

Effektive Mikroorganismen als Siliermittel

Ergebnisse zum Siliermittel der Firma EMIKO HGmbH aus der Diplomarbeit von Marko Heckel

Einleitung

Im Jahr 2005/2006 habe ich in meiner Diplomarbeit verschiedene Siliermittel nach Siliererfolg und Biogasproduktion der Silagen verglichen. Die Diplomarbeit fand am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB) statt. [1] Die Ergebnisse dieser Arbeit mit Bezug auf die *Effektiven Mikroorganismen* möchte ich hiermit zusammenfassen.

Die vollständige Diplomarbeit ist über die Internetseite www.marko-heckel.de herunterladbar.

Nebenbei: Biogasanlagen und Bodenfruchtbarkeit

Biogasanlagen können die Bodenfruchtbarkeit und die mikrobiologische Stabilität in Landwirtschaftsbetrieben gefährden. Die Energie die aus dem Biogas produziert wird ist nicht umsonst. Biogasgülle enthält wenig energiereiche organische Substanz. Diese organische Substanz wird gebraucht, um das Bodenleben zu ernähren und den Humusanteil im Boden stabil zu halten. Zu viel Maisanbau führt zu einem schnellen Humusabbau. Was in einer Biogasanlage eigentlich verbrannt wird, sind die Humusreserven unserer Böden.

Das Problem der Energiearmen Biogasgülle und der Humuszehrenden Energiefruchtfolgen kann man lösen mit minimaler Bodenbearbeitung, prinzipieller Verwendung von Untersaaten (Weißklee) und Gründüngungsanbau. Dann können Energiefruchtfolgen, wegen des vollständig geschlossenen Kreislaufes (Rückführung aller geernteten Mineralstoffe), sogar eine Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit bedeuten.

Wie man am Geruch von nicht perfekt abgedichteten Biogasanlagen merkt, geht die Biogasproduktion oft mit Fäulnisprozessen einher. Im Ablauf von Biogasanlagen sind die Zahlen von Clostridiensporen oft erhöht. Mit Biogasgülle aus solchen Anlagen impft man die Flächen und damit die ganzen Betriebe Jahr für Jahr mit einer Fäulnismikrobiologie. Das Auftreten von bis dahin ungekannten Krankheiten und Keimen ist dann nur eine Frage der Zeit. Fäulnisbelastete Biogasanlagen gefährden langfristig die mikrobielle Gesundheit der landwirtschaftlichen Betriebe.

Gegen die Dominanz von Fäulnisprozessen in der Biogasanlage hilft die konsequente Verwendung von EM-Silagen und zusätzlich Bentonit oder Zeolith zur Anregung der Mikrobiologie. (siehe Abschnitt 2.4)

Weiteres zu diesem Problem finden Sie in meiner Diplomarbeit im Kapitel 7.3 Polemik: Biogas und in 3. Polemik: Kritik an Wissenschaft und Landwirtschaft.

0. Zusammenfassung und Schlußfolgerung

In der Diplomarbeit von Marko Heckel haben sich die *Effektiven Mikroorganismen* wie in früheren Untersuchungen als wirksames Siliermittel gezeigt. *EM* erreichte in allen drei Silagen und gegenüber allen Siliermitteln die höchste Summe der gewünschten Gärprodukte. Insbesondere die für die aerobe Stabilität und die Pansengesundheit wichtige Propionsäure und Essigsäure wurde von *EM* gesteigert. Dadurch verbesserte *EM* deutlich die Stabilität der Silagen gegen Nacherwärmung.

Der Einsatz von *Effektiven Mikroorganismen* in der Silage führte im zweiten Grasschnitt zu 5 % und im Mais zu 12 % mehr Methanbildung im Gärtest. Dies lässt sich erklären mit dem besseren Aufschluss der schwer umsetzbaren Kohlenhydrate wie Stärken und Zellulose während des Silierprozesses. Nur das reine Biogassiliermittel Silasil war im Mais mit 18 % Steigerung noch besser.

Der Einsatz von *EM* im Mais führte tatsächlich zu einer Steigerung der Energieausbeute von der Fläche um mehr als zehn Prozent

Der Einsatz von *EM* als Siliermittel und direkt als Zusatz im Gärtest mit unsiliertem Schnittgut des zweiten Grasschnittes führte zu einer erkennbaren Senkung der Schwefelwasserstoffbildung um 17-26 %.

