

Landesforschungsanstalt  
für Landwirtschaft und Fischerei  
Mecklenburg-Vorpommern  
Institut für Tierproduktion

## **Abschlussbericht**

Bezeichnung der Forschungsleistung:

### **Konservierung von Pressschnitzeln – Beeinflussung der Silagequalität**

Fo. Nr.: 2/33

Verantwortlicher  
Themenbearbeiter: Dr. Heidi Jänicke

Mitarbeit: Dipl. agr. Ing. Marion Jakobs  
Dipl. Betriebswirt (FH) Inge Böttcher

Forschungspartner: Zuckerfabrik Güstrow der Nordzucker AG  
Referat Grünland und Futterwirtschaft Paulinenaue des  
Landesamtes für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und  
Flurneuordnung Brandenburg  
Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche  
Fakultät  
Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau,  
Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden  
Verein der Zuckerindustrie Bonn

September 2008

.....  
verantwortlicher Themenbearbeiter

.....  
Dr. Peter Sanftleben  
Leiter des Instituts für Tierproduktion

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ZIELSTELLUNG</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL und METHODEN</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>4</b>
<b>4.1</b>	<b>Pressschnitzel und Melassezusatz</b>	<b>4</b>
<b>4.2</b>	<b>Pressschnitzel und chemischer Silierzusatz</b>	<b>10</b>
<b>4.3</b>	<b>Pressschnitzel und Harnstoffzusatz</b>	<b>13</b>
<b>4.4</b>	<b>Aerobe Stabilität - Auswirkungen der Silierzusätze (Melasse, chemisches Silierhilfsmittel, Harnstoff) auf die Haltbarkeit der Pressschnitzelsilagen nach Siloöffnung</b>	<b>15</b>
<b>4.5</b>	<b>Mischsilierung mit Pressschnitzeln und Rapskuchen</b>	<b>19</b>
<b>4.6</b>	<b>Einfluss des Temperaturverlaufs auf die Gärqualität</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>FOLGERUNGEN und EMPFEHLUNGEN</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>26</b>

## **1 EINLEITUNG**

Pressschnitzel gelten als begehrtes Futtermittel. Allerdings gibt es zur Konservierung von Pressschnitzeln immer wieder Mitteilungen über Probleme und Misserfolge. Da Pressschnitzel ohne Konservierung nur über eine sehr begrenzte Lagerfähigkeit verfügen und aus Sicht der Fütterung nach der Zuckerrübenkampagne möglichst lang anhaltend als stabile Rationskomponente zur Verfügung stehen sollen, steht die Aufgabe, Pressschnitzel erfolgreich zu silieren. Daran sind nicht nur praktische Landwirte interessiert, sondern auch die Zuckerfabriken sowie verschiedene Dienstleister (Transport, Lohnunternehmer, Schlauchsilierung). So ist ein Teil der Versuche, über die im Folgenden zu berichten ist, in ihren Ansätzen sowohl auf das Interesse der Zuckerfabriken in Güstrow und Anklam (Mecklenburg-Vorpommern) zurückzuführen als auch auf die praktische Unterstützung der beiden Pressschnitzel-Hersteller im laufenden Produktionsprozess.

Für die Silierung von Pressschnitzeln gelten gegenüber anderen Siliergütern Besonderheiten, die offensichtlich Einfluss auf die entstehende Silagequalität haben. Dazu gehören die zum Teil unvermeidlich stattfindende Zwischenlagerung, der Einfluss der Temperatur beim Einsilieren und während des Gärverlaufs und die spezifischen Verhältnisse bezüglich der Mikroorganismenarten.

Theoretisch verfügen Pressschnitzel zunächst über eine gute Siliereignung. Unter praktischen Bedingungen kann diese jedoch schnell abnehmen, so dass schwer vergärbare Material zu silieren ist. Das liegt überwiegend an dem in der Zwischenlagerungszeit abnehmenden Zuckergehalt. So ermittelte NONN (1990) nach 24 Stunden Zwischenlagerung nur noch 64 % des Zuckergehalts der frischen Pressschnitzel, nach 36 Stunden nur noch 9 %. In einer anderen Untersuchung fanden KÄMPFE und RIEDEL (2001) nach zwei Tagen Zwischenlagerung noch 31-51 % der Zuckermenge frischer Pressschnitzel und nach vier Tagen noch 3-5 %. Ebenfalls nach zweitägiger Zwischenlagerung wiesen WYSS und FIVIAN (1999b) noch 42 – 51 % des Zuckergehalts in frischen Pressschnitzeln aus. Die Abnahme des Zuckers ist besonders nachteilig, da sich so das zur Verfügung stehende Gärsubstrat extrem verringert und damit die Basis für eine gute Silagequalität ungünstiger wird.

Neben einem ausreichenden Gehalt an Gärsubstrat wird die Gärneigung bestimmt durch die Puffereigenschaften des Ausgangsmaterials, die letztendlich der notwendigen Säuerung entgegenwirken sowie durch den TS-Gehalt. Die erforderliche Mikroorganismenaktivität ist abhängig von allen drei Kriterien (Gärsubstrat, Pufferwirkung, TS-Gehalt). Ein weiteres Problemfeld ist die aerobe Stabilität der Silagen nach Siloöffnung, die gesondert zu besprechen ist. Somit wird an Hand unterschiedlicher Parameter eine relativ komplexe Betrachtung erforderlich.

## **2 ZIELSTELLUNG**

Aus den Besonderheiten und den aus dem praktischen Umgang mit den Pressschnitzeln aufgeworfenen Fragestellungen, die in der Literatur nicht befriedigend beantwortet werden, wurden die Versuchsanstellungen entwickelt, die Gegenstand des Berichts sind.

Mit den durchgeführten Silierversuchen sollen Fragen zur Pressschnitzel-Konservierung beantwortet werden. Dazu werden hauptsächlich verschiedene Siliervarianten vergleichend bewertet.

Auf Basis der Ergebnisse ist eine Aktualisierung der Empfehlungen zur Silierung von Pressschnitzeln vorzunehmen.

### 3 MATERIAL und METHODEN

Literaturrecherchen und Fragen aus der Silierpraxis bei Pressschnitzeln in Mecklenburg-Vorpommern führten zu den Silierversuchen, die in den Jahren 2000-2006 angelegt wurden. Im Vordergrund stand die Erprobung von Siliervarianten. Ein Schwerpunkt war in mehreren Versuchen die aerobe Stabilität. Der entsprechende Test konnte nur in Kooperation mit anderen Einrichtungen erfolgen und wurde dankenswerter Weise durchgeführt von Dr. F. HERTWIG (LVL Brandenburg, Referat 43 Paulinenaue) und von Dr. E. OTT (Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät). Dem Komplex aerobe Stabilität wird ein gesondertes Kapitel eingeräumt, um die dazu erarbeiteten Daten zusammenzuführen.

Das Siliergut wird jeweils zu Beginn der Ergebnisdarstellung beschrieben und entstammt dem Produktionsprozess der Zuckerfabrik Güstrow. Das Ausgangsmaterial sowie die Silagen wurden analysiert nach VDLUFA-Methoden (Übersicht 1), im Labor der LFA in Gülzow und von der LUFA Rostock.

Auch die Versuchsvarianten werden zur besseren Lesbarkeit zusammen mit den Ergebnissen vorgestellt.

#### Übersicht 1: Analysemethoden

Parameter	Methode	Anmerkungen
Trockenmasse	VDLUFA III 3.1	Vortrocknung 60 °C, Restfeuchte 3 h bei 105 °C
Rohasche	VDLUFA III 8.1	klassische Weender Analytik
Rohprotein	VDLUFA III 4.1.1	
Rohfaser	VDLUFA III 6.1.1	
ADF	VDLUFA III 6.5.2	Strukturkohlenhydrate in saurer und neutraler Detergens
NDF	VDLUFA III 6.5.1	
Gesamtzucker a. Saccharose	VDLUFA III 7.1.3	polarimetrisch
ELOS	VDLUFA III 6.6.1	nach de Boever
<b>Mineralstoffe</b>		
Calcium	VDLUFA III	Veraschungsaufschluss, Bestimmung über Ionenchromatographie (ICP)
Phosphor	VDLUFA III	
Natrium	VDLUFA III	
Magnesium	VDLUFA III	
Kalium	VDLUFA III	
pH-Wert	VDLUFA III	
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	VDLUFA III 4.8.1*	freies Ammoniak – aus Siliervorgang

Fortsetzung Übersicht 1

<b>Gärsäuren</b>		
Milchsäure	LUFAR*	Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC)
Essigsäure	LUFAR*	
Propionsäure	LUFAR*	
i-Buttersäure	LUFAR*	
n-Buttersäure	LUFAR*	
i-Valeriansäure	LUFAR*	
n-Valeriansäure	LUFAR*	
n-Caprionsäure	LUFAR*	
<b>Alkohole</b>		
Methanol	LUFAR*	Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC)
Ethanol	LUFAR*	
iso-Propanol	LUFAR*	
n-Propanol	LUFAR*	
iso-Butanol	LUFAR*	

\*) Methode validiert, aber nicht akkreditiert

Auf Grund des umfangreichen Datenmaterials und der separaten wie teilweise ausführlicheren Vorstellung der einzelnen Versuchsergebnisse in laufenden Veröffentlichungen ist für die Ergebnisdarstellung eine Auswahl getroffen worden. Bevorzugt wurden Resultate, die Unterschiede zwischen den Siliervarianten aufzeigen und damit Möglichkeiten eröffnen für eine gezielte Einflussnahme auf die Silagequalität.

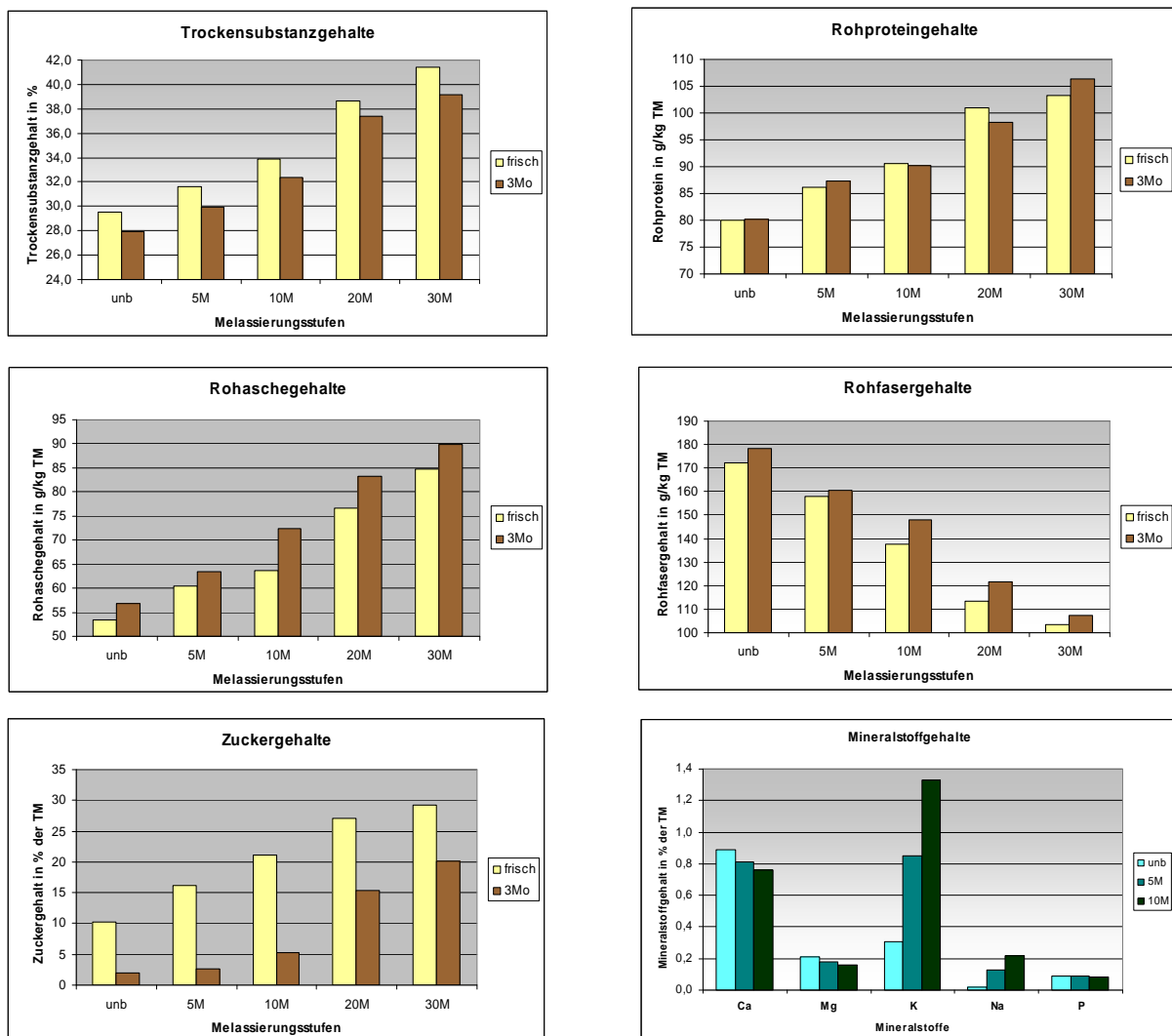
Eingegangen wird auf den Temperatureinfluss mit Blick auf die Praxisrelevanz. Für die durchgeführten Gefäßversuche gab es begleitende Temperaturmessungen und vergleichende Analysen von Silagen aus Praxisschläuchen mit identischem Ausgangsmaterial. Sie dienen zur Bestätigung der Aussagen auf Basis der Gefäßversuche, da entsprechende Übereinstimmungen vorliegen zwischen Gefäß- und Praxissilagen. Die Beobachtung der Temperaturverhältnisse ist für die Interpretation der Ergebnisse wesentlich. Dennoch müssen bezüglich der Aussagekraft der Resultate auf Grund der Temperaturentwicklungen keine Einschränkungen gemacht werden.

