Einfluss ist das Ausgangsmaterial, wobei eine sichere Vorhersage der Wirksamkeit noch nicht erfolgen kann (KALZENDORF et al., 2002). Mit Erfolg wurde Harnstoff bei CCM eingesetzt (JÄNICKE et al., 2002).

Der Gehalt an Milchsäure ist bei Zusatz von Futterharnstoff um etwa 1 % der TM erhöht. Dies gilt für alle Versuche weitgehend unabhängig davon, ob Effekte zur aeroben Stabilität gegeben waren oder nicht. Erklären lässt sich dies durch den Anstieg in der Pufferkapazität. Durch den Zusatz von Harnstoff ist mehr Säure erforderlich, um die gleiche Absenkung im pH-Wert zu erzielen. Die weiteren Kenngrößen der Gärqualität sind weitgehend unbeeinflusst. Bezüglich der Beeinflussung des Futterwerts liegen unterschiedliche Ergebnisse vor. Zunächst steigt der Rohproteingehalt. Der Anstieg ist jedoch geringer als der Zusatz erwarten lässt. Ein Teil des Stickstoffs aus der Harnstoffzulage scheint als Ammoniak vor dem Abdecken des Silos bzw. danach zu entweichen. Nur etwa 75 % des zugesetzten Harnstoffs finden sich wieder. Ob der Zusatz von Harnstoff zu einem Aufschluss der Restpflanze führt, ist noch offen. Die vorliegenden Bestimmungen zur Verdaulichkeit sind sehr uneinheitlich.

Versuchsergebnisse zum Einsatz von mit Harnstoff einsiliertem Silomais an Milchkühen liegen bisher kaum vor. Die in Tabelle 1.1 angeführten Maissilagen wurden nacheinander im Riswicker Versuchsstall eingesetzt. Die Kühe erhielten eine Mischung aus Mais- und Grassilage plus Kraftfutter, die eine Leistung von 25 kg Milch abdecken sollte. Die Relation von Mais- zu Grassilage lag, bezogen auf Basis der Trockenmasse, bei 1 : 1.

Aus der Tabelle 1.2 sind die im Mittel realisierten Futteraufnahmen und die Milchleistung zu entnehmen. Die beobachteten Unterschiede sind auf unterschiedliche Laktationsstadien und anderen Einflussgrößen, wie Wechsel von weiteren Futterkomponenten, zu erklären (SPIEKERS und MUES, 2001). Bezüglich des Einsatzes von mit Harnstoff einsiliertem Silomais bleibt festzuhalten, dass keine Probleme in der Akzeptanz bestanden und ein Abfall in der Leistung nicht ersichtlich war. Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse empfehlen sich weitere Versuche zur Abklärung der Einsatzmöglichkeiten in der Fütterung.

Tabelle 1.2: Einsatz von unterschiedlich behandelter Maissilage im Riswicker Versuchsstall, 1999/2000 (SPIEKERS und MUES, 2001)

Behandlung Zeitraum	Kontrolle 05.12. – 26.12.	Harnstoff 27.01. – 02.03.
Tiere/Anzahl	90	97
Futteraufnahme:		
Mischration, kg TM/Tag	15,3	14,5
davon Maissilage, kg TM/Tag	6,2	5,8
MLF, kg/Tag	3,1	3,9
gesamt, kg TM/Tag	18,0	18,0
Milchleistung		
ECM, kg/Tag	25,2	26,6

2. Versuchsanstellung/-durchführung

Aus den Angaben in der Literatur und den Erfahrungswerten resultiert die Hypothese, dass der Zusatz von Futterharnstoff zu Maissilage die Stabilität der Silage verbessert und sich damit positiv auf den Futterwert auswirkt. Ferner kann durch den Zusatz von Harnstoff Eiweißfutter eingespart werden. Um diese Hypothesen zu prüfen, wurde im Landwirtschaftszentrum Haus Riswick im Jahr 2001 Mais mit und ohne Harnstoff einsiliert und im Januar 2002 ein Fütterungsversuch mit Milchkühen begonnen. Folgenden Fragen sollte hier nachgegangen werden:

1. Welchen Einfluss hat der Zusatz von 6 l RUMISAN-SOL (40 % Harnstoff) je t Mais auf Gärqualität, Stabilität und Futterwert von Maissilage?
2. Wie wirkt sich der Zusatz auf die Leistung von Milchkühen aus?

Der Mais für diesen Versuch stand auf einer 13,5 ha großen Fläche; Sandboden mit etwa 45 BP.

Am 29.04.2001 wurde auf dieser Parzelle die Sorte FERNANDO (S 250/ K 260) mit 9 Pflanzen/m² gedreht. Die Maisernte fand am 24.09.2001 statt. Die Silierung erfolgte in zwei Flachsilos mit und ohne Harnstoffzusatz. Das flüssige Harnstoffprodukt RUMISAN-SOL der Fa. Hydro Gas and Chemicals GmbH, Oberhausen, wurde am Feldhäcksler mit der Technik zur Melasse-Einbringung gezielt zudosiert. Vorteile vom flüssigen Harnstoff sind, dass kein Auflösen mehr erforderlich ist und eine gleichmä-

ßige Einbringung/Verteilung gewährleistet ist. Letztere ist von Bedeutung hinsichtlich der Fütterung und Wirkung im Silo.

Die über eine Fuhrwerkswaage ermittelten Erntemengen beliefen sich auf 563 dt Frischmasse/ha. Bei einem TM-Gehalt von 34,5 % im Ausgangsmaterial ergab sich daraus ein Trockenmasseertrag von 194 dt/ha. Etwa 2.700 kg RUMISAN-SOL wurden für 6,75 ha benötigt. Daraus errechnet sich eine applizierte Menge an RUMISAN-SOL von 6,3 l (=7,0 kg)/t. Die Kosten für Produkt und Einbringung beliefen sich auf etwa 60 €/ha zuzüglich MwSt., dies entspricht ca. 1,25 €/t Frischmais inkl. MwSt. Der analysierte Gehalt an Harnstoff in der Lösung betrug 38,4 %.

Die beiden Mieten wiesen jeweils einen Rauminhalt von ca. 400 m³ auf. Um einen praxisnahen Vorschub bei der späteren Entnahme zu gewährleisten, wurde bei der Erstellung der Mieten auf folgende äußere Abmessungen geachtet: ca. 7 m Breite am Boden und max. 2 m Höhe bei schrägen Seiten. Die Länge der Mieten betrug ca. 35 Meter. Bei einer Fütterungszeit von ca. 17 Wochen ergab sich ein theoretischer wöchentlicher Vorschub von ca. 2 Metern.

Die Befüllung der Silos erfolgte parallel. Es wurde jeweils ein Anhänger mit und ein Anhänger ohne Harnstoff gehäckselt. Die Verdichtung erfolgte mit einem Radlader. Vor Abdeckung der Silagen wurden Proben zur Beurteilung der Gärfähigkeit des Ausgangsmaterials gezogen. Die Abdeckung der Silos erfolgte mit PE-Folie, Vogelschutznetzen und Silosäcken.

Die Trockenmassegehalte der Maishaufen betrugen vor dem Abdecken 342 g/kg in der Miete mit Harnstoff und 347 g/kg in der Miete ohne Harnstoff. Aus der Tabelle 2.1 sind die weiteren Analysedaten zum Ausgangsmaterial zu entnehmen.