Es ist zu vermuten, dass ein kontinuierlicher Einsatz von Silage mit *EM* oder eine kontinuierliche direkte Dosierung von *EM* die Schwefelwasserstoffwerte noch deutlich weiter senken könnte.

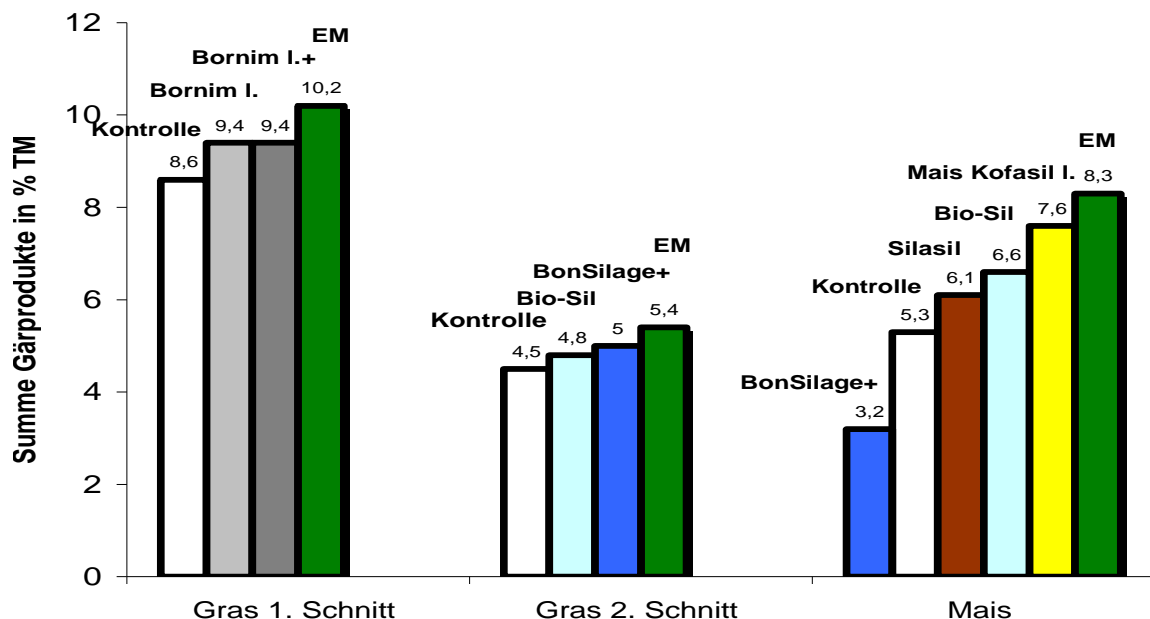


Abb. 3: Einfluss von Zusätzen auf die Summe gemessener Gärprodukte in den Silagen nach 90 Tagen

1. Untersuchungen

In der Diplomarbeit wurden ein erster und zweiter Schnitt Grassilage und eine grüne Maissilage (Erntestadium: Mitte Teigreife) mit den Siliermitteln aus Tabelle 1 untersucht.

Tab. 1: eingesetzte Siliermittel in untersuchten Silagen

Siliermittel		Grassilage 1. Schnitt	Grassilage 2. Schnitt	Maissilage
Kontrolle ohne Siliermittel		X	X	X
<i>Bornim liquid</i>	vom ATB	X		
<i>Bornim liquid + Isolat 237</i>	vom ATB	X		
<i>EM</i>	Firma EMIKO	X	X	X
<i>Bio-Sil</i>	Firma Dr. Pieper		X	X
<i>BonSilage+</i>	Firma Schaumann		X	X
<i>Silasil-Energy-Mais</i> (nur Biogas)	Firma Lactosan			X
<i>Mais Kofasil Liquid</i> (chemisch)	Firma Addcon			X

Das Schnittgut wurde mit den Siliermitteln versetzt und dann in Gläser gestampft. Die Gläser wurden 5, 10, 90 oder 180 Tage gelagert wie in Abbildung 1 zu sehen ist. Dann wurden die Silagen auf Inhaltsstoffe, aerobe Stabilität und Biogasproduktion untersucht.

Die Biogasproduktion der Silagen wurde bestimmt, mit einem am ATB entwickelten und Routinemäßig durchgeführten Gärtest. Dazu wurden 50 g Silage in 1,5 l Impfgülle gegeben und bei 35°C in einem Monat vollständig ausgefault, bis keine weitere Gasproduktion mehr stattfand. Das Biogas wurde aufgefangen und Zusammensetzung und Menge bestimmt. Der Versuchsaufbau des Gärtests ist in Abbildung 2 zu sehen. Die gewonnenen Werte werden nach Temperatur, Druck und den Parametern des Versuchsaufbaues korrigiert und auf die organische Masse (oM) berechnet.



