

Der Einsatz von Silierzusatzstoffen bei Grassilage

Hansjörg Nußbaum^{1*}

Zusammenfassung

Die Kenntnis gärbiologischer Prozesse ist Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz von Silierzusatzmitteln. Dazu müssen die Eigenschaften einzelner Silierzusatzarten, die Futtereigenschaften, aber auch die betrieblichen Gegebenheiten bekannt sein. Dazu gehört auch die Beachtung der rechtlichen Vorgaben. Am Grundschemata zur Erzeugung qualitativ hochwertiger Grassilagen hat sich nichts geändert. Das heißt, dass beim Einhalten der bekannten Silierregeln auch ohne Zusatzmittel eine gute Grassilage erzeugt werden kann.

In bestimmten Situationen kommen Siliermittel gezielt – dann aber richtig dosiert und technisch verteilt – zum Einsatz. Die Flüssigapplikation geringer Mengen (ULV) mittels Kartuschensystem setzt sich derzeit auf Grund des flexiblen Einsatzes und guter Wirkungssicherheit durch und ist zu begrüßen. Die Abschätzung eines möglichen Mitteleinsatzes wird je nach Erntesituation aufgezeigt. Bei der eigentlichen Mittelwahl ist das DLG-Gütezeichen aufgrund neutraler Versuchsergebnisse hilfreich. Die Wirtschaftlichkeit des Mitteleinsatzes hängt von den Anwendungskosten und den erreichbaren Effekten sowie deren einzelbetrieblichen Bewertung ab. Generell gilt: Siliermittel können grobe Fehler beim Silieren nicht ausgleichen! Demnach gilt es zuerst die Ursachen einer unbefriedigenden Gärqualität zu ermitteln und diese abzustellen und dann erst über den Siliermitteleinsatz nachzudenken.

Schlagwörter: Silage, Silierzusatz, Gras, Wirtschaftlichkeit, Auswahlschema

Summary

Knowledge of the fermentation process is the precondition for a successful use of silage additives. It is necessary to be familiar with the features of the distinct types of silage additives, features of the forage as well as with operational facts. Observance of the legal basis also belongs to these preconditions. So long, nothing has changed in the basic principle for the production of high-quality grass silage. This means, if all the well-known silage rules are observed, it will be possible to produce good grass silage also without any additives. In certain situations silage additives are pointedly deployed – well dosed and technically distributed. At this time the liquid application of small portions (ULV) by means of a cartridge system prevails because of its flexible use and its high guarantee of effectiveness. Depending on the actual harvesting situations the estimation of a possible application is shown. In order to choose the right means the DLG-quality label helps through neutral test results. The profitability of the use of additives depends on their costs of application and on the achievable effects as well as on their individual evaluation. Generally, one can say: silage additives cannot compensate elementary mistakes in the production of silage! Thus, it is important not to consider the use of silage additives before having found out and intercepted the reasons of dissatisfying silage quality.

Keywords: silage, silage additive, grass, economy, selection scheme

1. Einleitung

Die Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung hängt maßgeblich von den produktionstechnischen Faktoren ab. Die aktuelle Betriebszweigauswertung aus Baden-Württemberg zeigt insbesondere den positiven Effekt einer hohen Milchleistung aus dem Grobfutter auf (*Tabelle 1*). Daraus geht die Bedeutung einer guten Silagequalität hervor. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, welchen Einfluss Silierzusätze auf Futterwert und Gärqualität von Grassilage ausüben können.

Der gezielte und wirtschaftliche Einsatz von Silierzusatzstoffen bei Grassilage hängt von mehreren Faktoren ab. Zunächst müssen die Eigenschaften der einzelnen Siliermittelarten und ihr möglicher Ansatzpunkt im Gärprozess bekannt sein (HONIG 1987). Daneben spielen die Silierbarkeit (Gehalt an Zucker, Pufferkapazität und Nitrat) sowie die physikalischen (Entwicklungsstadium, Häcksellänge) und biologischen (epiphytischer Keimbesatz) Eigenschaften des

Tabelle 1: Wichtige betriebswirtschaftliche und produktionstechnische Kennzahlen aus dem Rinderreport Baden-Württemberg (SCHERER 2013)

Wirtschaftsjahr 2011/2012 n=445	Ø	oberes Viertel	unteres Viertel
Kühe je Betrieb	74	82	62
Milch ECM kg/Kuh	8.017	9.016	7.048
Kraft- und Saftfutter g/l Milch	272	250	296
Milch aus Grobfutter l	3.680	4.542	2.905
Milch aus Grobfutter (%)	45,9	50,4	41,2
Milchpreis ct/l	38,8	39,9	38,1
Deckungsbeitrag ct/l Milch (vor Grobfutter)	25,1	27,6	22,0

Erntegutes eine wichtige Rolle (JÄNICKE 2011). Hinzu kommen betriebliche Gegebenheiten wie Silodimensionierung, Walzleistung, Abdecksystem und Entnahmevorschub (NUSSBAUM 2006b). Deshalb kann die Verwendung von Silierzusätzen nicht mit einem Pauschalrezept beantwortet

¹ LAZBW Aulendorf, Baden-Württemberg, Atzberger Weg 99, D-88326 Aulendorf

* Ansprechpartner: Dr. Hansjörg Nußbaum, email: hansjoerg.nussbaum@lazbw.bwl.de



werden, zumal auch Anwendungsfehler die Wirksamkeit beeinträchtigen können (KUNG 2009) und eine passende Dosier- und Applikationstechnik vorhanden sein muss. Seit 2010 müssen auch neue rechtliche Rahmenbedingungen beachtet werden.