Tabelle 2.1: Analysenergebnisse zum Ausgangsmaterial, Mais ohne Harnstoff

Trockenmasse, g/kg	347
Nitrat, mg/kg TM	144
Pufferkapazität; g Milchsäure je kg TM	15
Wasserlösliche Kohlenhydrate, g/kg TM	93
Vergärbarkeitskoeffizient	85
Milchsäurebakterien, log KBE/g	9,2

Das Ausgangsmaterial enthielt 93 g wasserlösliche Kohlenhydrate je kg TM bei einer geringen Pufferkapazität. Als Folge resultierte ein hoher Vergärbarkeitskoeffizient von 85. Der Besatz mit Milchsäurebakterien war ebenfalls hoch. Eine zügige Vergärung war auf Grund der Ergebnisse zu erwarten.

3. Verdaulichkeitsbestimmungen

Mit den beiden Maissilagen wurde bei vollem Anschnitt eine Bestimmung der Verdaulichkeit an Hammeln durchgeführt. Die Silagen wurden mit einem Futtermischwagen mit Fräse entnommen und vermischt. Für die Versuchsperiode wurden die Tagesportionen an einem Tag abgepackt.

Die tägliche Futtermenge betrug 2.600 g Silage je Hammel. Ergänzend erhielten die Tiere 150 g Sojaextraktionsschrot und ein spezielles Mineralfutter. Es wurden 5 Hammel der Rasse Schwarzkopf je Silage eingesetzt. Nach einer zweiwöchigen Anfütterung wurden Kot und Futter über 7 Tage quantitativ erfasst. Das Vorgehen orientierte sich an den Vorgaben der GfE (1991).

Die Proben von Kot und Futter wurden in der LUFA Bonn analysiert. Das Vorgehen orientiert sich hierbei an den Vorgaben der VDLUFA. Die Korrektur der Trockenmasse erfolgte nach den Maßgaben von Weißbach und Kuhla unter Berücksichtigung der Gärsäuren. Auf Basis der verdaulichen Rohnährstoffe wurden die Gehalte an ME und NEL nach den Vorgaben der GfE (1995) kalkuliert. Für das Sojaextraktionsschrot wurden die anfallenden Kotmengen auf Basis der in den DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (1997) tabellierten Verdaulichkeiten für Sojaextraktionsschrot abgeschätzt.

Versuchsablauf:

Der Versuch verlief ohne Probleme. Die Maissilagen wurden von den Hammeln vollständig aufgenommen. Eine Nacherwärmung bei der Verfütterung der zuvor eingefrorenen Proben war nicht ersichtlich. Veränderungen und Auffälligkeiten im Kot waren nicht zu verzeichnen.

Ergebnisse:

Die Ergebnisse sind aus den Tabellen 3.1 und 3.2 ersichtlich. Die Gärqualität der geprüften Maissilagen war vergleichbar. Die behandelte Silage lag im Gehalt an Milchsäure etwas höher und im Gehalt an Essigsäure etwas niedriger. Der Unterschied im Ammoniak erklärt sich durch den Zusatz von Harnstoff. Mit 89 und 81 DLG-Punkten waren beide Silagen als gut zu erachten.

Tabelle 3.1: Gärqualität der im Verdauungsversuch geprüften Maissilagen

Behandlung	Kontrolle	Harnstoff
pH-Wert	3,80	3,79
Ammoniak, % des N	14	17
Milchsäure, g/kg TM	82	104
Essigsäure, “	18	15
Propionsäure, “	n. b.	n. b.
Buttersäure, “	n. b.	n. b.
Ethanol, “	8	8
DLG-Punkte	89	81

n. b. = nicht bestimmbar

Ebenfalls nahezu identisch waren die ermittelten Rohnährstoffgehalte in den verfütterten Silagen. Ein Unterschied zeigte sich in den Rohproteingehalten. Für die Maissilage mit Harnstoff lag der Wert mit 93 g/kg TM auf Grund des Zusatzes von Harnstoff bei der Silierung höher. Die Gehalte an Rohfaser, ADF und NDF waren in der behandelten Silage in der Tendenz niedriger. In der Verdaulichkeit der Organischen Substanz zeigten sich mit 79,0 % in der Kontrolle und 79,3 % in der Versuchsgruppe vergleichbare Werte. Gleiches galt für die Verdaulichkeit des Organischen Rests und den Energiegehalten mit je 7,23 MJ NEL je kg TM.

Tabelle 3.2: Ergebnisse der Verdaulichkeitsbestimmung (n = 5)

Behandlung	Kontrolle	Harnstoff
Trockenmasse, g/kg	339	344
Rohasche, g/kg TM	34	35
Rohprotein, “	78	93*
Rohfaser, “	171	163
Rohfett, “	36	32
Organischer Rest , “	760	771
Stärke, “	363	375
ADF, “	193	188
NDF, “	333	329
NFC, “	519	512
Gasbildung, ml/200 mg TM	55,7	56,0
ELOS, % der TM	72,3	74,1
<u>Verdaulichkeit, %</u>		
Organische Substanz	79,0 ± 1,6	79,3 ± 1,3
Rohfett	81,6 ± 4,3	77,7 ± 2,1
Rohfaser	66,6 ± 2,3	64,4 ± 2,8
Organischer Rest	81,7 ± 1,6	82,6 ± 1,1
NEL, MJ/kg TM	7,23 ± 0,18	7,23 ± 0,14

* davon 4,7 g Harnstoff

Diskussion:

Aus dem Versuch geht eindeutig hervor, dass die Behandlung mit Harnstoff die Verdaulichkeit und damit den Futterwert nicht beeinflusst hat. Das beobachtete Niveau der Verdaulichkeit ist mit 79 % für die Organische Substanz sehr hoch. Erklären lässt sich dies mit einem hohen Kornanteil. Zeichen für den hohen Kornanteil sind der hohe Stärkegehalt und die geringen Gehalte an Rohfaser, NDF und ADF.

Die beobachteten Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit früheren Versuchen in Haus Riswick (s. Tabelle 3.3). Geprüft wurden 4 Maissilagen aus dem Rheinland und eine Maissilage mit und ohne Zusatz von Milchsäurebakterien aus Schleswig-

Holstein. Ergebnis der vorliegenden Versuche ist, dass der Zusatz von Harnstoff zur Silierung die Verdaulichkeit und damit den Futterwert nicht beeinflusst.

Tabelle 3.3: Ergebnisse von in Haus Riswick durchgeführten Verdaulichkeitsbestimmungen an Hammeln bei Einsatz von Harnstoff zur Silierung von Mais, - Verdaulichkeit der Organischen Substanz, - % -

Ernte	Kontrolle	Harnstoff
<u>I. Rheinland</u>		
1998	73,3 ± 1,0	76,7 ± 1,2
1999	76,8 ± 1,3	74,3 ± 0,9
2000*	77,2 ± 1,0	79,3 ± 0,9
2001	79,0 ± 1,6	79,3 ± 1,3
<u>II. Schleswig-Holstein 2000**</u>		
ohne Milchsäurebakterien	80,0 ± 1,3	76,8 ± 1,6
mit Milchsäurebakterien	76,7 ± 2,3	77,7 ± 0,8
Mittel	77,2	77,4

* SPIEKERS und MUES (2001); ** SPIEKERS et al., 2002

4. Stabilität der Silagen

4.1. Methodik

Auf Grund der Erfahrungen aus früheren Versuchen sollte auch der Einfluss der Harnstoff-Zulage auf die aerobe Stabilität der Maissilage nach dem Anschnitt erfasst werden. Für die Durchführung des Fütterungsversuches wurden beide Silagen am 28.12.2001 geöffnet. Um objektive Aussagen zur aeroben Stabilität machen zu können, wurde die Silotemperatur in regelmäßigen Abständen gemessen. Dies geschah dreimal pro Woche (Montag-Mittwoch-Freitag). Verwendet wurde hierfür ein ca. 1,5 Meter langes digitales Messthermometer. Um die Messwerte der verschiedenen Tage vergleichen zu können, wurde eine feste Vorgehensweise gewählt. Sowohl die Tageszeit der Temperaturmessung als auch die Messpunkte am Silo waren fest vorgegeben (s. Abbildung 1). Gemessen wurde um 10:30 Uhr morgens. Zu diesem Zeitpunkt war die Fütterung der Tiere auf Haus Riswick und somit auch die Silageentnahme beendet. Gemessen wurde also immer an der frisch abgefrästen Miete.

