

**SILIERMITTEL: RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN,
WIRKSAMKEIT DLG-GEPRÜFTER PRODUKTE UND
EINSATZEMPFEHLUNGEN¹⁾**

SILAGE ADDITIVES: ASPECTS OF FEED LEGISLATION, EFFICACY OF DLG-
APPROVED PRODUCTS AND RECOMMENDATIONS FOR APPLICATION¹⁾

von/by

J. Thaysen, H. Honig, Christine Kalzendorf, H. Spiekers und W. Staudacher

GLIEDERUNG

- 1 Einleitung
- 2 Futtermittelrechtliche Einordnung von Siliermitteln
- 3 Siliermittelarten und Wirkungsweisen
- 4 Siliermitteleffekte und DLG-Prüfrichtlinie
- 5 Wirksamkeit DLG-geprüfter Produkte
- 5.1 Effekte auf den Gärverlauf, die Gär- und Silagequalität
sowie auf die aerobe Stabilität (Wirkungsrichtung 1 und 2)
- 5.1.1 Einsatz bei der Silierung von Gras
- 5.1.2 Einsatz bei der Silierung von Silomais und Corn Cob Mix
- 5.2 Effekte auf die Futteraufnahme, Verdaulichkeit, Milch- und Mastleistung
sowie auf die Belastung von Silagen mit Clostridien (Wirkungsrichtung 4 und 5a)
- 6 Empfehlungen zum Einsatz von Siliermitteln und –zusätzen
- 6.1 Produkte zur Förderung des Gärverlaufs/ der Gärfutterqualität (Wirkungsrichtung 1)
- 6.2 Produkte zur Förderung der aeroben Stabilität (Wirkungsrichtung 2)
- 7 Technik und Logistik der Siliermittelanwendung
- 8 Schlussfolgerungen
- 9 Schrifttum

Dr. Johannes Thaysen, Abteilung Pflanzenbau/ Landtechnik der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein,
Am Kamp 9, D-24783 Osterrönfeld; email: jthaysen@lksh.de

Prof. Dr. Hans Honig, Campenstr. 30, D-38165 Lehre; email: honig.lehre@t-online.de

Dr. Christine Kalzendorf, Fachbereich Grünland und Futterbau der Landwirtschaftskammer Niedersachsen,
Mars-la-Tourstr. 13, D-26121 Oldenburg; email: christine.kalzendorf@lwk-niedersachsen.de

Dr. Hubert Spiekers, Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft Poing, Institut für Tierernährung und
Futtermittelwirtschaft, Prof. Dürrwaechterplatz 3, D-85586 Poing/Grub;
email: hubert.spiekers@lfl.bayern.de

Dr. Walter Staudacher, DLG, Eschbornerlandstr. 168, D-68489 Frankfurt a.M.;
email: w.staudacher@dlg-frankfurt.de

¹⁾ Nach einem Vortrag auf dem 118. VDLUFA-Kongress in Freiburg, 19.-22.09.2006

ZUSAMMENFASSUNG

Siliermittel sind in der EU bezüglich ihrer futtermittelrechtlichen Einordnung seit 2003 den Futterzusatzstoffen gleichgestellt.

Die in der EU gebräuchlichsten und in Deutschland DLG-geprüften Siliermittel und –zusätze sowie das Futtermittel Melasse werden bezüglich ihrer Wirkprinzipien bei der Silierung charakterisiert. Die von den Herstellern der Siliermittel für die Verleihung des DLG-Gütezeichens für Siliermittel eingereichten Dossiers sowie ausgewählte Prüfergebnisse der Jahre 1999-2005 von Prüfinstitutionen bilden die Basis für die hier vorgenommenen vergleichende Auswertung der Siliermitteleffekte zur Verbesserung des Gärverlaufs oder der aeroben Stabilität. Die Fermentationsprodukte im Gärfutter werden dabei als summarische Kenngröße in Form der DLG-Punkte auf der Basis des DLG-Gärfutterschlüssels (2006) dargestellt. Die Ergebnisse werden mit denjenigen der Literatur verglichen. Sie bilden die Grundlage für Empfehlungen zur Auswahl bestimmter Produkte gemäß den Futter- und Silierbedingungen. Unter Verwendung von Siliermitteln produzierte Silagen haben das Potential für eine höhere Leistung der Tiere. Dies trifft insbesondere auf Silagen zu, bei deren Gewinnung Milchsäurebakterien zugesetzt wurden. Die Größenordnung sowie mögliche Ursachen dieser Effekte werden diskutiert. Schließlich folgen Hinweise zu den Einsatzbedingungen, zur Dosierung und Logistik des Siliermitteleinsatzes sowie zur Siliertechnik, und zwar in Abhängigkeit vom Siliergut bzw. von der Art der Silage.

Schlüsselwörter: Siliermittel, Wirkungen, Gärverlauf, Gärfutterqualität, Leistungen, DLG-Prüfung

SUMMARY

Silage additives are – under the aspects of feed legislation - feed additives in the EU since 2003.

The DLG approved silage additives most commonly used in the EU as well as molasses are characterized with regard to their mode of action in the ensiling process. Research reports on silage additives from manufacturers of silage additives for the rental of the DLG quality mark of submitted dossiers as well as chosen test results of test institutions of the years 1999-2005 form the base for the comparative evaluation of the silage additives' effects for the improvement of fermentation patterns or aerobic stability of silages treated with additives. The fermentation products in treated silages are shown as a summary, characterized in form of the DLG points on the basis of the fermentation score of DLG (2006). The results are discussed and compared with those of the literature and form the basis for recommendations for the additive choice according to the feed and ensiling conditions. Successfully with additives treated silages have the potential to improve animal performance. This applies in particular on silages produced with added lactic acid bacteria. The scale of these effects and possible causes are discussed. Advices to application conditions, dosage and logistics in using silage additives as well as technological requirements according to different types of silages are presented.

Keywords: silage additives, mode of action, fermentation process, silage quality, performance, DLG approval

1 EINLEITUNG

Siliermittel wurden in der Vergangenheit vor allem zur Förderung der Milchsäuregärung und zur Verhinderung einer Buttersäuregärung verwandt. Demgegenüber wird heute auch dem Aspekt der aeroben Stabilität einer Silage und der Milch- bzw. Mastleistung aus dem konservierten Grobfutter sehr viel mehr Beachtung geschenkt.

In den letzten Jahren stieg die Bedeutung des Siliermitteleinsatzes in der Futterkonservierung fortwährend an. Dabei war die zunehmende Silierung von Futterpflanzen mit hohem Zuckergehalt (vorwiegend Weidelgras) und von leichtvergärbaren Maisprodukten von ebenso großer Bedeutung wie die ständige Verbesserung technologischer Voraussetzungen, die dem Landwirt mehr und mehr ermöglichten, das Siliergut in einem optimalen Zeitfenster zu ernten.

Wertvolle Pflanzenbestände und die Beherrschung wesentlicher siliertechnischer Regeln sind Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz von Siliermitteln. Insofern ist die Anwendung von Siliermitteln als eine ergänzende Maßnahme zur Verbesserung der Futterqualität und zur Reduzierung der Nährstoffverluste zu betrachten. Mit Siliermitteln kann des Weiteren nur dann auf den Gärprozess zielgerichtet Einfluss genommen werden, wenn sowohl die richtige Auswahl aus der Vielfalt an Siliermitteln erfolgt als auch eine homogene Verteilung der Wirkstoffe im Siliergut durch Nutzung von Dosiergeräten erreicht wird. Der Einsatz von Siliermitteln, gleich welcher Art, hat stets den Zweck, unerwünschte Mikroorganismen an ihrer Entwicklung zu hindern, auf diese Weise den mikrobiellen Stoffabbau einzuschränken, die Nährstoffverluste zu senken und die Futterqualität zu erhalten, d.h. den Konservierungserfolg zu sichern. Als Folge einer wesentlich verbesserten Konservierung durch den Siliermitteleinsatz kann außerdem mit einer günstigen Beeinflussung der Futteraufnahme, der Verdaulichkeit, des Nährstoff- und Energiegehaltes und damit potentiell auch der Leistung der Tiere gerechnet werden.

Grundsätzlich sind bei der Silagebereitung zwei Risiken für den Konservierungserfolg zu unterscheiden:

1. Fehlgärungen, die durch unerwünschte Bakterien, vor allem Clostridien, verursacht werden und die zu einer schlechten Silagequalität führen (u.a. Buttersäuregehalt, Eiweißzersetzung, Schadkeimgehalt, Nährstoffverluste).
2. Verderb der Silage unter Lufteinfluss, der hauptsächlich durch Hefen und Schimmelpilze verursacht wird, d.h. eine ungenügende aerobe Stabilität der Silage (u.a. mit der Folge einer Nacherwärmung, Vermehrung von Schimmelpilzen, Mykotoxinbildung und von Nährstoffverlusten).

Da die Vielzahl der auf dem europäischen Markt befindlichen Produkte - eine Marktübersicht enthält ANONYM (2006) - dem Anwender die Auswahl erschwert, wurde das DLG-Gütezeichen für Siliermittel im Jahre 1990 mit der Verabschiedung einer Prüfrichtlinie (DLG, 2000) reaktiviert. Zurzeit tragen von ca. 120 Produkten auf dem Markt 65 das DLG-Gütezeichen. Die Prüfergebnisse der DLG-anerkannten Produkte bilden dabei die Grundlage für eine vergleichende Analyse der Siliermitteleffekte in den verschiedenen Wirkungsrichtungen und Anwendungsbereichen (AWB). Ziel dieser Analyse war es, gesicherte Aussagen zu Wirkungshöhe und Wirkungssicherheit der Produktgruppen auch bei verschiedenen Siliergütern zu erarbeiten, um so dem Anwender eine Wahl geeigneter, DLG-geprüfter Siliermittel für die Silagebereitung zu ermöglichen.

Die seit dem Jahr 2003 innerhalb der EU gültige rechtliche Einordnung von Siliermitteln als Futterzusatzstoff hat sowohl für den Anwender als auch für den Inverkehrbringer erhebliche Konsequenzen.

2 FUTTERMITTELRECHTLICHE EINORDNUNG VON SILIERMITTELN

Bis 2003 waren Siliermittel weder in Deutschland noch in den meisten EU-Ländern futtermittelrechtlich geregelt. In Frankreich und der Schweiz hingegen bedurften Siliermittel auch in der Vergangenheit schon einer Zulassung.

Mit der Verkündung der **Verordnung (EG) Nr. 1831/2003** im Oktober 2003 über Zusatzstoffe in der Tierernährung wurde erstmals in Europa ein einheitlicher Rechtsrahmen für Silierzusätze geschaffen. *Siliermittel werden darin als Stoffe definiert, die Futtermitteln zugesetzt werden, um die Silageerzeugung zu verbessern und die Enzyme und Mikroorganismen enthalten können.* Sie werden unter den Futterzusatzstoffen der Funktionsgruppe der technologischen Zusatzstoffe zugeordnet.

Mit der Verkündung der Verordnung hat die Europäische Kommission dazu aufgefordert, bis November 2004 Zubereitungen (Siliermittel) oder Siliermittelwirkstoffe notifizieren zu lassen. Seit November 2005 existiert ein erstes Register der Futtermittelzusatzstoffe inklusive der Silierzusatzstoffe, das auf den Internetseiten der Europäischen Kommission oder des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) eingesehen werden kann.

Damit dürfen nur noch Siliermittel in Verkehr gebracht werden, die von der Europäischen Kommission als notifiziert oder zugelassen in diesem Register geführt werden. Anträge auf Zulassung von notifizierten Silierwirkstoffen sind bis spätestens Oktober 2010 zu stellen. Voraussetzung für eine Zulassung ist der ausreichende Nachweis, dass der Silierzusatzstoff

- sich nicht schädlich auf die Gesundheit von Mensch und Tier oder auf die Umwelt auswirkt,
- nicht in einer Weise dargeboten wird, die den Anwender irreführen kann und
- keinen Nachteil für den Verbraucher durch die Beeinträchtigung der Beschaffenheit der von Tieren gewonnenen Erzeugnisse mit sich bringt.

Ferner ist entsprechend zu belegen, dass der Silierzusatzstoff die Beschaffenheit des Futtermittels positiv beeinflusst.

Richtlinien zur Erstellung von Dossiers im Hinblick auf den Nachweis der Unbedenklichkeit und Wirksamkeit werden zurzeit von der Europäischen Kommission erarbeitet.

Siliermittel, die aus einem oder aus mehreren Silierzusatzstoffen und einem oder mehreren Futtermittel-Ausgangserzeugnissen bestehen, sind futtermittelrechtlich als Vormischungen aufzufassen und als „Vormischungen mit Silierzusatzstoffen“ zu deklarieren. Für die meisten der derzeit angebotenen Siliermittel trifft dies zu.

Hersteller und Inverkehrbringer von Siliermitteln sowie Landwirte, die Siliermittel einsetzen, sind im rechtlichen Sinne Futtermittelunternehmer und müssen daher die Grundsätze der Verordnung (EG) Nr. 176/2002 (Lebensmittelbasis-VO) und der Verordnung (EG) Nr. 183/2005 (Futtermittelhygiene-VO) beachten. Anders als beim Einsatz von sonstigen Futterzusatzstoffen verpflichtet der Einsatz von Silierzusatzstoffen den Landwirt **nicht** zur Errichtung und Durchführung von qualitätssichernden Verfahren, die auf den HACCP-Grundsätzen beruhen, da die Verwendung von Silierzusätzen der „Primärproduktion“ zugeordnet wird. Gleichwohl ist nach der „Guten Fachlichen Praxis“ zu verfahren.

3 SILIERMITTELARTEN UND WIRKUNGSWEISEN

Der Einsatz von Siliermitteln, gleich welcher Art, hat stets den Zweck, unerwünschte Mikroorganismen an ihrer Entwicklung zu hindern, die Nährstoffverluste zu senken und die Futterqualität zu erhalten. Als Folge einer wesentlich verbesserten Konservierung durch den Siliermitteleinsatz kann außerdem mit einer Erhöhung der Futteraufnahme, der Verdaulichkeit, des Nährstoff- und Energiegehaltes sowie potentiell auch der Leistung von Tieren gerechnet werden. Dementsprechend gibt es zwei unterschiedliche Wirkungsrichtungen von Siliermitteln, was bei der gezielten Auswahl der Produkte für den jeweiligen Zweck beachtet werden muss. Tabelle 1 gibt eine Übersicht zu den verschiedenen Typen von Siliermitteln.

Die Gruppierung erfolgte hierbei zunächst

1. nach der Wirkungsrichtung und anschließend
2. nach dem Wirkprinzip und dem Anwendungsbereich.

Nach der Art ihrer wirksamen Bestandteile sind für beide Wirkungsrichtungen jeweils drei Kategorien von Siliermitteln zu unterscheiden:

1. Kulturen milchsäurebildender Bakterien (MSB) zur Beimpfung des Siliergutes in fester und flüssiger Form,
2. Siliersalze,
3. Siliersäuren.

Daraus ergeben sich 6 Typen von Siliermitteln. Um das richtige Präparat für den jeweiligen Einsatzfall auswählen zu können, ist daher eine grundsätzliche Unterscheidung zwischen den Produktgruppen erforderlich. Darüber hinaus gibt es jedoch Siliermittelarten, die durch Kombination verschiedenartiger Bestandteile beide Wirkungsrichtungen zugleich abdecken sollen, d.h.:

- Kombination von homo- und heterofermentativen Milchsäurebakterien in einem Präparat,
- Kombination von Siliersalzen gegen Clostridien mit solchen gegen Hefen und Schimmelpilze in einem Präparat,
- Kombinierte Applikation von homofermentativen Milchsäurebakterien gemeinsam mit Siliersalzen gegen Hefen und Schimmelpilze.

Neben den in der Tabelle 1 aufgeführten Bestandteilen werden den Siliermitteln gelegentlich auch noch andere Stoffe beigemischt, teils wird sogar die Applikation von einem der genannten Siliermittel zusammen mit anderen Zusätzen empfohlen. Zu nennen sind vor allem die parallele Verwendung von Enzymen mit Bakterienpräparaten oder die gleichzeitige Applikation von Bakterienpräparaten und einem zuckerhaltigen Futtermittel, wie etwa Melasse. Damit wird beabsichtigt, die Substratbedingungen der Milchsäurebakterien zu verbessern oder den Futterwert der Silage zusätzlich anzuheben.

Im Folgenden sollen diese Siliermittel eingehender erläutert werden.

- Silierzusätze zur Verbesserung des Gärverlaufs

Siliermittel können den Gärverlauf entweder durch die vorrangige Förderung der Milchsäuregärung oder durch eine gezielte Hemmung unerwünschter Mikroorganismen („Gärschädlinge“) beeinflussen.

Tabelle 1: Systematik der Siliermitteltypen nach Wirkungsrichtung und Wirkprinzip (WEISSBACH 2005)
 Table 1: Silage additives according to mode and aim of action (WEISSBACH 2005)

Kategorie	Wirksame Bestandteile	Wirkprinzip	Anwendungsbereich
1. Siliermittel zur Verbesserung des Gärverlaufs (Sicherung der Gärfutterqualität)			
MS-Bakterien- Impfkulturen (MSB_{ho})	Homofermentative MS-Bakterien verschiedener Gattungen und Arten (z.B. <i>Lactobacillus plantarum</i> / <i>lactis</i> , <i>Pediococcus</i> -/ <i>Enterococcus</i> -Arten u.a.)	Steuerung des Gärungsverlaufs durch beschleunigte MS-Gärung und pH-Wert-Absenkung, dadurch indirekte Hemmung von Fehlgärungsverursachern	Leicht und mittelschwer vergärbares Siliergut, dessen TM um höchstens 50 g/kg unter TM _{min} liegt (Gras, Klee, GPS, Getreideganzpflanzen)
Neutralsalze und Siliersalzlösungen (Chem)	Konservierungsstoffe (z.B. Formiat, Propionat, Benzoat, Sulfit, Nitrit, Hexamethylentetramin, u.a.) mit spezifischem Hemmeffekt auf Fehlgärungserreger sowie Mischungen dieser Stoffe	Steuerung des Gärungsverlaufs durch Hemmung von Fehlgärungserregern, dadurch indirekte Förderung von MS-Gärung und pH-Wert-Absenkung	Mittelschwer und schwer vergärbares Siliergut, dessen Anwelkgrad um bis zu 100 g TM/kg unter TM _{min} liegt (Gras, Klee, Luzerne).
Säuren (Chem)	Konzentrierte organische Säuren, insb. Ameisensäure (allein oder in Kombination mit anderen Säuren), in einzelnen Produkten teilweise durch Ammoniak abgepuffert	Direkte pH-Wert-Absenkung → Gärungsintensität ↓ <i>Bei hoher Dosis:</i> Unterdrückung aller Gärungsprozesse/ Mikroorganismen. <i>Bei moderater Dosis:</i> Hemmung von Fehlgärungsverursachern	Mittelschwer und schwer vergärbares Siliergut, dessen Anwelkgrad um bis zu 100 g TM/kg unter TM _{min} liegt (Gras, Klee, Luzerne).
2. Siliermittel zur Verbesserung der Haltbarkeit an der Luft (Sicherung der aeroben Stabilität)			
MS-Bakterien- Impfkulturen (MSB_{he})	Heterofermentative MS-Bakterien (z.B. <i>Lactobacillus buchnerii</i> / <i>brevis</i> u.a.)	Steuerung des Gärungsverlaufs → neben MS entsteht zusätzlich Essigsäure für die Hemmung von Hefen.	Leicht vergärbares Siliergut, insb. solches mit hohem TM-Gehalt (Mais-GPS, Maiskolbenprodukte, stark angewelktes Gras)
Neutralsalze und Siliersalzlösungen (Chem)	Konservierungsstoffe (z.B. Acetat, Propionat, Benzoat, Sorbat, Sulfit u.a.) mit spezifischem Hemmeffekt auf Hefen und Schimmelpilze sowie Mischungen aus diesen Stoffen	Hemmung von Hefen und Schimmelpilzen durch die aus den Salzen in der Silage freigesetzten Säuren (Propionsäure, Benzoesäure usw.)	Leicht vergärbares Siliergut, insb. solches mit hohem TM-Gehalt (Mais-GPS, Maiskolbenprodukte, stark angewelktes Gras), sowie verschiedene Silagen ¹⁾
Säuren (Chem)	Konzentrierte org. Säuren, insb. Propionsäure allein oder in Mischungen mit anderen Säuren (Essig-, Sorbin-, Benzoesäure), in einzelnen Produkten ²⁾	Direkte Hemmung von Hefen und Schimmelpilzen bei gleichzeitiger pH-Wert-Absenkung	Leicht vergärbares Siliergut, insb. solches mit hohem TM-Gehalt (Mais-GPS, Maiskolbenprodukte), sowie verschiedene Silagen ¹⁾