2. Rechtliche Rahmenbedingungen

Silierzusatz- und Konservierungsstoffe sind europaweit geregelt. Sie gehören nach der EG-Verordnung 1831/2003 zu den Futterzusatzstoffen und unterliegen deshalb einer amtlichen Zulassung, bei der Wirksamkeit und Unbedenklichkeit aller Wirkstoffe geprüft werden. Seit 2010 gelten EU weit neue rechtliche Rahmenbedingungen. Die Futtermittel-Hygiene-Verordnung (EG 183/2005) unterscheidet in der Anwendung zwischen Silier- und Konservierungsmitteln. Siliermittel können im Rahmen der sogenannten Primärproduktion ohne Auflagen eingesetzt werden. Sie unterliegen keiner Aufzeichnungspflicht. Demgegenüber muss sich der Betrieb beim Einsatz von Konservierungsmitteln (z.B. Propion- oder Sorbinsäure) registrieren lassen und jeden Einsatz dokumentieren. Dazu zählt auch deren Einsatz bei der Behandlung von Anschnittflächen im Silo oder von Futtermischungen.

3. Einteilung und Merkmale von Silierzusätzen

Siliermittel greifen an verschiedenen Stellen in die biologischen Prozesse steuernd ein, verbessern die Silierbarkeit des Erntegutes oder unterdrücken Gärschädlinge (McDONALD et al. 1991). Die Mittel können nach ihrem Ansatzpunkt im Gärprozess eingeteilt werden (*Abbildung 1*). Sie kommen allein oder in Kombination zum Einsatz. Man unterscheidet Substrate, homo- oder heterofermentative Milchsäurebakterien sowie chemische Zusätze auf Basis von Neutralsalzen oder Säuren. Eine untergeordnete Rolle spielen bisher Zusätze, die Enzyme wie z.B. Zellulasen oder Hemizellulasen enthalten. Futterharnstoff darf derzeit nicht zu Silier- oder Konservierungszwecken, jedoch als ernährungsphysiologischer Zusatzstoff beim Wiederkäuer

zur Stickstoff-Ergänzung (insbesondere bei Maisprodukten) eingesetzt werden. Dieser Einsatz ist zu dokumentieren.

Einteilung:

1. Substrate (Zucker, Melasse, Schrote etc.)
2. Milchsäurebakterien (homofermentativ, heterofermentativ)
3. Chemische Zusätze (Neutralsalze oder Säuren)
4. Enzyme (z.B. Zellulasen, Hemizellulasen)
5. Sonstige (u.a. Trockeneis)
6. Kombimittel

3.1 Substrate

Substrate wie Melasse, Zuckerschnitzel bzw. Mais- oder Getreideschrote sind keine Silierzusätze im eigentlichen Sinn, sollen jedoch zusätzlich vergärbare Kohlenhydrate als Nahrung für Milchsäurebakterien liefern und somit den Gärverlauf fördern bzw. das Futter energetisch aufwerten. Substratergänzung kommt folglich bei Siliergut mit Zuckermangel in Frage und/oder, wenn eine hohe Pufferkapazität vorhanden ist. Beispiele sind sehr junge Frühjahrs- oder Herbstaufwüchse, vor allem aber kleereiches Siliergut (*Tabelle 2*) mit Kleeanteilen von mehr als zwei Drittel des Erntegutes.

Aus dem Vergleich von Kontrolle zur Behandlung mit Milchsäurebakterien (MSB homo) bzw. Zugabe von Melasse ist anhand der Gehalte an Milchsäure zu erkennen, dass das Angebot an Gärsubstrat für die Milchsäuregärung limitierend war.

Muss bei derart schwer silierbarem Ausgangsmaterial allerdings Nasssilage mit weniger als 25 % TM einsilert werden, so ist die Gefahr groß, dass bei Verschmutzung feuchte liebende Buttersäurebakterien ebenfalls vom zusätzlichen Substrat profitieren. Gleichzeitig kann über Gärkraft Zucker verloren gehen. Beim Einsatz von zuckerhaltigen Zusätzen sind also TM-Gehalte von mindestens 27 – 30 % TM optimal. Bei Anwelkgraden von über 40 % TM kann nach dem Melasseinsatz der Restzuckergehalt in den Silagen aufgrund der verhaltenen Gärung zunehmen. Damit kann

das Risiko der Nacherwärmung insbesondere bei zu niedrigem Vorschub bei der Entnahme ansteigen.