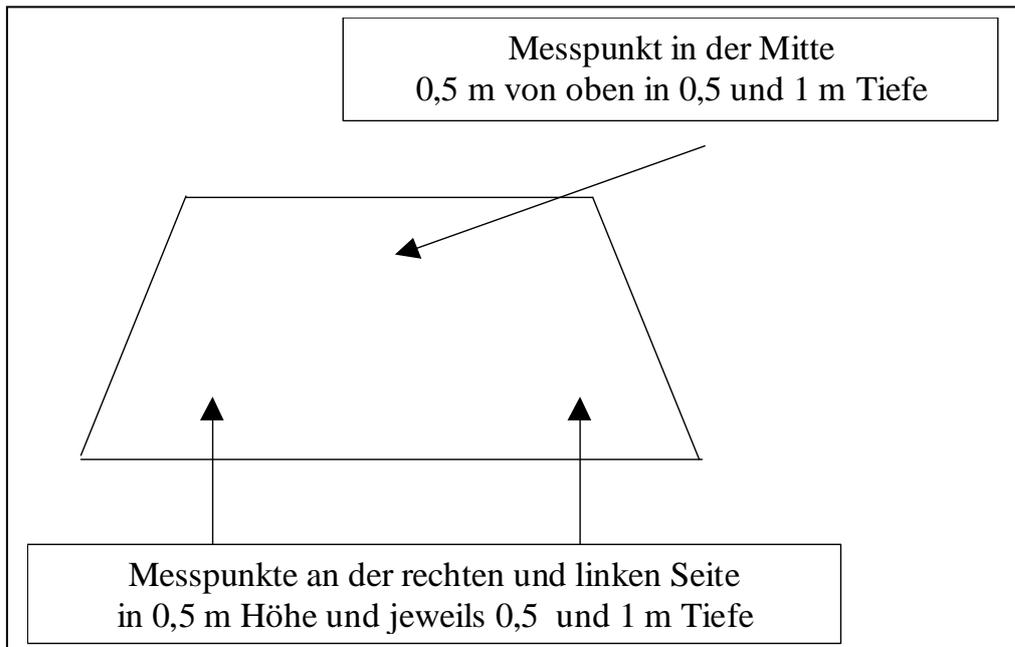


Abbildung 1: Messpunkte für die Temperatur an der Anschnittfläche der Silos

Um eine Vergleichsbasis zu erhalten, wurden die Tagesmesswerte des Silos addiert und anschließend durch die Anzahl der realisierten Messungen geteilt. So konnte für jeden Messtag und jede Miete eine Durchschnittstemperatur ermittelt werden. Diese Werte waren dann auch zwischen den Mieten vergleichbar.

Diese Messungen wurden nicht nur an den Maissilagemieten durchgeführt. Alle Futterkomponenten der Mischration wurden auf gleiche Weise kontrolliert.

Um weitere Aussagen über die aerobe Stabilität machen zu können, wurden zwei Untersuchungsdurchgänge in Anlehnung an die Vorgaben zur Prüfung der aeroben Stabilität für das DLG-Gütezeichen, Wirkungsrichtung 2, in einer Klimakammer durchgeführt. Hierfür wurde Maissilage von beiden Mieten entnommen. Blechdosen, die vorher jeweils mit 250 g Silage gefüllt worden sind, wurden mit einem Blechdeckel mit mittigem Loch verschlossen. Das Gewicht der gefüllten und verschlossenen Blechdosen wurde mit einer digitalen Waage bestimmt. Jede einzelne Blechdose wurde anschließend in einem Styroporbehälter gestellt. Auch die Styropordeckel dieser Behälter hatte ein Loch, über das ein Temperaturmessfühler genau in der Mitte der Silage platziert werden konnte. Die Styroporbehälter hatten die Aufgabe, eine konstante Temperatur der Blechdosen zu gewährleisten. Die „verpackten“ Behälter wurden in die auf 24° C vortemperierte Klimakammer gestellt. Die Silagetemperatur im Inneren der Blechdosen wurde über neun Tage

kontinuierlich erfasst. Sobald die Temperatur um 3° C anstieg, war per Definition eine aerobe Instabilität gegeben. Nach Abschluss der Messungen wurden die Dosen verwogen und die Silagequalität beurteilt. Weiterhin sollte der pH-Wert jeder Wiederholung am ersten und letzten Tag des Versuches bestimmt werden.

4.2 Ergebnisse

Beim Öffnen der Flachsilos wiesen beide Silagen in 0,4 m Tiefe vergleichbare Temperaturen auf (s. Abbildung 2).

Silo 2A (mit Harnstoff): 13,0 °C

Silo 2B (ohne Harnstoff): 13,0 °C

Bereits eine Woche nach der Öffnung stieg die Temperatur in beiden Silos auf 15 °C, nach weiteren 4 Wochen stieg die Temperatur auf über 20° C an. Mitte Februar wurden dann die Maximumwerte erreicht. Bei beschleunigtem Vorschub Ende April fiel die Temperatur wieder leicht ab.

In der Tabelle 4.1 sind die mittleren Temperaturen aufgeführt.

Tabelle 4.1: Mittlere Temperatur der Silagen am Anschnitt über den gesamten Zeitraum

Variante	n	Durchschnitts- temperatur in °C	Standard- abweichung in °C	Minimum in °C	Maximum in °C
Kontrolle	44	21,0	4,1	12,0	28,7
mit Harnstoff	44	20,8	3,6	13,0	26,8

Ein Einfluss des Harnstoffzusatzes war nicht ersichtlich. Beide Silagen wurden warm, trotz eines Vorschubs im Bereich von 1,5 bis 2 m je Woche. Zwischen den Messpunkten bestanden dabei Unterschiede. Die stärkste Nacherwärmung zeigte sich in beiden Silagen beim Messpunkt in der oberen Mitte. Zu erklären war dies mit Unterschieden in der Dichtlagerung. Da die Mieten relativ schmal waren, konnte zu oberst nicht mehr konsequent versetzt gefahren werden. Als Folge war in der Mitte eine verminderte Verdichtung durch den Radlader gegeben.