MS = Milchsäure GPS = Ganzpflanzensilage

¹⁾ aus Feuchtgetreide, Treber, Schlempe und Pressschnitzeln ²⁾ teilweise durch Ammoniak gepuffert

- Siliermittel und Futtermittel zur Förderung der Milchsäuregärung

Die Milchsäuregärung wird entweder durch homofermentative Milchsäurebakterien oder durch die Erhöhung des Zuckergehaltes gefördert. Durch Zusatz von homofermentativen Milchsäurebakterien zum Siliergut wird die zunächst geringe Anzahl der epiphytischen Milchsäurebakterien erhöht. Die Impfkulturen zeichnen sich zudem durch eine hohe Stoffwechselaktivität und Konkurrenzkraft gegenüber anderen Keimen im Siliergut aus. Somit sind die zugesetzten Bakterienkulturen bei Vorhandensein von leicht vergärbaren Kohlenhydratquellen und unter Luftabschluss in der Lage, sich gegenüber der Konkurrenzflora rasch durchzusetzen und den Silierprozess zu dominieren. Durch ihre Stoffumsetzungen wird auf eine effiziente und verlustarme Art und Weise durch Vergärung des Pflanzenzuckers Milchsäure gebildet. Dies führt zugleich zu einer zügigen Abnahme des pH-Wertes, was mit einer Hemmung unerwünschter Keime (Enterobakterien, Buttersäurebakterien) verbunden ist. Rohproteinreiches Futter ist häufig durch einen Mangel an Zucker gekennzeichnet und daher schwer zu silieren. Dieser Mangel an leicht vergärbaren Kohlenhydraten kann durch gewisse Silierzusätze behoben werden. Hierzu gehören zum einen Melasse und zum anderen Enzympräparate. Das erstgenannte Wirkungsprinzip (**Zusatz von Zuckern**) kann jedoch nur dann einen Erfolg bringen, wenn es sich bei der Kohlenhydratquelle um leicht vergärbare Zucker handelt, wie sie bspw. in Futterzucker, Melasse und Zuckerrübenschnitzeln vorliegen. Darüber hinaus müssen bestimmte Anwendungsregeln beachtet werden. Dazu gehört das gleichmäßige Einmischen der Kohlenhydratquellen in das Siliergut, die parallele Beimischung des Futters mit homofermentativen Milchsäurebakterien und die Verabreichung/ Zugabe der notwendigen Mengen von Additiven. Im Allgemeinen wird eine Dosierung von mindestens 30 kg je Tonne Frischmasse empfohlen. In einigen Fällen muss die Aufwandmenge, je nach Vergärbarkeit des Futters, sogar noch höher ausfallen. In der Praxis hat sich als Zuckerlieferant insbesondere die Melasse bewährt. Das Anwelkgut sollte vorzugsweise einen TS-Gehalt in den Bereichen von mindestens 25 % bis maximal 38 % aufweisen. Die erforderlichen Aufwandmengen richten sich nach der Futterart und dem TS-Gehalt. Prinzipiell sollte der Melassezusatz mit einem homofermentativen Milchsäurebakterienpräparat kombiniert werden, damit der Zucker auch tatsächlich zu einer raschen Milchsäureproduktion führt. Anderenfalls besteht nämlich das Risiko, dass unerwünschte Bakterien gleichfalls von dem Zuckerzusatz profitieren. Gequetschtes Getreide, Mais oder Kartoffeln kommen als Kohlenhydratquelle *nicht* in Betracht, da die in den Körnern enthaltene Stärke für Milchsäurebakterien nicht direkt nutzbar ist. Eine andere Möglichkeit zur Erhöhung des Anteils von vergärbaren Kohlenhydraten bietet der Zusatz von **zellwandabbauenden Enzymen** (Cellulasen, Hemicellulasen, Xylanasen). Mit diesen speziellen Enzymen soll eine Aufspaltung der vielfältigen Zellwandstruktur bis in die für Mikroorganismen vergärbaren Einfachzucker erfolgen. Der Enzymzusatz hat jedoch in der Praxis nur eine untergeordnete Bedeutung. Bei höherer Dosierung besteht das Risiko der Strukturzerstörung und einer verstärkten Gärstoffbildung (KALZENDORF 1989). Vor diesem Hintergrund werden Enzyme auf dem Siliermittelmarkt nicht als Einzelpräparat angeboten, sondern stets mit Milchsäurebakterien kombiniert. Das Ziel dieser Kombiprodukte soll darin bestehen, einen gewissen Zellwandaufschluss trotz der geringen Aufwandmenge von Enzymen zu bewirken und damit den Milchsäurebakterien weitere Kohlenhydratquellen zu erschließen.

- Silierzusätze zur Hemmung unerwünschter Keime

Der Einsatz von bestimmten chemischen Siliermitteln erlaubt eine gezielte Hemmung von unerwünschten Gärkeimen. In Tabelle 1 sind beispielhaft die Wirkstoffe aufgeführt, die am häufigsten auf dem Siliermittelmarkt genutzt werden. Hierbei unterscheidet man zwischen Siliersalzen als neutrale Verbindungen und Siliersäuren. Der Einsatz der Säuren hat eine rückläufige Tendenz. Hingegen nimmt der Absatz der leichter anwendbaren und weniger korrosiven Siliersalze zu. Chemische Siliermittel werden entweder in flüssiger, granulierter oder pulveriger Form angeboten. Ameisen-, Essig- und Propionsäure dissoziieren im Siliergut und setzen dabei Wasserstoffprotonen frei. Diese führen zu einer Absenkung des pH-Wertes und dadurch zu einer unspezifischen Hemmung der Gärschädlinge. Die Lebens- und Stoffwechselbedingungen für Milchsäurebakterien werden hiervon hingegen nicht beeinflusst. Die Hemmung unerwünschter Keime im Siliergut infolge der pH-Wert-Abnahme ist eine Möglichkeit zur Einflussnahme auf den Silierprozess durch chemische Silierzusätze. Im Allgemeinen gilt hierbei: Je geringer das Molekulargewicht bzw. die Anzahl der C-Atome dieser organischen Säuren ist, desto größer ist die Wirkung auf den pH-Wert. Andererseits gilt umgekehrt, dass organische Säuren und deren Salze mit zunehmendem Molekulargewicht bzw. höherer Anzahl an C-Atomen zwar in ihrer Wirksamkeit auf den pH-Wert nachlassen, ihre bakteriostatische Wirkung jedoch zunimmt.

Dies trifft bspw. für die Propionsäure bzw. das Propionat zu. Siliermittel auf der Basis von Propionsäure wirken nur noch schwach pH-Wert-senkend. Den größeren Einfluss hat die Propionsäure auf die Hemmung von Hefen und Schimmelpilzen. Na-Nitrit ist im Lebensmittelsektor bei der Wurst-, Fleisch- und Käseherstellung ein bekanntes Konservierungsmittel. Im Silierprozess wird das Nitrit in der Anfangsgärphase stufenweise abgebaut. Die hierbei freiwerdenden Nitrosegase hemmen insbesondere Buttersäurebakterien (Clostridien). Die Aktivität von Milchsäurebakterien bleibt hiervon unbeeinflusst. Es erfolgt somit neben der direkten Hemmung von Clostridien zugleich eine indirekte Förderung der Milchsäuregärung. Die Wirksamkeit von Hexamethylentetramin auf Gärschädlinge kommt erst zustande, wenn sich diese Substanz durch die pH-Wert-Absenkung im Silierprozess spaltet. Je tiefer der pH-Wert, desto intensiver ist die hydrolytische Spaltung des Hexamins und umso größer wird die antimikrobielle Wirkung.

- Silierzusätze zur Verbesserung der aeroben Stabilität

Nacherwärmungen und Verpilzungen werden hauptsächlich durch Hefen (initial) und Schimmelpilze (im weiteren Verlauf) verursacht. Hefen sind in ihren Lebensbedingungen sehr flexibel, da sie sowohl anaerob als auch aerob aktiv sein können. Auch ein tiefer pH-Wert von $< 4,0$ schränkt ihren Stoffwechsel nicht wesentlich ein. Der Kenntnisstand über die Pilze hat in den letzten Jahren zugenommen. Früher galt das Auftreten von Schimmelpilzen stets als Hinweis auf aerobe Bedingungen. Diese These muss heute relativiert werden, da einige Pilzarten offenbar bei geringsten O_2 -Mengen im geschlossenen Silofutterstock überdauern können. Ihre Überlebensfähigkeit steht dabei auch im engen Zusammenhang mit der Dauer von geschlossenen und gut verdichteten Silagen. Durch spezielle Siliermittel kann es allerdings gelingen, Hefen und Schimmelpilze gezielt zu unterdrücken. Heterofermentative Milchsäurebakterien sind in der Lage, sowohl aus Milchsäure als auch aus Pflanzenzucker, Essigsäure zu bilden. Die Essigsäure dissoziiert in Abhängigkeit vom pH-Wert. Hefen werden vor allem durch den undissoziierten Anteil der Essigsäure gehemmt. In welchem Ausmaß die Essigsäure undissoziiert vorliegt, hängt vom pH-Wert im Futterstock ab. Je tiefer der pH-

Wert des Futters ist, desto größer kann auch die Hemmwirkung der Essigsäure sein. Im Übrigen gilt dieser Zusammenhang für alle weiteren Säuren oder Salze, die nachfolgend noch erläutert werden. Vor diesem Hintergrund werden heterofermentative Milchsäurebakterien häufig auch in Kombination mit homofermentativen Milchsäurebakterien angeboten. Die Bakterienmischung soll in diesem Fall als Zwei-Phasen-Komponente wirken. Zunächst wird in der Anfangsgärphase durch homofermentative Milchsäurebakterien ein großer Teil des Pflanzenzuckers zu Milchsäure umgesetzt und dabei der pH-Wert gesenkt. Im weiteren Gärverlauf setzen sich zunehmend die heterofermentativen Milchsäurebakterien durch und bilden bevorzugt Essigsäure. Aus dem Wirkmechanismus folgt, dass Silagen mit Zusatz heterofermentativer Milchsäurebakterien mindestens sechs Wochen anaerob lagern müssen. Nur dann können sowohl homo- als auch heterofermentative Impfkulturen ihre synergistischen Wirkungen entfalten. Mit heterofermentativen Bakterien wird der Essigsäuregehalt in Silagen auf biologische Weise erhöht. Darüber hinaus gibt es aber auch Siliermittel auf Essigsäurebasis. Dem Siliergut wird dabei direkt Acetat oder Essigsäure zugesetzt. Dies hat gegenüber einem Zusatz von heterofermentativen Milchsäurebakterien den Vorteil, dass die Menge der Essigsäure durch entsprechende Dosierung exakt appliziert wird. Mit der Applikation von Essigsäure werden vor allem Hefen unterdrückt, während die Pilze davon relativ unbeeinflusst bleiben. Eine bessere Wirkung auf Schimmelpilze wird durch Propion-, Sorbin- oder Benzoessäure erzielt. Analog dazu können auch die weniger korrosiven Salze wie Propionat, Sorbat oder Benzoat zur Anwendung kommen. Von diesen genannten organischen Verbindungen geht eine direkte antimykotische Wirkung aus. Diese Mittel sind stets dann vorrangig einzusetzen, wenn eine Gefahr für Verpilzungs- und Nacherwärmungsprozesse gegeben ist. Eine Vielzahl von Siliermitteln besteht nicht nur aus einem Wirkstoff. Eine typische Wirkstoffkombination wurde bereits mit der Mischung von homo- und heterofermentativen Bakterienkulturen genannt. Darüber hinaus werden seit einiger Zeit auch biologisch-chemische Kombinationen auf dem Markt angeboten. Diese bestehen im Allgemeinen aus homofermentativen Milchsäurebakterien und einem chemischen Wirkstoff zur Unterdrückung der Nacherwärmungsflora. Hierbei sollen die homofermentativen Milchsäurebakterien in der Anfangsgärphase zu einer raschen und verlustarmen Milchsäuregärung beitragen. Mit der pH-Wert-Abnahme kann das chemische Siliermittel wirksam werden und zu einer gezielten Hemmung von Hefen und Schimmelpilzen beitragen. Chemische Siliermittel enthalten in vielen Fällen auch Wirkstoffmischungen. Die Mischungen werden dabei so konzipiert, dass sich die einzelnen Wirkstoffe im Gärverlauf ergänzen und somit zu einer erhöhten Wirkungssicherheit beitragen. In der Kombination von Nitritsalzen und Hexamin trägt das Nitrit in der Anfangsgärphase zu einer spezifischen Hemmung von Buttersäurebakterien bei. Mit der indirekten Förderung der Milchsäuregärung sinkt der pH-Wert und das Hexamin kann seine antibakterielle bzw. bakteriostatische Wirkung entfalten.

4 SILIERMITTELEFFEKTE UND DLG-PRÜFRICHTLINIE

Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz von Siliermitteln und -zusätzen ist immer die Beachtung der technologischen Grundsätze der Silagebereitung. Minderwertiges Ausgangsmaterial oder Fehler im Silierverfahren können eben nicht durch den Einsatz von Siliermitteln kompensiert werden. Siliermittel können aber die unerwünschte Buttersäuregärung unterdrücken bzw. sogar verhindern und den Silierverlauf somit positiv beeinflussen sowie die Konservierungsverluste wesentlich verringern. Gleichzeitig verbessern

einige der Mittel (geprüft nach Wirkungsrichtung 4 der DLG-Prüfung) auch die Verdaulichkeit sowie die Futteraufnahme und damit die Futtermittelverwertung insgesamt. Für die Verbesserung der aeroben Stabilität unter Entnahmebedingungen kommen heterofermentative Milchsäurebakterien, chemische Produkte oder deren Kombination in Frage (Wirkungsrichtung 2). Neben chemischen Silierzusätzen (Ameisen-, Propionsäure, nitrithaltige Neutralsalze, Salze) haben biologische Zusätze, bestehend aus MSB, Enzymen und deren Kombination bei der Grassilierung die größte Bedeutung in der Praxis erlangt (ANONYM 2006). Obgleich Melasse ein normales Futtermittel ist, wird sie in einigen Betrieben auch zur Verbesserung des Gärprozesses verwandt. Ihr Einsatz ist allerdings nur in Kombination mit homofermentativen Milchsäurebakterien zu empfehlen. Siliermittel werden von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) hinsichtlich ihrer Wirkungsrichtung und Anwendung in verschiedene Gruppen eingeteilt (STAUDACHER et al. 1999; PAHLOW und HONIG 1986; DLG 2000; s. Tabelle 2). Einem Siliermittel wird von der DLG nur dann ein Gütezeichen verliehen, wenn seine Wirksamkeit in einer der Gruppen 1 bis 5 durch Versuchsergebnisse - entsprechend den Anforderungen der Bestimmungen - belegt ist.

Tabelle 2: Wirkungsrichtungen der von der DLG geprüften Siliermittel (DLG 2000)
 Table 2: *DLG approved additives: modes of action (DLG 2000)*

Gruppe 1 a:	Mittel zur Verbesserung des Gärverlaufs für schwer silierbares Futter Vergärbarkeitskoeffizient (VK) < 35 Grobfutter mit zu niedrigem Gehalt an Gärsubstrat und/oder Trockenmasse
Gruppe 1 b:	Mittel zur Verbesserung des Gärverlaufs für mittelschwer bis leicht silierbares Futter im unteren TM-Bereich VK ≥ 35; TM ≤ 35 % Gräser, Leguminosen, Silomais, Getreideganzpflanzen, jeweils mit ausreichendem Gehalt an Gärsubstrat
Gruppe 1 c:	Mittel zur Verbesserung des Gärverlaufs für leicht silierbares Futter im oberen TM-Bereich VK ≥ 35; TM ≥ 35 % bis ca. 50 % ¹⁾ Gräser, Leguminosen, Silomais, Getreideganzpflanzen, jeweils mit ausreichendem Gehalt an Gärsubstrat
Gruppe 2:	Mittel zur Verbesserung der aeroben Stabilität Gras oder Leguminosen vorzugsweise angewelkt, Silomais und Maiskolbenprodukte, Getreideganzpflanzensilage, Feuchtgetreide, feuchter Körnermais, feuchte Leguminosensaat, andere Körnerfrüchte
Gruppe 3:	Mittel zur Reduzierung von Gärtaftablauf
Gruppe 4:	Mittel zur Verbesserung von Futterwert und Leistung der Tiere a Förderung der Futteraufnahme b Verbesserung der Verdaulichkeit c _{Mast} Verbesserung der Mastleistung beim Rind c _{Milch} Verbesserung der Milchleistung beim Rind
Gruppe 5	Mittel mit zusätzlichen Wirkungen a Verhinderung der Vermehrung von Clostridien im Futter

¹⁾ durch zu geringe Wasserverfügbarkeit bedingte Wirkungsgrenze

5 WIRKSAMKEIT DLG-GEPRÜFTER PRODUKTE

Nachfolgend werden die Auswirkungen eines Siliermitteleinsatzes bei der Silagebereitung näher charakterisiert, und zwar sowohl in quantitativer wie qualitativer Hinsicht. Dieses geschieht auf der Basis umfangreicher Auswertungen von Silierversuchen und wird im Kontext zu Literaturbefunden diskutiert.

5.1 EFFEKTE AUF DEN GÄRVERLAUF, DIE GÄR- UND SILAGEQUALITÄT SOWIE AUF DIE AEROBE STABILITÄT (WIRKUNGSRICHTUNG 1 BZW. 2)

Grundlage für die Auswertung sind Versuchsdossiers der Antragsteller für die Verleihung des DLG-Gütezeichens für Siliermittel der Jahre 1990-2005. Darüber hinaus wurden einige ausgewählte Versuchsdaten von Forschungs- und Landeseinrichtungen einbezogen, die einerseits nach der DLG-Richtlinie für Siliermittel angelegt und durchgeführt wurden sowie andererseits eine gesicherte Wirkung des geprüften Produktes erkennen ließen.

Insgesamt wurden 49 verschiedene Produkte der Wirkungsrichtung 1 und 28 Produkte der Wirkungsrichtung 2 ausgewertet. Es wurden nur die Versuche in die Auswertung einbezogen, die in der unbehandelten Kontrolle eine Gärqualität im Anwendungsbereich (AWB) A und B < 80 DLG-Punkte (DLG-Schlüssel 2006; DLG 2006) und im AWB C < 90 DLG-Punkte aufwiesen. Gegenüber früheren Auswertungen (THAYSEN et al. 2001) wurden so eine erhebliche Anzahl von Versuchen von der Auswertung ausgeschlossen. Aufgrund der unterschiedlichen Gäreigenschaften wird dabei zwischen Gras- und Maissilage sowie CCM unterschieden.