Abb. 1: Lagerung der Silagegläser (Foto ATB)



Abb. 2: Ablesung der Biogasmenge bei Gärtests (Foto ATB)

2. Ergebnisse

2.1 Analyseergebnisse der Silagen mit EM

Die Inhaltsstoffe der hier analysierten Silagen bestätigen voll die bisherigen Untersuchungen mit *Effektiven Mikroorganismen*. [2] [3] [4] [5] [6]

Für eine bessere Übersichtlichkeit sind in Tabelle 2 nur die 90-Tage-Silagen der EM-Variante gegenüber der Kontrolle dargestellt.

Tab. 2: Analysendaten der Silagen nach 90 Tagen, Mittelwerte aus drei Proben

TM % FM	pH- Wert	Zucker	Milchsäure	Essigsäure	Propionsäure % TM	Ethanol	Propanol	Buttersäure ¹
1. Grasschnitt								
Unbehandelte Kontrolle								
40,67	3,96	6,85	6,57	0,99	0,03	1,01	0	0
<i>EM Fa. EMIKO</i>								
38,10	3,79	4,64	6,68	2,87	0,15	0,52	0,09	0
2. Grasschnitt								
Unbehandelte Kontrolle								
61,98	4,45	7,32	4,06	0,30	0,04	0,14	0	0,01
<i>EM Fa. EMIKO</i>								
60,01	4,01	7,26	4,63	0,69	0	0,08	0	0,02
Mais (Mitte Teigreihe)								
Unbehandelte Kontrolle								
33,74	3,63	3,44	2,81	1,02	0,10	0,03	1,32	1,15
<i>EM Fa. EMIKO</i>								
36,67	3,68	0,72	2,27	2,95	0,64	1,15	1,25	0

1) Summe aus i- und n-Buttersäure, i- und n-Valeriansäure, Capronsäure

EM erreichte in den Silagen eine schnellere pH-Wert-Absenkung sichtbar in den hier nicht dargestellten fünf und zehn Tage Silagen.

Die Menge der insgesamt produzierten Gärssäuren wurde durch EM stark erhöht. Die Aktivität der Milchsäurebakterien in den Silagen wurde also deutlich gesteigert.

Insbesondere sehen wir eine Erhöhung der Essig- und Propionsäuregehalte. Nach 180 Tagen zeigte sich dass die Propionsäurebildung weitergeht. Beim 2. Grasschnitt erhöhte sich der Propionsäuregehalt nach 180 Tagen auf immerhin 1,32 %. Diese Steigerung des Essig- und Propionsäuregehaltes ist vermutlich der Grund für die verbesserte aerobe Stabilität der Silagen mit EM.

Die Tendenz zur Nacherwärmung wurde in der ersten Grassilage nur wenig gemindert. In der zweiten Grassilage war EM das Siliermittel mit der besten aeroben Stabilität. In der Maissilage brachte nur das chemische Siliermittel Kofasil liquid eine bessere Stabilität gegen Nacherwärmung als die *Effektiven Mikroorganismen*.

Zudem wirkt Essigsäure mit der Propionsäure stabilisierend auf die Pansenmikrobiologie, ist die wesentliche Nahrung für die Methan produzierenden Bakterien und ein Nadelöhr für die Biogasproduktion.

In der Maissilage führte EM zu erhöhten Ethanolgehalten von 1,15 % der Trockenmasse. In der Praxis sind erhöhte Alkoholgehalte zu Recht gefürchtet als Anzeiger für eine Hefenentwicklung im Siliergut und damit einer Tendenz zu Nacherwärmung. Diese Tendenz zur Nacherwärmung zeigte sich bei der EM-Maissilage nicht. Im Gegenteil, die aerobe Stabilität wurde deutlich verbessert. Alkoholbildung führt wie die Milchsäurebildung nur zu einem geringen Energieverlust, verbessert den Geruch und Geschmack der Silagen und ist erst bei höheren Gehalten eine Belastung für den Stoffwechsel der Wiederkäuer. [7 S.33f.]