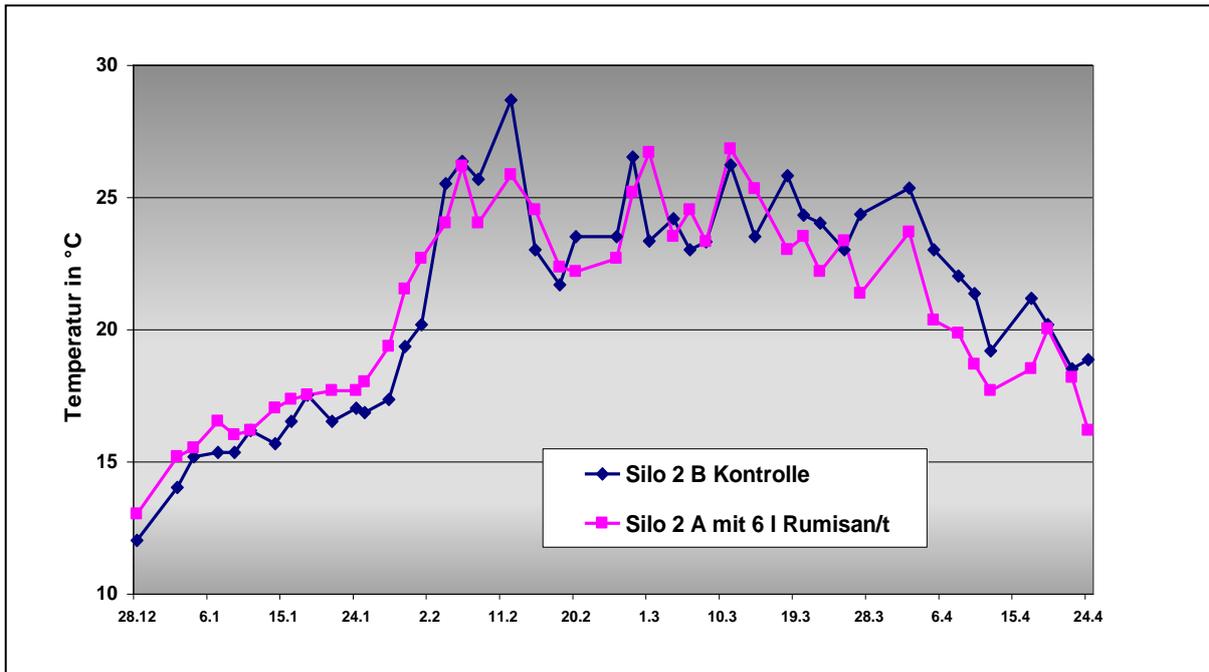


Abbildung 2: Temperaturentwicklung der Maissilage mit und ohne Harnstoff
- 28.12.2001 bis 24.04.2002 -

Aus der Tabelle 4.2 sind die Ergebnisse der Versuche zur Prüfung der aeroben Stabilität in der Klimakammer ersichtlich. In beiden Versuchen zeigte sich sowohl die Kontrolle als auch die mit Harnstoff einsilierte Silage als aerob instabil. Nach 9 Tagen aerober Lagerung waren die Silagen vollkommen verdorben. Die Messung des pH-Werts unterblieb daher.

Tabelle 4.2 Aerobe Stabilität der Maissilage (Tage) in den Klimakammerversuchen

Behandlung	Kontrolle	mit Harnstoff
22.01. – 31.01.	1,25	1,0
04.02. – 13.02.	0,3	1,6

4.3 Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse zeigten, dass die gefütterten Maissilagen der Nacherwärmung unterlagen. Ein Effekt des Harnstoffs war nicht ersichtlich. Dies deckt sich mit den Ergebnissen aus Haus Riswick in Laborsilos im Rahmen des Ringversuchs (KALZENDORF et al., 2002). In diesem Versuch kam allerdings eine andere Mais-sorte zum Einsatz. Eine Begründung für die starke Anfälligkeit des eingesetzten

Mais für aerobe Instabilität kann an dieser Stelle nicht gegeben werden. Die Verdichtung der Silagen lag gemessen mit dem Siloboy von Paus, Borken, bei einer Messtiefe von 135 cm bei etwa 190 kg Trockenmasse je m³. Dieser Wert entspricht der derzeitigen Praxis, auch wenn die Empfehlungen (Arbeitsgemeinschaft der Nordwestdeutschen Landwirtschaftskammern, 2002) nicht erreicht wurden.

Auf Grund des relativ großen Vorschubs hielt sich die Nacherwärmung und die Veränderung der Silage im Hinblick auf den Hygienestatus in Grenzen. Augenscheinlich waren keine Verpilzungen zu erkennen. Da kein Unterschied in der aeroben Stabilität zwischen den Silagen bestand, war auch keine Auswirkung in der Fütterung zu erwarten. Da daneben auch die am Hammel ermittelten Futterwerte übereinstimmten (siehe Kapitel 3), kann der mit den Silagen durchgeführte Fütterungsversuch weitgehend unabhängig von etwaigen Siliereffekten betrachtet werden.

5. Fütterungsversuch

Um eine vergleichbare Anfütterung zu erzielen, wurden sämtliche für den Versuch zur Verfügung stehenden Kühe nach Öffnung der Maissilagen mit und ohne Harnstoff vom 28.12.2001 bis zum Versuchsbeginn mit gleichen Anteilen aus beiden Mieten versorgt.

Tiereinteilung:

Zum 08.01.2002 erfolgte die Einteilung der Probanden auf die zwei Versuchsgruppen. 24 Paare wurden, nach zuvor durchgeführter Milchleistungsprüfung, nach folgenden Kriterien zusammengestellt:

- Laktationsnummer (L-Nr.)
- Laktationstag (L-Tag)
- Milchmenge (MM), kg
- Fett, %
- Eiweiß, %
- Energiekorrigierte Milch (ECM), kg
- Lebendmasse (LM), kg

Die energiekorrigierte Milch (ECM) ist eine Rechengröße unter Einbeziehung von Fett- und Eiweißgehalt in der Milch. Im Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesell-

schaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2001) bzw. von der DLG, 2001 wurde folgende Formel erarbeitet:

$$\text{ECM (kg/Tag)} = \text{Milch (kg)} \times \frac{(0,38 \times (\text{Fett \%}) + 0,21 \times (\text{Eiweiß \%}) + 1,05)}{3,28}$$

Zur Standardisierung der Milchenergieausscheidung wird ein Eiweißgehalt von 3,4 % und ein Fettgehalt von 4,0 % gewählt. Es ergibt sich dann ein Energiebedarf von 3,28 MJ NEL/kg Milch.

Tabelle 5.1: Mittlere tägliche Leistung der Versuchsgruppen bei Versuchsbeginn
- Anzahl Kühe je Gruppe, n = 24 -

Behandlung	L-Nr.	L-Tag	MM, kg	Fett, %	Eiweiß, %	ECM, kg	Lebendmasse, kg
Kontrolle	3,83	102	39,4	3,75	3,26	38,0	685
Mit Harnstoff	3,58	100	39,2	3,75	3,28	37,8	685

Das Leistungsniveau in beiden Gruppen ist in Tabelle 5.1 aufgeführt. Versuchsbeginn war der 08.01.2002; nach 105 Versuchstagen wurden der Versuch am 22.04.2002 beendet.

Der Versuch wurde im Fütterungsversuchsstall R2 durchgeführt. Hier werden die Futteraufnahmedaten jeder Kuh über die Einzeltrogwiegeeinrichtung der Firma Westfalia Landtechnik (Oelde) automatisch erfasst. Jede Versuchsgruppe wurde in einem Stallabteil mit jeweils 12 Einzeltrögen gehalten (Tier : Fressplatzverhältnis 2:1). Sämtliche Kühe einer Gruppe hatten Futteranrecht an allen Trögen ihres Stallabteils, täglich zeitlich begrenzt durch eine etwa zweistündige Reinigungs- und Befüllzeit der Tröge.

Rationsgestaltung:

Im Versuchszeitraum wurde am Trog eine Mischration aus den Einzelkomponenten Maissilage, Grassilage, Biertreibersilage und Ergänzter gefüttert. Diese Futtermischungen wurden mit dem Fräsmischwagen einmal täglich für jede Gruppe erstellt und in die Einzeltröge gefüllt. Vorgelegt wurde ad libitum bei einem angestrebten Futterrest von 5 -10 %.

Folgende TM-Anteile wurden in der Mischung realisiert:

55,5 % Maissilage, jeweils mit oder ohne Futterharnstoff

18,5 % Grassilage

6,0 % Biertrebersilage

20,0 % Ergänzungsfutter

Die Anteile wurden, nach Maßgabe der DLG-Information 1/2001, berechnet für eine tägliche Milchleistung von 30 kg je Kuh. Erforderlich sind eine Energiedichte von 6,9 MJ NEL und ein nXP-Gehalt von 160 g/kg TM.