## 4 ERGEBNISSE

### 4.1 Pressschnitzel und Melassezusatz

**Auswirkungen der Melassierung von Pressschnitzeln in verschiedener Höhe auf das Siliergut, den Silierverlauf und die Silagequalität (Gefäßversuche, Anlagen 2000-2001)**

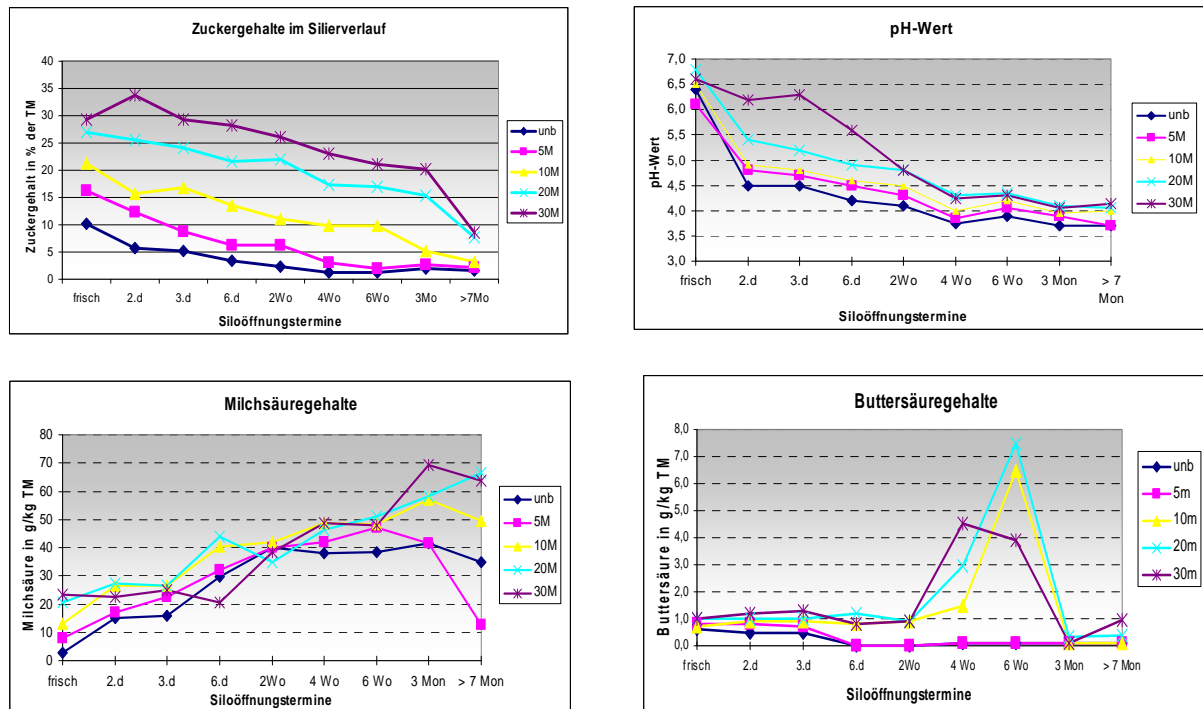
Die unbehandelten Pressschnitzeln (=unb) stehen unterschiedlich stark melassierten Pressschnitzeln vergleichend gegenüber (5 % Melasse =5M, 10 % Melasse =10M, 20 % Melasse =20M, 30 % Melasse =30M, Bezugsbasis Originalsubstanz). Die Gefäße wurden zu verschiedenen Terminen geöffnet (am 2., 3. und 6. Tag, 2, 4 und 6 Wochen, 3 und ca. 7 Monate nach dem Einsilieren am 5.12.2000).



**Abb. 1: Vergleich der Nährstoffgehalte des Ausgangsmaterials (Pressschnitzel frisch) und der Silage (nach 3 Monaten Silierdauer) bei unterschiedlich hoher Melassierung, Gefäßversuch, Anlage 2000**

In den Abbildungen 1 und 2 sowie Tabelle 1 sind wesentliche Ergebnisse dieses Versuchs gezeigt, in denen zunächst für die Varianten das frische Siliergut und die Silage nach dreimonatiger Lagerung gegenübergestellt, ausgewählte Parameter im Gärverlauf ausgewiesen (Abb. 2) und wichtige Gärparameter der Silagen nach 3 Monaten aufgeführt werden (Tab. 1).

In einer weiteren Versuchsanlage (6.12.2001) wurden u.a. die Varianten unbehandelt, 5M und 10M verfolgt (Tab. 2 und 3). In Tabelle 3 wird deutlich gezeigt, dass die Pressschnitzsilagen nach sechs Wochen nicht in stabilem Zustand waren, sondern sich in den wichtigen Parametern noch eindeutig veränderten.



**Abb. 2:** Ausgewählte Parameter im Gärverlauf bei unterschiedlich hoher Melassierung, Gefäßversuch, Anlage 2000

**Tab. 1:** Gärqualität bei unterschiedlich hoher Melassierung, Siloöffnung nach 3 Monaten, Gefäßversuch, Anlage 2000

Variante	TS	pH	NH <sub>3</sub>	MS	ES	PS	BS
	%			g/kg TM			
unb	27,97	3,7	0,2	41,4	10,9	0,1	0,1
5M	29,98	3,9	0,2	41,7	16,6	0,4	0,1
10M	32,33	4,0	0,2	56,9	24,0	0,6	0,1
20M	37,38	4,1	0,1	58,1	28,4	1,1	0,3
30M	39,14	4,1	0,1	69,5	21,1	8,0	0,1

**Tab. 2: Gärqualität bei unterschiedlich hoher Melassierung, Siloöffnung nach 3 Monaten, Gefäßversuch, Anlage 2001, Mittelwerte (n=6)**

Varianten	TS	pH	NH <sub>3</sub>	MS	ES	PS	BS
	%		g/kg TM				
unbehandelt	25,94	3,8	0,45	41,2	12,3	0,5	0,3
5 % Melasse	27,57	3,9	0,70	49,8	18,3	0,4	0,3
10 % Melasse	29,60	4,0	0,64	69,0	24,9	0,6	0,6

**Tab. 3: Gärqualität nach unterschiedlicher Silierdauer (6 Wochen und 3 Monate) bei unterschiedlich hoher Melassierung, Gefäßversuch, Anlage 2001, Mittelwerte (n=6)**

Variante	Silier-	TS	pH	NH <sub>3</sub>	MS	ES	PS	BS
	dauer	%	g/kg TM					
unbehandelt	6 Wo	26,89	4,08	0,78	23,58	7,10	0,12	0,25
	3 Mo	25,94	3,76	0,45	41,18	12,33	0,45	0,27
	<b>Differenz</b>	<b>-0,95</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,33</b>	<b>17,59</b>	<b>5,23</b>	<b>0,33</b>	<b>0,02</b>
5 % Melasse	6 Wo	27,65	4,30	0,77	32,63	13,08	0,32	0,63
	3 Mo	27,57	3,85	0,70	49,78	18,25	0,38	0,27
	<b>Differenz</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,45</b>	<b>-0,07</b>	<b>17,15</b>	<b>5,17</b>	<b>0,07</b>	<b>-0,37</b>
10 % Melasse	6 Wo	30,26	4,40	0,77	35,08	14,33	0,38	0,98
	3 Mo	29,60	3,97	0,64	68,95	24,89	0,62	0,61
	<b>Differenz</b>	<b>-0,66</b>	<b>-0,43</b>	<b>-0,13</b>	<b>33,87</b>	<b>10,56</b>	<b>0,23</b>	<b>-0,38</b>

Aus den beiden Versuchsanlagen (2000 und 2001) lässt sich zusammenfassen:

Mit steigender Menge an zugesetzter Melasse wurden

- der Trockensubstanz-, Zucker-, Rohasche- und Rohproteingehalt erhöht
- der Rohfasergehalt gesenkt
- die Säuerung etwas verringert (pH-Wert um 0,3 Einheiten höher)
- Milch- und Essigsäuregehalt erhöht
- weitere Parameter kaum oder nicht beeinflusst
- die aerobe Stabilität nach Siloöffnung im Test verbessert (ausgeführt unter 4.4).

Diese Feststellungen stimmen grundsätzlich mit Angaben in der Literatur überein (z.B. GROSS 1981, BECKHOFF und HELLER 1983, KAMPHUES und DAYEN 1983, WEBER 2006), wenn auch nicht in jedem einzelnen Parameter und in der Größenordnung der Unterschiede.

Offen blieb die Frage nach einem günstigsten Zuckergehalt bzw. einem Mindestzuckergehalt im Ausgangsmaterial. Da nicht alle Daten einheitlich zu interpretieren waren, wurden Folgeuntersuchungen vorgesehen (s. unter 4.2 - 4.6).

## Auswirkungen der Melassierung von Pressschnitzeln auf das Siliergut, den Silierverlauf und die Silagequalität (Gefäßversuche, Anlagen 2005-2006)