2.2 Vergleich der Silagen nach Summe der Gärprodukte

Um das Ausmaß der gewünschten mikrobiologischen Aktivität in den Silagevarianten abzuschätzen habe ich in der Diplomarbeit die Summen aus Milch-, Essig-, Propionsäure, Ethanol und Propanol verglichen. Siehe Abbildung 3

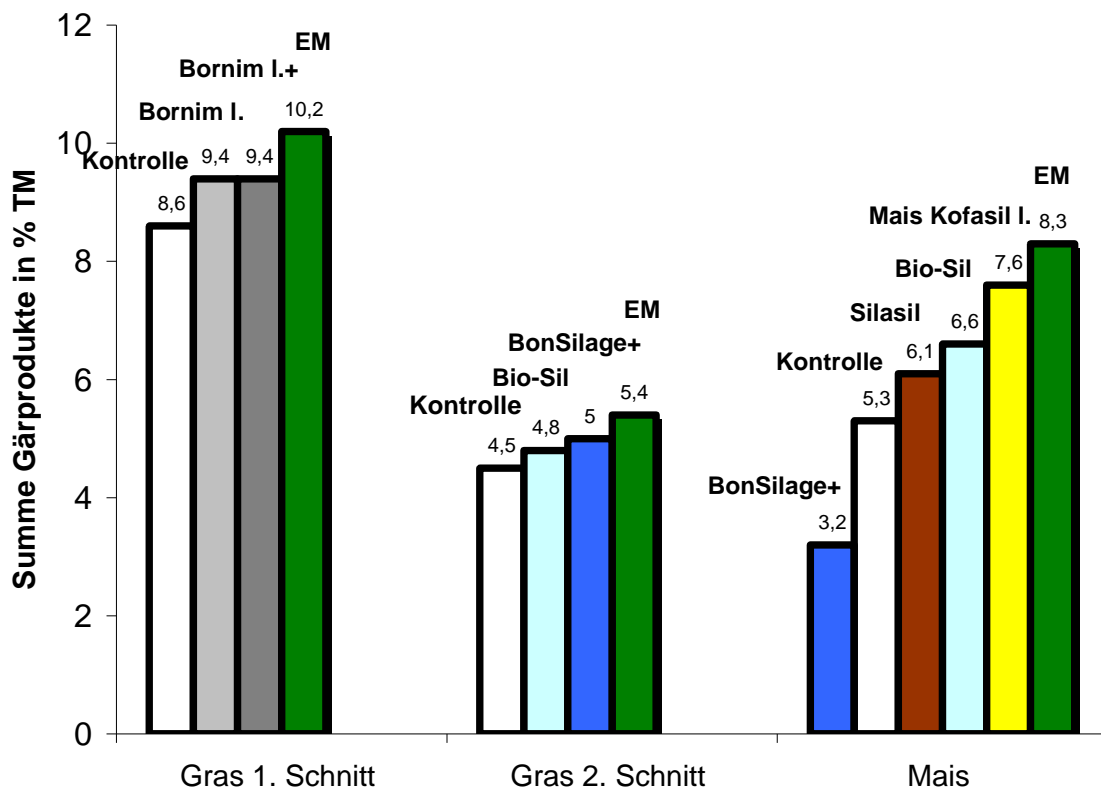


Abb. 3: Einfluss von unterschiedlichen Zusätzen auf die Summe gemessener Gärprodukte in den Silagen nach 90 Tagen

Es zeigte sich, dass die symbiotischen Effektiven Mikroorganismen in allen drei Silagen und gegenüber allen anderen Siliermitteln die höchste mikrobielle Aktivität gewährleisteten, sichtbar in der höchsten Summe über alle gewünschten Gärprodukte.

2.3 Methanproduktion der Silagen

Wie in Abbildung 4 zu sehen ist, haben die Siliermittel die Methanproduktion aus den Silagen beim zweiten Grasschnitt um 3-5 % (EM 5%) und beim Mais um 4-18 % (EM 12%) gesteigert. Im ersten Grasschnitt wurde die Methanausbeute kaum beeinflusst.