Die folgenden Tabellen 3 bis 5 enthalten im Tabellenkopf die Siliermitteltypen und die Anzahl der ausgewerteten Versuche. Dann folgen als Mittelwerte Angaben zur Charakterisierung des Ausgangsmaterials und zur unbehandelten Kontrolle. Die Siliermittelwirkung ist dabei als Differenz zur Kontrolle dargestellt und erlaubt somit Angaben zur Wirkungshöhe. Im unteren Tabellenteil ist der Anteil der Versuche als Mittelwert wiedergegeben, der hinsichtlich der Gärqualität mehr als 20 bzw. 10 DLG Punkte (DLG-Schlüssel 2006) erbrachte. Diese Auswertung ermöglicht somit Aussagen zur Wirkungssicherheit der Siliermitteltypen. Einschränkend ist anzumerken, dass dieser Mittelwertvergleich zur Wirkungshöhe von Siliermitteltypen aufgrund nicht immer voller Vergleichbarkeit der Versuchsanlage und eines öfter recht geringen Datenumfanges nur bedingt aussagekräftig ist. Die dargestellten Ergebnisse sind daher als Trend zu werten, welche die mögliche Größenordnung der Effekte beschreiben.

Die Aussagen zur Statistik beruhen auf einem Vergleich mehrerer Versuchsreihen zur Ermittlung einer einheitlichen Standardabweichung nach folgender Formel:

$$\sqrt{[(2 * \sum SQ / (n-r)) / (\sum n - (\sum n^2 / \sum n)) / (\sum r - 1)]}^{1)}$$

Zur Ermittlung der Grenzdifferenzen wurde ein t-Test angeschlossen, der Aussagen bei 1 % und 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit erlaubt.

¹⁾ Formel nach Dr. Wermke, FAL

Erläuterung der Abkürzungen der Siliermitteltypen (Text und Tabellen):

MSB_{ho} = homofermentative Milchsäurebakterien; MSB_{he} = heterofermentative Milchsäurebakterien;

MSB_{komb} = homo- und heterofermentative Milchsäurebakterien; Chem = chemische Siliermittel;

Komb = MSB_{ho} + chemische Siliermittel

5.1.1 EINSATZ BEI DER SILIERUNG VON GRAS

- Silier- und Futtermittelwirkungen auf den Gärverlauf bei Gras (Wirkungsrichtung 1)

Den Einfluss der verschiedenen Siliermittel MSB_{ho} , Chem und des Futtermittels Melasse, MSB_{ho} +Melasse und Komb auf Kenngrößen der Gärqualität, Verluste und Gärverlauf zeigt Tabelle 3.

Im Anwendungsbereich (AWB) A und B entwickeln chemische Zusätze die höchste Wirksamkeit und Wirkungssicherheit, gefolgt von MSB_{ho} +Melasse. Mit zunehmendem Vergärbarkeitskoeffizienten (VK) verringert sich die Siliermittelwirkung generell. Hierbei sind jedoch die Unterschiede im Ausgangsmaterial und damit dem Qualitätsniveau der Kontrollen zu beachten.

Im AWB C sind die Effekte der Siliermittel aufgrund des nochmalig höheren Niveaus der Kontrollen und entsprechend der geringeren Umsetzungsintensität bei höherem TM-Gehalt noch kleiner als im AWB B. Im AWB C liegt die Wirkungshöhe von MSB_{ho} gleichauf mit chemischen Siliermitteltypen. Die aerobe Stabilität wurde dabei insgesamt nur wenig beeinflusst. Im Trend ergab sich bei MSB_{ho} eine leicht negative, bei Melasse und den chemischen Zusätzen eine leicht positive Wirkung.

In der Literatur liegen viele Arbeiten zu Effekten von Siliermitteln bei der Grassilierung vor, aber relativ wenige Angaben, bei denen eine vergleichende Prüfung über die AWB bei verschiedenen VK's vorgenommen wurde. RAHN (1992) verglich verschiedene **chemische Zusätze** in den AWB A bis C und bestätigte die Ergebnisse dieser Auswertung, dass die Gärverluste und die Gehalte an Buttersäure in den Kontrollsilagen mit steigendem TM-Gehalt abnahmen. Folglich war die Verbesserung der Gärqualität und die Senkung der Gärverluste durch chemische Zusätze im AWB A größer als in den AWB B und C. Für die Erzeugung anaerob stabilen Futters ist im AWB A das Erreichen eines pH-Wertes von 4,2 oder weniger erforderlich (McDONALD et al. 1991), weil vor allem Buttersäurebakterien unterhalb dieses Wertes gehemmt werden. Für die ersten Tage der Silierung ist die pH-Wert senkende Wirkung eines Silierzusatzes von großer Bedeutung. In der frühen Gärphase konkurrieren die Milchsäurebakterien mit der übrigen epiphytischen Flora um die vergärbaren Zucker. Wenn die wasserlöslichen Kohlenhydrate verbraucht sind, können bestimmte Milchsäurebakterien selbst Milchsäure als Energiequelle nutzen und diese zu Essigsäure vergären (LINDGREN et al. 1990). Daraus resultiert ein Anstieg des pH-Wertes, der Gärschädlingen wie Clostridien und Enterobakterien Entwicklungsmöglichkeiten eröffnet (HENDERSON 1991). Diese Konkurrenten der Milchsäurebakterien produzieren weniger saure Komponenten, wie bspw. Essig- und Buttersäure, Neutralstoffe wie 2,3-Butandiol und Ethanol bzw. die basisch wirkenden Stoffe Ammoniak und Kohlendioxid (JONSSON 1989). Demzufolge sind chemische Zusätze, die eine Selektivwirkung auf die Buttersäure- und Essigsäurebildner haben, vornehmlich im AWB A einzusetzen. Die geringeren Gärverluste durch chemische Zusätze sind durch eine schnelle Zellplasmolyse und sofortige Unterbindung der Pflanzenrespiration, wie sie auch von LINDGREN et al. (1983) sowie bei CASTLE und WATSON (1985) beschrieben sind, zu erklären. NUSSBAUM (1998) bestätigte in seinen Untersuchungen das Ausmaß der Verlustsenkung durch chemische Siliermittel. Außer den direkt pH-Wert-senkenden organischen Säuren sind alle weiteren chemischen Silierzusätze jedoch auf eine Mindestkonzentration an vergärbaren Kohlenhydraten angewiesen, welche die anschließende Milchsäuregärung ermöglichen. Nach WILKINSON und TOIVONEN (2003) werden innerhalb der EU bei der Silagebereitung aus Gras ca. 5 % und zur Silagebereitung aus Leguminosen ca. 25 % der Silagen chemische Siliermittel zugesetzt.

Wie zahlreiche Versuchsansteller feststellten, wird die pH-Wert-Absenkung im Siliergut durch die Verwendung von **homofermentativen MSB-Impfkulturen (MSB_{ho})** beschleunigt (GORDON 1989; MAYNE 1990; NESBAKKEN und BROCH-DUE 1991; VAITIEKUNAS und ABEL 1993; KEADY und STEEN 1994; SEALE 1986; PITT 1992; HENDERSON 1993; ROBOWSKY et al. 1993; SPOELSTRA 1993; OPITZ von BOBERFELD 1998). Die in beimpften Silagen tieferen pH-Werte traten in vielen Fällen gleichzeitig mit einer verbesserten Silagequalität auf (PAHLOW et al. 1992; SETÄLÄ 1990). Bei ausreichendem Angebot an vergärbaren Zuckern (3 % in der ursprünglichen Substanz) im Ausgangsmaterial (KELLER 1996; PAHLOW und HONIG 1986; SPOELSTRA 1993) wird durch die schnelle Säuerung die Vermehrung unerwünschter Mikroorganismen (Clostridien, Enterobakterien) unterdrückt (LINDGREN et al. 1988). Wenn der Zuckergehalt im Siliergut nicht ausreicht, um den pH-Wert unter den „kritischen“ Wert zu senken, kann im weiteren Gärprozess Buttersäure entstehen (GROSS 1989). Da der Zuckergehalt im AWB A limitierend für die erforderliche Vermehrung der MSB sein kann, ist bisher kein DLG-Gütezeichen für MSB-Produkte verliehen worden (ANONYM 2006). Nach VAITIEKUNAS und ABEL (1993) ist die Säuerungsgeschwindigkeit im Hinblick auf die Eliminierung der Enterobakterien von großer Bedeutung. Durch ein früheres Erreichen des kritischen pH-Wertes werden neben den Enterobakterien auch die Clostridien gehemmt, so dass die Ammoniakfreisetzung reduziert wird. In Futtermitteln mit geringem Gehalt an vergärbarem Zucker kann die Produktion von Ammoniak einer der Hauptgründe für eine schlechte Silagequalität sein, weil in Anwesenheit von Ammoniak (= Puffer) mehr Milchsäure erforderlich ist, um den pH-Wert auf ein gewünschtes Niveau zu senken (LINDGREN et al. 1988).

Hinreichend nachgewiesen wurde die positive Wirkung von MSB auf den Gärverlauf (HONIG und PAHLOW 1986; KENNEDY et al. 1989; SPOELSTRA 1991; PAHLOW et al. 1992). Der Grund für den Einsatz von Inokulantien liegt darin, dass die Anzahl der Milchsäurebakterien im epiphytischen Keimbesatz fallweise nicht ausreicht, um zu einer genügenden Bildung von Milchsäure zu führen (MUCK 1989). Darüber hinaus dient ihr Einsatz der Förderung einer homofermentativen Gärflora, die möglichst schnell zur Bildung von Milchsäure führt (MOON 1984; LINDGREN et al. 1985a,b; SEALE 1986), mit geringen Verlusten verbunden ist (DONE 1986; ROOKE et al. 1988; McDONALD et al. 1991) und über eine Beschleunigung der pH-Absenkung die Silagequalität verbessert (LINDGREN et al. 1983; KUNG et al. 1991).

HENDERSON und McDONALD (1984), FÜRSTENBERG und FISCHER (1994) sowie WETHERALL et al. (1995) konnten nachweisen, dass durch die Inhibierung von Konkurrenzmikroorganismen der Eiweißabbau und die Ammoniakbildung in der beimpften Silage im Vergleich zur unbehandelten Kontrollsilage eingeschränkt wurden. Dabei ist festzustellen, dass die Effekte der MSB-Behandlung von der Art des Siliergutes und der eingesetzten MSB-Spezies sowie der Impfdosis abhängig sind. Nach WEINBERG und MUCK (1996) ist eine Dosierung in der Größenordnung von 10^5 - 10^6 Kbe/g Frischmasse ausreichend, um den natürlichen epiphytischen Besatz zu dominieren.

Im AWB B ist die Wirkung von MSB_{ho} auf die Gärqualität deutlicher als im AWB C. Ursache hierfür könnte die unterschiedliche Osmotoleranz der geprüften MSB sein (ZIERENBERG 2000).

Alternativ zu chemischen Zusätzen kann als das gärsubstratliefende Einzelfuttermittel für zuckerarme Ausgangsmaterialien und/oder Siliergut mit hoher Pufferkapazität **Melasse** zugesetzt werden. Melasse (aus Zuckerrüben oder Zuckerrohr hergestellt) enthält vor allem lösliche Saccharide (Glukose, Fruktose, Saccharose und Raffinose), Mineralstoffe und NPN-

Verbindungen. Angaben zu wertbestimmenden Inhaltsstoffen sind in den DLG-Futterwerttabellen enthalten (UNIVERSITÄT HOHENHEIM 1997). Der Energiegehalt der Melasse ist vom Zuckergehalt abhängig und deshalb bei zuckerreicher Melasse höher als bei teilentzuckerter Melasse. Von den Mineralstoffen ist vor allem der K-Gehalt zu erwähnen, der für trockenstehende Kühe eine Milchfiebergefahr birgt. Mit Melasse behandelte Silagen sind bei Trockenstehern also eher problematisch (MAHLKOW-NERGE 2006).

Melasse wird in Abhängigkeit von der für eine ausreichend stabile Milchsäuregärung erforderlichen Zuckerdosierung in Mengen von 10 bis 60 kg/t FM eingesetzt, wobei unter norddeutschen Bedingungen Aufwandmengen von 20 bis 40 kg/t FM üblich sind (PIEPER 1999). Die Zugabe von leichtlöslichen Kohlenhydraten der Melasse intensiviert die Gärung, reduziert in der Folge den pH-Wert, inhibiert die Aktivität unerwünschter Hefen und Schimmelpilze (LÄTTEMÄE 1997) und verbessert die Voraussetzungen für eine hohe Verdichtung des Siliergutes, was insbesondere bei trockener Anwelksilage relevant ist (LÄTTEMÄE et al. 1996). THAYSEN (2002), RICHTER und ZEHNER (2005) sowie SPIEKERS et al. (1999) konnten die Verbesserung der Gärfutterqualität und Senkung der Gärverluste in ihren Versuchen bestätigen. NUSSBAUM (1998) konnte bei Silierung von Extensivaufwüchsen mit einem Melassezusatz eine vergleichbare Verbesserung der aeroben Stabilität nachweisen. Zur Erzielung dieser positiven Effekte muss jedoch das gesamte Siliermanagement optimal gestaltet sein, da sonst unerwünschte Mikroorganismen ebenfalls von dem verbesserten Substratangebot mit der Folge erhöhter Verluste profitieren können (FRIEDEL et al. 1994).

Mit dem Einsatz einer Kombination von **Melasse + MSB_{ho}** wird die Erwartung verbunden, dass der Zucker aus der Melasse besonders effektiv die Vermehrung der MSB fördert und damit eine Dominanz über die epiphytische Flora schneller und sicherer erreicht wird. Um den durch Melasse zugegebenen Zucker nicht hetero-, sondern homofermentativ vergären zu lassen und damit das Risiko einer erhöhten Essigsäurebildung zu verhindern (CASTLE und WATSON 1985), werden MSB_{ho} (LINDGREN et al. 1983; SEALE et al. 1986; BOLSEN et al. 1992) zugesetzt. THAYSEN (2002) konnte aufzeigen, dass durch den Zusatz von MSB_{ho} zu Melasse eine weitere Verbesserung der Gärfutterqualität, eine Senkung der Gärverluste, aber auch eine Erhöhung der Risiken einer aeroben Instabilität der behandelten Silagen eintreten kann.

Positive Effekte von MSB_{ho} auf die aerobe Stabilität stellten PAHLOW (1982), JONSSON und PAHLOW (1984), PAHLOW und ZIMMER (1985) und WOHLT (1989) fest. HONIG (1991) hielt es für möglich, dass die aerobe Stabilität beimpfter Silagen über eine durch die applizierten Milchsäurebakterien verursachte kompetitive Hemmung der Hefen indirekt verbessert wird.

Versuche von KUNG et al. (1991) und WYSS (1993, 1995) zeigten, dass die Beimpfung mit MSB_{ho} neben einer deutlichen Verbesserung der Gärqualität zu Einbußen bei der aeroben Stabilität führte. Auch Ergebnisse von RUST et al. (1989) besagen, dass eine durch Beimpfung mit Milchsäurebakterien verursachte Beschleunigung der homofermentativen Milchsäuregärung zwar einerseits die Energieverluste während der Lagerung verringert, andererseits jedoch das Risiko für den aeroben Verderb beim Verbrauch der Silage erhöht. Das bedeutet, dass Silierzusätze wie MSB, deren Wirkung sich auf eine Absenkung des pH-Wertes beschränkt, nicht für einen universellen Einsatz bei allen Futterarten und in allen AWB geeignet sind. Sie können zwar in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Siliergutes für die Erzeugung einer hochwertigen Silage ausreichen, sind jedoch nicht imstande, die vornehmlich bei qualitativ hochwertigen Silagen durch Hefen hervorgerufene aerobe

Instabilität und Schimmelpilze zu hemmen. Gerade die besten Silagen sind also disponiert für den aeroben Verderb.

In Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Silierguts und dessen Vergärbarkeit ergeben sich bei der Silierung unterschiedlich gelagerte Risiken wie Fehlgärungen oder eine aerobe Instabilität. Um diese möglichst weitgehend einzuschränken, erscheint es sinnvoll, ein Siliermittel zu verwenden, das aus mehreren Einzelkomponenten (**Komb**) unterschiedlicher Wirkungsrichtungen besteht (WEISSBACH et al. 1991). Ausführliche Zusammenstellungen zahlreicher Einzelsubstanzen und ihrer antimikrobiellen Spektren sowie Hinweise bezüglich der Eignung dieser Wirkstoffe als Siliermittel findet man bei WOOLFORD (1984a) und McDONALD et al. (1991). SETÄLÄ et al. (1990) und CUSSEN et al. (1995) berichteten über den kombinierten Einsatz von MSB_{ho} und einer chemischen Komponente. KALZENDORF et al. (1991), KALZENDORF (1992), BADER (1997) und NUSSBAUM (2006) zeigten anhand von umfangreichen Versuchsserien, dass ein Komb-Silierzusatz hinsichtlich Gärfutterqualität und Verlustsenkung zu guten Ergebnissen führen kann. Entscheidend für eine erfolgreiche Wirkung sind die Wahl des geeigneten Zusatzes (BADER 1997) und der Zusatz der erforderlichen Menge an Wirkstoffen zum Siliergut.

- Wirkungen auf die aerobe Stabilität bei Gras (Wirkungsrichtung 2)

Den Einfluss verschiedener Siliermittel (MSB_{he} , MSB_{komb} , Chem und Komb) auf Kenngrößen der Gärfutterqualität, Verluste und aeroben Stabilität zeigt Tabelle 4.

Die Untersuchung der Siliermittelwirkung nach WR 1 zeigte außer bei Melasse und Chem im AWB B durch Zusätze eine Tendenz zu leichten Einbußen in der aeroben Stabilität. Ähnlich war der Effekt abhängig von der erzielten Gärfutterqualität. Mit zunehmender Silage- und Gärqualität wird also die Sicherung einer ausreichenden aeroben Stabilität bedeutender.

Für die Quantifizierung der Siliermitteleffekte nach der WR 2 wurden in Tabelle 4 die Daten für alle Siliermitteltypen und AWB zur Grassilierung zusammengefasst. Die erzielten Stabilitätseffekte sind bei MSB_{he} in der Wirkungshöhe und -sicherheit am stärksten ausgeprägt, gefolgt von MSB_{komb} im AWB C. Chemische Siliermittel zu Gras weisen geringere und wegen der kleinen Datenmenge nicht signifikante Wirkungen auf. Komb dagegen wirkt signifikant, wenn berücksichtigt wird, dass bei dieser Versuchsdurchführung die Kontrolle mit MSB_{ho} behandelt wurde.

Der Verderb von Gärfutter nach Luftzutritt wird durch die Vermehrung und Aktivität von Mikroorganismen verursacht, die während der anaeroben Phase inaktiv waren (BECK und GROSS 1964; WEISE 1971; WEISE und HONIG 1975; OHYAMA et al. 1975; HONIG und WOOLFORD 1980), und ist zunächst mit einem Keimzahlanstieg der Hefen verbunden, die fähig sind, Milch- und Essigsäure zu assimilieren. Gekennzeichnet sind diese Prozesse durch einen pH-Wert- und Temperaturanstieg sowie die Oxidation von Zucker und Gärungsendprodukten (OHYAMA und McDONALD 1975; MANN und McDONALD 1976; WOOLFORD et al. 1978; HARA und OHYAMA 1979; HENDERSON et al. 1979; MOON et al. 1980; SPOELSTRA et al. 1988; WOOLFORD 1990). Dies kann zu TS- und Nährstoffverlusten (ZIMMER 1980; MENNA et al. 1981), zu einer Toxinbildung durch Verderberreger und insgesamt zu Einbußen im Futterwert (KUNG et al. 1991) führen. Eine verminderte Futteraufnahme oder sogar eine Futterverweigerung und auch Verdauungsstörungen sind hier mögliche Folgen (BECK 1978).