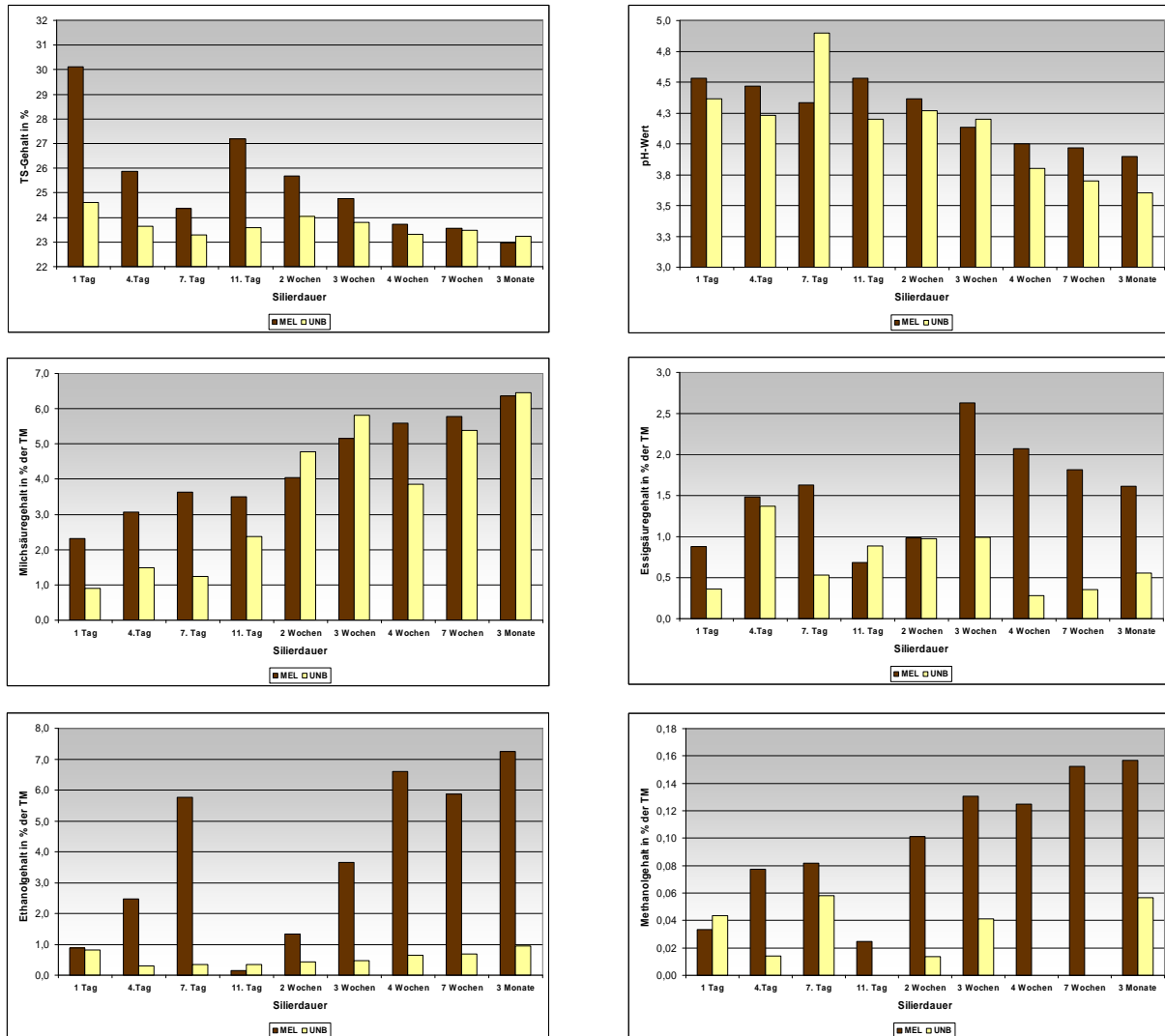
Mit praxisüblichen Pressschnitzeln wurde ein Vergleich zwischen unbehandelt und melassiert zu verschiedenen Siloöffnungsterminen (1., 4., 7. und 11. Tag, 2, 3, 4 und 7 Wochen sowie 3 Monate nach dem Einsilieren) durchgeführt (Gefäßversuch, Anlage 17.11.2005), wesentliche Ergebnisse zeigen Tabelle 4 und Abbildung 3.

**Tab. 4: Gärqualität nach 3 Monaten Silierdauer im Vergleich zum Ausgangsmaterial, melassierte und unbehandelte Pressschnitzel, Anlage 2005, Mittelwerte (n=3)**

Variante		TS	Rp	Rfa	Ra	Zucker
		%	g/kg TM			
Ausgangsmaterial	unbehandelt	24,14	86	190	48	133
	melassiert	27,14	97	149	70	219
Silage	unbehandelt	23,22	89	189	53	32
	melassiert	22,96	114	168	81	7
Variante		pH	MS	ES	PS	BS
		% TM				
Ausgangsmaterial	unbehandelt	4,86	0,70	0,38	0,00	0,04
	melassiert	4,57	2,48	1,16	0,04	0,04
Silage	unbehandelt	3,6	6,50	0,60	0	0
	melassiert	3,9	6,40	1,60	0	0
Variante		NH <sub>3</sub>	Methanol	Ethanol	Propanol	Butanol
		% TM				
Ausgangsmaterial	unbehandelt	0	0,06	0,67	0	0
	melassiert	0	0,07	1,36	0	0
Silage	unbehandelt	0	0,06	0,90	0,20	0
	melassiert	0	0,16	7,20	0,40	0

Die Analysen der Silagen nach 3 Monaten bestätigten die Ergebnisse der o.g. Silierversuche aus den Jahren 2000 und 2001. Neu waren die konkreten Alkoholwerte, wobei Ethanol die stärkste Fraktion ausmachte und Methanol und Propanol zu beachten sind. Butanol spielte keine Rolle. Die melassierten Pressschnitzel lagen in den Alkoholwerten deutlich höher. Im Gärverlauf war für die Parameter keine einheitliche Entwicklung zu beobachten (Abb. 3). Schwankungen zwischen den Terminen sind nicht ausreichend erklärbar. Mehrfach bestehen hohe Unterschiede zwischen melassierten und unbehandelten Pressschnitzeln.

Wegen der Schwankungen in den Ergebnissen wurde im folgenden Pressschnitzel-Silierversuch ebenfalls mit Melasse gearbeitet (Anlage 2006), mit einer weiteren Untersetzung der bisherigen Melassierungsstufen. Einbezogen wurde der Faktor Luftstress und ein chemischer Silierzusatz. Diese Erweiterung wurde vorgenommen, um differenzierte Aussagen hinsichtlich der aeroben Stabilität treffen zu können.

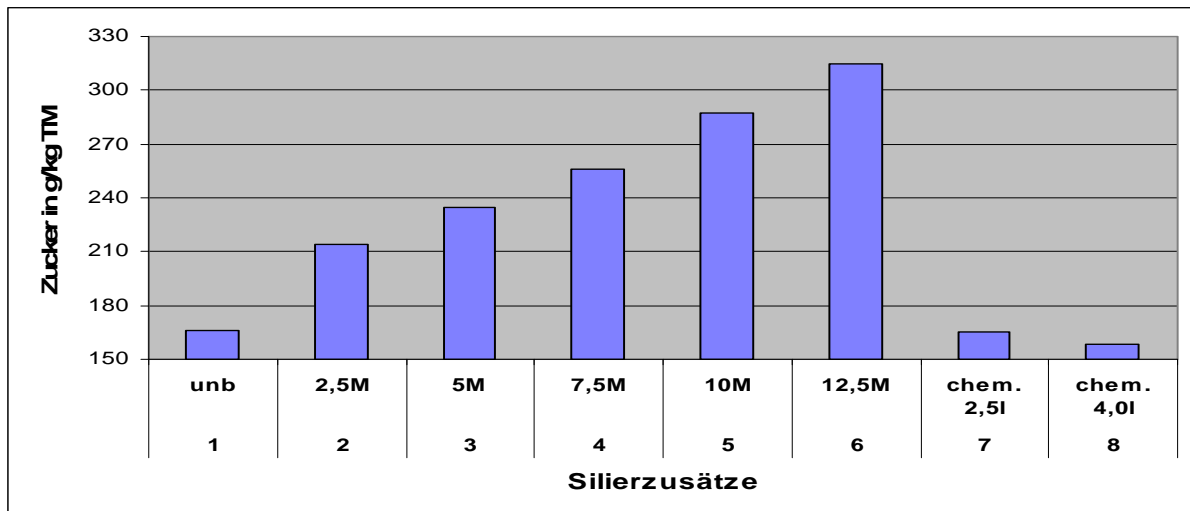


**Abb. 3: Ausgewählte Parameter im Gärverlauf, Vergleich melassierte (MEL) und unbehandelte (UNB) Pressschnitzel, Gefäßversuch, Anlage 2005, Mittelwerte (n=3)**

Ausgangsmaterial für den Vergleich verschiedener Melassierungsstufen (unbehandelt, 2,5 % Melasse = 2,5M, 5 % Melasse = 5M, 7,5 % Melasse = 7,5M, 10 % Melasse = 10M, 12,5 % Melasse = 12,5M) und die Behandlung mit einem chemischen Zusatz in zwei Stufen (2,5 Liter/t Siliergut = 2,5 l, 4 l/t = 4l) waren praxisübliche Pressschnitzel direkt aus der Zuckerfabrik Güstrow (Anlage 22.11.2006, Tab. 5). Der mikrobiologische Befund weist auf erhöhten Hefebesatz hin. Siliert wurde in Gläsern (1,5 l). Nach 4 und 6 Wochen wurde bei dafür separat angelegten Varianten jeweils für 24 Stunden Luftstress erzeugt. Die Silierdauer betrug 70 Tage. Die verschiedenen Zusatzmengen wurden von Hand eingemischt, die Zuckergehalte der so hergestellten Mischungen sind aus Abbildung 4 abzulesen. Ergebnisse aus diesem Vergleich sind zunächst in Tabelle 6 wiedergegeben (und zur aeroben Stabilität unter 4.4). Bestätigt wurde die starke Ethanolbildung (mit zunehmender Melassezugabe allerdings nicht einheitlich zunehmend) und die geringen Gehalte an Methanol sowie die geringe Bedeutung von Propanol und Butanol.

**Tab. 5 : Ausgangsmaterial für den Vergleich verschiedener Melassierungsstufen und des chemischen Zusatzes (mit und ohne Luftstress während der Silierung), Gefäßversuch, Anlage 2006**

Siliergut	TS	Rp	Rfa	Ra	Zu
am	%	g/kg TM			
22.11.06	22,05	85	186	67	126
pH	NH <sub>3</sub>	MS	ES	PS	BS
	g/kg T	% T	% T	% T	% T
4,9	0	1,12	0	0	0



**Abb. 4: Zuckergehalte im Ausgangsmaterial, nach Zusatz der Melasse und des chemischen Silierhilfsmittels in unterschiedlicher Höhe**

**Tab. 6: Gärqualität nach 70 Tagen Silierdauer im Vergleich der Varianten ohne Luftstress (1.1 bis 1.6) und mit Luftstress (2.1 bis 2.3 u. 2.5), bei unterschiedlich melassierten Pressschnitzeln (unbehandelt, 2,5 % Melasse = 2,5 M, 5 % Melasse = 5 M, 7,5 % Melasse = 7,5 M, 10 % Melasse = 10 M, 12,5 % Melasse = 12,5 M), Anlage 2006, Mittelwerte (n=3)**

Variante	pH	TS	MS	ES	PS	BS	Methanol	Ethanol	Propanol	Butanol
Mittelwerte		%	% TM							
1.1 – unb	3,73	21,53	6,00	1,64	0,02	0	0,14	1,16	1,13	0,05
1.2 – 2,5 M	3,90	22,57	6,66	1,58	0	0,02	0,22	3,65	0	0
1.3 – 5 M	3,90	23,70	6,77	1,81	0	0	0,18	2,73	0	0
1.4 – 7,5 M	4,07	25,43	6,54	2,19	0	0,04	0,07	1,94	0,03	0
1.5 – 10 M	4,10	27,97	7,46	2,17	0	0,05	0,07	1,13	0	0
1.6 – 12,5 M	4,10	27,27	8,25	2,27	0	0,08	0,11	4,10	0,01	0
1.1 - 1.6	3,97	24,74	6,95	1,94	0	0,03	0,13	2,45	0,19	0,01
1.1-1.3+1.5	3,91	23,94	6,72	1,80	0	0,02	0,15	2,17	0,28	0,01
2.1 – unb	3,90	21,83	5,93	1,88	0,02	0	0,15	0,80	0,31	0,03
2.2 – 2,5M	3,97	22,63	6,67	1,72	0	0	0,24	3,21	0	0
2.3 – 5 M	4,00	23,97	6,79	2,06	0	0,04	0,19	2,45	0	0
2.5 – 10 M	4,10	26,70	7,26	2,31	0	0,06	0,07	2,96	0	0
2.1-2.3+2.5	3,99	23,78	6,66	1,99	0	0,03	0,16	2,35	0,08	0,01

NH<sub>3</sub>: 0

## 4.2 Pressschnitzel und chemischer Silierzusatz

### Vergleich unbehandelte und mit chemischem Zusatz behandelte Pressschnitzel

Ausgangsmaterial für den Vergleich unbehandelter Pressschnitzel und der Behandlung mit einem chemischen Zusatz in zwei Stufen (2,5 Liter/t Siliergut =2,5l, 4 l/t =4l) waren praxisübliche Pressschnitzel direkt aus der Zuckerfabrik (Anlage 22.11.2006, vgl. Tab. 5, Abb. 4, gleichzeitig mit verschiedenen Melassierungsstufen, s. Tab. 6). Siliert wurde in Gläsern (1,5 l). Nach 4 und 6 Wochen wurde bei dafür separat angelegten Varianten jeweils für 24 Stunden Luftstress erzeugt. Die verschiedenen Zusatzmengen wurden von Hand eingemischt. Als Silierzusatz wurde *Mais Kofasil Liquid* ausgewählt, da es eins der chemischen Silierhilfsmittel ist, das ein DLG-Gütezeichen für die Wirkungsrichtung Verbesserung der aeroben Stabilität trägt und das auf Grund bisher vorliegender Ergebnisse anderer Versuchsansteller einen erfolgreichen Einsatz erwarten lässt.

Hervorzuheben ist von den Ergebnissen (Tab. 7) die Verringerung der Alkoholgehalte durch den chemischen Zusatz. Der laborartig erzeugte Luftstress war von relativ geringem Einfluss.