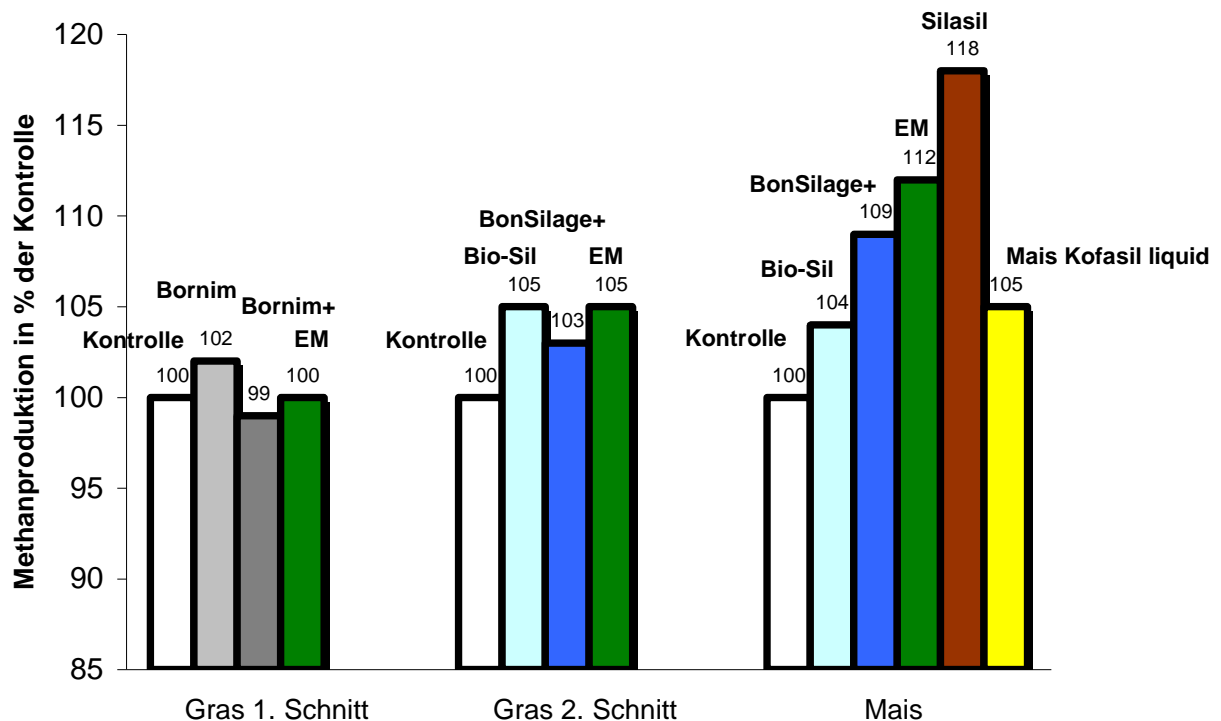


Abb. 4: Methanproduktion der Silagen in Prozent der Kontrollsilage (Mittelwerte)

Ein zweiter Grasschnitt und Mais enthält bereits wesentliche Anteile an schwerer aufspaltbaren Kohlenhydraten wie Zellulose oder Stärke. Der erste Grasschnitt dagegen enthält seine Energie hauptsächlich in Form von leicht umsetzbaren Zuckern. Offensichtlich hat der Einsatz von Siliermitteln einen besseren Aufschluss dieser schwer umsetzbaren Kohlenhydrate im zweiten Grasschnitt und im Mais geschafft und damit die höhere Biogasausbeute ermöglicht.

Ein weiterer Zusammenhang wird bei dem Biogassiliermittel *Silasil* ersichtlich. *Silasil* forciert noch stärker als *EM* die Essigsäureproduktion. Essigsäure ist der Ausgangsstoff für die Methanproduktion durch methanogene Bakterien. Damit erreicht *Silasil* erstaunliche 18 % mehr Methan aus dem Mais, gefolgt von dem auch für Futtersilagen geeigneten *EM* mit 12 % Steigerung.

Dieser Effekt von *EM* und *Silasil* auf die Methanausbeute ist aus anderen Arbeiten bereits in dieser Größenordnung bekannt. *Silasil* hat in Untersuchungen der HAWK Göttingen Methanpotentialsteigerungen in der Maissilage um 9 und 14 % gezeigt. [8]

Bei Versuchen an der Universität für Bodenkunde Wien führte der direkte Zusatz von *EM* bei der Lagerung von Schweineflüssigmist zu einer Erhöhung der Methanemission um 32 % und gleichzeitig zu einer deutlichen Senkung der Ammoniakemissionen. [9]

Der Einsatz von *EM* als Siliermittel im Mais steigert die Ausbeute aus dem Schnittgut und damit von der Fläche um 12 %. Der Bezug der Methan-Werte auf die organische Masse (oM) schließt aus, dass Gewichtsverluste während der Silierung oder ähnliche Fehlerquellen für den Effekt verantwortlich sind. Der gezielte Einsatz von Mikroorganismen ermöglicht tatsächlich eine Steigerung der Energieausbeute von der Fläche um über zehn Prozent.