Ein offenes Silo ermöglicht durch den Eintritt von Luftsauerstoff aerobe Instabilität. Die dabei auftretenden intensiven mikrobiellen Umsetzungen werden zunächst vornehmlich durch **Hefen** verursacht (BECK und GROSS 1964; JONSSON und PAHLOW 1983; JONSSON

1989). WOOLFORD et al. (1979), LINDGREN et al. (1985a) und JONSSON (1991) berichteten auch über das Vorkommen von *Bazillus*-Arten in aerob umgesetzten Silagen. OHYAMA et al. (1975) definierten die aerobe Instabilität als ein komplexes Zusammenspiel von chemischen, physikalischen und mikrobiologischen Faktoren. Für COURTIN und SPOELSTRA (1990) sowie MUCK et al. (1991) ist es denkbar, dass die undissoziierten Anteile der Gärprodukte Milch- und Essigsäure die Voraussetzung für die aerobe Stabilität von Silagen sind. In einigen anderen Arbeiten wird darauf hingewiesen, dass Silagen möglicherweise bestimmte Komponenten enthalten, die das Hefenwachstum verhindern und so zu aerober Stabilität der Silage führen (HOLDEN und BLACKBURN 1987; O'KIELY und MUCK 1992). Schimmelpilze und Hefen lassen sich durch eine alleinige Reduktion des pH-Wertes nicht unterdrücken. Viele für die Silierung typische Hefespezies sind nämlich relativ säuretolerant. Sie sind auch unter anaeroben Bedingungen in saurem Milieu unterhalb eines pH-Wertes von 4,0 noch zu Wachstum und Vermehrung fähig und können Zucker zu Ethanol sowie zahlreichen anderen Produkten fermentieren (HENDERSON 1991; McDONALD et al. 1991; MUCK et al. 1991). Ferner bauen sie bereits gebildete Milchsäure wieder ab und geben dadurch indirekt auch den unerwünschten Bakterien erneut Entwicklungsmöglichkeiten (LÜCK 1966).

Heterofermentative MSB-Impfkulturen (MSB_{he}) enthalten überwiegend die Stämme *L. buchnerii* und *L. brevis*. Sie vergären die wichtigsten Zucker des Siliergutes - neben einer Bildung von CO₂ - auch zu einem gewissen Anteil zu Essigsäure, welche im tiefen pH-Wert-Bereich bei Grassilagen pilzhemmend wirkt. Auf die umgesetzte Glukosemenge bezogen entstehen zwar Gärverluste in Höhe von bis zu 24 % der TM (McDONALD et al. 1991), während der gesamten Lagerung sind jedoch lediglich 3 bis 5 % (abs.) höhere TM-Verluste als in der unbehandelten Kontrolle zu verzeichnen (PAHLOW 2004). Während KALZENDORF (2002) bei der Untersuchung von MSB_{he} zur Grassilierung bezüglich der Gärverluste keine signifikanten Effekte ermittelte, konnten HOWARD et al. (2005) nachweisen, dass alle geprüften Zusätze - außer MSB_{he} - die Verluste senkten.

Unter anaeroben Silierbedingungen ist *L. buchnerii* in der Lage, aus der gebildeten Milchsäure über die Essigsäure einen Teil zu 1,2-Propandiol zu verstoffwechseln (OUDE ELFERINK 2001). Sowohl die gebildeten Propandiol- als auch die Essigsäurekonzentrationen sind relativ gering und bleiben im Mittel über viele Versuche zur Grassilierung unter 1 % gegenüber der unbehandelten Kontrolle, sodass keine negativen Effekte auf die Futteraufnahme (GILL et al. 1988), sondern lediglich positive Effekte auf die Stabilität der behandelten Silagen zu verzeichnen sind. In einer Vielzahl von Versuchen wurde von negativen Beziehungen zwischen Essigsäure, Buttersäure sowie der Summe aller Gärsäuren und der Futteraufnahme bei Schafen und Rindern berichtet (WILKINS et al. 1971). Auf der anderen Seite deuten Untersuchungen, in denen Essigsäure zum Futter zugegeben wurde, darauf hin, dass Essigsäure per se in üblichen Konzentrationen, wie sie in Silagen vorkommen, die Futteraufnahme nicht beeinträchtigt (HUTCHINSON und WILKINS 1971; MBANYA et al. 1993). Es ist wahrscheinlicher, dass die Beziehung zwischen Futteraufnahme und Essigsäure in Silagen dadurch zu erklären ist, dass Silagen mit niedriger Qualität häufig auch weitere Mängel aufweisen.

Kombinationen aus MSB_{he} und MSB_{ho} (MSB_{komb}) enthalten überwiegend *L. buchnerii* oder *L. brevis* sowie *L. plantarum*. Dabei sollen die Effekte der unterschiedlichen Lactobazillen wie Gärverlustminimierung durch MSB_{ho} und die Essigsäurebildung von MSB_{he} vereint werden.

Folglich sind sowohl die Wirkungshöhe als auch die Wirkungssicherheit im Bezug auf die Verbesserung der aeroben Stabilität niedriger als bei MSB_{he}. In der vorliegenden

Auswertung war der Effekt auf die aerobe Stabilität in AWB C - im Gegensatz zu B - signifikant. Ursache könnte die Osmotoleranz der eingesetzten Stämme (THAYSEN und LAMP 2006) in diesem Produkt sein.

Hinsichtlich der Wirkung auf die aerobe Stabilität stellen KALZENDORF (2002) und NUSSBAUM (2006) fest, dass **chemische Zusätze** eine höhere Effizienz aufweisen als MSB_{he} oder MSB_{komb} und Komb. HOWARD et al. (2005) und SPIEKERS et al. (2002) konnten bei zuckerreichen Grasaufwüchsen die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigen. Diese unterschiedlichen Befunde können vermutlich mit dem variierenden Ausgangsmaterial hinsichtlich seiner Disposition zur aeroben Instabilität (AWB A, B, C) oder mit dem jeweils eingesetzten Produkt bzw. seiner Eignung zur Hefenunterdrückung erklärt werden. Dazu gehört auch - insbesondere bei propionsäurehaltigen chemischen Zusätzen - die Einhaltung der für eine sichere Wirkung erforderlichen Aufwandmenge (DANIEL et al. 1970; WYSS 2005). Hier könnte auch ein weiterer Grund für die geringere Wirkungssicherheit mit zunehmenden VK liegen, denn in trockenerem Anwelkgut lassen sich die Zusätze schlechter homogen einmischen, obwohl aus Gründen der Neigung zur Instabilität bei trockenerem Anwelkgut dieses gerade erforderlich wäre.

Mischungen aus MSB_{ho} und chemischen Komponenten (Komb) enthalten chemische Wirkstoffe wie Salze von Sorbin-, Benzoe- oder Propionsäure, die als pilzhemmende Agenzien sich lange bewährt haben, aber aufgrund ihres hohen Preises bisher nicht zum Einsatz kamen. Bei Aufwandmengen von 100 – 1000 g der Chemikalie/t Siliergut und gleichzeitig applizierten MSB_{ho} in hoher Konzentration wird eine günstige aerobe Stabilität erreicht (PAHLOW et al. 2004). Da zwischen beiden Komponenten eine „Unverträglichkeit“ besteht, müssen sie entweder getrennt appliziert oder die MSB_{ho} in geschützter Form zugegeben werden.

BADER (1997) sowie JÄNICKE und TITZE (2004) untersuchten **Komb** und stellten heraus, dass den möglichen Einbußen in der aeroben Stabilität durch MSB_{ho} (s. Tabelle 4, letzte Spalte) durch geeignete chemische Zusätze wirkungsvoll entgegengewirkt werden kann. Die Versuchsergebnisse von KALZENDORF (2002), NUSSBAUM (2006) und HOWARD et al. (2005) waren uneinheitlich. Ursache hierfür könnte teilweise die Nichtbeachtung der notwendigen getrennten Applikation der beiden Komponenten durch den Anwender gewesen sein.

5.1.2 EINSATZ BEI DER SILIERUNG VON SILOMAIS UND CORN COB MIX

- Silier- und Futtermittelwirkungen auf den Gärverlauf bei Silomais (Wirkungsrichtung 1)

Der Silomais ist aufgrund des vergleichsweise hohen Kohlenhydrat- und niedrigen Protein- und Mineralstoffgehaltes eine leicht vergärbare Futterart mit einem günstigen Vergärbarkeitskoeffizienten (McDONALD 1991). Dementsprechend liegt die Gärfutterqualität in den Kontrollen im Mittel meistens bei über 90 DLG-Punkten und lässt daher keine markanten Verbesserungen und Verlustminderungen (s. Tabelle 5) mehr zu.

- Wirkungen auf die aerobe Stabilität bei Maissilage und CCM (Wirkungsrichtung 2)

Bei der Mais- und CCM-Silierung (s. Tabelle 5) sind Mittel aus der Gruppe Komb in der Wirkungshöhe und -sicherheit am stärksten, gefolgt von Chem und MSB_{komb}. MSB_{he} fällt hier – anders als bei Gras – allerdings etwas zurück.

Zu beachten ist, dass bei Siliermitteln mit MSB_{he} - allein oder in Kombination mit MSB_{ho} - die Verbesserung der aeroben Stabilität in vielen Fällen durch eine Erhöhung der TM-Verluste und durch eine Verringerung der Gärfutterqualität erkauft wird.

Die Effektivität der **heterofermentativen MSB-Impfkulturen (MSB_{he})** zur Verbesserung der aeroben Stabilität beruht beim Mais im Wesentlichen auf der Unterdrückung von Hefen (MUCK 2004). DRIEHUIS et al. (1999), RANJIT und KUNG (2000), RANJIT et al. (2002) sowie MUCK (2004) fanden im Durchschnitt eine Verbesserung der aeroben Stabilität durch den Zusatz von *L. buchnerii* von bis zu 3 Tagen. Auch KALZENDORF (2002) und KLEINSCHMIT et al. (2005) stellten in ihren Vergleichsmessungen bei Einsatz von MSB_{he}-Produkten die größte Wirkung zur Verbesserung der Stabilität fest. Allerdings gibt es stammspezifische Unterschiede, wie MUCK (2004) bemerkt. Mit steigendem TM-Gehalt nehmen die Wirkungshöhe und -sicherheit ab. Die höheren Gärverluste im AWB C mit 29 % (rel.) deuten daher auf eine Einsatzgrenze dieser Siliermittelart bei höheren TM-Gehalten ab ca. 38 % hin. NISHINO et al. (2003) untersuchten Silomais im AWB B und konstatierten eine deutliche Verbesserung der aeroben Stabilität, aber keine höheren Gärverluste oder Ethanol-Gehalte in den mit *L. buchnerii* behandelten Silagen.

Kombinationen aus MSB_{he} und MSB_{ho} (MSB_{komb}) bewirken vergleichbare Effekte wie bei der Grassilierung: verbesserte aerobe Stabilität - auch im AWB C - und tendenziell niedrigere Gärverluste. In der Analyse von KALZENDORF (2002) kann dieser Befund im Vergleich zu den anderen geprüften Zusätzen bestätigt werden. Hinsichtlich der Wirkungssicherheit liegt diese Produktgruppe im Mittel bei ca. 50 %, d.h. dass MSB_{komb} nur bei exaktem Siliermanagement eingesetzt werden sollten. Sie sind besonders für Silagepartien zu empfehlen, deren Verbrauch eine längere Zeit beansprucht bzw. in ungünstigen Phasen (wärmere Jahreszeit) vorgesehen ist.

Chemische Zusätze zeigen in dieser Studie nur tendenzielle, aber keine signifikanten Verbesserungspotentiale hinsichtlich der aeroben Stabilität. Eine Erklärung dafür könnten die der Auswertung zugrunde liegenden Mittel sein, denn in der Literatur (KALZENDORF 2002, JÄNICKE et al. 2004 und WYSS 2005) wird berichtet, dass durchaus deutliche Effekte bei Einsatz von Chem festgestellt wurden. Gleiches gilt für die beobachtete Erhöhung der Gärverluste und die relativ niedrige Wirkungssicherheit mit zunehmenden AWB in dieser Arbeit im Vergleich zur Literatur.

Die Werte zu den **Mischungen aus MSB_{ho} und chemischen Komponenten (Komb)** entsprechen auch nicht den Literaturbefunden von BADER (1997), WOLF et al. (2001) und KALZENDORF (2002). Insbesondere die Wirkung auf die Erhöhung der Gärverluste dieser Produkte und die relativ geringe Verbesserung der aeroben Stabilität mit einer geringen Wirkungssicherheit fallen auf. Zwar wird eine Verbesserung der Stabilität bei Beimpfung der Kontrolle erreicht, aber dieses war von signifikant höheren Verlusten begleitet.

PRIES et al. (2006) konnten nachweisen, dass durch den Einsatz von 400 g K-Sorbat/t in Kombination mit MSB_{ho} bei CCM die aerobe Stabilität gesichert verbessert werden konnte.

Vergleichbare Ergebnisse zu den Effekten auf die Gärfutterqualität und aerobe Stabilität von MSB_{komb} fand NUSSBAUM (2006) beim Einsatz diverser Produkte dieser Kategorie, wobei die Wirkungshöhe nicht bei allen Produkten gleich war. Die Unterschiede ließen sich der Art der chemischen Komponente und ihrer Aufwandmenge zuordnen.

Tabelle 3: Mittlere Effekte von chemischen Siliermitteln (Chem), homofermentativen Milchsäurebakterien (MSB_{ho}) oder Kombinationsprodukten (Komb) sowie von Melasse (auch in Kombination mit MSB_{ho}) bei sachgerechtem Einsatz zur Grassilierung in Wirkungsrichtung 1

Table 3: Mean effects of chemical additives (Chem), homofermentative inoculants (MSB_{ho}) or combination products (Komb) and of molasses (also in combination with MSB_{ho}) to grass silage in aim of action 1

WR I Zusammenfassung --GRAS --

GQ_{kontr} <80/90*

Siliermittel			MSB _{ho}			Chem			MSB+Melasse			Komb		Melasse	
Anwendungsbereich (AWB)			A	B	C	A	B	C	A	B	C	B	C	B	C
Anzahl der Versuche	n		104	249	84	78	46	30	21	11	3	27	8	4	3
Ausgangsmaterial	TM	%	20	25	41	20	27	39	20	27	37	28	41	34	37
	VK		29	48	57	26	44	54	27	39	54	44	63	41	54
Kontrolle	GQ	Punkte	20	45	61	6	19	64	36	56	53	41	56	66	51
	TMV	abs. %	12,0	9,6	7,3	12,9	11,7	6,7	9,1	8,8	k.A.	10,1	7,5	7,7	k.A.
Differenz [SM. - Kontr.]	GQ	Punkte	35 ^b	41 ^b	25 ^b	61 ^b	54 ^b	29 ^b	63 ^b	43 ^b	47 ^b	47 ^b	43 ^b	33 ^b	28 ^b
	TMV	rel. %	-30 ^b	-29 ^b	-25 ^b	-58 ^b	-47 ^b	-39 ^b	-43 ^b	-48 ^b	k. A.	-25 ^b	-30	-26	k. A.
	Stab	Tage	-0,5	-1,2 ^b	1	0	1,2 ^b	-1	0,0	-0,3	-1	-0,3	1	1,9 ^b	0,7
Differenz GQ	>20/10*	n	64	177	77	69	40	25	21	11	3	25	8	4	3
	>20/10*	% n _{ges}	62	71	92	88	84	83	100	100	100	93	100	100	100
darin MW_{Differenz}	GQ	Punkte	56 ^b	54 ^b	27 ^b	69 ^b	61 ^b	34 ^b	63 ^b	43 ^b	47 ^b	50 ^b	43 ^b	33 ^b	28 ^b
	Stab	Tage	-0,6	-1,5 ^b	0	0	1	-1	0,0	-0,3	-1	-0,4	1	1,9 ^a	0,7

* Gärfutterqualität der Kontrolle: 80 bzw. 20 bei AWB A und B; 90 bzw. 10 bei AWB C; VK = Vergärbarkeitskoeffizient ; k.A. = keine Angabe; Stab = aerobe Stabilität; TMV = TM-Verluste; Punkte GQ = Gärfutterqualität; Sicherung der Differenz zur Kontrolle: ^{a)} = 5 % und ^{b)} = 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit, MW = Mittelwert, TM = Trockenmasse, n = Anzahl

Tabelle 4: Mittlere Effekte von chemischen Siliermitteln (Chem), heterofermentativen Milchsäurebakterien (MSB_{he}), homo- und heterofermentativen MSB (MSB_{komb}) oder Kombinationsprodukten (Komb) bei sachgerechtem Einsatz zur Grassilierung in Wirkungsrichtung 2

Table 4: Mean effects of chemical additives (Chem), heterofermentative inoculants (MSB_{he}), homo- and heterofermentative inoculants (MSB_{komb}) or combination products (Komb) to grass silage in aim of action 2

Siliermittel			MSB _{he}		MSB _{komb}		Chem			Komb		
Anwendungsbereich			B	C	B	C	A	B	C	B	C	B MSB*
Anzahl Versuche		n	31	22	11	92	9	12	53	42	31	18
Ausgangsmaterial	TM	%	26	42	27	48	18	27	40	27	45	29
	VK		40	53	40	66	28	47	51	46	60	43
Kontrolle	GQ	Punkte	81	97	80	89	68	70	93	82	92	100
	TMV	abs. %	8,8	6,9	7,3	7,7	9,0	10,1	6,2	7,3	7,2	10,0
	Stab	Tage	2,5	2,2	3,0	4,0	4,5	3,1	4,2	3,1	3,9	1,9
Differenz [SM. - Kontr.]	GQ	Punkte	18 ^b	-9 ^b	0	-1	22	10	1	13 ^b	8 ^a	-8 ^a
	TMV	rel. %	-1	29 ^a	-12	-9	-4	-11	-7	-12 ^a	-17 ^a	-26 ^b
	Stab	Tage	3,9 ^b	3,1 ^b	1,9	2,3 ^b	1,8	1,0	1,3	0,8	0,7	1,7 ^b
Differenz in der Stabilität	>2 Tage	n	24	14	5	57	6	3	17	10	8	4
	>2 Tage	% n _{ges}	77	64	45	62	67	25	32	24	26	22
darin MW_{Differenz}	GQ	Punkte	-17 ^b	-9 ^b	22	-3	32	12 ^a	-1 ^b	8	23	-29 ^a
	TMV	rel. %	-4	34 ^a	-29 ^b	-9	-5	-11	-11	-20 ^a	-24	-15
	Stab	Tage	4,8 ^b	4,2 ^b	4,2 ^a	3,9 ^b	2,7	3,1	3,5 ^b	4,2 ^b	3,2 ^b	3,9 ^b
Differenz Stabilität	0-2 Tage	n	7	8	5	22	3	7	29	20	13	14
	0-2 Tage	% n _{ges}	23	36	45	24	33	58	55	48	42	78
Differenz Stabilität	<0 Tage	n	k. A.	k. A.	1	13	k. A.	2	7	12	10	k. A.
	<0 Tage	% n _{ges}	k. A.	k. A.	9	14	k. A.	17	13	29	32	k. A.

* Kontrolle mit MSB!