**Tab. 7: Gärqualität nach 70 Tagen Silierdauer im Vergleich der Varianten ohne Luftstress (=1.) und mit Luftstress (=2.), mit einem chemischen Zusatz in zwei Stufen (2,5 Liter/t Siliergut = 2,5l, 4 l/t = 4l), Anlage 2006, Mittelwerte (n=3)**

Variante	pH	TS	NH <sub>3</sub>	MS	ES	PS	BS	Methanol	Ethanol	Propanol	Butanol
Mittelwerte		%	% TM								
1.- unb	3,73	21,53	0	6,00	1,64	0,02	0	0,14	1,16	1,13	0,05
1.- 2,5 l	3,80	21,90	0	7,21	1,71	0,09	0	0,08	0,69	0,33	0,00
1.- 4,0 l	3,93	21,73	0	5,95	1,45	0,18	0	0,09	0,32	0,10	0,00
1.	<b>3,82</b>	<b>21,72</b>	<b>0</b>	<b>6,39</b>	<b>1,60</b>	<b>0,10</b>	<b>0</b>	<b>0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>0,52</b>	<b>0,02</b>
2.- unb	3,90	21,83	0	5,93	1,88	0,02	0	0,15	0,80	0,31	0,03
2.- 2,5 l	3,87	21,83	0	6,19	1,78	0,11	0	0,11	0,42	0,02	0,02
2.- 4,0 l	3,93	22,60	0	5,56	1,06	0,16	0	0,09	0,40	0,00	0,00
2.	<b>3,90</b>	<b>22,09</b>	<b>0</b>	<b>5,89</b>	<b>1,57</b>	<b>0,10</b>	<b>0</b>	<b>0,12</b>	<b>0,54</b>	<b>0,11</b>	<b>0,02</b>

**Tab. 8: Versuchsfaktoren und -stufen im Silierversuch „Einfluss von Silierzusatz und kurzer Silierdauer (unterhalb der empfohlenen Lagerdauer)“, Anlage am 1.11.06 in Iden, (Gefäßversuch 1)**

Faktoren	Stufen	Bemerkungen
1. Silierzusatz	1.1 unbehandelt	
	1.2 Mais Kofasil Liquid	2,5 l/t Siliergut
2. Lagerdauer	2.1 3 Tage	4.11.2006
	2.2 7 Tage	8.11.2006
	2.3 2 Wochen	15.11.2006
	2.4 4 Wochen	29.11.2006
	2.5 6 Wochen	13.12.2006

Anlage in Siliergefäßen a 1,5 Liter mit jeweils drei Wiederholungen (=30 Gläser)

Im Rahmen eines Verbundprojektes der Vereinigung der Zuckerindustrie wurden mit Partnern in den Landeseinrichtungen Sachsen-Anhalts (Iden), Sachsens (Köllitsch) und der Martin-Luther-Universität Halle im IfT Dummerstorf (Versuchsanlage am 1.11.06 in Iden) weitere Untersuchungen zu Pressschnitzeln durchgeführt. Dazu gehören die folgenden beiden Gefäßversuche (Tab. 8 und 9). Das Ausgangsmaterial ist in Tabelle 10 charakterisiert.

**Tab. 9: Versuchsfaktoren und -stufen im Silierversuch „Einfluss von Silierzusatz und praxisrelevanter Silierdauer“, Anlage am 1.11.06 in Iden, (Gefäßversuch 2)**

Faktoren	Stufen	Bemerkungen
1. Silierzusatz	1.1 unbehandelt	
	1.2 Mais Kofasil Liquid	2,5 l/t Siliergut
2. Lagerdauer	2.1 Öffnung 1. Schlauch in Iden = 10.01.07	in Anpassung an Idener Öffnungstermine bzw. Entnahmephase
	2.2 3 Monate = 1.02.07	
	2.3 6 Monate = 2.05.07	
	2.4 8 Monate = 2.07.07	

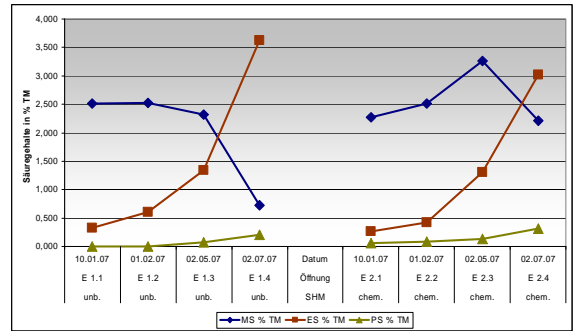
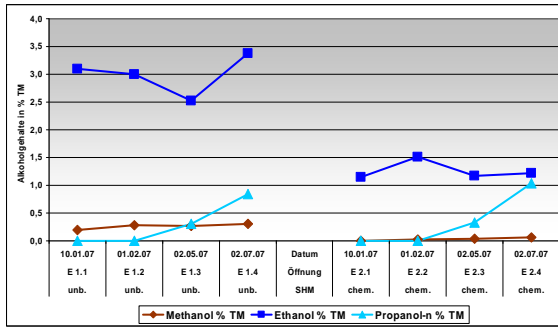
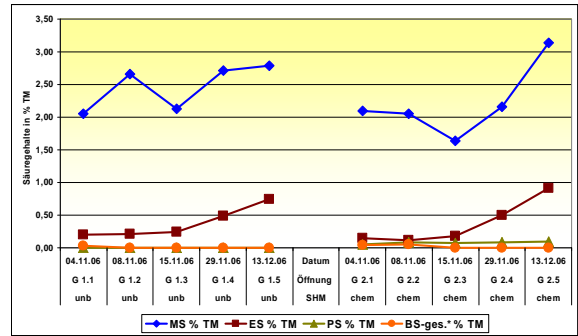
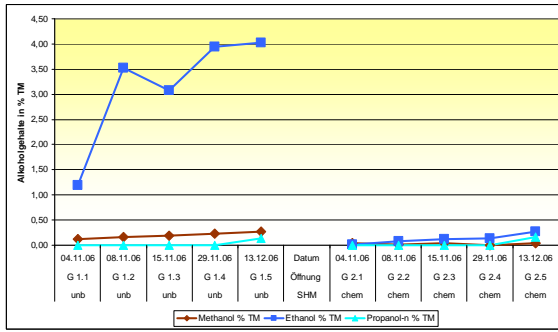
Anlage in Siliergefäßen a 21 Liter mit jeweils drei Wiederholungen (=24 Siliereimer)

**Tab. 10: Inhaltsstoffe in frischen Pressschnitzeln, Ausgangsmaterial, Iden, 1. und 2.11.06**

Parameter	Einheit	MW	Von - bis
Trockensubstanzgehalt	%	24,5	24,2 – 25,3
Zucker	g/kg TM	41	20 - 59
Rohprotein	g/kg TM	97	96 - 99
Rohasche	g/kg TM	51	47 - 55
Rohfaser	g/kg TM	206	202 - 214
ADF	g/kg TM	301	289 - 323
NDF	g/kg TM	588	523 - 633
ELOS	%	82,3	77,7 - 87,2
Energiegehalt	MJ NEL/kg TM	7,54	7,58 – 7,50
Ca	g/kg TM	17,6	17,4 - 17,8

Ergebnisse aus dem Abschnitt Silierung dieses Verbundprojektes werden in Abbildung 5 und zur aeroben Stabilität unter 4.4 gezeigt.

Unterschiede zwischen den unbehandelten und den chemisch behandelten Pressschnitzeln sind in den Gehalten an Gärssäuren und Alkohol ersichtlich (Abbildung 5). Erwartungsgemäß bewirkte der chemische Zusatz eine Verringerung der Alkoholgehalte (Abb. 5). Von WEBER (2006) wurde die Wirkung von *Mais Kofasil Liquid*, zugesetzt in Höhe von 5 l/t und 2,5 l/t Pressschnitzel, untersucht. Auch mit 2,5 l/t waren eine Reihe von positiven Effekten zu erzielen, jedoch ist mit 5 l/t Pressschnitzel eine eindeutige Verbesserung unter schwierigeren Bedingungen erreicht worden.



**Abb. 5: Ausgewählte Parameter im Gärverlauf, Vergleich unbehandelter (unb) und mit chemischem Zusatz behandelter Pressschnitzel (chem), Gefäßversuch, Anlage 1.11.06 in Iden, Mittelwerte (n=3)**

### 4.3 Pressschnitzel und Harnstoffzusatz

In zwei Versuchsanlagen (Versuchsbeginn Dezember 2000 und 2001) wurde der Zusatz von Harnstoff getestet, da diesbezüglich positive wie negative Erfahrungen vorliegen und auch in der Literatur keine eindeutigen und endgültigen Aussagen gemacht wurden. Kombiniert wurde die Fragestellung nach dem Harnstoffeffekt mit der Melassierung. Über positive Wirkungen bei gleichzeitiger Melassezugabe berichten GROSS (1981) und KAMPHUES u. DAYEN (1983). Keine Verbesserung im Gärverlauf und Verschlechterung der Silagequalität bei Harnstoffzusatz stellten DOLEZAL u. BIRO (2002) fest.

Ergebnisse sind in den Tabellen 11 und 12 sowie zur aeroben Stabilität unter 4.4 ausgewiesen. Durch den Harnstoff werden jeweils in einem von vier Fällen die Milch- und die Essigsäure verringert bzw. erhöht, die Gärparameter bleiben ansonsten nahezu unverändert, ebenso andere Inhaltsstoffe mit Ausnahme des Rohproteins. Mit dem Harnstoffzusatz gelang eine Proteinanreicherung.

**Tab. 11: Gärparameter nach 42 Tagen Silierdauer in Abhängigkeit von Harnstoff- und Melassezusatz (Versuchsanlage 19.12.2000)**

Variante	TS	pH	NH <sub>3</sub>	MS	ES	PS	BS
MW/Differenzen	%		g/kg TM				
1+2=unmelassiert	27,4	3,9	0,5	31,2	6,1	0,2	0,3
3+4=melassiert	30,7	4,2	0,5	19,4	12,9	0,3	0,7
<i>durch Melasse</i>	<i>3,4</i>	<i>0,3</i>	<i>0,0</i>	<i>-11,8</i>	<i>6,7</i>	<i>0,1</i>	<i>0,5</i>
1+3=ohne Harnstoff	28,9	4,0	0,4	31,4	8,7	0,2	0,5
2+4=mit Harnstoff	29,2	4,0	0,6	19,2	10,3	0,2	0,5
<i>durch Harnstoff</i>	<i>0,3</i>	<i>0,0</i>	<i>0,2</i>	<i>-12,2</i>	<i>1,5</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>

**Tab. 12: Gärparameter in Abhängigkeit von Harnstoff- und Melassezusatz und differenzierter Silierdauer (Versuchsanlage 6.12.2001)**

Varianten		TS	pH	NH <sub>3</sub>	MS	ES	PS	BS
		%		g/kg TM				
<b>nach 6 Wochen</b>								
1a	unmel. ohne Harnstoff	27,17	4,03	0,70	21,70	6,40	0,13	0,30
2a	unmel. mit Harnstoff	26,61	4,13	0,87	25,47	7,80	0,10	0,20
3a	mel. 5M ohne Harnstoff	27,60	4,37	0,73	30,13	10,83	0,23	0,67
4a	mel. 5M mit Harnstoff	27,70	4,23	0,80	35,13	15,33	0,40	0,60
	<b>1+2=unmelassiert</b>	26,89	4,08	0,78	23,58	7,10	0,12	0,25
	<b>3+4=melassiert</b>	27,65	4,30	0,77	32,63	13,08	0,32	0,63
	<i>durch Melasse</i>	<i>0,76</i>	<i>0,22</i>	<i>-0,02</i>	<i>9,05</i>	<i>5,98</i>	<i>0,20</i>	<i>0,38</i>
	<b>1+3=ohne Harnstoff</b>	27,39	4,20	0,72	25,92	8,62	0,18	0,48
	<b>2+4=mit Harnstoff</b>	27,16	4,18	0,83	30,30	11,57	0,25	0,40
	<i>durch Harnstoff</i>	<i>-0,23</i>	<i>-0,02</i>	<i>0,12</i>	<i>4,38</i>	<i>2,95</i>	<i>0,07</i>	<i>-0,08</i>