In diesen Versuchen wurde das Material vollständig ausgefault. In den kontinuierlich laufenden Biogasanlagen mit ihren empfindlichen mikrobiologischen Prozessen könnte der Effekt auf die Ausbeute sogar noch höher sein. Es wird vermutlich nicht nur das Methanpotential erhöht, sondern auch die Stabilität der mikrobiologischen Biogasprozesse verbessert. Dazu verhindert *EM* Energieverluste durch Nacherwärmung und ermöglicht eine gleichmäßigere Silagequalität.

2.4 Schwefelwasserstoffanteil im Biogas gesenkt mit *EM*

Die Entstehung von Schwefelwasserstoff im Biogasprozess ist ein schwerwiegendes Problem. Schwefelwasserstoff führt zu Geruchsbelästigung und zur verstärkten Korrosion und schnellen Alterung von Beton, Rohren, Anlagen und Motor. Deswegen wird Schwefelwasserstoff in Biogasanlagen meist teuer abgeschieden.

Der Einsatz von *EM* hat offensichtlich auch einen Einfluss auf die Produktion von Schwefelwasserstoff, wie wir aus der Geruchsminderung in der Praxis bereits vermuten konnten.

Der Effekt ist wahrscheinlich auf die Verminderung des Fäulnismilieus durch die *Effektiven Mikroorganismen* zurückzuführen.

Beim zweiten Grasschnitt konnten wegen des höheren Schwefelgehaltes des Schnittgutes belastbare Schwefelwasserstoffwerte ermittelt werden.

Im Durchschnitt senkte der Einsatz von *Effektiven Mikroorganismen* die Schwefelwasserstoffproduktion der Silagen des 2. Grasschnittes um **17 %**.

Wir haben zusätzlich Gärtestversuche gemacht mit dem unsilierten frischen Schnittgut unter Zusatz von *EM*. Dabei wurde der Schwefelwasserstoffgehalt im zweiten Grasschnitt um **26 %** gesenkt.

Es ist anzunehmen, dass ein kontinuierlicher Einsatz von Silage mit *EM* oder eine kontinuierliche direkte Dosierung von *EM* die Schwefelwasserstoffwerte noch deutlich stärker senken kann. Damit könnten Anlagen, Geldbeutel und Menschen geschont werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Marko Heckel (Januar 2007); Diplomarbeit: Einfluss von Siliermitteln auf Siliererfolg und Biogasproduktion verschiedener Energiepflanzen; am Leibnizinstitut für Agrartechnik Bornim www.marko-heckel.de
- [2] P.G.van Wikselaar, S.J.W.H. Oude Elferink; Anwendung von EM als Siliermittel, Wissenschaftlicher Bericht Nr. 2165 Wageningen; Institut Tiergesundheit Leylstad <http://www.bionova-hygiene.ch/bxcms/files/forschungsanstalt-wageningen-nl/001-silageversuch.pdf>
- [3] Zeitschrift top agrar (5/2004), S.R16-R18; Es wirkt aber keiner weiß warum
- [4] Hansjörg Nußbaum (5/2005); Wie effektiv EM sind; Zeitschrift dlz, 5/2005, S.98-99
- [5] Rolf Zimmermann (6/2005); Leserbrief zu Literatur Nr.[4], Gebrauchsanweisung lesen; Zeitschrift dlz 6/2005, S.18
- [6] W. Richter, A. Baranowski, M. Zehner (2005); Einfluss der Effektiven Mikroorganismen (EM) auf Gärprozess und aerobe Stabilität von Silagen; LfL ITE Bayern 17.05.2005
- [7] H. Wetterau (1972); Silageherstellung; VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin
- [8] Thomas Fritz, Michael Nelles (11/2006); Mehr Methan aus dem Silomais; Bauernzeitung 34/2006 S.35
- [9] B.Amon, V. Kryvoruchko, M. Fröhlich, T. Amon (August 2005); Einfluss von "Effektiven Mikroorganismen" auf Ammoniak-, Lachgas- und Methanemissionen und auf das Geruchsemissionspotential während der Lagerung von Schweineflüssigmist und -festmist. http://www.multikraft.at/01051/pdf/endbericht_schwein_lagerung4.pdf