Sicherung der Differenz zur Kontrolle: ^{a)} = 5 % und ^{b)} = 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit, Erläuterungen s. Tabelle 3

Tabelle 5: Mittlere Effekte von chemischen Siliermitteln (Chem), heterofermentativen Milchsäurebakterien (MSB_{he}), homo- und heterofermentativen MSB (MSB_{komb}) oder Kombinationsprodukten (Komb) bei sachgerechtem Einsatz zur Mais- und CCM-Silierung in Wirkungsrichtung 2

Table 5: Mean effects of chemical additives (CHEM), heterofermentative inoculants (MSB_{he}), homo- and heterofermentative inoculants (MSB_{komb}) or combination products (Komb) to maize- and CCM-silages in aim of action 2

Futter Siliermittel	Mais								CCM Komb		
	MSB _{he}		MSB _{komb}		Chem		Komb				
AWB			B	C	B	C	B	C	B	C	C
Anzahl Versuche	n		128	24	81	48	33	30	32	27	21
Ausgangsmaterial	TM	%	33	38	31	40	30	38	32	45	64
	VK		58	75	67	65	51	89	64	70	75
Kontrolle	GQ	Punkte	99	100	99	100	100	100	99	100	100
	TMV	abs. %	6,4	5,6	5,6	5,8	8,2	4,9	6,6	5,2	3,6
	Stab	Tage	2,6	1,7	1,9	2,9	2,2	2,0	2,3	2,7	4,3
Differenz [SM. - Kontr.]	GQ	Punkte	-11 ^b	-1 ^a	-19 ^b	-5 ^a	0	0	-1	0	0
	TMV	rel. %	15 ^b	10 ^a	19 ^b	4	8	5	-1	-6	-7
	Stab	Tage	1,7 ^b	1,6 ^b	2,2 ^b	1,5 ^b	2,3 ^b	4 ^b	3,5 ^b	3,5 ^b	4,4 ^b
Differenz Stab	>2 Tage	n	56	10	35	16	16	26	24	19	18
	>2 Tage	% n _{ges}	44	42	43	33	48	87	75	70	86
darin MW_{Differenz}	GQ	Punkte	-12 ^b	-1 ^a	-31 ^b	-16 ^b	0	0	-2	0	0
	TMV	rel. %	17 ^b	11	25 ^b	11	16	5	2	-5	-10
	Stab	Tage	3,8 ^b	4,5 ^b	4,5 ^b	4,1 ^b	3,9 ^b	4,7 ^b	4,5 ^b	5,2 ^b	5,1 ^b
Differenz Stabilität	0-2 Tage	n	47	7	35	23	13	2	6	7	2
	0-2 Tage	% n _{ges}	37	29	43	48	39	7	19	26	10
Differenz Stabilität	<0 Tage	n	25	7	11	9	4	2	2	1	1
	<0 Tage	% n _{ges}	20	29	14	19	12	7	6	4	5

Sicherung der Differenz zur Kontrolle: ^{a)} = 5 %; ^{b)} = 1 %, Erläuterungen s. Tabelle 3

5.2 EFFEKTE AUF DIE FUTTERAUFNAHME, VERDAULICHKEIT, MILCH- UND MASTLEISTUNG SOWIE AUF DIE BELASTUNG VON SILAGEN MIT CLOSTRIDIEN (WIRKUNGSRICHTUNG 4 BZW. 5 a)

Bei richtiger Anwendung von Siliermitteln kann sowohl von einer positiven Beeinflussung des Netto-Energie-Ertrags als auch der Qualität des behandelten Futters ausgegangen werden. Für in der Wirkungsrichtung 1 anerkannte Zusätze ist daher grundsätzlich vom Potential einer Verbesserung der Leistung von Tieren auszugehen. Besonders geprüft sind die Effekte für Mittel, die hinsichtlich der Wirkungsrichtung 4 anerkannt sind. Grundlage für die mittleren Effekte dieser Wirkungsrichtungen sind die für die DLG-Anerkennung der Siliermittel eingereichten Versuchsdossiers sowie Literaturangaben der Jahre 1985-2002. Diese Effekte sind weitestgehend unabhängig von der Vergärbarkeit und dem TS-Gehalt des zu silierenden Ausgangsmaterials und bei allen gängigen Silagearten nachgewiesen. Im Mittel werden die Werte aus Tabelle 6 angesetzt (ANONYM 2006).

Die Effekte der Siliermittel auf den Futterwert beruhen auf den reduzierten Nährstoffverlusten, dem verbesserten Gär säurenmuster und dem verminderten Proteinabbau. Entscheidend für die Beurteilung sind die am Tier gemessenen Größen. Im Rahmen von Verdaulichkeitsuntersuchungen (Hammeltest) lässt sich der Energiegehalt bestimmen.

In den von den Untersuchungsanstalten durchgeführten Futteranalysen werden die Energiegehalte nach vereinfachten Schätzverfahren errechnet. Die Effekte der Siliermittel werden hierbei nicht immer voll erfasst. Eine ergänzend durchgeführte Schätzung der Gärfutterqualität erhöht die Genauigkeit der Einschätzung der Silage.

Zur Nutzung der verbesserten Silagequalität am Tier sind eine gute Silobewirtschaftung mit einem angepassten Vorschub und eine sachgerechte Futtervorlage wesentliche Voraussetzungen. Die Effekte auf die Futteraufnahme lassen sich nur bei freier Futtervorlage realisieren. Das behandelte Futter ist offenbar schmackhafter; häufig werden daher davon 5 – 10 % mehr an Trockenmasse gefressen. Bei hohen Rationsanteilen ergibt sich bei der Milchkuh somit eine höhere Silageaufnahme pro Tag von 0,5 – 1,5 kg Trockenmasse. Entsprechend der tatsächlichen Futteraufnahme und der zu erwarteten Leistung ist das Kraftfutter zuzuteilen. Die weiteren Möglichkeiten der Rationskontrolle (Körperkondition, Milchinhaltstoffe etc.) sind zur Überprüfung und Feineinstellung der Fütterung zu nutzen.

Tabelle 6: Siliermitteleffekte in den Wirkungsrichtungen 4 und 5 a (Futterwert und Leistung bzw. zusätzliche Wirkungen); Verbesserung gegenüber der Kontrolle

Table 6: Mean effects of silage additives in aim of action 4 and 5 a (nutritive value, performance and additional effects, respectively); improvements compared to untreated control

Kenngröße	Einheit	Ausmaß der Siliermitteleffekte
Verdaulichkeit der organischen Substanz	%	+ 1,0 bis + 3,0
Energiekonzentration pro kg TM	MJ NEL	+ 0,1 bis + 0,3
Futteraufnahme der behandelten Silage	%	+ 5,0 bis + 10,0
Milchleistung je Tier und Tag	kg	bis + 1,2
Mastleistung, Zunahme je Tier und Tag	g	bis + 85
Belastung mit Clostridien sporen¹⁾ Sporen/g Silage	%	bis 90

¹⁾ Reduktion um mindestens eine Zehnerpotenz

- Grassilierung (Wirkungsrichtung 4)

Die Siliermittel, die ein Gütezeichen in der Wirkungsrichtung 4 tragen, sind ausschließlich der Kategorie **MSB_{ho}** zuzuordnen. Daher befasst sich die nachfolgende Diskussion auch nur mit Effekten eines Einsatzes homofermentativer Milchsäurebildner.

Die Auswirkungen einer Silagebereitung mit Einsatz von MSB_{ho} auf die scheinbare **Verdaulichkeit der TM bzw. der organischen Masse (OM)** von Grassilagen sowie auf die Verdaulichkeit der Rohfaser, der ADF und der NDF sind von THAYSEN (2002) in 22 Verdaulichkeitsstudien überprüft worden. Sie zeigten im Mittel eine um 1,4 Prozentpunkte verbesserte Verdaulichkeit der TM, wobei die Werte der einzelnen Autoren zwischen 2,9 Prozentpunkten geringere und 9,9 Prozentpunkten höhere Verdaulichkeit der TM schwankten (COTTYN und VLAEMYNCK 1992 bzw. ZILAKOVA et al. 1997). Die entsprechenden Angaben für die Verdaulichkeit der OM liegen im Mittel bei + 0,8 % [kleinster Wert: -2,9 % (CHARMLEY et al. 1996) bzw. größter Wert +8,6 % (ZILAKOVA et al. 1997)].

Die **Höhe der Futteraufnahme** von silagebetonten Rationen ist von mehreren Faktoren wie dem TM-Gehalt, der Gärfutterqualität, der Energiedichte und der Partikelgröße (Struktur) der Silagen sowie der angewandten Fütterungsmethode und den Stoffwechselfvorgängen im Tier abhängig (VAN VUUREN et al. 1995). KIRCHGESSNER et al. (1972) fanden einen Anstieg der TM-Aufnahme mit zunehmendem TM- und Milchsäuregehalt der Silagen, während die TM-Aufnahme mit steigendem Buttersäuregehalt zurückging. Nach ANDERSSON und LUNDSTRÖM (1963) ist eine Hyperketonämie infolge der Aufnahme buttersäurehaltiger Silagen bei Kühen möglich, nicht zuletzt als Folge einer geringeren Futter- und Energieaufnahme bei Angebot buttersäurehaltiger Silagen (im Vergleich zu Silagen, welche keine Buttersäure enthielten). Auch ULYATT (1965) berichtete von Einbußen in der Futteraufnahme bei Schafen - ausgelöst durch Buttersäure. Dass jedoch wahrscheinlich weniger der Geruch die relative Präferenz der Futteraufnahme ausmacht als andere Faktoren, zeigten die Ergebnisse von CORLEY et al. (1999), die den Einfluss einer mit verschiedenen geruchlich aktiven Substanzen (u.a. auch Buttersäure) versetzten TMR auf die Futteraufnahme bei Kühen prüften. STEEN et al. (1998) jedoch fanden keine Beziehungen der Futteraufnahme zu Kenngrößen der Gärfutterqualität wie pH-Wert, Milch-, Essig- oder Buttersäuregehalte.

Die weiteren in der Literatur vorliegenden Ergebnisse (KEADY und MURPHY 1998) zu den Effekten einzelner Fermentationsprodukte in Silagen auf die Akzeptanz der Silage und damit auf die Futteraufnahme sind widersprüchlich.

Die Beziehung zwischen der Gärqualität der Silagen und der Futteraufnahme von Rindern und Schafen kann durch verschiedene Regulationsmechanismen bedingt sein. Die Höhe der Futteraufnahme ist direkt negativ mit der Konzentration an Fermentationsprodukten, insbesondere von Essigsäure und Ammoniak (WILKINS et al. 1971; MIETTINEN et al. 1991) sowie der Gesamtmenge an flüchtigen Fettsäuren (DEMARQUILLY 1973) sowie mit dem pH-Wert (ERDMAN 1988) korreliert. Auch hohe Milchsäurekonzentrationen können einen negativen Effekt auf die Futteraufnahme ausüben (VAN VUUREN et al. 1995). Als Erklärung hierfür wird von DULPHY und VAN OS (1996) die durch die Milchsäure und die übrigen flüchtigen Fettsäuren frühere Sättigung genannt. Weiterhin können größere Mengen an flüchtigen Fettsäuren, insbesondere Essig- oder Buttersäure, und von Eiweißabbauprodukten wie Ammoniak und biogene Amine einen negativen Einfluss auf die Schmackhaftigkeit des Futters bzw. die Futteraufnahme haben. VAN OS et al. (1995) beobachteten hingegen keinen Einfluss der biogenen Amine auf die Futteraufnahme von Rindern.

HUHTANEN et al. (2001) fanden in einer umfangreichen Auswertung heraus, dass die Gesamtsäuremenge in einer Silage Unterschiede in der Futtermittelaufnahme gut erklärt. Dabei hatte die Propionsäure, gefolgt von Butter- und Essigsäure, die stärksten Effekte auf die Futtermittelaufnahme. In den Studien von WILKINS et al. (1971), GILL et al. (1988) sowie ROOKE und GILL (1990) wurden Unterschiede in der Futtermittelaufnahme infolge differierender Mengen bzw. Konzentrationen an Säuren nur vereinzelt festgestellt. Wurde jedoch neben der Gesamtsäuremenge auch die Milchsäuremenge und der daraus zu bildende Quotient aus Milchsäure und Gesamtsäure in Beziehung zur Futtermittelaufnahme gesetzt, so ergab sich eine enge positive Beziehung zwischen diesem Quotienten und der Futtermittelaufnahme (HUHTANEN et al. 2001). Daraus lässt sich ableiten, dass eine homofermentative Fermentation allgemein die Futtermittelaufnahme weniger beeinträchtigt als eine heterofermentative Gärung.

Ausgewählte **Kenngößen der Milchleistung** bei Einsatz von MSB behandelten Gras- und Luzernesilagen bzw. deren Gemische in Milchviehfütterungsversuchen zeigten im Mittel der 22 Versuche eine Erhöhung der Milchmenge (FKM = fettkorrigierte Milchmenge) um 2,2 %. Dabei stellten CUSHNAHAN und MAYNE (1995) eine um 7,9 % verminderte FKM-Leistung, die Autoren KENT et al. (1988) eine um 19,5 % höhere FKM-Leistung im Vergleich zur Kontrollgruppe fest. Ähnlich verhalten sich die Werte der Milchinhaltsstoffe (Milchweiß: im Mittel + 2,7 %; Minimum: - 7,2 %, Maximum + 14,7 %; Milchfett: im Mittel + 2,3 %; Minimum: -10,5 %, Maximum: + 15,4 %).

Die höheren Leistungen der Tiere, die eine mit MSB behandelte Silage erhielten, wurden auf eine günstigere Futtermittelaufnahme (LEAVER 1991) und auf eine höhere Verdaulichkeit der beimpften Silage (FISHER et al. 1984; KENT et al. 1988) zurückgeführt. Verbesserungen der Gärfutterqualität der behandelten Silagen wurden von KUNG et al. (1987), LEAVER (1991) sowie FÜRSTENBERG und FISCHER (1994) sowie LAUE et al. (2000) zur Erklärung der Leistungssteigerung vermutet. Eine höhere TM-Aufnahme scheint das Resultat einer besseren Fermentationsqualität zu sein, wie VAITIEKUNAS und ABEL (1993) sowie SHARP et al. (1994) erklärten. SHARP et al. (1994) diskutierten auch die verminderte NH₃-Konzentration und eine geringere Enterobakterienzahl als mögliche Ursachen einer forcierten Silageaufnahme bei MSB-behandelten Gärfuttern.

Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass eine Beimpfung des Siliergutes mit MSB_{ho} zu höheren Futtermittelaufnahmen sowie erhöhten Tageszunahmen oder einer Milchleistungssteigerung in 25 - 40 % der von MUCK (1993) ausgewerteten Studien geführt hat. Dabei rangierten die Verbesserungen der genannten Kenngößen in einer Größenordnung von 5 bis 11 % gegenüber der Kontrolle. Das Wirkprinzip ist dabei ungeklärt (GOLLOP et al. 2005). Erklärungsansätze gehen dabei von einem möglichen „probiotischen Effekt“ der zugesetzten MSB_{ho} im Pansen aus, da WEINBERG et al. (2003) nachwiesen, dass ein gewisser Teil der MSB_{ho} im Vormagen überleben kann. Ein weiterer Erklärungsansatz ist die Unterdrückung von unerwünschten Mikroben bzw. die Produktion von Bakteriocinen (VANDENBERGH 1993; MÜLLER et al. 1996; GOLLOP et al. 2005). Hierzu wird ein weiterer Forschungsbedarf gesehen.

Hinsichtlich der Auswirkungen eines **Melassezusatzes** bei der Silierung auf die Futtermittelaufnahme, Verdaulichkeit und Leistung von Milchkühen liegen nur wenige Arbeiten vor. Während McCARRICK et al. (1965) keine signifikanten Effekte der Behandlung feststellten, berichteten LÄTTEMÄE et al. (1996) beim Einsatz von 40 kg Melasse/t Frischmasse zu Rotkleesilage über eine Erhöhung der Futtermittelaufnahme um 1,7 kg TM/Kuh/Tag und von einer Steigerung der Milchmenge um 0,2 kg/Tier/Tag bei unveränderten Gehalten an Milchinhaltsstoffen. In einer Literaturübersicht stellte ELY (1978)

in 6 von 12 Studien über die Effekte von Melasse eine Erhöhung der FKM-Leistung in Höhe von 5 % im Vergleich zur Kontrolle fest. SKOVBORG et al. (1993) kamen aufgrund einer zusammenfassenden Auswertung von Versuchen mit Melasse als Additiv zur Silierung von Gras und Getreideganzpflanzen zu dem Schluss, dass der Zusatz von Melasse die Futteraufnahme um etwa 0,5 bis 1 kg TM/Tier/Tag erhöht. Die Milchmenge wurde signifikant bis zu 1 kg/Tier und Tag gesteigert, die Milchinhaltsstoffe stiegen im Durchschnitt um 2,5 %. Über die Auswirkungen eines Zusatzes von **MSB_{ho} plus Melasse** bei der Silagebereitung liegt eine Arbeit von CHAMBERLAIN et al. (1992) vor, in der eine solche Grassilage mit 23 % TM in der Milchviehfütterung geprüft wurde. Während die Futteraufnahme und Milchleistung nicht unterschiedlich waren, lagen signifikante Effekte auf den Fett- (+ 9,8 %) und Eiweißgehalt (+ 2,3 %) der Milch vor. Die Gewichtsveränderung der Kühe war tendenziell positiv. THAYSEN (2002) konnte in einem 110 Tage-Versuch an 70 Milchkühen nachweisen, dass eine mit MSB plus Melasse behandelte Wiesengrassilage eine um 0,8 kg/Tier/Tag höhere Futteraufnahme und eine Steigerung der Milchleistung um 0,5 kg Milch/Kuh/Tag ergab, wobei die Inhaltsstoffe in der Milch von Kühen der Versuchsgruppe (behandelte Silage) leicht günstiger waren.

- Grassilierung (Wirkungsrichtung 5a)

Für eine erfolgreiche Silierung ist die Hemmung der Clostridien von großer Bedeutung. Unter optimalen Bedingungen werden die Clostridien durch eine geringere Wasseraktivität, die Anwesenheit von Nitrat im Ausgangsmaterial sowie einen niedrigen pH-Wert in der Silage unterdrückt. Um die Entwicklung von Clostridien in Silagen zu hemmen, sollte das Futter neben einem ausreichenden Gehalt an Trockenmasse und wasserlöslichen Kohlenhydraten eine geringe Pufferkapazität aufweisen (WEISSBACH 2004). Eine sofortige Abdeckung des Siliergutes trägt neben einer möglichst niedrigen Lagertemperatur ebenfalls zur Unterdrückung der Clostridien bei (GIBSON 1965; WOOLFORD 1984a).

Das saccharolytische Bakterium *Clostridium tyrobutyricum* verursacht nicht nur beträchtliche Verluste in Silagen während der Konservierung, sondern ist darüber hinaus auch für so genannte Spätblähungen in Käsen verantwortlich (GOUDKOV und SHARPE 1965; McDONALD et al. 1991) und stellt dadurch nach wie vor ein Problem in Käsereien dar (STADHOUDERS und SPOELSTRA 1991). Die Sporen der laktatvergärenden Clostridien können während des Melkens bei mangelhafter Melkhygiene über den Kot oder die Silage die Milch kontaminieren. In der Molkerei überleben die äußerst hitzefesten Sporen die Pasteurisierung, keimen aus, vermehren sich im Käse und produzieren Buttersäure. Dabei entstehen Kohlendioxid und Wasserstoff, im Rahmen der unerwünschten Spätblähung in Hartkäsen.

Sowohl in der Silagebereitung als auch in der Käseherstellung wird Nitrat als äußerst wirksamer Clostridienhemmer angewendet, dessen Wirkung auf seiner Umsetzung in das für Buttersäurebakterien giftige Nitrit beruht (STADHOUDERS et al. 1983). Der Effekt von Nitrat auf Clostridien wurde bereits von verschiedenen Autoren eingehend untersucht (WIERINGA 1966; HEIN 1970; KAISER 1981; SPOELSTRA 1985; WEISSBACH und HAACKER 1988).