Tabelle 5.2: Untersuchungsergebnisse und Kalkulationsgrößen von Einzelfuttermitteln der Mischungen, je kg TM

	Mais- silage Kontrolle	Mais- silage mit Harnstoff	Ergänzer Kontrolle	Ergänzer Harnstoff	Gras- silage 1	Gras- silage 2	Biertreber- silage
TM, g/kg	339	344	887	874	334	537	240
XA, g	34	35	99	82	140	104	50
XP, g	78	93	339	258	151	135	245
XL, g	36	32	44	38	30	30	100
XF, g	171	163	59	53	231	246	190
XS, g	363	375	238	361	-	-	20
XZ, g	15	15	75	60	15	89	30
NEL, MJ	7,2	7,2	8,0	8,0	6,15	6,2	6,9
nXP, g	141	141	225	200	135	137	184
RNB, g	-10,1	-7,7	18,2	9,3	2,3	-0,3	9,8
SW	1,48	1,48	0,08	0,00	2,67	2,88	1,00

Die Tabelle 5.2 zeigt eine Aufstellung der einzelnen, im Versuch eingesetzten Futtermittel mit ihrem Futterwert. Für die Maissilagen resultieren die Futterwerte aus der Verdaulichkeitsbestimmung (siehe Tabelle 3.2), bei der Biertrebersilage wurden Tabellenwerte eingesetzt. Die Energiegehalte in den Ergänzern wurden auf Basis des Hohenheimer Futterwerttests ermittelt. In den Grassilagen wurden die Energiegehalte auf Basis der Rohnährstoffe geschätzt. Analysiert wurden das Ausgangsmaterial und eine Sammelprobe, angegeben sind die mittleren Gehalte.

Vom 05.01.2002 bis zum 06.03.2002 wurde die Grassilage 1 (1. Schnitt Mähweide) eingesetzt, danach bis zum Versuchende die Grassilage 2 (2. Schnitt Mähweide).

Die Ergänzungsfutter wurden über eine fahrbare Mahl- und Mischanlage aus den in Tabelle 5.3 aufgeführten Anteilen als Vormischung erstellt.

Tabelle 5.3: Zusammensetzung der Ergänzungsfutter

Komponente	Kontrolle	Mit Harnstoff
Sojaextraktionsschrot	61 %	40 %
Winterweizen	30 %	51 %
Mineralfutter (22/2/8)	7 %	7 %
Sojaöl	2 %	2 %

Für die Erstellung der Ergänzungsfutter wurde bewusst Soja- und nicht Rapsextraktionsschrot eingesetzt, da die Energiedichte von Sojaextraktionsschrot ähnlich der von Winterweizen ist. Die beiden Ergänzungsfutter entsprachen sich im Energiegehalt. Unterschiedlich waren auf Grund des Austausches von Weizen gegen Sojaextraktionsschrot die Gehalte an Stärke, nXP und RNB. Der um ein Drittel reduzierte Einsatz von Sojaextraktionsschrot in dem Ergänzter für die Harnstoffgruppe ergab, bezogen auf die mittlere tägliche Mischrationaufnahme je Kuh für diese Gruppe, eine Substitution von 0,9 kg Sojaextraktionsschrot durch 0,9 kg Winterweizen.

Oberhalb von 30 kg Milch bei Kühen und 25 kg bei Färsen wurde leistungsabhängig über Abrufstationen ein Standard-Milchleistungsfutter zugeteilt. Dieses Ergänzungsfuttermittel für Milchkühe hatte laut Herstellerangabe folgende Gehalte je kg:

18 % Rohprotein	6,7 MJ NEL
3,5 % Rohfett	160 g nXP
13 % Rohfaser	3 g RNB
7,3 % Rohasche	ca. 300 g Stärke und Zucker

Die auf Basis der in Tabelle 5.2 aufgeführten Daten kalkulierten Futterwerte der Mischrationen sind der Tabelle 5.4 zu entnehmen. Die unterschiedlichen Futterwerte der Grassilagen hatten nur wenig Einfluss auf die Mischrationen. Das kalkulierte nXP-Niveau entsprach den Vorgaben mit 160 g in der Kontrollgruppe und 155 g/kg

TM in der Versuchsgruppe. Die RNB war in beiden Gruppen leicht negativ. Bei der Grassilage 2 war dieser Effekt stärker. Der angestrebte Ausgleich der RNB durch den Harnstoff konnte nicht vollständig realisiert werden. Der höhere Stärkegehalt bei den Mischungen mit Harnstoff resultierte aus dem höheren Winterweizenanteil.

Tabelle 5.4: Kalkulierte Futterwerte der im Versuch eingesetzten Mischrationen

Grassilage	Kontrolle		Mit Harnstoff	
	1	2	1	2
TM, g/kg	440	478	439	476
Rohasche (XA), g/kg	69	62	66	60
Rohprotein (XP), g/kg	154	151	146	143
Rohfett (XL), g/kg	40	40	37	37
Rohfaser (XF), g/kg	163	166	160	162
Stärke (XS), g/kg	250	250	282	282
Zucker (XZ), g/kg	28	42	25	39
NEL, MJ/kg TM	7,15	7,16	7,15	7,16
nXP, g/kg TM	159	160	154	155
RNB, g/kg TM	- 0,9	-1,4	- 1,3	-1,9
SW, /kg	1,39	1,43	1,38	1,41

Futteraufnahme und Leistung:

An allen Werktagen wurden die Mischrationen beider Versuchsgruppen beprobt. Anschließend erfolgte die Ermittlung des Trockenmassegehaltes in einem Labor in Haus Riswick. Für Wochenenden und Feiertage wurden für den TM-Gehalt jeweils Wochenmittelwerte eingesetzt.

In der Kontrollgruppe fiel eine Kuh wegen Stoffwechselstörung aus. In die Betrachtung wurde der entsprechende „Passer“ in der Versuchsvariante ebenfalls nicht einbezogen. Somit wurden die Leistungsdaten von 2 x 23 Probanden ausgewertet.

Die im Beobachtungszeitraum 08.01.2002 bis 22.04.2002 realisierten mittleren Futteraufnahmen sind der Tabelle 5.5 zu entnehmen. Die Kühe der Gruppe mit Harnstoff nahmen im Mittel täglich 0,6 kg TM mehr Mischration auf. Diese Kühe verzehrten täglich über die Mischration etwa 30,5 kg Maissilage mit Harnstoff. Wie

schon erwähnt, wurden 7 kg RUMISAN-SOL je t zudosiert. Dies entspricht 2,4 kg Harnstoff/t. Bei Ansatz von 25 % Verlust an Harnstoff über Ausgasung von Ammoniak errechnet sich eine tägliche Versorgung mit 64 g Harnstoff je Kuh und Tag. Dieser Wert stellt physiologisch kein Problem dar.

Tabelle 5.5: Mittlere tägliche Futteraufnahme im Versuchszeitraum
(n = 23 je Gruppe)

Gruppe	Kontrolle	Mit Harnstoff
Mischration, kg TM	18,2 ± 1,9	18,8 ± 1,9
Milchleistungsfutter, kg	3,1 ± 1,2	2,7 ± 1,5
Gesamt-TM-Aufnahme, kg	20,9 ± 2,3	21,2 ± 2,4

Die Anpassung der Milchleistungsfuttergaben in der Abrufstation wurde nach festem Zuteilungsschema im 14-tägigen Rhythmus durchgeführt. Die täglich abgerufene (=gefressene) Kraftfuttermenge je Kuh entsprach zu mehr als 95 % der zugeteilten Menge. Die Milchleistungsfutteraufnahme war bei den Kühen der Variante mit Harnstoff im Mittel 0,4 kg/Kuh/Tag niedriger. In der Gesamt-Trockenmasseaufnahme unterschieden sich beide Gruppen nicht.