Melasse weist etwa 70 % TM und ca. 8 MJ NEL/kg TM auf. Sie wird mit einer Aufwandmenge von mindestens 20 kg (Gras) bis rund 40 kg (Leguminosen) je Tonne Erntegut eingesetzt. Sie kann mittels Vorrattank in der Fronthydraulik über einen Auslauf direkt auf den Schwad appliziert werden. Genauer ist jedoch eine Exaktdosierung am Häcksler, der mittels Pumpe aus einem angehängten Tankwagen die Melasse am Auswurfkrümmer dem Häckselgut zudosiert.

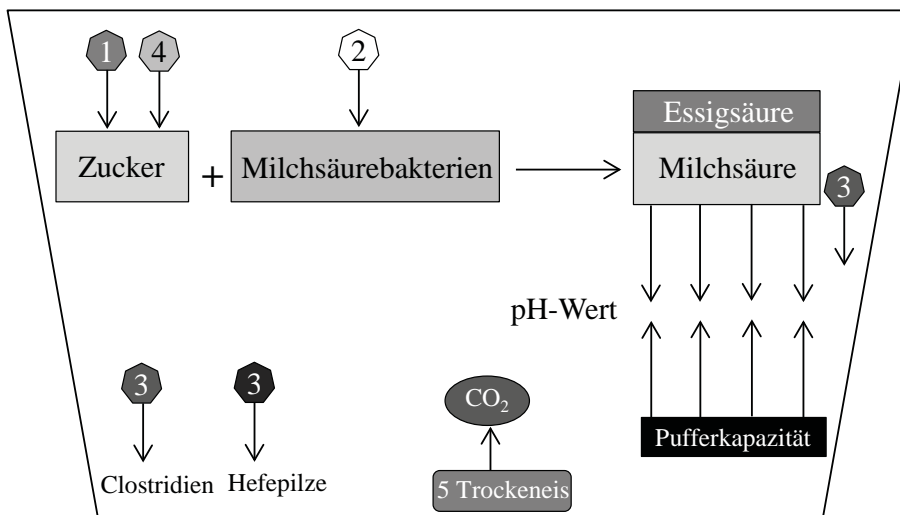


Abbildung 1: Ansatzpunkte verschiedener Siliermittel (NUSSBAUM 2006b)

Tabelle 2: Einfluss verschiedener Silierzusätze auf Energiegehalt und Gärqualität von feuchter Luzernesilage (3. Aufwuchs 2007, Aulendorf) nach 90 Tagen Gärdauer

Variante	n	TM _k	NEL	pH	Milch- säure	Essig- säure	Butter- säure	Ameisen- säure	NH ₃ N
		%	MJ/kg TM			% der TM _k			% des N _t
Kontrolle	3	26,3 ^d	4,9 ^b	4,43 ^b	5,9 ^b	2,4 ^a	0,0	0,0 ^b	10,4 ^a
MSB homo	3	26,0 ^e	4,7 ^b	4,36 ^c	5,9 ^b	2,3 ^a	0,0	0,0 ^b	10,1 ^a
Melasse (40 kg/t FM)	3	27,4 ^a	5,2 ^a	4,18 ^e	7,4 ^a	1,9 ^b	0,0	0,0 ^b	7,3 ^b
MSB homo plus Melasse	3	27,5 ^a	5,2 ^a	4,17 ^e	7,4 ^a	1,4 ^c	0,0	0,0 ^b	6,3 ^c
Ameisensäure (4,25 l/t FM)	3	26,6 ^c	5,2 ^a	4,24 ^d	3,4 ^d	0,6 ^d	0,0	1,2 ^a	6,5 ^c
MSB ho.plus Ameisensäure	3	27,1 ^b	5,2 ^a	4,23 ^d	2,8 ^e	0,3 ^e	0,0	1,3 ^a	5,5 ^d
Neutralsalz (3 l/t FM)	3	26,6 ^c	4,8 ^b	4,53 ^a	4,9 ^c	1,5 ^c	0,0	0,0 ^b	10,4 ^a
GD 5 %		0,28	0,18	0,04	0,52	0,10	n.s.	0,13	0,96

Das Ausgangsmaterial wies bei der Ernte Gehalte von 160 g XP/kg TM, 373 g XF/kg TM, einen Quotienten von Zucker zu Pufferkapazität (Z/PK) von 0,6, einen Vergärbarkeitskoeffizienten (VK) von 30,4 sowie 406 mg Nitrat/kg TM auf.

TM_k = Trockenmasse, korrigiert um die bei der Trocknung entstehenden flüchtigen Substanzen.

Ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %.