Die vorliegende Literatur weist aus, dass eine Verringerung der Belastung mit Clostridien sporen durch chemische Silierzusätze (KAISER et al. 2005) im unteren TM-Bereich sicher erreicht wird. Nach THAYSEN et al. (2005) sind auch MSB_{ho} bei Anwelksilagen in der Lage, die Auskeimung von Clostridien sporen im gewissen Maße durch eine raschere Ansäuerung zu unterdrücken. Neben einem chemischen Präparat führt ein

MSB_{ho}-Produkt das DLG-Gütezeichen (ANONYM 2006). In diesem MSB_{ho}-Produkt sind auch Keime enthalten, die den clostridienwirksamen Stoff Nisin bilden (MAYRHUBER et al. 2005).

- Maissilierung (Wirkungsrichtung 4)

Hinsichtlich der Effekte von Additiven zur Maissilierung in der **Wirkungsrichtung 4** liegen in der Literatur nur wenige Angaben (HONIG et al. 1992) vor. DAENICKE et al. (1992) konnten bei nicht signifikanten Unterschieden in der Gärfutterqualität und in den Gärverlusten zwischen den Behandlungen von MSB_{ho} eine signifikante Erhöhung der Verdaulichkeit der OM und dadurch signifikant höhere tägliche Zunahmen von Mastbullen erreichen.

Das Potential zur Erhöhung der Verdaulichkeit der OM von Maissilage, behandelt mit MSB_{ho}, wurde auch von BURGHARDI et al. (1980) und JOCHMANN et al. (1999) bestätigt.

Hinsichtlich der Wirkung von MSB_{he} wurde in einem Versuch mit hochleistenden Milchkühen, die eine Ration mit *L. buchnerii*-behandelter bzw. unbehandelter Maissilage erhielten, kein Effekt der *L. buchnerii*-Behandlung auf die Futteraufnahme festgestellt, obwohl der Essigsäuregehalt der behandelten Silage höher war (DRIEHUIS et al. 1999). Zurzeit gibt es keine Hinweise, dass ein Zusatz von *L. buchnerii* bei der Silierung und die durch dieses Bakterium forcierte Umwandlung von Milchsäure zu Essigsäure und 1,2-Propandiol zu einer reduzierten Futteraufnahme führt.

6 EMPFEHLUNGEN ZUM EINSATZ VON SILIERMITTELN UND –ZUSÄTZEN

6.1 PRODUKTE ZUR FÖRDERUNG DES GÄRVERLAUFS/ DER GÄRFUTTERQUALITÄT (WIRKUNGSRICHTUNG 1)

In Abbildung 1 sind die Möglichkeiten eines Siliermitteleinsatzes bei der Grassilierung unter den Aspekten einer Qualitätsicherung und -steigerung empfehlend zusammengefasst. Je nach Schnittzeitpunkt und TM-Gehalt lassen sich daher in Abhängigkeit von den Eigenschaften des Grases zur Silierung und der gewünschten Wirkungsrichtung die Entscheidungen zum Mitteleinsatz treffen.

Zur Grassilierung im AWB A (bis zu einem TM-Gehalt von ca. 30 %) sind vorzugsweise chemische Zusätze einzusetzen. Gleiches gilt für die Silierung von Leguminosen oder Gräseraufwüchsen von Extensivflächen.

MSB_{ho}, MSB_{he} oder MSB_{komb} alleine sind **nicht** für schwer silierbares Gras mit < 25 % TM oder Leguminosen zur Verbesserung des Fermentationsverlaufs unter praktischen Silierbedingungen ausreichend wirksam; hier ist entweder der Einsatz von chemischen Siliermitteln oder der Zusatz von Melasse in Kombination mit MSB_{ho} zu empfehlen. Für die Anwelksilagebereitung (TM-Gehalte: 25 - 40 %) bei einem Ausgangsmaterial mit hohem Anteil zuckerreicher Gräser, kurzer Felddauer und bester Siliertechnik kommen in erster Linie MSB_{ho} in Frage.

Der Einsatz von MSB_{ho} oder MSB_{komb} erfordert ein gewisses Säuerungsvermögen, welches durch den Zuckergehalt und den Anteil puffernder Substanzen charakterisiert wird, sowie eine gute Siliertechnik (kurze Feldperioden, zügige Silobefüllung, intensives Festwalzen, luftdichte Abdeckung) und einen ausreichenden Wassergehalt für die Vermehrung der zugesetzten Keime im Futterstock. Der optimale Anwelkgrad variiert daher im Bereich von 30 - 35 % TM. Bei TM-Gehalten über 40 % ist auf osmotolerante, DLG-geprüfte MSB (AWB C) zurückzugreifen. Ab 50 % TM ist der Wirkungsbereich von MSB bei der Grassilierung meist überschritten. Sehr spät geschnittenes Futter, oft auch in Kombination mit hohen TM-

Gehalten, wie es in der Pferdehaltung oder Mutterkuhhaltung Praxis ist, führt oft zu mangelnder aerober Stabilität (Nacherwärmung und Schimmelbildung). Hier bieten sich Zusätze der Wirkungsrichtung 2 an, die auf der Basis von Propion-, Sorbin- oder Benzoesäure wirken. MSB_{he} oder MSB_{komb} scheiden hier aus, da der Substratmangel ihre Wirkung bzw. der osmotische Druck im hoch angewelkten Gras ihre stärkere Vermehrung und Aktivität begrenzen kann.

6.2 PRODUKTE ZUR FÖRDERUNG DER AEROBEN STABILITÄT (WIRKUNGSRICHTUNG 2)

Das Risiko für eine Nacherwärmung von Silagen während der Entnahme und Bevorratung sowie Vorlage wird ganz allgemein umso größer, je TS-, energie- und restzuckerreicher die Silagen sind. Aus diesem Grund betrifft die Nacherwärmung vorrangig silierte Maisprodukte, aber auch Zuckerrübenpressschnitzel sowie energetisch hochwertige und gut angewelkte Grassilagen.

Hauptsächliche Verursacher der Erwärmung sind zunächst säuretolerante Hefen; im weiteren Verlauf (aerober Verderb) spielen zusätzlich Schimmelpilze und Fäulnisbakterien eine Rolle. Hefen können sowohl bei Anwesenheit, aber auch bei Abwesenheit von Sauerstoff aktiv sein. Ist kein Sauerstoff vorhanden, vergären Hefen den Pflanzenzucker zu Alkohol und CO_2 . Bei O_2 -Zutritt über Folienverletzungen oder während der Silageentnahme, d.h. am Anschnitt, werden sowohl die Restzucker als auch die konservierende Milchsäure als Substrate genutzt. Damit steigen pH-Wert und Temperatur in der Silage an. Schimmelpilze und Fäulnisbakterien finden dadurch entsprechende Wachstumsvoraussetzungen und tragen dann dazu bei, dass die Silage schnell verdirbt und nicht mehr für die Fütterung geeignet ist. Dieser gesamte Prozess ist von hohen TS- und Energieverlusten begleitet.

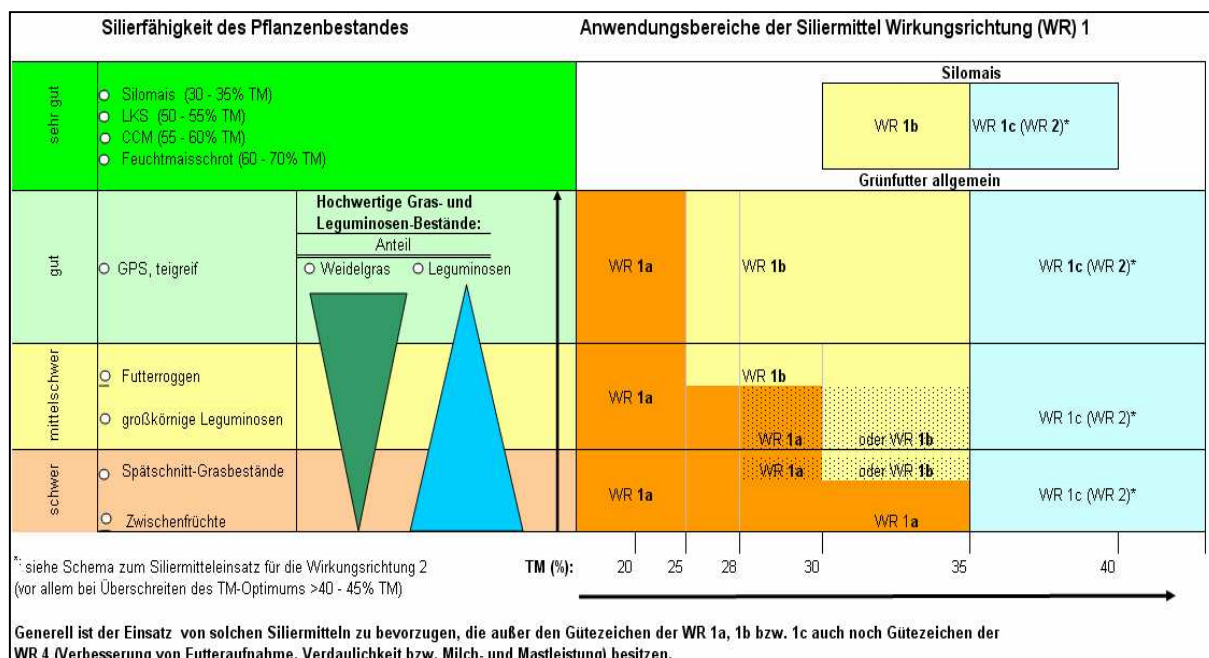


Abbildung 1: Einsatzbereiche für DLG-geprüfte Siliermittel (Wirkungsrichtung 1 - Silagen für Wiederkäuer; ANONYM 2006)

Figure 1: Recommendations concerning the use of DLG-approved silage additives to produce silage for ruminants (ANONYM 2006)

Um diesen Verlusten vorzubeugen, sind vorrangig beste Silier- und Entnahmebedingungen eine wesentliche Voraussetzung. So muss die Futterernte zügig und möglichst ohne Unterbrechungen bei ausreichender Verdichtung des Siliergutes durchgeführt werden (WAGNER 2005). Mäh-, Berge- und Walzleistung sind gut aufeinander abzustimmen. Bei Unterbrechung der Ernte ist es sinnvoll, das Silo zwischendurch abzudecken. Eine zentrale Bedeutung haben der Vorschub bei der Futterentnahme sowie eine nicht auflockernde Futterentnahmetechnik. Da die aerobe Stabilität mit zunehmender Lagerdauer verbessert wird, ist eine Mindestgärdauer unter Luftabschluss von 3 Wochen bei Maisprodukten und von 6 Wochen bei Grassilage einzuhalten.

Siliermittel der Wirkungsrichtung 2 sollten nur dann eingesetzt werden, wenn tatsächlich ein Risiko zur Nacherwärmung auf Grund der Futterart in Verbindung mit den Silier- und Entnahmebedingungen besteht. Aus siliertechnischer Sicht ist das Risiko gering, wenn durch eine angepasste Berge- und Walzleistung Raumgewichte von über 220 kg TM/m³ erreicht werden (je trockener, umso höhere Verdichtung notwendig) und das Silo innerhalb von 24 Stunden mit einem Abdecksystem sorgfältig und luftdicht verschlossen wird. Eine häufige Entnahme (spätestens jeden 2. Tag) mit glatter Anschnittfläche und ausreichendem Vorschub (im Winter über 1,5 m/Woche, im Sommer über 2,5 m/Woche) kennzeichnen akzeptable Entnahmebedingungen. Bei niedrigem Raumgewicht, längerer Befülldauer und weniger sorgfältiger Abdeckung (z.B. mit nur einer Folie) muss fast zwangsläufig mit einer Nacherwärmung gerechnet werden, zumal, wenn die Silagen hohe TM- und Energiegehalte aufweisen. Ebenso riskant wie ein verzögerter oder später Siloverschluss sind Unterbrechungen beim Befüllen des Silos. Seltene Entnahmen (nur einmal pro Woche) mit geringem Vorschub verschärfen das Problem. Ohne den Einsatz chemischer Produkte sind unter diesen Bedingungen hohe Verluste fast unvermeidlich. Die Wirksubstanzen der **chemischen Siliermittel** sind zumeist Salze organischer Säuren wie zum Beispiel der Propion-, Benzoe- oder Sorbinsäure. Wegen der korrosiven Wirkung werden in der Regel heutzutage kaum noch reine Säuren flüssig appliziert, stattdessen werden sie in abgepufferter Form angeboten.

Der Einsatzbereich von **MSB_{he}** oder **MSB_{komb}** mit dem DLG-Gütezeichen 2 ist vorzugsweise dort zu sehen, wo Entnahme- und Silierbedingungen nicht gravierend vom Optimum abweichen. Beim Einsatz biologischer Siliermittel zur Verhinderung der Nacherwärmung sind eine ausreichende Substratverfügbarkeit (Einschätzung mit dem Schema der WR 1) sowie ein sorgfältiges Ernte- und Silomanagement notwendig. Silagen, die mit Zusätzen auf der Basis heterofermentativer Milchsäurebakterien behandelt wurden, sollten frühestens nach 6 Wochen entnommen werden, damit die Wirkungen hinsichtlich der aeroben Stabilität überhaupt eintreten können.

Folgende Reihenfolge der in Frage kommenden Produkte können bei optimalen Entnahme- und Silierbedingungen sowohl aus Sicht der Wirkungsicherheit als auch vor dem Hintergrund des Kostenniveaus zur Grassilierung als auch zur Mais- und CCM-Silierung empfohlen werden: **MSB_{he}**, **MSB_{komb}**, Chem und Komb.

Je ungünstiger aber die Gegebenheiten in der Praxis hinsichtlich der Entnahme- und Fütterungstechnik sind, desto ratsamer ist es, chemische Siliermittel zur Vermeidung der Nacherwärmung einzusetzen.

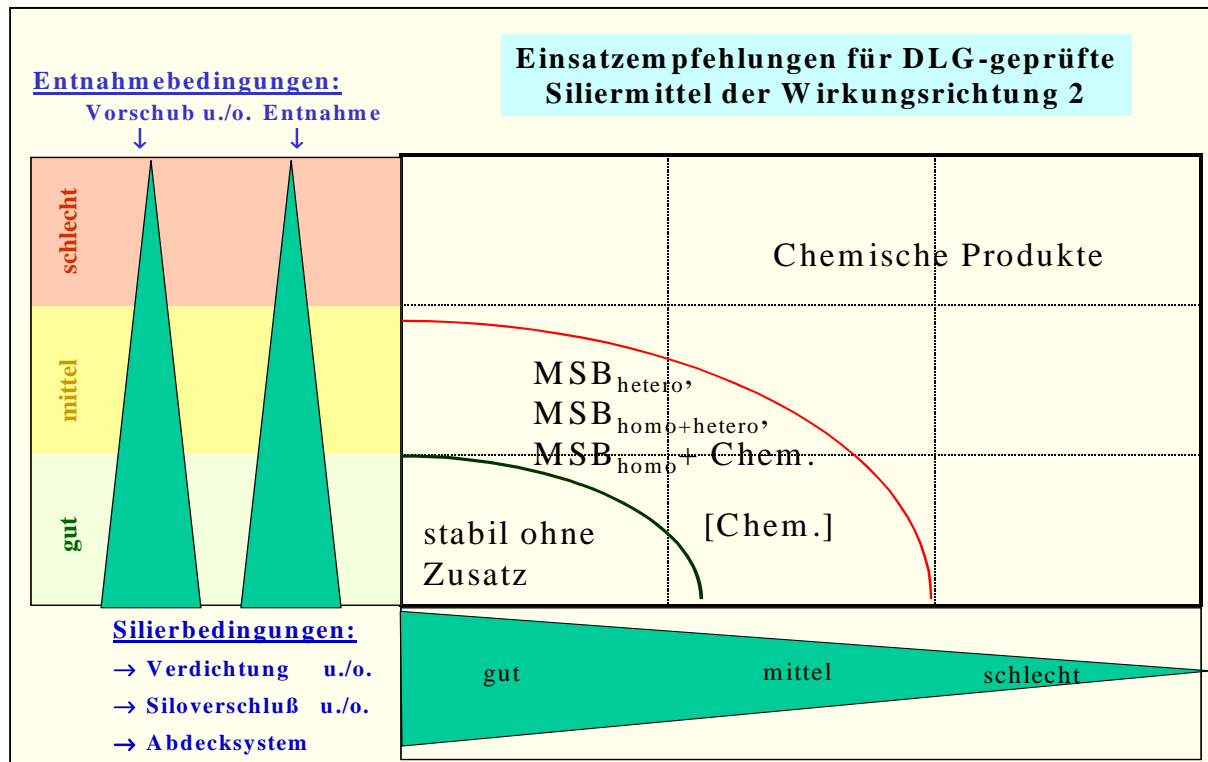


Abbildung 2: Einsatzempfehlungen für DLG-geprüfte Siliermittel der Wirkrichtung 2 (ANONYM 2006)
Figure 2: Recommendations concerning the use of DLG-approved silage additives to improve aerobic stability (aim of action 2; ANONYM 2006)

7 TECHNIK UND LOGISTIK DER SILIERMITTELANWENDUNG

Siliermittel und -zusätze können nur dann ihre Wirkungen sicher entfalten, wenn das Mittel entsprechend der Vergärbarkeit des Siliergutes ausgewählt wird und die Applikation sachgerecht erfolgt. Von entscheidender Bedeutung für die Wirkung der einzelnen Mittel sind die genaue Einhaltung der vorgeschriebenen Dosis und die gleichmäßige Verteilung im Siliergut. Die Applikation sollte deshalb grundsätzlich auf der Erntemaschine mit einer entsprechenden Dosiertechnik erfolgen (ANONYM 2006).

Voraussetzung für eine optimale Wirksamkeit von Siliermitteln ist die homogene Verteilung im Futter durch gleichmäßige Dosierung des Mittels und gute Benetzung des Siliergutes. Diese Forderung wird am besten mit einem für das jeweilige Siliermittel geeigneten Dosiergerät am Erntesystem (Exakthäcksler, Ladewagen, Presse) erreicht. Siliermittel werden in **streufähiger Form** entweder als Granulat/Pulver, als **Siliersalz** oder in **flüssiger Form** als Säure bzw. als wasserlösliches Konzentrat angeboten. Die Dosierung von **flüssigen** Siliermitteln bietet in der Praxis die größere Wirkungssicherheit im Vergleich zur **streufähigen** Applikationsform (ZÄH 2001). Mit der Flüssigdosierung erfolgt eine Benetzung des zu behandelnden Gutes insbesondere bei höheren TM-Gehalten ohne Rieselverluste. Im Rahmen der überbetrieblichen Silagebereitung ermöglicht ein **säurefestes Flüssigdosiergerät** mit einem Fassungsvermögen des Vorratbehälters von 400 Litern und mit einer Pumpenleistung von bis zu 6 Litern/t Siliergut den flexiblen Wechsel von verschiedenen Flüssigprodukten für unterschiedliche AWBe, wie zum Beispiel den Milchsäurebakterieneinsatz zu Anwelksilage und den Einsatz von Siliersalzen in flüssiger Form zu einer Feuchtsilage. Die Wirkung eines Silierzusatzes ist von der Einhaltung der nach

Herstellerangaben vorgeschriebenen Dosierung abhängig. Unter- und Überdosierungen sind zu vermeiden. Die Aufwandmenge eines Siliermittels ist dabei generell von der Futterart und -qualität, der Ertragshöhe sowie von den Ernte- und Silierbedingungen abhängig. In der Praxis hat sich zur Ermittlung der exakten Aufwandmenge eines Silierzusatzes die Wägung von drei gefüllten Silierwagen und die Schätzung des TM-Gehaltes zur Ernte mit anschließender optimaler Einstellung der Dosiergeräte bewährt.