Die Kühe der Kontrollvariante nahmen täglich 18,2 kg TM Mischration auf. Multipliziert mit der negativen RNB von -0,9 bzw. -1,4 g N/kg TM ergab sich eine negative RNB von -16 bis -25 g N je Tag. Das Milchleistungsfutter wies eine RNB von 3 g N je kg auf; bei 3,1 kg MLF-Aufnahme ergab dies +9 g N. In der Summe verblieb für die Gesamtration einer Kuh der Kontrollgruppe noch eine negative RNB von -10 bis -20 g N je nach Futteraufnahme und Fütterungsabschnitt. In der Gruppe mit Harnstoff lag die rechnerische RNB um etwa 8 g N je Kuh und Tag niedriger.

Im wöchentlichen Rhythmus erfolgte eine Milchleistungsprüfung (MLP) nach den Richtlinien des LKV Rheinland e.V. in Bonn. Die Milchmenge wurde über die elektronische Milchmengenmessung bei jeder Melkung registriert. Nach jeder Melkung wurden die Kühe nach Verlassen des Drehmelkstandes automatisch verwogen. Die Leistungsdaten der Versuchsgruppen sind in Tabelle 5.6 aufgeführt. In den aufgeführten Parametern zeigten sich nur sehr geringe Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Milchleistung lag in beiden Gruppen im Mittel bei 35 kg Milch je Tier

und Tag bei 3,9 % Fett und 3,25 % Eiweiß. Ein Einfluss der unterschiedlichen Fütterung war nicht gegeben. Unter den Bedingungen des Versuchs resultierten somit gleiche Leistungen. Dies galt auch für die Lebendmasse mit im Mittel 705 kg je Kuh. Ein gewisser Unterschied zeigte sich im Harnstoffgehalt der Milch. In der Gruppe mit Harnstoff lag dieser mit 221 ppm niedriger als in der Kontrollgruppe mit 235 ppm. Dies steht in Übereinstimmung mit den Unterschieden in der RNB. Der Milchharnstoffgehalt wurde im Zentrallabor des LKV Rheinland e.V. mit dem Autoanalyzer exakt bestimmt und nicht, wie bei der MLP üblich, mit Schätzformel ermittelt.

Tabelle 5.6: Mittlere tägliche Milchleistung der Kühe im Versuch (n = 23 je Gruppe)

Gruppe	Kontrolle	Mit Harnstoff
Milch, kg	35,0 ± 6,6	35,2 ± 5,2
Fett, %	3,88 ± 0,54	3,94 ± 0,50
Eiweiß, %	3,25 ± 0,19	3,25 ± 0,19
ECM, kg	34,2 ± 6,1	34,6 ± 4,8
Harnstoff, ppm	235 ± 26	221 ± 20
Lebendmasse, kg	705 ± 72	706 ± 67

Diskussion

Beide Gruppen lagen mit 35,0 und 35,2 kg Milch/Tag bei im Mittel 155 Laktationstagen über dem Leistungsniveau der Riswicker Herde (9.500 kg Milch/Kuh/Jahr). Wegen der für den Laktationsabschnitt üblichen, etwas niedrigeren Milchinhaltstoffe betragen die Mengen an ECM im Durchschnitt 34,2 und 34,6 kg je Tag. Bemerkenswert war somit die relativ hohe Leistung in beiden Gruppen während des Versuchszeitraumes. Das beobachtete Leistungsniveau steht in guter Übereinstimmung zu der am Hammel gemessenen Futterqualität der Maissilagen und der erzielten Futteraufnahme. Dies zeigt sich auch bei einer Kalkulation der Energie- und Nährstoffbilanzen.

Tabelle 5.7: Kalkulierte Versorgung der Kühe mit NEL und nXP im Versuch

Gruppe	Kontrolle		Mit Harnstoff	
	NEL MJ/Tag	nXP g/Tag	NEL MJ/Tag	nXP g/Tag
<u>Versorgung:</u>				
- Mischration	130	2.894	134	2.895
- Milchleistungsfutter	21	496	18	432
gesamt	151	3.390	152	3.327
<u>Bedarf:</u>				
- Erhaltung	40	470	40	470
- Milch	112	2.870	113	2.886
gesamt	152	3.340	153	3.356
Bilanz	- 1	+50	- 1	- 29

Bei Ansatz der in den Tabellen 5.4 bis 5.6 angegebenen Werte ergeben sich die in Tabelle 5.7 aufgeführten Bilanzen für NEL und nXP. Ohne Berücksichtigung der Veränderungen in der Lebendmasse resultiert für beide Gruppen eine ausgeglichene Energiebilanz. Zurückzuführen ist dies auf die relativ hohe Futteraufnahme. Ursächlich für die hohe Futteraufnahme dürfte die gute Qualität der Maissilage gewesen sein. Der an Hammeln bestimmte Energiegehalt war erheblich höher als zuvor kalkuliert. Insgesamt waren die gefütterten Rationen so konzipiert, dass eine bedarfs- und wiederkäuergerechte Versorgung gegeben war. Die Versorgung mit Stärke und Zucker lag im oberen Bereich der Empfehlungen. Im vorliegenden Versuch betrug die kalkulierte Aufnahme an beständiger Stärke 1.400 bis 1.500 g je Tier und Tag.

Auf Grund der im Vergleich zur Leistung hohen Futteraufnahme ergab sich auch für die nXP-Versorgung in beiden Gruppen eine ausgeglichene bzw. schwach negative Bilanz. Die eingestellte nXP-Versorgung reichte für die realisierte Leistung. Offensichtlich konnte der mit dem Futterharnstoff in die Silage eingebrachte Stickstoff für die mikrobielle Proteinsynthese genutzt werden. Auf Grund der negativen RNB war kein Überschuss an Stickstoff gegeben. Der beobachtete Unterschied im Harnstoffgehalt der Milch erklärt sich aus dem Unterschied in der RNB. Dass die kalkulierte, leicht negative RNB nicht zu Leistungseinbußen führte, steht in Übereinstimmung mit

aktuellen Versuchsergebnissen aus Frankenforst (HOVENJÜRGEN et al., 2002) und Iden (KLUTH et al., 2001). Bei bedarfsdeckender Versorgung mit nXP ist eine leicht negative RNB auch bei Hochleistungstieren auszugleichen. Die vorliegenden Ergebnisse rechtfertigen aber noch nicht eine Änderung der Empfehlungen zum Ausgleich der RNB. Hierzu sind weitere Versuche zur Abklärung der Zusammenhänge erforderlich.

Fazit:

Aus dem Fütterungsversuch resultiert als Fazit, dass unter den gegebenen Bedingungen gleiche Leistungen bei den Kühen zu erzielen waren. Der Futterharnstoff konnte, wie schon erwähnt, offensichtlich für die mikrobielle Proteinsynthese genutzt werden. Bei einer nXP-Versorgung nach Empfehlung kann somit Harnstoff im Silomais zum Ausgleich der negativen RNB genutzt werden.

6. Ökonomische Bewertung

Da kein Unterschied in der Leistung im vorliegenden Versuch gegeben war, kann auf Basis der Daten ein Vergleich der Wirtschaftlichkeit erfolgen. Ein wesentlicher Aspekt für den Einsatz von Futterharnstoff in der Praxis sind Kosten und Leistungen. Diese hängen in erster Linie vom Preis des Ersatzfuttermittels ab. Ein direkter Vergleich von Harnstoff mit Raps- oder Sojaextraktionsschrot ist nicht korrekt, da Harnstoff alleiniger Stickstofflieferant ist. Somit beziehen sich die in Folge aufgeführten Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit auf die im Versuch eingesetzten Mischungen. Durch den Einsatz von flüssigem Harnstoff verminderte sich die RNB von $-10,1$ auf $-7,7$ g/kg TM. Die in Tabelle 5.8 dargestellten Preise wurden für die einzelnen Futtermittel kalkuliert. Es handelt sich hier um Einkaufspreise ohne gesetzliche Mehrwertsteuer.