3.2 Milchsäurebakterien

Silierzusätze, die Milchsäurebakterien enthalten, verfolgen das Ziel, von Anfang an eine möglichst hohe Keimdichte mit erwünschten Mikroorganismen zu erreichen. Sie kommen als Siliermittel in zwei Arten alleine oder in Kombination zum Einsatz:

1. Homofermentative Milchsäurebakterien (MSB homo)
2. Heterofermentative Milchsäurebakterien (MSB hetero)

Die Vorteile dieser biologischen Mittel kommen allerdings nur dann zum Tragen, wenn die geeigneten Anwendungsbereiche von 25 – 45 % TM eingehalten werden, eine gleichmäßige Verteilung der MSB im Siliergut erreicht wird und genügend Gärsubstrat (vergärbare Kohlenhydrate) zur Verfügung stehen. Deshalb sind auch der rechtzeitige Erntetermin und ein maximal zweitägiges Vorwelken sowie das Einhalten der Silierregeln von größter Wichtigkeit. Bei zu trockenem Erntegut lässt die Wirksamkeit nach (Tabelle 3). Milchsäurebakterien können bei allen Erntemaschinen im Bereich der Pick-up flüssig, als Pulver oder Granulat mit entsprechenden Dosiergeräten appliziert werden. Die Flüssig-Applikation setzt sich derzeit aufgrund der schnelleren Wirksamkeit durch. Moderne Systeme mischen dabei erst bei der Anwendung die Präparate mit Wasser oder verwenden direkt hochkonzentrierte Fertigmischungen (Kartuschensystem). Durch Austausch der Kartuschen kann

auf wechselnde Anforderungen und Substratänderungen reagiert werden. Bei diesem System werden feinverstäubende Rotationsdüsen eingesetzt, die eine Reduktion der Wassermenge von bisher 1,5 bis 2,0 Liter je Tonne Erntegut auf 10 bis 50 ml zulassen.

Homofermentative Milchsäurebakterien (MSB homo) vergären Zucker rasch und effektiv ausschließlich zu Milchsäure (Tabelle 3). Vor allem in der konkurrenzintensiven Anfangsphase nach dem Einsilieren werden somit eine schnelle pH-Absenkung und folglich das Ausschalten der Gärschädlinge erreicht. Geringe Gärverluste und demnach eine verbesserte Energiekonzentration (plus 0,1 bis 0,2 MJ NEL/kg TM) sind die positiven Folgen. Allerdings liegt der Essigsäuregehalt (Ziel: 20 – 30 g/kg TM; SPIEKERS 2009) derart behandelter Silage häufig so niedrig, dass die aerobe Stabilität (ASTA) negativ beeinträchtigt werden kann. Erwärmt sich die Silage schon bisher immer wieder während der Entnahme oder im Futtermischwagen und kann der Mindestvorschub von 1,5 m/Woche im Winter bzw. 2,5 m/Woche im Sommer nicht eingehalten werden, ist deshalb vom Einsatz homofermentativer Impfkulturen abzuraten.

Heterofermentative Milchsäurebakterien setzen Zucker zu Milch- und Essigsäure um (Tabelle 4). Bei bestimmten Stämmen (*Lactobacillus buchneri*) wird zudem der Alkohol 1,2-Propandiol (anderer Name: Propylenglykol) gebildet. Durch die Bildung von Essigsäure wird die aerobe

Tabelle 3: Einfluss zweier biologischer Silierzusätze auf die Gärqualität von Grassilage (Deutsches Weidelgras, 1. Aufwuchs 2011) mit unterschiedlichem Anwelkgrad (38 bzw. 58 % TM) nach 90 Tagen Gärdauer

Variante	TM _k %	pH		Milch- säure	Essig- säure % der TM _k	Ethanol	NH ₃ N % des N _t	Zucker % der TM _k	TMV %	ASTA Tage	
		Tag 3	Tag 90							Tag 49	Tag 90
		Kontrolle	39,1 ^a							4,8 ^a	4,4 ^a
MSB homo 1	38,7 ^b	4,5 ^b	4,2 ^b	6,6 ^a	0,8 ^b	0,4	3,3 ^b	13,7 ^{ab}	2,0 ^b	2,6 ^b	7,2 ^b
MSB homo 2	38,7 ^b	4,4 ^c	4,2 ^b	6,6 ^a	0,5 ^c	0,5	4,3 ^a	12,6 ^b	1,9 ^b	1,4 ^c	8,9 ^b
GD 5 %	0,16	0,04	0,02	0,54	0,05	n.s.	0,34	1,87	0,81	1,19	3,68
Kontrolle	58,5 ^{ab}	6,2	6,0 ^a	0,1 ^c	0,15 ^b	2,4 ^a	4,1 ^b	11,4	4,9 ^a	4,9	7,9 ^c
MSB homo 1	58,8 ^a	6,2	4,8 ^c	2,7 ^a	0,24 ^a	0,4 ^b	4,6 ^a	10,8	1,5 ^b	4,9	13,9 ^a
MSB homo 2	57,8 ^b	6,2	5,0 ^b	2,2 ^b	0,17 ^b	0,7 ^b	4,6 ^a	10,1	2,1 ^b	5,7	10,6 ^b
GD 5 %	0,76	n.s.	0,07	0,15	0,04	0,64	0,13	n.s.	0,89	n.s.	0,55

Das Ausgangsmaterial wies bei der Ernte Gehalte von 134 g XP/kg TM, 221 g ADFom/kg TM, einen Quotienten von Zucker zu Pufferkapazität (Z/PK) von 4,5 auf.