Für alle Siliermittel gilt, dass die Wirkung an eine möglichst gleichmäßige Verteilung im Siliergut gebunden ist. Beim Feldhäcksler bieten sich verschiedene Lokalisationen der Einbringung nichtkorrosiver Siliermittel an, zum Beispiel vor den Vorpresswalzen, in die Trommel oder am Auswurfkrümmer, da überall eine gleichmäßige Vermischung erfolgen kann. Die Applikation oberhalb der Vorpresswalzen ermöglicht gleichzeitig eine Kontrolle über den Dosierstrom des Siliermittels. Bei Ladewagen und Pressen sollte die Dosierung oberhalb der Pick-up erfolgen, um eine gute Durchmischung zu gewährleisten. Sowohl für den Landwirt als auch für Lohnunternehmer sind für jeden Einsatzzweck geeignete Dosiergeräte (ANONYM 2006) am Markt erhältlich.

8 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Erzeugung hochwertiger Silage mit hohem Futterwert erfordert sowohl die Umsetzung aller pflanzenbaulichen Maßnahmen zum Erhalt oder zur Etablierung von hochwertigen Pflanzenbeständen als auch eine entsprechende Technik bei der Silagebereitung.

Die Notwendigkeit der Einhaltung der Nutzungszeitpunkte der Bestände für eine hohe Energiedichte ist vielfach in der Praxis bekannt, nicht jedoch die biochemisch stark differierenden Bedingungen der Silierbarkeit der Aufwüchse in Abhängigkeit von Pflanzenbestand, Witterung, Feldliegezeiten, Schnittterminen und -intervallen und Besatz mit Mikroorganismen.

Die stark gestiegene Leistungsfähigkeit der Ernteaggregate hat einerseits zur Verringerung des Wetterrisikos geführt, andererseits aber auch die Grenze der Schlagkraft bei der Einlagerung in Flachsilos durch die vorhandene Walzkapazität zur Erreichung der notwendigen Verdichtung verdeutlicht. Dabei sollten sowohl die optimalen TM-Spannen als auch die Zielwerte der Verdichtung besser eingehalten werden.

Für die Minimierung des Fehlgärungsrisikos bei der Gras- und Leguminosensilierung sind sowohl geprüfte Siliermittel als auch Nachweise über deren Effekte bei der Fütterung derart behandelter Silagen vorhanden. **Da es jedoch kein Siliermittel gibt, welches alle möglichen Notfälle in der Praxis abdeckt, ist für den effektiven Einsatz von Silierzusätzen immer die richtige Einschätzung der pflanzenbaulichen und betrieblichen Bedingungen wesentlich.** Biologische Zusätze haben die größte Verbreitung und werden diese Position infolge ihres günstigen Preis-/Leistungsverhältnisses vermutlich auch in Zukunft behalten.

Bei der Silomais- und CCM-Silierung steht die Sicherung der aeroben Stabilität im Vordergrund des Interesses. Zur Mittelwahl sind die einzelbetrieblichen Verhältnisse bezüglich der Ansprüche an die aerobe Stabilität maßgebend.

Für alle Einsatzbereiche stehen DLG-geprüfte Produkte, die gemäß den variierenden Bedingungen der Futterart und der Silierbedingungen unterschiedlich effektiv sind, zur Verfügung. Sie effizient zu nutzen, setzt entsprechende Kenntnisse über ihre Wirkungen und ihren AWB voraus.

Der wirtschaftliche Siliermitteleinsatz zur Qualitätssicherung und –verbesserung erfordert ein hohes Maß an produktionstechnischem Wissen und eine entsprechende Abstimmung mit dem Dienstleister (Lohnunternehmer/Maschinenring) bei der praktischen Silierarbeit.

9 SCHRIFTTUM

- ANDERSSON, L., LUNDSTRÖM, K. (1963): Effect of feeding silage with high butyric acid content on ketone body formation and milk yield in post parturient dairy cows. Zentralblatt für Veterinärmedizin 32, 15-23
- ANONYM (2006): Praxishandbuch Futterkonservierung, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- BADER, S. (1997): Möglichkeiten zur Steuerung des Gärungsverlaufes bei der Grünfuttersilierung durch kombinierte Anwendung biologischer und chemischer Zusätze. Landbauf. Völknerode 176, 1-110
- BECK, T., GROSS F. (1964): Ursachen der unterschiedlichen Haltbarkeiten von Gärfutter. Das wirtschaftseigene Futter 10, 298-312
- BECK, T. (1978): The microbiology of silage fermentation. Fermentation of Silage - A Review, 61-115, edited by McCullough, National Feed Ingredients Association, Iowa, USA
- BOLSEN, K.K., LIN, C., BRENT, B.E. (1992): Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. J. Dairy Sci. 75, 3066-3083
- BURGHARDI, S.R., GOODRICH, R.D., MEISKE, J.C. (1980): Evaluation of Corn Silages treated with microbial Additives, J. Anim. Sci. 50, 4, 729-736
- CASTLE, M., WATSON, J. (1985): Silage and milk production: studies with molasses and formic acid as additives for grass silage. Grass and Forage Sci. 40, 85-92
- CHAMBERLAIN, D., ROBERTSON, S. (1992): The effects of the addition of various enzyme mixtures on the fermentation of perennial ryegrass silage and on its nutritional value for milk production in dairy cows. Anim. Feed Sci. Techn. 37, 257-264
- CHARMLEY, E., WINTER, K.A., McRAE, K.B., FILLMORE, S.A.E. (1996): Effect of inoculation on silage quality and performance of steers fed grass and cereal silages either alone or in combination. Can. J. Anim. Sci. 76, 571-577
- COURTIN, M.G., SPOELSTRA, S.F. (1990): A simulation model of the microbiological and chemical changes accompanying the initial stage of aerobic deterioration of silage. Grass and Forage Sci. 45, 153-165
- CORLEY, R.N., VAN DE LIGT, C.P.A., NOMBEKELA, S.W.V., ZHU, J.S., BAHAA, A.O., MURPHY, M.R. (1999): Technical Note: a technique for assessing the effects of olfaction on feed preference in lactating Holstein Cows. J. Ani. Sci. 77, 194-197
- COTTYN, B.G., VLAEMYNCK, B.G. (1992): Effect of additives containing lactic acid bacteria and/or enzymes upon the preservation of grass silage. Vet. Med. Fakultät Landbouw Universität, Gent 57/4b, 1983-1984
- CUSSEN, R.F., MERRY, R.J., WILLIAMS, A.P., TWEED, J.K.S. (1995): The effect of additives on the ensilage of forage of differing perennial ryegrass and white clover content. Grass and Forage Sci. 50, 249-258
- CUSHNAHAN, A., MAYNE, C.S. (1995): Effects of ensilage of grass on performance and nutrient utilization by dairy cattle 1. Food intake and milk production. Anim. Sci. 60, 337-345
- DAENICKE, R., ROHR, K., HONIG, H. (1992): Zum Einsatz mit Impfkulturen behandelter Maissilage bei Mastbullen, VDLUFA-Schriftenreihe 35, 403-406
- DANIEL, P., HONIG, H., WEISE, F., ZIMMER, E. (1970): Wirkung von Propionsäure bei der Grünfuttersilierung. Das wirtschaftseigene Futter 16, 239-252
- DEMARQUILLY, C. (1973): Composition chimique, caractéristiques fermentaires, digestibilite et quantité ingerere des ensilages de fourrages: Modifications par rapport au fourrage vert initial. Annales de Zootechnique 20, 1-35
- DLG (2000): DLG-Richtlinien für die Prüfung von Siliermitteln auf die DLG-Gütezeichen-Fähigkeit. Unveröffentlichtes Manuskript
- DLG (2006): Neuer DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität auf Basis der chemischen Untersuchung, Manuskript Frankfurt a. M.
- DONE, D. (1986): Silage inoculants - A review of experimental work. Res. and Development in Agric. 3, 83-87
- DRIEHUIS F., OUDE ELFERINK S.J.W.H., VAN WIKSELAAR, P.G. (1999) *Lactobacillus buchnerii* improves aerobic stability of laboratory and farm scale whole crop maize silage but does not affect feed intake and milk production of dairy cows. In: Pauly T., Lingvall P., Burstedt E., Knutsson K.G., Lindgren

- S., Murphy M. and Wiktorsson H. (ed) Proc. 12th Intern. Silage Conf. pp. 264-265. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences
- DULPHY, J.P., van OS, M. (1996): Control of voluntary intake of precision-chopped silages: a review. *Reproduction Nutr. and Development* 36, 113-135
- ELY, L.O. (1978): The use of added feedstuffs in silage production. In: McCullough, M.E. (ed) *Fermentation of silage - a review*. West Des Moines, 233-280
- ERDMAN, R. (1988): Forage pH-effects on intake in early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71, 1198-1203
- FISHER, L.J., PENNELLS, G.C.L., SHELFORD, J.A. (1984): The effect of the additive "silogen" on the intake and digestibility of grass silage. *Can. J. Anim. Sci.* 64, 709-715
- FRIEDEL, K., BRIEST, G., KANNEWURF, B. (1994): Aussagemöglichkeiten eines neuen biologischen Testes bei der Beurteilung der Silierbarkeit - Untersuchungen an Pflanzen extensiv genutzter Niedermoore. *VDLUFA-Schriftenreihe* 38, 437-440
- FÜRSTENBERG, L., FISCHER, B. (1994): Zum Einfluss der Beimischung von Gras- und Anweilensilage mit homofermentativen Laktobakterien auf Futteraufnahme, Leistung und Gewichtsentwicklung von Milchkühen. *Das wirtschaftseigene Futter* 40, 48-58
- GIBSON, T. (1965): Clostridia in silage. *J. Appl. Bacteriol.* 28, 56-62
- GILL, M., ROOK, A.J., THIAGO, L.R.S. (1988): Factors affecting the voluntary intake of roughages by the dairy cow. In: Garnsworthy P.C. (ed) *Nutrition and Lactation in the Dairy Cow*, pp. 262-279. London: Butterworths
- GOLLOP, N., ZAKIN, V., WEINBERG, Z.G. (2005): Antibacterial activity of lactic acid bacteria included in inoculants for silage and in silages treated with these inoculants. *J. Appl. Micro.* 98, 662-666
- GORDON, F.J. (1989): An evaluation through lactating cattle of a bacterial inoculant as an additive for grass silage. *Grass and Forage Sci.* 44, 169-179
- GOUDKOV, A.V., SHARPE, M.E. (1965): Clostridia in dairying. *J. Appl. Bact.* 28
- GROSS, F., RUTZMOSE, K. (1989): Gärfutteruntersuchungen aus Praxisbetrieben. *Schule und Beratung*, Bayer. Landesanst. Tierzucht, Grub, Heft 1, IV-9 bis IV-12
- HARA, S., OHYAMA, Y. (1979): Yeasts and moulds concerning aerobic deterioration of maize silages after opening silo, with reference to application of caproic acid and hydrochloric acid. *Jap. J. Zootech. Sci.* 50, 375-385
- HEIN, E. (1970): Die Beeinflussung des Gärungsverlaufes bei der Grünfuttersilierung durch den Nitratgehalt des Ausgangsmaterials. *Diss. Universität Rostock*
- HENDERSON, A.R., EWART, J.M., ROBERTSON, G.M. (1979): Studies on the aerobic stability of commercial silages. *J. Sci. Food Agric.* 30, 223-228
- HENDERSON, A.R., McDONALD, P. (1984): The effect of a range of commercial inoculants on the biochemical changes during the ensilage of grass in laboratory studies. *Res. and Development in Agric.* 1, 171-176
- HENDERSON, A.R., McDONALD, P. (1984): The effect of a range of commercial inoculants on the biochemical changes during the ensilage of grass in laboratory studies. *Res. and Development in Agric.* 1, 171-176
- HENDERSON, A.R. (1991): Biochemistry in forage conservation. *Proc. of a Conference on the Forage Conservation towards 2000*, Braunschweig, January 1991. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 123, 37-47
- HENDERSON, N. (1993): Silage additives. *Anim. Feed Sci. Techn.* 45, 35-56
- HOLDEN, A.N.G., BLACKBURN, F. (1987): The role of yeasts in the aerobic deterioration of grass silage. *Proc. 8th Silage Conf.*, Hurley, 35-36
- HONIG, H. (1967): Gärvorgang, Verluste und Qualität bei der Konservierung von Mähweidegras mit unterschiedlichem Trockensubstanzgehalt. *Das wirtschaftseigene Futter* 13, 287-297
- HONIG, H., WOOLFORD, M.K. (1980): Changes in silage on exposure to air. *Br. Grassl. Soc. Occ. Symp.* No. 11, 76-87, Brighton, 1979
- HONIG, H., PAHLOW, G. (1986): Wirkungsweisen und Einsatzgrenzen von Silage-Impfkulturen aus Milchsäurebakterien. 2. Mitt., *Das wirtschaftseigene Futter* 32, 205-228
- HONIG, H. (1991): Reducing losses during storage and unloading of silage. *Proc. of a Conference on the Forage Conservation towards 2000*, Braunschweig, January 1991, *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 123, 116-128
- HONIG, H., SCHILD, G.-J., DAENICKE, R. (1992): Wirkung eines Impfsatzes in Maissilage - Gärverlauf, Verluste und aerobe Stabilität. *VDLUFA-Schriftenreihe* 35, 399-402

- HUTCHINSON, K.J., WILKINS, R.J. (1971): The voluntary intake of silage by sheep. II. The effects of acetate on silage intake. *J. Agric. Sci.* 77, 539-543
- HOWARD, H., O'KIELY, P., PAHLOW, G., O'MARA, F.P. (2005): Perennial ryegrasses bred for contrasting sugar contents: manipulating fermentation and aerobic stability of wilted silage using additives (EU-Project 'SweetGrass'), Proc. 14th Inter. Silage Conf., Belfast, 229
- HUHTANEN, P., KHALILI, H., NOUSIANEN, J.I., RINNE, M., JAAKOLA, S., HEIKKILÄ, T., und NOUSIANEN, J. (2001): Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. *Livestock Production Sci.*, (eingereicht)
- JÄNICKE, H., TITZE, A. (2004): Erzeugung hochwertiger Silagen unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns mit dem Schwerpunkt Ballensilage und aerobe Stabilität. Versuchsbericht, Landesanstalt für Landwirtschaft, Dummerstorf
- JOCHMANN, K., DAENICKE, R., FLACHOWSKY, G. (1999): Einfluss des Einsatzes von Milchsäurebakterien bei der Herstellung von Maissilage unterschiedlicher Reife auf die Verdaulichkeit der Silage durch Schafe, *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 8, 123
- JONSSON, A., PAHLOW, G. (1983): Physiologische und taxonomische Untersuchungen zur Hefeentwicklung in Grassilage mit Lactobacterienzusatz. *Landbauforschung Völkenrode* 33, 72-78
- JONSSON, A., PAHLOW, G. (1984): Systematic classification and biochemical characterization of yeasts growing in grassilage inoculated with *Lactobacillus* cultures. *Anim. Res. Dev.* 20, 7-22
- JONSSON, A. (1989): The role of yeasts and clostridia in silage deterioration - identification and ecology. Rapport 42, Swed. Univ. of Agric. Sci., Department of Microbiology, Uppsala
- JONSSON, A. (1991): Growth of clostridium tyrobutyricum during fermentation and aerobic deterioration of grass silage. *J. Sci. Food Agric.* 54, 557-568
- KAISER, E. (1981): Zum Einfluß von Nitratgehalt, Zuckerart und Lagerungstemperatur auf die Vorhersage des Gärungsverlaufes bei der Grünfuttersilierung. Diss. B Humboldt-Universität, Berlin.
- KAISER, E., WEISS, K., PROLIP, I. (2005): New results on inhibition of clostridia development in silages. Proceedings 14th Silage Conference, Belfast, pp. 213-214
- KALZENDORF, C. (1989): Wirkungen von Cellulasen auf den Gärungsverlauf bei der Grünfuttersilierung, Diplomarbeit, Humboldt-Universität Berlin
- KALZENDORF, C., KWELLA, M., WEISSBACH, F. (1991): Revival ability of freeze-dried lactic acid bacteria after storage in concentrated salt solutions of aliphatic fatty acids. Proc. of a Conference on the Forage Conservation towards 2000, Braunschweig, 442-445
- KALZENDORF, C. (1992): Über die Möglichkeiten einer kombinierten Anwendung von Milchsäurebakterien und Natriumformiat als Silierzusatz. Dissertation, Humboldt-Universität Berlin
- KALZENDORF, C. (2002): Welche Silierzusätze schützen wirksam vor Nacherwärmungen. *Neue Landwirtschaft*, S. 58
- KEADY, T.W., STEEN, R.W.J. (1994): Effects of treating low dry-matter grass with a bacterial inoculant on the intake and performance of beef cattle and studies on its mode of action. *Grass and Forage Sci.* 49, 438-446
- KEADY, T.W.J., MURPHY, J.J. (1998): A note on the preferences for, and rate of intake of grass silages by dairy cows. *Irish J. of Agric. and Food Res.* 37, 87-91
- KELLER, T. (1996): Untersuchungen zur Rundballensilierung von Luzerne mit biologischen Silierzusätzen. Diss. Martin-Luther-Universität, Halle
- KENNEDY, S.J., GRACEY, H.J., UNSWORTH, E.F., STEEN, R.W.J., ANDERSON, R. (1989): Evaluation studies in the development of a commercial bacterial inoculant as an additive for grass silage. 2. Responses in finishing cattle. *Grass and Forage Sci.* 44, 371-380
- KENT, B.A., ARAMBEL, M.J., WALTERS, J.L. (1988): Effect of a bacterial inoculant on alfalfa haylage: Ensiling characteristics and milk production response, when fed to dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 71, 2457-2561
- KIRCHGESSNER, M., MÜLLER, H.L., HEMMINGER, R. (1972): Zum Einfluss der Gärsäuren in Grassilage auf die Futteraufnahme von Milchkühen. *Das wirtschaftseigene Futter* 18, 114-118
- KLEINSCHMIT, D.H., SCHMIDT, R.J., KUNG, L. (2005): The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *J. Dairy Sci.* 88, 2130-2139
- KUNG, L., Jr., TUNG, R.S., MACIOROWSKI, K. (1991): Effect of a microbial inoculant ('Ecosyl') and/or a glycopeptide antibiotic (vancomycin) on fermentation and aerobic stability of wilted alfalfa silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 35, 37-48
- KUNG, L., Jr., SATTER, L.D., JONES, B.A., GENIN, K.W., SUDOMA, A.L., ENDERS, G.L., KIM, H.S. (1987): Microbial inoculation of low moisture alfalfa silage. *J. Dairy Sci.* 70, 2069-2077