Tabelle 5.8: Preisfindung für die eingesetzten Futtermittel/Zusätze

Ergänzungsfutter	Sojaextraktionsschrot	22,5	€/dt
	Winterweizen	11,5	€/dt
	Mineralfutter (22/2/8)	28,0	€/dt
	Sojaöl	0,64	€/dt
	Lohn	1,53	€/dt
Maissilage	Kontrolle	8,0	€/dt TM
	Mit Harnstoff*	8,3	€/dt TM
Grassilage		10,0	€/dt TM
Biertrebersilage		9,6	€/dt TM
MLF, 160/3		13,0	€/dt

* Kosten für RUMISAN-SOL und Dosierung: 60 €/ha zzgl. MwSt., das entspricht etwa 1,10 €/t Maissilage

Die Kosten für Ergänzter, Mischration und Gesamtration sind der Tabelle 5.9 zu entnehmen. Für den Ergänzter wurden die Kosten für Vermahlung, Mischen und Befüllen des Hochsilos eingerechnet. Unter Beachtung der aufgeführten Preise ergibt sich für den Ergänzter in der Harnstoffgruppe einen Preisvorteil von 2,34 €/dt. Grund war der geringere Anteil Sojaextraktionsschrot zugunsten eines höheren Winterweizenanteils und die Preisdifferenz zwischen den beiden Komponenten. Der TM-Anteil des Ergänzters an der Mischration von 20 % führte hier noch zu einer Kostendegression von 0,4 Cent/kg TM. Auf die Gesamtration (Mischration plus MLF) bezogen ergibt sich für diesen Versuch ein Preisvorteil von 0,37 Cent/kg TM zugunsten der Variante mit Harnstoff. Die Berechnung der Futterkosten je Kuh und Tag ergeben für die Kontrolle 2,56 € und für die Variante mit Harnstoff 2,48 €. Beim Vergleich der Kosten je kg ECM war in diesem Versuch durch den Einsatz von RUMISAN-SOL in Maissilage eine Einsparung von 0,3 Cent möglich.

Tabelle 5.9: Kosten von Ergänzer, Mischration und Gesamtration

Kosten	Kontrolle	Mit Harnstoff
Ergänzer, €/dt	21,97	19,63
Mischration, Cent/kg TM	11,9	11,5
Mischration und MLF, Cent/kg TM	12,24	11,87
Kosten Gesamtration, €/Tag	2,56	2,48
Kosten je kg ECM, Cent	7,5	7,2

Fazit

Der Einsatz von mit Futterharnstoff siliertem Silomais bei gleichzeitigem Austausch von Sojaextraktionsschrot gegen Weizen hatte keine Auswirkungen auf die mittlere Milchleistung. Der Austausch von 0,9 kg Sojaextraktionsschrot gegen 0,9 kg Weizen bewirkte bei der angenommenen Preiskonstellation eine Vergünstigung des Erganzers von 2,34 EUR/dt. Dies ergibt für die Gesamtration mit Harnstoff, bezogen auf 1 kg energiekorrigierte Milch, einen Kostenvorteil von 0,3 Cent.

Die Temperaturentwicklungen in den Versuchsmieten zeigten keine Vorteile der Harnstoffvariante, so dass diese für die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit nicht berücksichtigt wurden. Bei Verbesserung der aeroben Stabilität durch Zusatz von Harnstoff steigt die Wirtschaftlichkeit des Harnstoffeinsatzes weiter an.

7. Gesamtdiskussion

Der vorliegende Versuch zeigte, dass flüssiger Futterharnstoff mit Erfolg als Zusatz von Mais bei der Silierung Verwendung finden kann und in der Fütterung von Milchkühen zu nutzen ist. Begleitende Untersuchungen in zwei Praxisbetrieben bestätigen dies. Im Rahmen der gültigen Kennwerte der Rationsplanung für NEL, nXP und RNB kann Harnstoff in Silomais somit Verwendung finden. Zu beachten ist, dass im Gegensatz zum Harnstoffeinsatz über das Krafffutter ein Teil des Harnstoffs bei der Silierung verlustig geht. Die bisher in Ansatz gebrachte Größe von etwa 75 % zu nutzendem Harnstoff wurde bestätigt.

Weiterhin zeigte sich auch im vorliegenden Versuch, dass die Wirkungssicherheit des Harnstoffs im Hinblick auf die aerobe Stabilität nicht immer gegeben ist. Die Verbesserung der aeroben Stabilität kann bei der Einsatzentscheidung somit nicht im

Vordergrund stehen. Sie ist ein willkommener Zusatzeffekt. Im Vordergrund muss der Einsatz des Harnstoffes zur Deckung des N-Bedarfs der Pansenmikroben stehen. Für Betriebe mit einer entsprechenden negativen RNB in der Grundration ist der Einsatz von flüssigem Harnstoff bei der Silierung von Silomais daher zu empfehlen. Die vorliegenden Empfehlungen des DLG-Ausschusses für Futterkonservierung (siehe Anlage) wurden somit bestätigt.

Weitere Untersuchungen zu Effekten bei der Konservierung sind erforderlich. Im Vordergrund steht hierbei die Wirkungssicherheit in Richtung aerobe Stabilität. Die Bedingungen für die Wirkung sind weiter abzuklären.

Die flüssige Einbringung über den Melasse-Dosierer am Häcksler ist unproblematisch und gewährt eine gleichmäßige Verteilung.

Die vorliegenden Ergebnisse und die angesprochenen Daten aus Frankenforst und Iden sollten weitere Versuche zum notwendigen RNB-Ausgleich anregen. Bis zur Vorlage weiterer Daten gilt die Empfehlung zum Ausgleich der RNB weiterhin.

8. Empfehlungen für die Beratung

Aus den vorliegenden Ergebnissen leiten sich in Übereinstimmung mit der Empfehlung des DLG-Ausschusses für Futterkonservierung folgende Empfehlungen zum Einsatz von Futterharnstoff in Silomais ab:

1. Der Einsatz von Futterharnstoff kommt für Bullenmäster und Milchviehhalter mit hohem Proteineränzungsbedarf in Betracht. Die Einbringung bei der Silierung von Silomais kann Vorteile in der aeroben Stabilität bringen.
2. Der Einsatz von flüssigem Futterharnstoff zur Maissilage empfiehlt sich für Betriebe mit stark negativer RNB ($> -50\text{g N}$) in der Grundration.
3. Etwa 75 % des N aus Harnstoff ist anzusetzen; bei der Analyse der Rohprotein-gehalte in der behandelten Maissilage ist die leichte Flüchtigkeit bei der Trocknung zu beachten.

4. In der Ration kann Futterharnstoff die RNB aus Raps- oder Sojaextraktionsschrot ersetzen. Da Harnstoff kein Futterprotein liefert, ist eine Erhöhung der Harnstoffzulage über die empfohlenen 6 l/t FM hinaus wegen möglicher nXP-Unterversorgung zu vermeiden.
5. Bei Einsatz von Futterharnstoff muss eine gleichmäßige Verteilung gewährleistet sein und eine gleitende Futterumstellung erfolgen.
6. Wird Futterharnstoff gezielt zum Ausgleich der RNB im Austausch gegen Eiweißträger eingesetzt, ist bei derzeitigen Preisen die Wirtschaftlichkeit gegeben.
7. Die Wirkungssicherheit bei Minderung der Gefahr von Nacherwärmung ist nicht immer gewährleistet.
8. In der Beratung sind die Aspekte des Harnstoffeinsatzes bezüglich der Konservierung und der Fütterung gleichrangig zu behandeln.