Fortsetzung Tabelle 12

Varianten		TS	pH	NH <sub>3</sub>	MS	ES	PS	BS
		%	g/kg TM					
<b>nach 3 Monaten</b>								
1b	unmel. ohne Harnstoff	26,93	3,77	0,50	40,10	12,60	0,60	0,23
2b	unmel. mit Harnstoff	24,94	3,75	0,40	42,25	12,05	0,30	0,30
3b	mel. 5M ohne Harnstoff	28,05	3,83	0,63	48,77	16,93	0,37	0,33
4b	mel. 5M mit Harnstoff	27,09	3,87	0,77	50,80	19,57	0,40	0,20
	<b>1+2=unmelassiert</b>	25,94	3,76	0,45	41,18	12,33	0,45	0,27
	<b>3+4=melassiert</b>	27,57	3,85	0,70	49,78	18,25	0,38	0,27
	<b>durch Melasse</b>	1,63	0,09	0,25	8,61	5,93	-0,07	0,00
	<b>1+3=ohne Harnstoff</b>	27,49	3,80	0,57	44,43	14,77	0,48	0,28
	<b>2+4=mit Harnstoff</b>	26,02	3,81	0,58	46,53	15,81	0,35	0,25
	<b>durch Harnstoff</b>	-1,47	0,01	0,02	2,09	1,04	-0,13	-0,03
<b>nach 11,5 Monaten</b>								
1c	unmel. ohne Harnstoff	25,91	3,63	0,33	39,00	30,43	3,10	0,20
2c	unmel. mit Harnstoff	22,39	3,73	1,57	38,83	44,70	2,67	0,90
3c	mel. 5M ohne Harnstoff	26,56	3,80	0,57	41,17	41,47	2,47	0,23
4c	mel. 5M mit Harnstoff	25,28	3,80	0,70	43,77	50,97	2,77	0,33
	<b>1+2=unmelassiert</b>	24,15	3,68	0,95	38,92	37,57	2,88	0,55
	<b>3+4=melassiert</b>	25,92	3,80	0,63	42,47	46,22	2,62	0,28
	<b>durch Melasse</b>	1,77	0,12	-0,32	3,55	8,65	-0,27	-0,27
	<b>1+3=ohne Harnstoff</b>	26,24	3,72	0,45	40,08	35,95	2,78	0,22
	<b>2+4=mit Harnstoff</b>	23,84	3,77	1,13	41,30	47,83	2,72	0,62
	<b>durch Harnstoff</b>	-2,40	0,05	0,68	1,22	11,88	-0,07	0,40

Durch die Melassierung wurde der Milchsäuregehalt erhöht und in einem von vier Terminen verringert, der Essigsäuregehalt etwas erhöht und die übrigen Gärparameter wie erwartet bzw. geringfügig verändert (TS-Gehalt und pH-Wert erhöht).

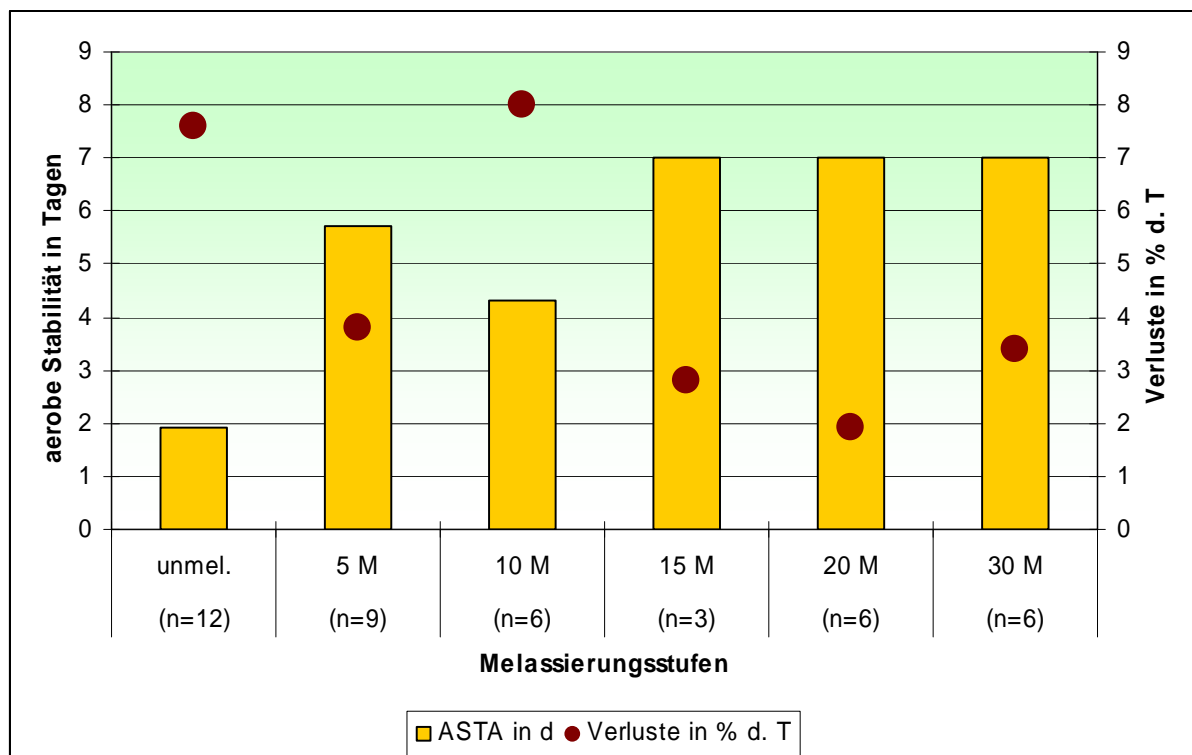
Damit sollte der Harnstoff vorrangig nach seiner Wirkung auf die aerobe Stabilität beurteilt werden (unter 4.4). Allgemein gilt der Zusatz von Harnstoff als Silierhilfsmittel weiterhin als unsicher, weil die Ergebnisse bisher nicht einheitlich ausfallen bzw. Ursachen für die auftretenden Wirkungen nicht ausreichend benannt werden können. Zu empfehlen ist (auch wenn die Kombinationseffekte in beiden Versuchen begrenzt blieben): wird ein Harnstoffzusatz verwendet, dann besser zu melassierten Pressschnitzeln (mit der Harnstoffzugabe ist eine Zunahme an puffernden Substanzen zu erwarten).

#### 4.4 Aerobe Stabilität - Auswirkungen der Silierzusätze (Melasse, chemisches Silierhilfsmittel, Harnstoff) auf die Haltbarkeit der Pressschnitzelsilagen nach Siloöffnung

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse wurden ermittelt im Test auf aerobe Stabilität nach der Richtlinie zur DLG-Siliermittelprüfung. Dazu werden die Silageproben sieben Tage bei konstant 20 °C in der Messanlage kontrolliert gelagert und gelten als aerob stabil, wenn die Temperaturveränderung weniger als 3 Kelvin Differenz zur Umgebungstemperatur beträgt (HONIG 1990).

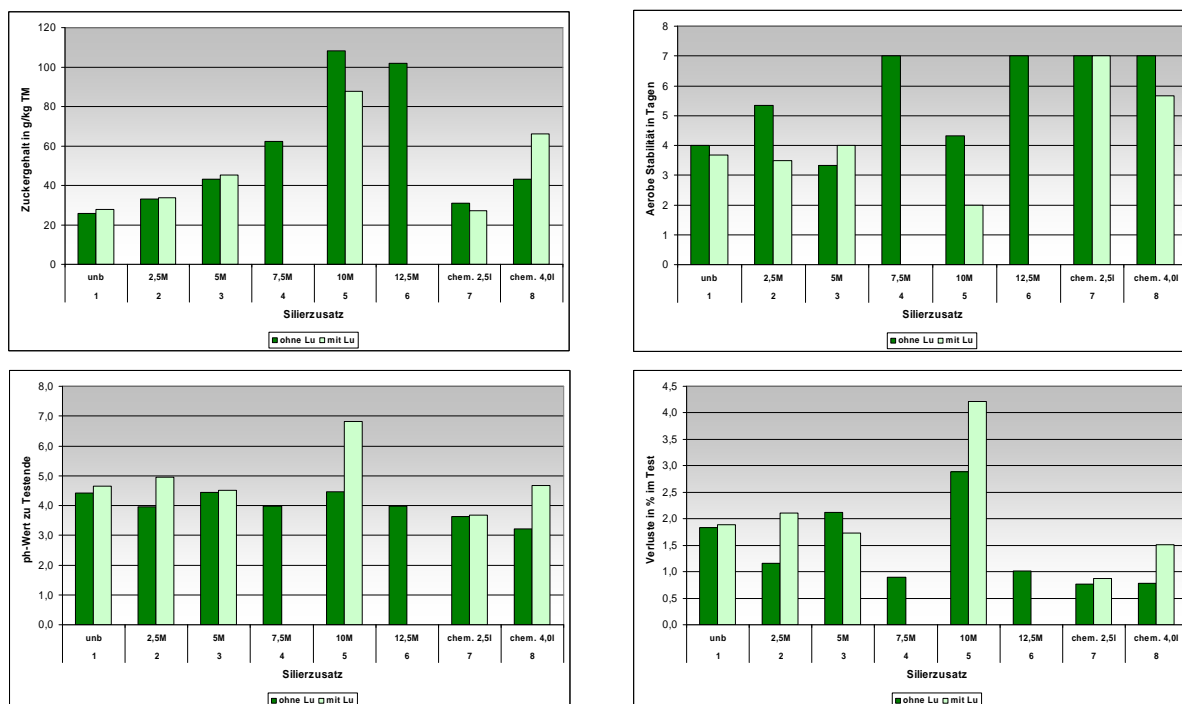
##### 1. Melassezusatz

Gegenüber den melassierten Pressschnitzeln ist mit der Melassezugabe eine Verbesserung der aeroben Stabilität in Tagen und eine Verringerung der Verluste zu verzeichnen (Abb.6), wobei die Variante 10 M auffällt. Nicht einheitlich sind die Ergebnisse für die Stufe 10 % Melassezusatz (10M) auch unter Ergänzung mit der weiteren Untersuchung (Abb. 7), in der sich die Melassierung grundsätzlich wieder als günstig für die aerobe Stabilität zeigte. Zu erwarten war ein stärkerer negativer Einfluss des Faktors Luftstress auf die aerobe Stabilität, der möglicherweise auf Grund des Laborcharakters nicht weiter ausgeprägt wurde.



Test auf aerobe Stabilität: durchgeführt im LVLf Brandenburg, Paulinenaue (Dr. F. HERTWIG)

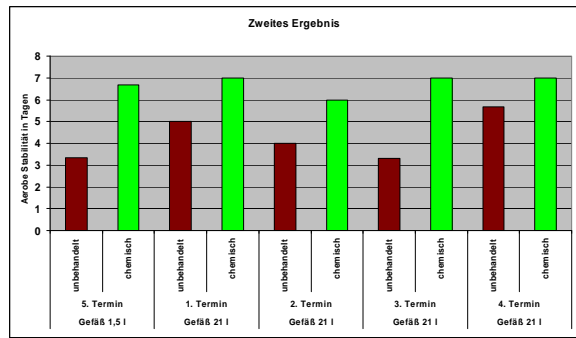
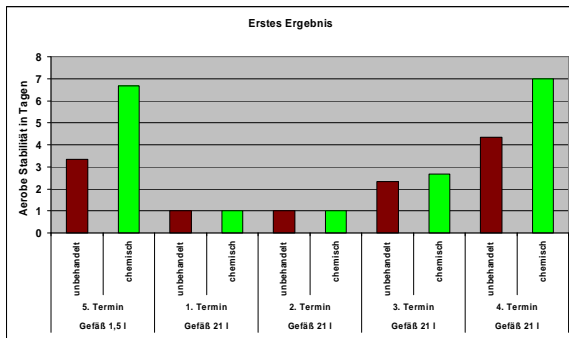
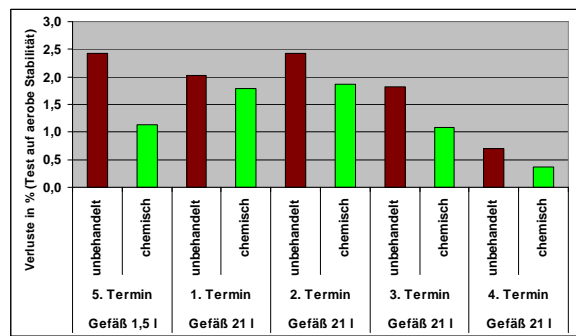
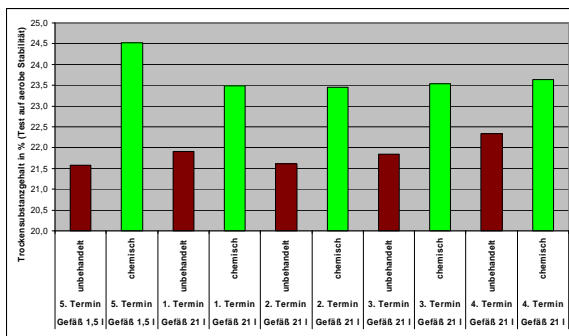
**Abb. 6:** Auswirkung differenzierter Melassierung von Pressschnitzeln auf die aerobe Stabilität der Pressschnitzelsilagen (ASTA in Tagen) und die Verluste (in % der Trockenmasse), Versuchsanlagen 2000-2001, ermittelt im Test nach DLG-Richtlinie zur Siliermittelprüfung, Silierdauer: 3 bis 11 Monate; drei Wiederholungen je Termin