TM_k = Trockenmasse, korrigiert um die bei der Trocknung entstehenden flüchtigen Substanzen.

TMV = Verluste an Trockenmasse

ASTA = aerobe Stabilität

Ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %.

Tabelle 4: Einfluss verschiedener Silierzusätze auf die Gärqualität von Grassilage (Deutsches Weidelgras, 1. Aufwuchs 2010, Aulendorf) **nach 90 Tagen Gärdauer**

Variante	pH 90	Milch-säure	Essig-säure	Propion-säure % der TM _k	Ethanol	Propandiol	NH ₃ N % des N _t	Zucker % der TM _k	ASTA Tage
Kontrolle	4,57 ^c	5,1 ^b	3,7 ^d	0,0 ^c	1,5 ^a	1,9 ^c	5,0 ^c	3,0 ^b	2,5 ^b
MSB ho+he	4,51 ^d	5,8 ^a	4,8 ^c	0,0 ^c	1,6 ^a	4,4 ^a	6,1 ^b	0,3 ^d	9,9 ^a
MSB hetero 1	4,76 ^a	2,8 ^c	6,2 ^a	0,3 ^b	1,6 ^a	2,9 ^b	7,0 ^a	1,2 ^c	9,9 ^a
MSB hetero 2	4,73 ^b	2,5 ^c	5,6 ^b	0,6 ^a	1,6 ^a	0,8 ^c	7,0 ^a	4,1 ^a	9,9 ^a
Chem. Zusatz	4,55 ^c	5,4 ^{ab}	3,2 ^e	0,0 ^c	0,7 ^b	1,3 ^d	5,3 ^{bc}	3,8 ^a	9,9 ^a
LSD 5 %	0,036	2,23	0,43	0,06	0,30	0,38	0,95	0,58	0,80

Das Ausgangsmaterial wies bei der Ernte Gehalte von 133 g XP/kg TM, 283 g ADFom/kg TM), einen Quotienten von Zucker zu Pufferkapazität (Z/PK) von 1,85, einen Vergärbarkeitskoeffizienten (VK) von 43,5 sowie weniger als 350 mg Nitrat/kg TM auf.

TM_k = Trockenmasse, korrigiert um die bei der Trocknung entstehenden flüchtigen Substanzen.

ASTA = aerobe Stabilität

Ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %.

Stabilität verbessert. Deshalb kommen heterofermentative Milchsäurebakterien vor allem dann zum Einsatz, wenn Nacherwärmung verhindert werden soll. Allerdings treten etwas höhere Gärverluste auf. Beim Einsatz von MSB hetero ist auf einen Trockensubstanzgehalt von mindestens 30 % zu achten. Wichtig ist eine luftdichte und ungestörte Gärung von mindestens 8 Wochen, weil die Essigsäurebildung erst in einer Sekundärfermentation zeitlich verzögert zur Milchsäuregärung erfolgt.

3.3 Chemische Zusätze

Chemische Mittel kommen vor allem bei schwierigen Ernte- und Silierbedingungen (erdige Anhaftungen) oder zur Verhinderung von Nacherwärmung zum Einsatz. Beispiele sind zuckerarmes und/oder verschmutztes Erntegut insbesondere dann, wenn kaum oder nicht angewelkt werden kann. Dazu zählen auch kleereiche Ackerfuttermischungen, wasserreiche Zwischenfrüchte, Futteraufwüchse im Spätherbst bei ungünstigen Vorwelkbedingungen, Futter nach einer längeren Feldperiode (über 4 Tage) und Extensivaufwüchse mit niedrigem Nitratgehalt. Die Aufwandmengen bewegen sich meist zwischen 2 und 4 Litern (bzw. Kilogramm) je Tonne Erntegut.

Chemische Zusätze enthalten entweder

- Säuren oder sogenannte
- Neutralsalze.

Säurehaltige Silier- oder Konservierungsmittel enthalten überwiegend organische Säuren wie Ameisen-, Benzoe-, Sorbin und Propionsäure. Aus Gründen der Handhabung und Sicherheit kommen Säuren meist abgepuffert oder als streufähige Salze auf den Markt. Sie haben die Aufgabe, den pH-Wert unabhängig von der Milchsäuregärung abzusenken. Hinzu kommt eine unspezifisch hemmende Wirkung auf Bakterien. Säurehaltige Zusätze werden auch zur Verbesserung der aeroben Stabilität eingesetzt. Für den

Einsatz säurehaltiger Zusätze sind spezielle, säurefeste Dosiergeräte notwendig.