Anhang:**Empfehlungen der DLG zum Einsatz von Futterharnstoff in Silomais**s. www.futtermittel.net

Erarbeitet von: Dr. Hubert Spiekers, LK Rheinland, Bonn
 Dr. Johannes Thaysen, LK Schleswig-Holstein, Osterrönfeld
 in Abstimmung mit dem **DLG-Ausschuss Futterkonservierung**
Stand: September 2002

Einsatzgründe:

- Futterharnstoff ergänzt die Ration von Rindern mit Stickstoff zum Ausgleich der ruminalen Stickstoff-Bilanz (**RNB**).
- Über die Abspaltung von Ammoniak zu Beginn der Gärphase kann Harnstoff die Aktivität von Hefen hemmen und damit die aerobe Stabilität positiv beeinflussen.

Einsatzgebiete:

- Bei der Silierung von Mais, der für Rationen bei Milchkühen, Mastbullen, Jungrindern und Mutterkühen mit negativer RNB vorgesehen ist. Die RNB der Ration, ohne Harnstoff, sollte bei **< - 2 g N** je kg Trockenmasse liegen.
- Oberflächenbehandlung zur Verbesserung der aeroben Stabilität; Voraussetzung ist eine Vermischung der behandelten und unbehandelten Silage bei der Fütterung oder ein gezielter Einsatz der unterschiedlich behandelten Bereiche.

Einsatzmengen:

- Aus futtermittelrechtlichen Gründen kommt nur Futterharnstoff in Betracht.
- Ganzbehandlung: **0,5 bis 1 %** Harnstoff in der TM
 Faustzahl: **3 kg** Harnstoff je t Silomais
 Oberflächenbehandlung: - 600 g/m² bei TM < 28 %
 - 800 g/m² bei TM > 28 %

Einbringung:

- Möglichst flüssiger Harnstoff (z.B. 6 l je t), da bessere Verteilung und Technik vorhanden; bei eigener Anmischung frühzeitig disponieren und heißes Wasser verwenden; gezielte Dosierung am Häcksler (Technik zur Melasse-Dosierung kann genutzt werden); eine Kombination mit Milchsäurebakterien ist möglich.
- Technik der Oberflächenbehandlung ist noch nicht gelöst; zur Oberflächenbehandlung eignet sich auch geprillter Harnstoff, schichtweise Verteilung mit Siloverteilwalzen.
- Übliche Anforderungen an Ernteverfahren, Verdichtung und Abdeckung sind zur Gewährleistung der Gärung und der aeroben Stabilität unbedingt einzuhalten.

Wirkung:

- Langsamere pH-Absenkung durch Pufferwirkung; teils höhere Milchsäuregehalte (ca. 1 % in der TM); bei hohen Aufwandmengen (> 5 kg/t) Tendenz zur Bildung von Buttersäure.
- Aerobe Stabilität vielfach verbessert, aber keine volle Wirkungssicherheit.
- Futterwert ist mit Ausnahme der RNB unverändert.
- Ein Teil des N geht als NH_3 verloren; etwa 75 % des N aus Harnstoff ist anzusetzen.
- Zur korrekten Erfassung der Rohproteingehalte in der Maissilage ist eine Analyse im Frischmaterial erforderlich.

Rationsgestaltung:

- In der Fütterung ist die höhere RNB der Maissilage mit Harnstoff in Ansatz zubringen; Rohproteinausgleich absenken.
- Bei höheren Leistungen ist die nXP-Versorgung zu beachten; evtl. MLF mit höherem nXP-Gehalt einsetzen.
- Maissilage mit Harnstoff gleichmäßig in der Ration verteilen; Anfütterung und hohe Konstanz in der Fütterung gewährleisten.

Wirtschaftlichkeit:

Wird der Harnstoff gezielt zum Ausgleich der RNB im Austausch gegen Eiweißträger eingesetzt, ist bei den derzeitigen Preisen die Wirtschaftlichkeit gegeben; dies gilt für die Milchviehfütterung, Bullenmast und Jungrinderaufzucht.

Fazit:

Der Einsatz von flüssigem Futterharnstoff zu Maissilage empfiehlt sich für Betriebe mit negativer RNB in der Grundration. Der Einsatz ist aus Sicht der Fütterung zu beurteilen. Als Nebeneffekt resultiert eine Minderung der Gefahr der Nacherwärmung.

Literatur:

ARBEITSGEMEINSCHAFT DER NORDWESTDEUTSCHEN LANDWIRTSCHAFTSKAMMERN (2002):

Futterkonservierung – Siliermittel, Dosiergeräte, Silofolien; 6. Auflage, 207 Seiten
Bearbeitet von: J. THAYSEN; C. KALZENDORF, M. SOMMER; U. von BORSTEL; J. MATTHIAS; H. SPIEKERS; F. RAUE; G. PAHLOW; H. NUSSBAUM; W. RICHTER; F. HERTWIG; H. JÄNICKE

DLG (2001): Empfehlungen zum Einsatz von Mischrationen bei Milchkühen
 DLG-Information 1/2001
 DLG, Frankfurt a. M

GfE (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (1991): Leitlinien zur Bestimmung der Verdaulichkeit von Roh Nährstoffen an Wiederkäuern
 J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr. 65, 229-234

GfE (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (1995): Zur Energiebewertung beim Wiederkäuer
 Proc. Soc. Nutr. Physiol. (1995) 4, 121 – 123

GfE (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder
 Heft Nr. 8
 DLG-Verlag, Frankfurt a. M.

GROSS, F.; G. KOCH; G. KOLLER (1974): Harnstoff im Maisgärfutter
 Das Wirtschaftseigene Futter 1974, Seiten 210 bis 227

HOVENJÜRGEN, M.; A. KÖNIG; H. SPIEKERS; J. GRIESE; E. PFEFFER (2002): Negative RNB in einer hochleistenden Milchviehherde über eine gesamte Laktation
 VDLUFA – Kongressband 2002, im Druck

JÄNICKE, H.; J. WOLF; B. LOSAND; F. HERTWIG (2002): Verfahrenswahl bei Maisernte und -konservierung: Wenn CCM gewählt wird – einige Produkteigenschaften und Empfehlungen
 Bauernzeitung Heft 43, 44 - 45

KALZENDORF, C.; H. JÄNICKE; F. HERTWIG; J. THAYSEN; M. SOMMER; H. SPIEKERS (2002): Wirkungen von Siliermitteln der Wirkungsrichtung 2 auf die aerobe Stabilität von Gras- und Maissilagen – Gemeinschaftsversuch der nordwestdeutschen Landwirtschaftskammern, der Landesanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern und dem Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft Brandenburg, 50 Seiten
Druck und Herausgabe: Landwirtschaftskammer Weser-Ems, Oldenburg

KLUTH, H.; T. ENGELHARD; M. RODEHUTSCORD (2001): Ist eine positive Ruminale N-Bilanz (RNB) in der Fütterung der Hochleistungskuh erforderlich ?
 VDLUFA – Kongressband 2001, 616 - 619

SPIEKERS, H.; N. MUES (2001):

Futterwert und Siliereignung von Maissilage in Abhängigkeit vom Sortentyp, 23 Seiten
Riswicker Ergebnisse **2/2001**

Landwirtschaftskammern NRW: Referat Tierische Erzeugung – LWZ Haus Riswick,
Bonn/Kleve

SPIEKERS, H.; N. MUES; H.-G. GERIGHAUSEN (2000):

Einsatz von Harnstoff bei der Einsilierung von Mais

VDLUFA-Schriftenreihe **53**, Kongressband 2000, Teil III, 40 - 45

SPIEKERS, H.; J. THAYSEN; E. PFEFFER (2002):

Determining OM digestibility's of maize silage in whethers, comparison of crude protein
adjustment by urea or feed protein

Proc. Soc. Nutr. Physiol. (2002) **11**, 135