**Abb. 7: Auswirkung unterschiedlich hoher Melassierung von Pressschnitzeln im Vergleich zu unbehandelten und chemisch behandelten Pressschnitzeln auf die aerobe Stabilität der Pressschnitzelsilagen, ermittelt im Test nach DLG-Richtlinie zur Siliermittelprüfung, Mittelwerte (n=3)**  
 Test auf aerobe Stabilität: durchgeführt an der Universität Rostock (Dr. E.OTT)

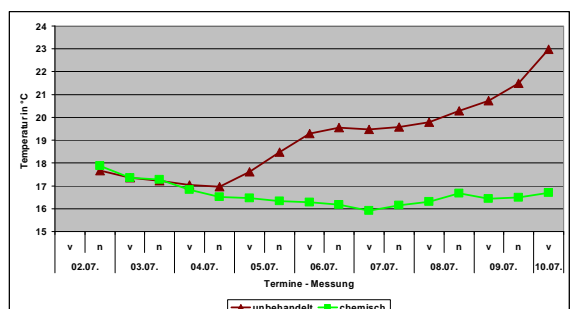
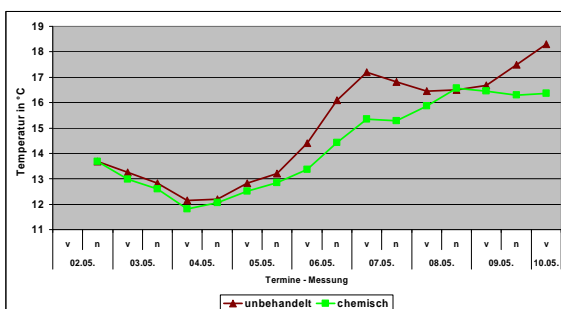
## 2. Chemischer Zusatz

In Abbildung 7 wurde ein Ergebnis zur Wirkung eines chemischen Silierhilfsmittels gezeigt, mit positivem Resultat in Bezug auf die aerobe Stabilität (verglichen mit unbehandelten Pressschnitzeln). Aus den Gefäßversuchen (Versuchsanlage 2006, Iden) sind die wesentlichen Aussagen zur aeroben Stabilität in Abbildung 8 und 9 gezeigt. Erwartungsgemäß ist die chemische Behandlung wieder von Vorteil mit geringeren Verlusten und der höheren Stabilität (Abb. 8). Die Trockensubstanzgehalte zu Ende des Tests auf aerobe Stabilität in Abhängigkeit von Silierzusatz und Silierdauer zeigen ebenso die stabilisierende Wirkung der chemischen Behandlung. Zur aeroben Stabilität in Tagen in Abhängigkeit von Silierzusatz und Silierdauer wird ein erstes Ergebnis (Stabilität bis zum ersten Temperaturanstieg von über 3 Kelvin) und ein zweites Ergebnis (Stabilität bis zum Temperaturanstieg von über 3 Kelvin, obwohl zwischenzeitliches Überschreiten der Temperaturdifferenz) mitgeteilt (Abbildung 8). Hier liegt die Vermutung nahe, dass die Aufwandmenge von 2,5 l/t Siliergut zu gering war. Über Verbesserungen der aeroben Stabilität durch chemische Zusätze berichten z. B. SONDEREGGER (1980), NONN (1990), WYSS und FIVIAN (1999a), WEBER (2006).



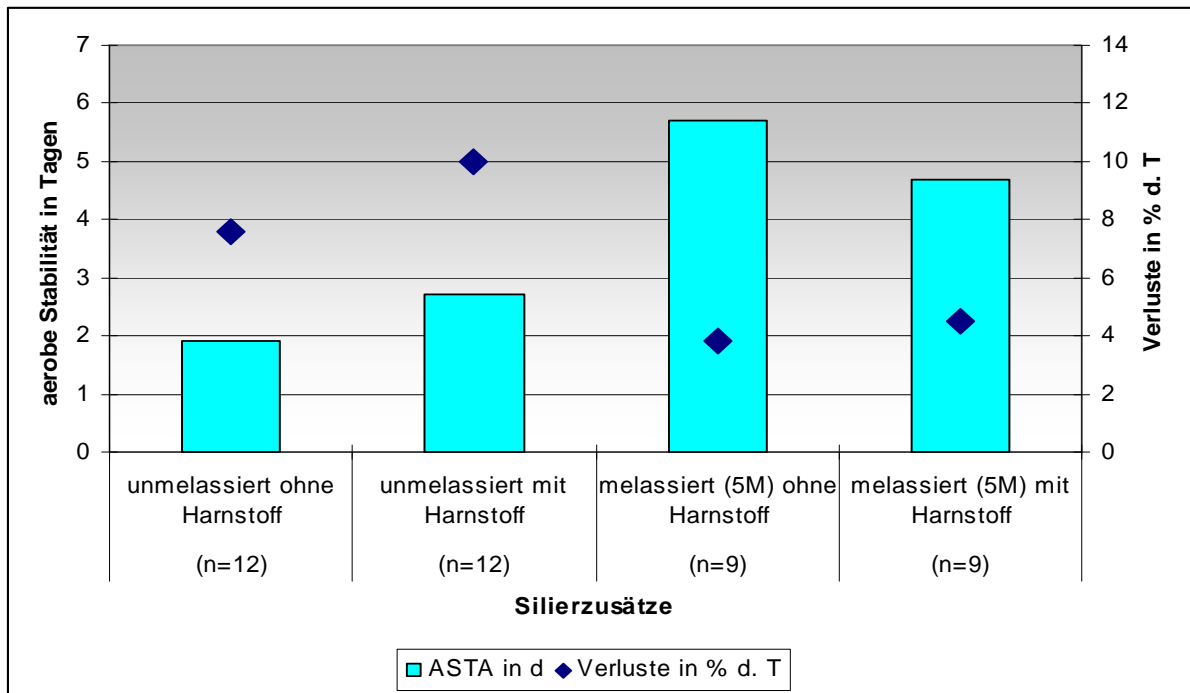
**Abb. 8: Auswirkung des chemischen Siliermittels im Vergleich zu unbehandelten Pressschnitzeln auf die aerobe Stabilität der Pressschnitzelsilagen, ermittelt im Test nach DLG-Richtlinie zur Siliermittelprüfung, Mittelwerte (n=3)**  
 Test auf aerobe Stabilität: durchgeführt an der Universität Rostock (Dr. E.OTT)

In Abbildung 9 wird die Temperaturentwicklung nach Siloöffnung bei aerober Lagerung für zwei Öffnungstermine gezeigt, wobei der Temperaturanstieg auf unerwünschte Umsetzungsprozesse hinweist. Wieder wird deutlich, dass die chemische Behandlung diesen unerwünschten und doch zwangsläufig auftretenden Prozessen erfolgreich entgegenwirkt.



**Abb. 9: Temperatur nach Öffnung der Silos (21 l), Gefäßversuch, dritter und vierter Öffnungstermin (2.05.07 und 2.07.07), Messung mit zentral gelagerten Tiny-Talks halbstündlich (zusammengezogen für vor 12.00 Uhr (=v) und nach 12.00 Uhr (=n), Mittelwerte von drei Wiederholungen)**

### 3. Harnstoffzusatz



**Abb. 10: Aerobe Stabilität (ASTA in Tagen) und Verluste (in % der Trockenmasse) im Test auf aerobe Stabilität in Abhängigkeit vom Zusatz an Harnstoff (0,5 %) und Melasse (5 M = 5 % Melasse), drei bzw. vier Termine mit je drei Wiederholungen, aus den Versuchen 1 bis 3**

Die aerobe Stabilität wurde durch Harnstoffzusatz nur geringfügig verbessert (unmelassiert) bzw. verringert (melassiert). Dabei waren jeweils höhere Verluste bei den Varianten mit Harnstoff zu verzeichnen (Abb. 10). Diese Ergebnisse sind somit keine Basis für eine Empfehlung von Harnstoffzugaben zur Verbesserung der aeroben Stabilität, obwohl positive Effekte des Harnstoffs diesbezüglich nicht auszuschließen sind. Sie gelten jedoch als unsicher.

#### 4.5 Mischsilierung mit Pressschnitzeln und Rapskuchen

Folgende Vorteile für eine Mischsilierung von Pressschnitzeln und Rapskuchen wurden gesehen:

- Ein kontinuierlich verfügbares Futtermittel von stabiler gleichmäßig hoher Qualität ist herstellbar
- Kein laufend wiederkehrender Aufwand für die Beschaffung von Rapskuchen, dessen Qualität differieren kann
- Keine überdachte Lagerung für Rapskuchen erforderlich
- Regionaler Bezug ist möglich – bei klar definierter Herkunft des Futtermittels

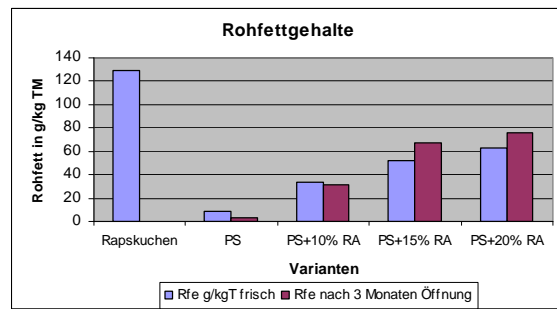
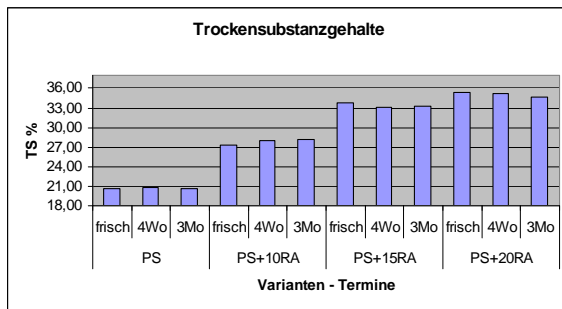
Vor diesem Hintergrund wurde am 23.10.02 in der Zuckerfabrik Güstrow ein Silierversuch mit den Versuchsvarianten (in dreifacher Wiederholung):

1. Pressschnitzel (=PS)
2. Pressschnitzel + 10 % Rapskuchen (=PS + 10RA)
3. Pressschnitzel + 15 % Rapskuchen (=PS + 15RA)
4. Pressschnitzel + 20 % Rapskuchen (=PS + 20RA)

angelegt (Bezugsbasis Originalsubstanz). Untersucht wurden der Gärverlauf der Variante PS + 15 % Rapskuchen, die Rohnährstoffe von Ausgangsmaterial und Endprodukt (3 Monate) und Gärparameter von Ausgangsmaterial und Silagen nach 4 Wochen und 3 Monaten. Zum durch Mischen hergestellten Siliergut ist zu vermerken, dass mit zunehmendem Anteil von Rapskuchen die Siliereignung verschlechtert wird (Tab. 13). Mit der Zugabe des rohproteinreichen Rapskuchens wird das Verhältnis von Zucker zu Rohprotein deutlich ungünstiger (Tab. 13; allgemein gilt zur Orientierung: Zu/Rp: < 0,2 nicht mehr gärfähig, > 0,5 Gärfähigkeit günstig, > 0,8 leicht silierbar). Neben der Erhöhung des Potenzials der Pufferkapazität setzt für die Praxis die Zunahme des TS-Gehalts Grenzen hinsichtlich einer hohen Verdichtbarkeit des Silierguts. Mit zunehmendem Anteil an Rapskuchen erhöht sich der Rohfettgehalt der Mischungen deutlich (Abb. 11). Ergebnisse zu den Rohnährstoffen werden in Tabelle 14, zum Gärverlauf in Abbildung 12 gezeigt. Eindeutig erscheint die Zunahme des Rohprotein- und die Abnahme des Rohfasergehalts mit steigendem Rapskuchenanteil (Tab. 14).