- KUNG, L., Jr., STOKES, M.L., LIN, C.J. (2003): Silage additives. In: Silage Sci. and Technology, 305-360, Agronomy Monograph 42
- LAUE, H.-J., WULFES, R., PETERS, U., JÖHNK, C., MÜLLER, T., THAYSEN, J. (2000): Praxisversuch: Mehr Milch mit Siliermitteln ? Top Agrar 9, 12-14
- LÄTTEMÄE, P., OHLSSON, C., LINGVALL, P. (1996): Influence of molasses or molasses-formic acid treated red clover on feed intake and milk yield. Swedish J. of Agricultural Res. 26, 91-100
- LÄTTEMÄE, P. (1997): Ensiling and evaluation of forage crops - effects of harvesting strategy and use of additives to fresh-cut and wilted crops. Dissertation SLU, Uppsala, 1-146
- LEAVER, J.D. (1991): The effect of a biological silage additive on the performance of dairy cows. Proceedings Occ. Symp. British Grassland Society, Maidenhead 25, 234-236
- LINDGREN, S., LINGVALL, P., KASPERSSON, A., KARTZOW, A., RYDBERG, E. (1983): Effect of inoculants, grain and formic acid on silage fermentation. Swedish J. of Agricultural Res. 13, 91-100
- LINDGREN, S., PETTERSON, K., JONSSON, A., LINGVALL, P. (1985a): Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. J. Sci. Food Agric. 36, 765-774
- LINDGREN, S., PETTERSON, K., JONSSON, A., LINGVALL, P., KASPERSSON, A. (1985b): Silage inoculation. Selected strains, temperature, wilting and practical application. Swedish J. Agric. Res. 15, 9-18
- LINDGREN, S., BROMANDER, A., PETTERSSON, K. (1988): Evaluation of silage additives using scale-model silos. Swedish J. of Agricultural Res. 18, 41-49
- LINDGREN, S., AXELSSON, L.T., McFEETERS, R.F. (1990): Anaerobic L-lactate degradation by *L. plantarum*. FEMS Microbiology Letters 66, 209-214
- LÜCK, E. (1966): Sorbinsäure und Kaliumsorbat als Hilfsmittel bei der Herstellung milchsauer vergorener Gurken. Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung, Sonderdruck aus Nr. 13
- MAHLKOW-NERGE, K. (2006): pers. Mitt.
- MANN, E.M., McDONALD, P. (1976): The effect of formalin and lower fatty acids on silage fermentation. J. Sci. Food Agric. 27, 612-616
- MAYNE, C.S. (1990): An evaluation of an inoculant of *Lactobacillus plantarum* as an additive for grass silage for dairy cattle. Anim. Prod. 51, 1-13
- MAYRHUBER, E., HOLZER, M., KRAMER, W., MATHIES, E. (2005): A novel bacterial silage additive effective against clostridial fermentation. Proc. 14th Silage Conference, Belfast, 206
- McCARRICK, R.B., KEANE, E., TOBIN, J. (1965): The nutritive value of ammonium bisulphate and molassed silages. Irish J. of Agricultural and Food Res. 4, 115-123
- McDONALD, P., HENDERSON, N., HERON, S. (1991): The biochemistry of silage, II. Edition, Chalcombe Publications
- MBANYA, J.N., ANIL, M.H., FORBES, J.M. (1993): The voluntary intake of hay and silage by lactating cows in response to ruminal infusion of acetate or propionate, or both, with and without distension of the rumen by a balloon. Brit. J. Nutr. 69, 713-720
- MENNA, E.D.M., DI PARLE, J.N., LANCASTER, R.J. (1981): The effects of some additives of the microflora of silage. J. Sci. Food Agric. 32, 1151-1156
- MIETTINEN, H.O., SETÄLÄ, J., MOISIO, T. (1991): Estimation of the effect of silage quality on silage palatability and intake in dairy cows. Proceedings European Grassland Federation. In: Forage Conservation towards 2000. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 123, 408-409
- MOON, N.J., ELY, L.O., SUDWEEKS, E.M. (1980): Aerobic deterioration of wheat, lucerne and maize silage prepared with *Lactobacillus acidophilus* and a *Candida spp.*. J. Appl. Bacteriol. 49, 75-87
- MOON, N. (1984): A short review of the role of lactobacilli in silage fermentation. Food Microbiol. 1, 333-338
- MÜLLER, T., BEHRENDT, U., MÜLLER, M. (1996): Antagonistic activity in plant-associated lactic acid bacteria. Micr. Res. 151, 63-70
- MUCK, R.E. (1989): Initial bacterial numbers of lucerne prior to ensiling. Grass and Forage Sci. 44, 19-25
- MUCK, R.E., PITT, R.E., LEIBENSPERGER, R.Y. (1991): A model of aerobic fungal growth in silage. I. Microbial characteristics. Grass and Forage Sci. 46, 283-299
- MUCK, R.E. (1993): The role of silage additives in making high quality silage. Proceedings National Silage Production, Ithaca, New York, 106-116
- MUCK, R.E. (2004): Effects of corn silage inoculants on aerobic stability. Amer. Soc. Agric. Eng. 47(4), 1011-1016
- NESBAKKEN, T., BROCH-DUE, M. (1991): Effects of a commercial inoculant of lactic acid bacteria on the composition of silages made from grasses of low dry matter content. J. Sci. Food Agric. 54, 177-190

- NISHINO, N., WADA, H., YOSHIDA, M., SHIOTA, H. (2003): Microbial counts, fermentation products and aerobic stability of whole crop corn and a total mixed ration ensiled with and without inoculation of *Lactobacillus casei* or *Lactobacillus buchnerii*. J. Dairy Sci. 87, 2563-2570
- NUSSBAUM, H.-J. (1998): Siliereignung von Wiesenaufwüchsen verschiedenen physiologischen Alters in Verbindung mit dem Einsatz ausgewählter Silierzusatzmittel. Diss., Universität Hohenheim
- NUSSBAUM, H.-J. (2006): Einsatz von Kombi-Silierzusatzmitteln bei Gras- und Maissilage. Proceedings 118. VDLUFA-Kongress, Freiburg, S. 131
- OHYAMA, Y., SASAKI, S., HARA, S. (1975): Factors influencing aerobic deterioration of silages and changes in chemical composition after opening silos. J. Sci. Food Agric. 26, 1137-1147
- OHYAMA, Y., McDONALD, P. (1975): The effect of some additives on aerobic deterioration of silages. J. Sci. Food Agric. 26, 941-948
- O'KIELY, P., MUCK, R.E. (1992): Aerobic deterioration of lucerne (*Medicago sativa*) and maize (*Zea mays*) silages - effects of yeasts. J. Sci. Food Agric. 59, 139-144
- OPITZ von BOBERFELD, W. (1998): Zum Effekt von Laktobakterien-Zusätzen bei Grassilagen. Pflanzenbauwissenschaften 2, 135-140
- OUDE ELFERINK, S.J.W.H. (2001): Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. Appl. and Environ. Microb. 67, 125-132
- VAN OS, M., DULPHY, J., BAUMONT, R. (1995): The influence of ammonia and amines on grass silage intake and intake behaviour in dairy cows. Annual Zootechniques 44, 73-85
- PAHLOW, G. (1982): Verbesserung der aeroben Stabilität von Silage durch Impfpräparate. Das wirtschaftseigene Futter
- PAHLOW, G. (2004): Erfahrungen mit Mikroorganismen in der Silierung, in: 20. Hülsenberger Gespräche, H.W. Schaumann-Stiftung
- PAHLOW, G., ZIMMER, E. (1985): Effect of a *Lactobacillus* inoculant on fermentation and aerobic stability of grass silage. Proc. 15th Int. Grassland Congress, Kyoto, 877-879
- PAHLOW, G., HONIG, H. (1986): Wirkungsweise und Einsatzgrenzen von Silage-Impfkulturen aus Milchsäurebakterien I. Mitteilung. Das wirtschaftseigene Futter 32, 20-35
- PAHLOW, G., HONIG, H., DYCKMANS, A. (1992): Gärverhalten von Gras aus Extensivherkünften - Einfluß von Schnitttermin, Anwelkgrad und Silierzusatz. VDLUFA Schriftenreihe 35/1992, Kongressband 1992, Göttingen, 461-464
- PAHLOW, G., WEISSBACH, F. (1996): Effect of numbers of epiphytic lactic acid bacteria (LAB) and of inoculation on the rate of pH-decline in direct cut and wilted grass silages. Proceedings 11th International Silage Conference, Aberystwyth, 104-105
- PAHLOW, G., MUCK, R.E., DRIEHUIS, F., OUDE ELFERINCK, S.J.W.H., SPOELSTRA, S.F. (2003): Microbiology of Ensiling, in: Silage Sci. and Technology, Madison, USA, 42, p. 31-93
- PAHLOW, G., MARTENS, S., GREEF, J.M. (2004): Aerobe Stabilität von Silagen aus zuckerreichen Gräsern (EU-Project 'SweetGrass'), in: Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 16, 217-218
- PIEPER, B. (1999): Erzeugung von Qualitätssilage für die Fütterung von Hochleistungskühen. Tagungsbericht 3, Neuruppin, 106-129
- PITT, R.E. (1992): Microbial and enzymatic additives for ensiling. Proceedings 54th Cornell Nutrition Conference Rochester, New York, 137-147
- PRIES, M., MENKE, A., HÜNTING, K. (2006): Einfluss von Silafresh auf die Gärqualität und Lagerstabilität von CCM und Feuchtmals, in: Tagungsbericht 9. Symposium Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen, Neuruppin, S. 133-144
- RAHN, S. (1992): Untersuchungen zum Einfluß chemischer Silierzusatzmittel auf den Gärungsverlauf, die Gärverluste und die aerobe Stabilität von Grünfuttersilagen. Diss. Humboldt-Universität Berlin
- RANJIT, N. K., KUNG, L., Jr. (2000): The effect of *L. buchnerii*, *L. plantarum* or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. J. Dairy Sci. 83, 526-535
- RANJIT, N.K., TAYLOR, C.C., KUNG, L., Jr. (2002): Effect of *L. buchnerii* 40788 on the fermentation, aerobic stability and nutritive value of maize silage. Grass Forage Sci. 57, 73-81
- RICHTER, W., ZEHNER, M. (2005): Melasse als Silierzusatzmittel? Manuskript unter http://www.stmlf.bydn.de/lfl/ite/ite_3b/silierzusatz/melasse.html
- ROBOWSKY, K.-D., HERTWIG, F., NEUBERT, G. (1993): Was biologische Silierzusatzmittel leisten. DLG Mitteilungen 5, 37-39
- ROOKE, J.A., MAYA, F.M., ARNOLD, J.A., ARMSTRONG, D.G. (1988): The chemical composition and nutritive value of grass silages prepared with no additive or with the application of additives containing either *Lactobacillus plantarum* or formic acid. Grass and Forage Sci. 43, 87-95

- ROOKE, J.A., GILL, M. (1990): Prediction of the voluntary intake of grass silages by beef cattle. 1. Linear regression analyses. *Anim. Prod.* 50, 425-438
- RUST, S.R., KIM, H.S., ENDERS, G.L. (1989): Effects of a microbial inoculant on fermentation characteristics and nutritional value of corn silage. *J. Prod. Agric.* 2, 3, 235-241
- SEALE, D.R. (1986): Bacterial inoculants as silage additives. *J. of Applied Bacteriology*, S9-S26
- SETÄLÄ, J., RAURAMAA, A., SIVELÄ, S. (1990): The use of *Lactobacillus plantarum*, cellulase and inhibitor in grass preservation. Proc. of the 9th Silage Conference, Newcastle upon Tyne, September 1990, 25-26.
- SHARP, R., HOOPER, P.G., ARMSTRONG, D.G. (1994): The digestion of grass silages produced using inoculants of lactic acid bacteria. *Grass and Forage Sci.* 49, 42-53
- SKOVBOG, E.B., WITT, N., KRISTENSEN, V.F. (1993): Molasses as silage additive. Beretning fra Faellesudvalget for Statens Planteavl og Husdyrbrugforsøg No. 21, 28
- SPIEKERS, H., GELDERMANN, P. MUES, N. (1999): Bessere Silagen dank Melasse oder Bakterien. *Landw. Wochenblatt*, Folge 16, 40-41
- SPIEKERS, H., MUES, N. (2002): Prüfung von MSB-Produkten in Grassilagen, Riswicker Ergebnisse 3, LK NRW, Referat Tierische Erzeugung
- SPOELSTRA, S.F. (1985): Nitrate in silage. *Grass and Forage Sci.* 40, 1-11
- SPOELSTRA, S.F. (1991): Chemical and biological additives in forage conservation. *Landbauforschung Völkenrode*, Sonderheft 123, 48-70
- SPOELSTRA, S.F. (1993): Chemische und biologische Siliermittel für die Futterkonservierung. *Übers. Tierernährg.* 21, 87-116
- SPOELSTRA, S.F., COURTIN, M.G., VAN BEERS, J.A.C. (1988): Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of maize silage. *J. Agric. Sci.* 111, 127-132
- STADHOUDERS, J., HUP, G., NIEUWENHOF, F.F.J. (1983): Kuilvoer en kaaskwaliteit. Mededeling M19. Ede, Nederlands Instituut voor Zuivetonderzoek.
- STADHOUDERS, J., SPOELSTRA, S.F. (1991): Prevention of the contamination of milk by making good silage. *Internat. dairy fed. bull.* 112, 8-15
- STEEN, R.W.J., GORDON, F.J., DAWSON, L.E.R., PARK, R.S., MAYNE, C.S., AGNEW, R.E., KILPATRICK, D.J., PORTER, M.G. (1998): Factors affecting the intake of grass silage by cattle and prediction of silage intake. *J. Anim. Sci.* 66, 115-127
- STAUDACHER, W., PAHLOW, G., HONIG, H. (1999): Certification of silage additives in Germany by DLG. Proceedings 12th International Silage Conference, Uppsala, SLU, 239-241
- THAYSEN, J., SÜNCKSEN, U., HONIG, H. (2001): Ergebnisse 10jähriger Siliermittelprüfung von biologischen und chemischen Additiven zur Gras-, Mais- und Ganzpflanzensilage. Proc. 113. VDLUFA-Kongress Berlin, 116
- THAYSEN, J. (2002): Einfluss von Milchsäurebakterien (*Lactobacillus plantarum*) und Melasse auf die Gärqualität von Grassilagen und die Leistung von Milchkühen, Diss. Universität Kiel
- THAYSEN, J., PAHLOW, G., MATHIES, E. (2005): Effects of inoculation of LAB on fermentation pattern and clostridia spores in easy ensilable grass silages. Proceedings 14th Silage Conference, Belfast, p. 199
- THAYSEN, J., LAMP, J. (2006): Siliermitteleffekte zu Grassilagen für den Einsatz in der Pferdefütterung. Proc. 118. VDLUFA-Kongress, Freiburg, 132
- ULYATT, M.J. (1965): The effects of intra-ruminal infusions of volatile fatty acids on food intake of sheep. *New Zealand J. of Agricultural Res.* 8, 397-408
- UNIVERSITÄT HOHENHEIM (1997): Dokumentationsstelle (Hrsg.), DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- VANDENBERGH, P.A. (1993): Lactic acid bacteria, their metabolic products and interference with microbial growth. *FEMS MICR. Rev.* 12, 221-238
- VAN VUUREN, A.M., HUHTANEN, P., DULPHY, J.P. (1995): Improving the feeding and health value of ensiled forages. Proceedings 4th International Symposium on the Nutrition of Herbivores, INRA Paris, 279-307
- VAITIEKUNAS, W., ABEL, H. (1993): Zum Einfluß von Milchsäurebakterien als Siliermittel auf den Futterwert von Grassilagen für Milchkühe. *Agribiological Res.* 46, 2, 126-136
- WEINBERG, Z.G., MUCK, R.E., WEIMER, P.J. (2003): The survival of lactic acid bacteria in rumen fluid. *J. Appl. Micro.* 94, 1066-1071
- WEISE, F. (1971): The influence of initial aeration on the fermentation process of grass silage. *Landw. Forsch.* 26, 63-70

- WEISE, F., HONIG, H. (1975): Influence of different wilting periods on the fermentation process of meadow fescue. *Das wirtschaftseigene Futter* 21, 10-24
- WEISSBACH, F., HAACKER, K. (1988): Über die Ursachen der Buttersäuregärung in Silagen aus Getreideganzpflanzen. *Das wirtschaftseigene Futter* 34, 88-99
- WEISSBACH, F., KALZENDORF, C., REUTER, B., KWELLA, M. (1991): Control of silage fermentation by combined application of inoculants and chemical agents. Proc. of a Conference on the Forage Conservation towards 2000, Braunschweig, January 1991, 273-282.
- WEISSBACH, F. (2004): Analyse der Ursachen und Möglichkeiten zur Verminderung hoher Clostridien-Last im Grundfutter. *TU* 59, 1, 32-41
- WEISSBACH, F. (2005): Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. KTBL, 13. Auflage
- WEINBERG, Z.G., MUCK, R.E. (1996): New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews* 19, 53-68
- WETHERALL, J.A., ARMSTRONG, D.G., FINLAYSON H.J., ROOKE, J.A. (1995): Reduction of proteolysis during ensilage of perennial ryegrass by protease inhibitors. *J. of Sci. and Food Agric.* 68, 497-505
- WIERINGA, G.W. (1966): The influence of nitrate on silage fermentation. *LB.V.L., Publ.152 Wageningen*
- WILKINS, R.J., HUTCHINSON, K.J., WILSON, R.F., HARRIS, C.E. (1971): The voluntary intake of silage by sheep. 1. Interrelationships between silage composition and intake. *J. Agri. Sci.* 77, 531-537
- WILKINSON and TOIVONEN (2003), zit. bei PAHLOW, (2004)
- WOHLT, J.E. (1989): Use of a silage inoculant to improve feeding stability and intake of a corn silage-grain diet. *J. Dairy Sci.* 72, 545-551
- WOLF, J., JÄNICKE, H., LOSAND, B. (2001): Ergebnisse der Silierung von feuchtem Körnermais mit unterschiedlichen Konservierungsstoffen. Tagungsbericht 2001, 5. Symp. Neuruppin, 91-101
- WOOLFORD, M.K., HONIG, H., FENLON, J.S. (1978): Studies on the aerobic deterioration of silage using a small-scale technique. Part 2. The microbiological, physical, and chemical changes during the aerobic deterioration of maize silage. *Das wirtschaftseigene Futter* 24, 125-139
- WOOLFORD, M.K., HONIG, H., FENLON, J.S. (1979): Untersuchung über den aeroben Abbau in Silage mit einer Labormethode. Teil 3. Die mikrobiologische, physikalische und chemische Veränderung während des Abbaus in frischer und angewelkter Grassilage mit einem Anhang zur Identifizierung der beteiligten Mikroorganismen. *Das wirtschaftseigene Futter* 25, 2/3, 158-177
- WOOLFORD, M.K. (1984a): *The silage fermentation.* Marcel Dekker, New York.
- WOOLFORD, M.K. (1984b): The antimicrobial spectra of some salts of organic acids in respect to their potential as silage additives. *Grass and Forage Sci.* 39, 53-57
- WOOLFORD, M.K. (1990): A Review - The detrimental effects of air on silage. *J. Appl. Bacteriol.* 68, 101-116
- WYSS, U. (1993): Einsatz eines Milchsäurebakterien-Impfzusatzes aus der Sicht der Konservierung. *Landwirtschaft Schweiz* 6 (4), 203-207
- WYSS, U. (1995): Gute Silagen sind anfälliger für Nachgärungen. *Agrarforschung* 2 (6), 248-251
- WYSS, U. (2005): Siliermittel und aerobe Stabilität - Testergebnisse 2005. *AGRAR-Forschung* 13(8), 348-352
- ZÄH, M. (2001): Flüssig haben es die Bakterien leichter. *Profi* 7, 38-41
- ZIERENBERG, B. (2000): *In vitro* Methode zur Beurteilung der Fermentationsleistung von Milchsäurebakterien und deren Einfluß auf die Stoffwechselaktivität weiterer für die Silierung relevanter Mikroorganismen bei unterschiedlichen Fermentationsbedingungen. Diss. Universität Rostock
- ZILAKOVA, J., KNOTEK, S., GOLECKY, J. (1997): Comparison of ensiling efficiency of different inoculants or inoculant/ enzym additives. Proceedings 8th International Symposium of Forage Conservation, Bruno, CZ, 96-97
- ZIMMER, E. (1980): Efficient silage systems. *Br. Grassl. Soc. Occ. Symp. No. 11*, 186-197, Brighton, 1979