Neutralsalze enthalten meist Nitrat, Nitrit oder HMT (Hexamethylentetramin) als keimhemmende Substanzen. Sie schalten Gärschädlinge, insbesondere Buttersäurebakterien, ohne Säurewirkung aus. Deshalb darf beim Einsatz dieser Mittel ein Mindestzuckergehalt von 1,5 bis 2,0 % der Frischmasse nicht unterschritten werden, damit auch eine ausreichende Milchsäuregärung in Gang kommt.

In einem Aulendorfer Versuch mit Herbstaufwüchsen aus zehn verschiedenen Einzelarten bzw. Ackerfuttermischungen wurde kaum angewelkt mit und ohne Siliermittel und angewelkt in Laborsilos einsiliert (NUSSBAUM 2007). In *Tabelle 5* sind die Effekte des chemischen Zusatzes (Gemisch aus Propion- und Ameisensäure, 4,5 l/t FM) als Mittelwerte aller Futterarten dargestellt. Der Zusatz bewirkte bei den nicht angewelkten Silagen eine Reduzierung der Gärverluste sowie verminderte Bildung von Essig- und Buttersäure. Demgegenüber lagen die Milchsäuregehalte höher und folglich der pH-Wert niedriger. Anwelken auf durchschnittlich 27,2 % TM verbesserte sowohl Futterwert und Gärqualität der Silagen, wengleich die Effekte des Silierzusatzes nicht erreicht wurden. Hinsichtlich Gärqualität schnitten Partien bzw. Mischungen mit Luzerne am schlechtesten ab.

3.4 Enzyme

Enzyme sollen im Erntegut ursprünglich nicht vergärbare Strukturbestandteile wie Zellulose oder Hemizellulose aufspalten und dadurch den Milchsäurebakterien verwertbare Kohlenhydrate zuliefern. Enzymhaltige Zusatzmittel kommen derzeit überwiegend in Kombination mit Milchsäurebakterien auf den Markt. Allerdings sind die Effekte bei den häufig geringen Aufwandmengen unbefriedigend, insbesondere bei physiologisch älteren Aufwüchsen. Derzeit gibt es Neuentwicklungen, bei denen nicht Enzyme

Tabelle 5: Einfluss eines chemischen Silierzusatzes auf die Gärqualität von Grassilage (Mittelwert von 10 Einzelarten bzw. Ackerfuttermischungen, 4. Aufwuchs 2005) **nach 90 Tagen Gärdauer**

Silage	Zusatz	TM %	NEL MJ/kg TM	pH-Wert	Milch-säure	Essig-säure g/kg TM	Butter-säure	NH ₃ N % des N _t	Gär-verluste %
Nasssilage	ohne	16,6	5,5	4,8	86	38	3	11,3	7,3
Nasssilage	chem. 4,5l/tFM	18,2	5,7	4,4	104	17	0	9,9	3,0
Anwelksilage	ohne	27,2	5,6	4,7	90	31	0	10,2	5,1

zugesetzt werden, sondern bestimmte heterofermentative Milchsäurebakterien Ferulatesterase bilden, die unverdauliche Zellwandbestandteile aufschließen sollen (Tabelle 6). Der Zusatz hatte einen positiven Effekt auf die Gehalte an Milch- und Essigsäure und folglich auf den pH-Wert. Die aerobe Stabilität wurde signifikant verbessert. Im Verdauungsversuch mit je 5 Hammeln konnte jedoch keine Veränderung in allen Parametern der Verdaulichkeit festgestellt werden. Der Gehalt an Energie lag tendenziell unter dem der Kontrolle.

3.5 Sonstige Silierzusätze

Sonstige Zusätze wie Trockeneis können bei speziellen Anforderungen eingesetzt werden. Trockeneis besteht aus Kohlendioxid, das bei -60 °C in Tiefkühltruhen transportiert und gelagert wird. Im Silo setzt ein Kilogramm Trockeneis 600 Liter CO₂ frei. Damit soll vorhandene Restluft verdrängt und das Futter quasi gekühlt werden. Trockeneis wird in Großbetrieben eingesetzt, die über mehrere Tage auch sehr trockene Partien einsilieren.

In einem kombinierten Praxis- und Exaktversuch in Aulendorf wurde im Herbst 1995 Trockeneis (TE) bei Maissilage (41 % TM) mit einer Aufwandmenge von 1 kg TE/m³ Silage einsiliert. Die Beschaffung funktionierte ohne Probleme, ebenso die Zwischenlagerung, Zerkleinerung und Verteilung. Hinsichtlich der Futter- und Gärqualität konnten keinerlei Unterschiede zwischen der behandelten und unbehandelten Variante festgestellt werden, obwohl der trockensubstanzreiche und stark mit Hefepilzen besiedelte Silomais für den Vergleich bestens geeignet war. Die aerobe Stabilität wurde durch das Trockeneis ebenfalls nicht verbessert (Tabelle 7). Deshalb wird der Einsatz von Trockeneis zur Verhinderung von Nacherwärmung bei anfälligen Silagen (trockene Gras- oder Maissilagen bei geringer Verdichtung und geringem Vorschub) bei rascher Silobefüllung und zügiger Abdeckung mit Silofolie nicht empfohlen.