**Tab. 13: Ausgangsmaterial für die Mischsilierung, Versuchsanlage 2002**

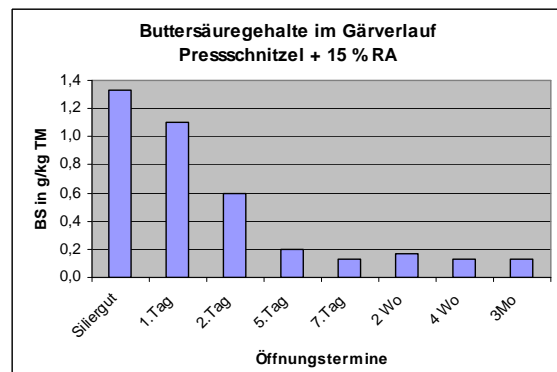
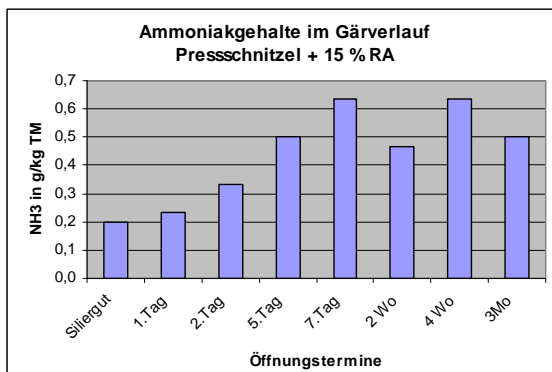
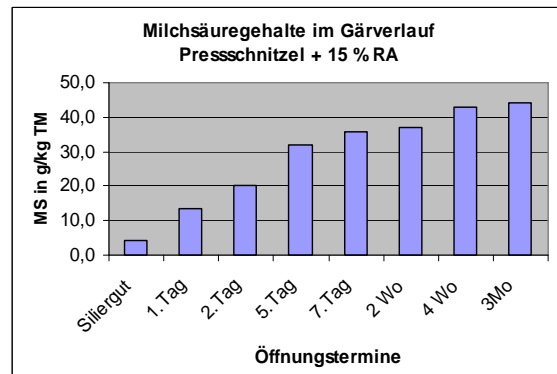
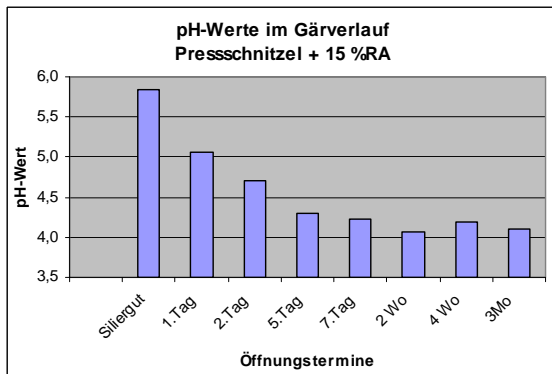
Siliergut	Rohprotein	Rohfaser	Rohasche	Zucker	Rohfett
	g/kg TM				
<b>Rapskuchen</b>	350	111	66	100	129
<b>Pressschnitzel</b>	101	175	69	108	11
	Rapskuchen (RA)	Pressschnitzel (PS)	PS + 10 % RA	PS + 15 % RA	PS + 20 % RA
Zu/Rp-Quotient	0,28	1,07	0,59	0,53	0,44
TS-Gehalt in %	90,00	20,70	27,24	33,77	35,37



**Abb. 11: Trockensubstanz- und Rohfettgehalte von Siliergut und Mischsilagen in Abhängigkeit vom Anteil zugesetzten Rapskuchens und Öffnungstermin, Mittelwerte (n=3)**

**Tab. 14: Rohnährstoff- und Zuckergehalte im Vergleich von frischem Siliergut und Silage nach 4 Wochen bzw. 3 Monaten Silierdauer in Abhängigkeit vom Anteil zugesetzten Rapskuchens**

Variante		Rohprotein in g/kg TM			Rohfaser in g/kg TM		
		frisch	Öffnung	Öffnung	frisch	Öffnung	Öffnung
			nach 4 Wo	nach 3 Mo		nach 4 Wo	nach 3 Mo
1	PS + 0	101	99	91	176	179	181
2	PS + 10 RA	177	177	174	167	170	173
3	PS + 15 RA	207	201	212	159	152	163
4	PS + 20 RA	218	222	233	162	148	159
Variante		Rohasche in g/kg TM			Zucker in g/kg TM		
		frisch	Öffnung	Öffnung	frisch	Öffnung	Öffnung
			nach 4 Wo	nach 3 Mo		nach 4 Wo	nach 3 Mo
1	PS + 0	68	73	74	108	18	22
2	PS + 10 RA	69	69	67	104	21	21
3	PS + 15 RA	65	68	67	108	24	24
4	PS + 20 RA	68	67	66	95	22	22



**Abb. 12: Ausgewählte Parameter im Gärverlauf für die Variante Pressschnitzel + 15 % Rapskuchen, Gefäßversuch, Anlage 2002, Mittelwerte (n=3)**

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

- Die Mischsilierung von Pressschnitzeln und Rapskuchen im Bereich von 10 bis 20 % Rapskuchen in der Mischung und bei den gegebenen Pressschnitzeleigenschaften ist erfolgreich durchführbar.
- Es entstand ein wertvolles Futtermittel mit gegenüber reinen Pressschnitzeln veränderten Nährstoffgehalten, wie höherer Rohprotein- und Rohfettgehalte sowie geringerer Rohfasergehalte und mit einem höheren TS-Gehalt.
- Beurteilung und Übertragung der Ergebnisse sollten mit den im Beispiel gegebenen Bedingungen verbunden bleiben, da andere TS- und Zuckergehalte im Siliergut o. a. grundlegende Änderungen gegenüber dem Beispiel zu grundsätzlich anderen Ergebnissen führen können.
- Aus Sicht der Siliereignung sollte der Zusatz von Rapskuchen 15 % nicht wesentlich überschreiten und der Zuckergehalt der Pressschnitzel sollte 110 g/kg TM nicht unterschreiten.

#### 4.6 Einfluss des Temperaturverlaufs auf die Gärqualität

Aus den Besonderheiten der Pressschnitzel ergibt sich, dass die Temperaturverhältnisse als fundamentaler Einflussfaktor auf den Silierprozess zu sehen sind.

In einem Silierversuch soll neben dem Temperatureinfluss nach dem Einsilieren beobachtet werden, wie hoch der Saisoneffekt in der Zuckerrüben-Kampagne sein kann. So wurde im Abstand von jeweils einem Monat zu drei Terminen einsiliert (Tab. 15). Das jeweilige Ausgangsmaterial ist in Tabelle 16 beschrieben, wobei der höhere Zuckergehalt zum dritten Termin auffällt. Die Siloöffnung erfolgte am 31.01.05, also nach etwa zwei-, drei- und viermonatiger Lagerung nach dem Einsilieren. Im Vergleich der Temperaturen nach dem Einsilieren zeigten sich bei Milchsäure, Buttersäure und Alkohol Unterschiede zu Gunsten einer kühlen Lagerung der Laborsilos (Tab. 17). Die Essigsäure liegt bei kühler Lagerung unter dem erwünschten Gehalt von 2 % (Tab.18).

**Tab. 15: Versuchsfaktoren und -stufen im Silierversuch „Einfluss Umgebungstemperatur nach dem Einsilieren auf die Gärqualität“, Anlage 2004**

Faktoren	Stufen
A: Termin (Silierdauer)	a1: 29.09.04 (4 Monate)
	a1: 29.10.04 (3 Monate)
	a1: 29.11.04 (2 Monate)
B: Temperatur ab Einsilieren	b1: kühl (8 Wochen + normal)
	b2: normal

**Tab. 16: Silierversuch – Ausgangsmaterial, Anlage 2004**

Termin	TS	Rohprotein	Rohfaser	Rohasche	Zucker
	%	g/kg TM			
29.09.04	23,53	80	191	98	82
29.10.04	25,78	91	189	67	89
29.11.04	22,86	81	167	100	140

**Tab. 17: Gärqualität in Abhängigkeit von der Temperatur nach dem Einsilieren (Anlage 2004)**

Termin	Lagerungs- Temperatur	MS	BS	Alkohole	TM-Verluste
		g/kg TM			%
29.09.04	kühl	72	1,0	17	0,2
	normal	33	6,5	15	0,3
29.10.04	kühl	18	15,9	4	0,7
	normal	5	30,1	9	0,9
29.11.04	kühl	17	1,3	3	0
	normal	63	0,5	30	0,5

**Tab. 18: Gärqualität in Abhängigkeit von der Temperatur nach dem Einsilieren (Anlage 2004)**

Temperatur	TS (%)	pH-Wert	NH <sub>3</sub> -N an ges. N (%)	Zu (g/kg TM)	
kühl	23,9	3,8	< 0,06	45	
normal	22,8	3,8	< 0,06	19	
Temperatur	MS	ES	PS	BS	Alkohole
	g/kg TM				
kühl	36	12	1	6	8
normal	34	25	4	13	18

Mittelwerte über drei Termine (n=9)

Der „Kampagneeffekt“ – eingeschätzt auf Basis der drei zu vergleichenden Termine – resultiert mit hoher Wahrscheinlichkeit aus dem unterschiedlichen Zuckergehalt (Tab. 19). Zu späteren Zeitpunkten in der Zuckerrübenverarbeitung (Ende November, im Dezember) ist häufiger ein höherer Zuckergehalt festzustellen.

**Tab. 19: Gärqualität in Abhängigkeit von der Temperatur nach dem Einsilieren (Anlage 2004)**

Termin	TS - frisch (%)	TS - Auslagerung (%)	Zucker - frisch (g/kg TM)	Zucker - Auslagerung (g/kg TM)		
29.09.04	23,53	22,94	82	17		
29.10.04	25,78	24,01	89	20		
29.11.04	22,86	23,15	140	59		
Termin	pH-Wert	MS	ES	PS	BS	Alkohole
	g/kg TM					
29.09.04	3,7	52	17	3	4	16
29.10.04	4,1	12	7	1	23	6
29.11.04	3,7	41	33	4	1	16

Mittelwerte über zwei Lagerungstemperaturen (n=6)

Zusammenfassend ist aus den Ergebnissen zum Temperatureinfluss festzuhalten:

- Ausgangsmaterial zu verschiedenen Terminen mit für die Gärqualität relevanten Unterschieden mit Auswirkung auf die Gärparameter der Silagen
- Unterschiede bei verschiedener Abkühlung nach dem Einsilieren: im Zuckergehalt, Essigsäure-, Propionsäure-, Buttersäure- und Alkoholgehalt, in Gärverlusten
- Übereinstimmung mit Ergebnissen anderer Versuchsansteller

Aus der Literatur (BECKHOFF u. HELLER (1983); NONN (1990); PAHLOW u. HONIG (1982); WYSS u. FIVIAN (1999b) ist zum Temperatureinfluss zu entnehmen: Eine Zwischenlagerung ist zu vermeiden und zu minimieren. Mit der Abkühlung bei der Zwischenlagerung sinkt der Zuckergehalt, die Buttersäuregärung setzt verstärkt ein und Verluste steigen. Die Gärqualität und die Haltbarkeit von abgekühlt einsilierten Pressschnitzeln sind schlechter als die von heiß eingebrachten.

Bei sehr schneller Abkühlung auf 20 °C vor dem Einsilieren findet dann im Silo keine ausreichende Milchsäurebildung und pH-Wert-Absenkung statt, Buttersäuregehalte

und Verluste steigen, die Gärqualität fällt schlechter aus als bei gleichmäßig langsam abgekühlten Silagen, die heiß einsiliert wurden (BECKHOFF u. HELLER 1983).

KUBADINOW u.a. (1984) verlangen die Einhaltung der Einlagerungstemperatur von 45 bis 50 °C, um eine optimale Umsetzung der Kohlenhydrate im Silierprozess zu ermöglichen (auch um die negative Wirkung der Hefen zu minimieren).

Einigkeit besteht in der Empfehlung, Pressschnitzel sofort heiß einzusilieren.

Vor der Gefahr des Strukturverlusts bei Wärmestau im Silo, wenn also die Abkühlung zu langsam erfolgt, warnen PAHLOW und HONIG (1982). Da Pressschnitzel die Wärme gut speichern können, wird empfohlen, die Silostapel nicht zu hoch anzulegen (< 1,8 – 2,0 m), um dieser Gefährdung entgegenzuwirken (LEGRAND 2005). Andererseits ist eine zu schnelle Abkühlung ungünstig, da dann weniger Milchsäure gebildet wird und der pH-Wert höher ausfällt (WYSS u. FIVIAN 1999b).

Auf eine ausreichende Auskühlung vor der Siloöffnung ist zu achten. WYSS (2002) fordert in dem Zusammenhang, Silos frühestens sechs bis acht Wochen nach dem Einsilieren zu öffnen, um die erforderliche Auskühlung zu gewährleisten.

Im engen Zusammenhang mit den Temperaturverhältnissen steht die Mikroorganismenaktivität. Auf Basis einer Statuserhebung zum Besatz an **Mikroorganismen** in Nordrhein-Westfalen stellten PRIES u. a. (2008) fest, dass besonders die Hefen aktiv auftreten. Auf die Hefeproblematik bei Pressschnitzeln wurde verschiedentlich auch von anderen Autoren hingewiesen (z. B. WYSS 2001 u. 2002). Zu Besiedlung und Aktivität der Mikroorganismen besteht noch Untersuchungsbedarf. Als besonders wichtig ist zu vermerken, dass Orientierungswerte für Pressschnitzel separat zu definieren sind (PRIES u. a. 2008)

## 5 FOLGERUNGEN und EMPFEHLUNGEN

1. **Melassierung** wirkte sich positiv auf Inhaltsstoffe und Gärqualität aus und beeinflusste die aerobe Stabilität günstig. Einer Erhöhung des Gärsubstratanteils im Siliergut folgen in der Regel (trotz gleichzeitiger Zunahme der Pufferkapazität) höhere Säuregehalte. Aus den vorliegenden Daten lässt sich keine Aussage über die zu empfehlende Menge an Melassezusatz ableiten. Auf ihrer Grundlage ist jedoch zu vermuten: der Zuckergehalt in den frischen unbehandelten Pressschnitzeln und der Temperaturfaktor (in der Zeiteinheit, vom Anfall der Pressschnitzel in der Fabrik bis zum Ende des Einsilierens, möglicherweise auch bis zum ausreichenden Auskühlen) beeinflussen die Wirkung der zugesetzten Melasse. Die optimale Menge an Melassezusatz wird also mindestens von diesen beiden Faktoren abhängen.

Zur Orientierung kann diesbezüglich der Zucker/Rohprotein-Quotient genutzt werden. Bei einem unterstellten Rohproteingehalt von 90 g/kg TM sind mindestens 45 g/kg TM als Zuckergehalt zu fordern, damit der Quotient 0,5 erreicht wird bzw. > 72 g/kg TM Zucker für einen Quotienten von > 0,8, der auf eine günstige Gärfähigkeit hinweist.

2. **Chemische Zusätze** sind vor allem für die Verbesserung der aeroben Stabilität zu empfehlen. Ausgewählt werden sollte ein Präparat mit DLG-Gütezeichen für diese Wirkungsrichtung. Die Dosierung sollte in gleichmäßiger Verteilung sowie in Höhe der Herstellerangaben erfolgen. Die getesteten geringeren Mengen sind scheinbar nicht hoch genug, um eine zufriedenstellende Wirkungssicherheit zu erreichen. Nicht unerheblich ist der relativ hohe Preis der chemischen Zusätze, wodurch die Frage nach niedrigeren Einsatzmengen aufgeworfen wird. Von einer Unterschreitung der vom Hersteller empfohlenen Mengen ist bis auf weiteres unbedingt abzuraten.

Chemische Zusätze zeigen eine höhere Wirkung, wenn die Pressschnitzel beim Einsilieren schon abgekühlt sind bzw. einen aus Sicht der Siliereignung ungünstigen Status erreicht haben. Sie sind am ehesten zu empfehlen, wenn die Entnahme aus dem Silo in einer Periode sommerlicher Temperaturen erfolgt.

3. **Der Harnstoffzusatz** war von relativ geringer Wirkung und hatte nicht den erhofften Effekt hinsichtlich einer Verbesserung der aeroben Stabilität. Es fehlt an Wirkungssicherheit bzw. an der Beschreibung der Ursachen für eine mögliche günstige Wirkung, um entsprechende Einsatzbedingungen herstellen und seine Verwendung als Zusatz empfehlen zu können. Falls es zum Harnstoffeinsatz kommt, sollten melassierte Pressschnitzel als Basis dienen. Günstige Kosten sind bei mangelnder Wirkungssicherheit keine ausreichende Begründung für den Harnstoffzusatz, der ansonsten eher aus Sicht der Tierernährung zu berücksichtigen ist.

4. **Die Mischsilierung von Pressschnitzeln und Rapskuchen** ist erfolgreich durchführbar, legt man das Ausgangsmaterial mit den skizzierten Inhaltsstoffen zu Grunde. Entsprechend sind Grenzen für TS-Gehalt und Nährstoffe zu beachten. Mit dieser Form der Konservierung scheint eine interessante Alternative gegeben zu sein.

**5. Untersuchungen zum Gärverlauf** in mehreren Silierversuchen führen unter Gefäßbedingungen zu der Aussage, dass eine Mindestsilierdauer unbedingt einzuhalten ist, da auch nach sechs Wochen nicht in jedem Fall eine stabile Silage entstanden ist. Das Potenzial für unerwünschte Umsetzungsprozesse und Verderb ist bei zu früher Siloöffnung zu hoch. Damit in Zusammenhang steht unter praktischen Bedingungen die Tatsache, dass Pressschnitzelsilos bis zur Öffnung unbedingt vollständig ausgekühlt sein sollten.

**6. Der Temperatureinfluss** wird in Bezug auf die Silagequalität mehrfach wirksam.

**a) Temperatur bis zum Einsilieren - Empfehlungen :**

- heiß einsilieren (> 45 °C)
- Zwischenlagerung vermeiden bzw. in der Dauer minimieren!!!
- Abdeckung bei Transport; bis zum Einsilieren Abkühlung verhindern
- Zügiges Befüllen und Abdecken

**b) Temperatur während des Silierens - Empfehlungen :**

- begrenzte Silogröße (maximal 2 m Höhe), um Wärmestau und damit Gefahr des Strukturverlusts zu vermeiden
- gegen zu schnelles Auskühlen operativ vorbeugend für bestimmte Phasen Silo mit Deckschicht versehen (eine wahrscheinlich sehr seltene Situation)

**c) Temperatur bei und nach Siloöffnung - Empfehlungen :**

- Siloöffnung nicht vor tatsächlichem Auskühlen (abhängig von Temperatur beim Einsilieren und Außentemperatur während des Silierens; 1-0,3 Kelvin/Tag Abkühlung)
- Vorbeugend gezielt gestalten: hohe gleichmäßige Verdichtung, ausreichend hoher Vorschub über angepasste Anschnittflächen

Ist das Silo geschlossen, kann auf die jeweilige Außentemperatur nur mit Anpassungen reagiert werden. Umso wichtiger ist es, die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Silagequalität zu nutzen.

**7. Im Ausblick** auf zukünftige Untersuchungen zur Silierung von Pressschnitzeln erscheint es derzeit vordringlich, sich der mikrobiologischen Charakterisierung als Schwerpunkt zuzuwenden und dazu die jeweiligen Bedingungen in der Art zu erfassen, dass eine gezielte Beeinflussung der Silagequalität ermöglicht wird.

## **6 ZUSAMMENFASSUNG**

Nach einer Einführung in die Thematik und der Erläuterung zur Vorgehensweise bei der Bearbeitung wurde ein Überblick zu Ergebnissen aus verschiedenen Silierversuchen mit Pressschnitzeln im IfT Dummerstorf gegeben. Dazu wurden Wertungen vorgenommen und Empfehlungen gegeben. Inhaltliche Schwerpunkte sind die Melassierung von Pressschnitzeln, der Zusatz von Harnstoff sowie von chemischen Zusätzen, eine Mischsilierung und der Temperatureinfluss. Hervorzuheben sind die Untersuchungen zur aeroben Stabilität, die in einem gesonderten Kapitel zusammengeführt wurden.

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ASTA	Aerobe Stabilität
BS	Buttersäure
Ca	Kalzium
d	Tag
ES	Essigsäure
K	Kalium
Mel	Melasse
Mg	Magnesium
MJ NEL	Megajoule Netto-Energie-Laktation
Mo	Monat
MS	Milchsäure
MW	Mittelwert
n	Anzahl
Na	Natrium
P	Phosphor
pH	pH-Wert
PS	Propionsäure
Ra	Rohasche
Rfa	Rohfaser
Rp	Rohprotein
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanzgehalt in %
unb	unbehandelt
unmel	unmelassiert
Wo	Woche
Zu	Zucker

## LITERATURVERZEICHNIS

- BECKHOFF, J. und C. HELLER (1983): Pressschnitzel - eine Alternative zur Schnitzeltrocknung – Einfluss von Temperatur und Zusätzen auf das Silierergebnis. Zuckerind. 108, Nr. 3, p. 213-217.
- DOLEZAL, P. und D. BIRO (2002): The effect of urea additive on the fermentation process of ensilaged sugar beet pulp. Acta fytotechnica et zootechnica 2, p. 43-46.
- GROSS, F. (1981): Qualität und Nährstoffgehalt von Silagen aus Zuckerrübenpressschnitzeln und ihr Verzehr in der Bullenmast mit unterschiedlichen Rationen von Maissilage. D. wirtschaftseig. Futter, 27, Heft 1, p. 27-38.
- HONIG, H. (1990): Evaluation of aerobic stability. Grass Forage Rep. Spec. Issue 3, p. 76-82.
- KAMPHUES, J und M. DAYEN (1983): Pressschnitzel – Bedeutung und Wert in der Tierernährung. Übers. Tierernährung, 11, p. 155-202.
- KÄMPFE, K. und S. RIEDEL (2001): Pressschnitzel frisch verfüttern oder silieren. Bauernzeitung, Heft 41, p. 41-42.
- KUBADINOW, N., HOLLAUS, F. und W. BRAUNSTEINER (1984): Beiträge zur Aufklärung mikrobiologischer und chemischer Zusammenhänge bei der Pressschnitzelsilierung. 3. Mitteilung: Veränderungen der chemischen Zusammensetzung von Pressschnitzeln während des Silierprozesses. Zuckerind. 109, Nr. 1, p. 38-45.
- LEGRAND, G. (2005): The correct use of pressed beet pulp. Collection: "Technical guide" of the IRBAB/KBIVB. Tirmont. 46 Seiten.
- NONN, H. (1990): Empfehlungen für Pressschnitzelsilierung in neuen Ländern. Zuckerrübe, Heft 6, p.325-327.
- PAHLOW, G. und H. HONIG (1982): Pressschnitzelsilierung – Erkenntnisstand und Empfehlungen. Zuckerrübe, Heft 5, p. 210-212.
- PRIES, M., MENKE, A., VERHÜLSDONK, C., KONERMANN, B. und K. HÜNTING (2008): Mikrobieller Status von frischen und silierten Pressschnitzeln in landwirtschaftlichen Betrieben. Vortrag. 2. Fachtagung Pressschnitzel der MLU Halle-Wittenberg am 20.02.2008 in Halle.
- SONDEREGGER, H. (1980): Silierfähigkeit und Frischkonservierung von Rübenschnitzeln. 28. Congress Confederation International de Betteravieres Europeennes. München, Bericht Nr. 9, p. 128-132.
- WEBER, U. (2006): Untersuchungen zur Silierung von Zuckerrübenpressschnitzeln in Folienschläuchen. Dissertation. Berlin. 150 Seiten.
- WYSS, U. (2001): Pressschnitzel: Qualität der Ballensilagen. Agrarforschung – Journal of Swiss Agricultural Research 8 (04), p.163-167.
- WYSS, U. (2002): Pressschnitzel und Silagequalität. Agrarforschung – Journal of Swiss Agricultural Research 9 (11/12), p.512-517.
- WYSS, U. und R. FIVIAN (1999a): Einsatz von Siliermitteln bei Pressschnitzelsilagen. Agrarforschung – Journal of Swiss Agricultural Research 6 (10), p. 25-28.
- WYSS, U. und R. FIVIAN (1999b): Qualität von Pressschnitzelsilagen und Einsilierzeitpunkt. Agrarforschung – Journal of Swiss Agricultural Research 6 (10), p. 261-264.