3.6 Kombimittel

Kombimittel aus Milchsäurebakterien und chemischen Komponenten sollen die Vorteile der beiden Zusätze kom-

Tabelle 6: Einfluss eines biologischen Silierzusatzes auf die Gärqualität und Verdaulichkeit von Grassilage (2. Aufwuchs 2005, Aulendorf) nach 90 Tagen Gärdauer

Variante	n	TM _k	NEL	pH	Milch-säure	Essig-säure	Propandiol	NH ₃ N	ASTA	n	Verdauungsversuch	dTM	dOM
		%	MJ/kg TM			% der TM _k		% des N _t	Tage		%	%	
Kontrolle	3	52,0	6,6	4,6 ^a	3,1 ^b	1,1 ^b	0,0 ^b	5,3	4,4 ^b	5	69,9	74,4	
MSB he	3	52,8	6,4	4,4 ^b	5,0 ^a	1,7 ^a	0,5 ^a	5,0	12,9 ^a	5	70,6	75,0	
GD 5 %		n.s.	n.s.	0,15	0,30	0,34	0,15	n.s.	0,04		n.s.	n.s.	

Das Ausgangsmaterial wies bei der Ernte Gehalte von 172 g XP/kg TM, 250 g ADFom/kg TM, einen Quotienten von Zucker zu Pufferkapazität (Z/PK) von 1,84, einen Vergärbarkeitskoeffizienten (VK) von 67,2 sowie 1.086 mg Nitrat/kg TM auf.

TM_k = Trockenmasse, korrigiert um die bei der Trocknung entstehenden flüchtigen Substanzen.

ASTA = aerobe Stabilität

dTM und dOM = Verdaulichkeit der Trockenmasse und der organischen Masse.

Ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %.

Tabelle 7: Einfluss von Trockeneis (1 kg/m³) auf die Gärqualität und aerobe Stabilität von Maissilage (NUSSBAUM 1996)

Variante	TM	XP	XF	XA	NEL	pH	Milch-säure	Essig-säure	nach 9-tägiger	aeroben Lagerung
	%		% der TM _k		MJ/kg TM		% der TM _k		°C	pH
ohne Trockeneis	40,8	7,7	16,7	3,2	6,85	3,8	4,5	0,9	42,3	6,39 ^b
mit Trockeneis	41,5	7,6	16,5	3,2	6,80	3,8	4,6	0,9	43,7	6,73 ^a
GD 5 %	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,1

TM_k = Trockenmasse, korrigiert um die bei der Trocknung entstehenden flüchtigen Substanzen.

Ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %.

Tabelle 8: Einfluss verschiedener Silierzusätze, alleine oder in Kombination eingesetzt, auf die Gärqualität von Grassilage (1. Aufwuchs 2008, Allgäu) nach 90 Tagen Gärdauer.

Variante	n	TM _k	NEL	pH	Milch-säure	Essig-säure	NH ₃ N	Zucker
		%	MJ/kg TM		% der TM _k		% des N _t	% der TM _k
Kontrolle	3	39,8 ^{bc}	6,72 ^b	4,41 ^c	5,5 ^b	3,0 ^a	4,0 ^b	4,5 ^{cb}
MSB homo	3	40,1 ^{abc}	6,66 ^d	4,09 ^f	9,5 ^a	0,7 ^e	1,7 ^d	3,9 ^{cd}
MSB ho+Ameisensäure ¹	3	40,5 ^a	6,77 ^a	4,37 ^d	5,0 ^b	0,3 ^f	1,4 ^d	9,3 ^a
MSB ho+K-Sorbat ²	3	40,3 ^{ab}	6,68 ^{cd}	4,11 ^f	9,8 ^a	0,7 ^e	1,5 ^d	3,8 ^{cd}
MSB ho+Melasse ³	3	40,5 ^a	6,73 ^b	4,10 ^f	9,6 ^a	0,7 ^e	1,7 ^d	5,3 ^b
Chem. Zusatz 4l/t FM	3	39,0 ^d	6,69 ^c	4,49 ^b	5,0 ^b	2,0 ^b	5,6 ^a	5,0 ^b
Neutralsalz 3 l/t FM4	3	39,7 ^c	6,72 ^b	4,81 ^a	4,2 ^c	1,7 ^e	4,1 ^b	5,4 ^b
MSB homo II	3	38,8 ^d	6,67 ^{cd}	4,16 ^e	9,7 ^a	0,9 ^d	3,2 ^c	3,2 ^d
GD 5 %		0,54	0,02	0,04	0,48	0,14	0,31	1,00

¹ = 4 l/t FM abgepufferte Ameisensäure; ² = 400 g/t FM; ³ = 30 kg/t FM; Neutralsalz: 30 % Natriumnitrit, 20 % Hexamethylentetramin; weidelgrasbetonter Pflanzenbestand mit sehr guter Silierbarkeit (nicht bestimmt).

TM_k = Trockenmasse, korrigiert um die bei der Trocknung entstehenden flüchtigen Substanzen.

binieren (NUSSBAUM 2009). Im Versuch waren positive Effekte der Milchsäurebakterien auf die Gärqualität zu erkennen (Tabelle 8). Die Gehalte an Energie wurden aufgrund des physiologisch sehr jungen Erntegutes nicht beeinflusst bzw. lagen in den behandelten Silagen teilweise geringfügig unter denjenigen der Kontrolle. Die aerobe Stabilität wurde in diesem Versuch nicht bestimmt. Hier wären sicherlich positive Effekte der chemischen Komponenten, auch in Kombination mit homofermentativen Milchsäurebakterien, zu erwarten gewesen.

4. DLG-Gütezeichen

Bei der Auswahl von Silier- und Konservierungsmitteln leistet das DLG-Gütezeichen für Siliermittel wertvolle Hilfestellung. Zusätze mit DLG-Gütezeichen sind bei neutralen Versuchseinrichtungen nach DLG-Prüfrichtlinien mehrfach getestet worden und werden regelmäßig auf Zusammensetzung und Wirksamkeit überprüft. Das DLG-Gütezeichen unterscheidet Wirkungsgruppen und Anwendungsbereiche (Tabelle 9). Seit 2013 gibt es die Wirkungsrichtung 6, die den Methanerzeugungswert für Biogasbetriebe abgreift

(NUSSBAUM und STAUDACHER 2012, NUSSBAUM 2012).

Derzeit gibt es über 60 positiv geprüfter Mittel auf dem Markt. Eine Übersicht über die DLG-geprüften Siliermittel, die bei einer Mittelauswahl vorrangig in Frage kommen, kann bei der DLG in einer Internet-Datenbank über www.guetezeichen.de oder www.dlg.org/siliermittel.html abgerufen werden.

Für den Praktiker sind insbesondere Zusätze wirtschaftlich interessant, die positive Effekte bei der Futtermittelaufnahme bzw. Umsetzung in Milch oder Fleisch nach sich ziehen können. Für die Verleihung dieser Gütezeichen müssen in mehreren neutralen Versuchen signifikante Mehrleistungen von mindestens 1 Liter Milch pro Kuh und Tag bzw. in der Mast um 5 % verbesserte Tageszunahmen nachgewiesen werden. Silierzusätze der Wirkungsrichtung „4cMilch“ beinhalten derzeit ausschließlich homofermentative Milchsäurebakterien. In Tabelle 10 sind die Ergebnisse 8 verschiedener Produkte als Mittelwerte aufgelistet (NUSSBAUM 2006a). Sie weisen eine rasche und intensive Milchsäuregärung auf, sind jedoch aufgrund der niedrigeren Gehalte an Essigsäure anfälliger für eine Nacherwärmung.

Tabelle 9: DLG-Gütezeichen: Einteilung der Wirkungsrichtungen und Anwendungsbereiche

Wirkungsrichtung	Anwendungsbereich
1 Verbesserung des Gärverlaufes	a) schwer silierbares Futter b) mittelschwer bis leicht silierbares Futter im unteren TM-Bereich (< 35 % TM) c) mittelschwer bis leicht silierbares Futter im oberen TM-Bereich (> 35 – 50 % TM) d) spezielle Futterarten
2 Verbesserung der aeroben Stabilität	
3 Reduzierung von Gärstaft	
4 Verbesserung	a) des Futtermittelwertes b) der Verdaulichkeit der Silage c) des Fleisch- bzw. Milcherzeugungswertes der Silage
5 zusätzliche Leistungen	z.B. Verhinderung der Vermehrung von Clostridien sporen
6 Verbesserung des Methanerzeugungswertes der Silage durch	a) Reduzierung von Gärverlusten b) Verhinderung von Nacherwärmung c) Sonstige Wirkungen

Tabelle 10: Effekte homofermentativer Milchsäurebakterien auf Futterwert, Gärqualität und aerobe Stabilität von Grassilage (1. Aufwuchs 2004, Aulendorf)

Parameter	Gärdauer Tage	Luftstreß	Silierzusatz			
			ohne	MSB ho ¹	(Spanne)	MSB ho+he ²
NEL (MJ/kg TM)	49	ja	6,6	6,7	(6,5 – 6,8)	6,6
	90	nein	6,6	6,5	(6,4 – 6,7)	6,4
pH-Wert	3	nein	5,9	5,3	(4,9 – 5,8)	5,7
	49	ja	4,5	4,1	(4,0 – 4,1)	4,3
Milchsäure (% der TM _k)	90	nein	4,5	4,0	(4,0 – 4,1)	4,3
	49	ja	4,7	9,5	(8,8 – 10,5)	6,2
Essigsäure (% der TM _k)	90	nein	4,4	9,3	(8,7 – 10,6)	6,9
	49	ja	1,9	0,9	(0,4 – 1,5)	2,0
Propandiol (% der TM _k)	90	nein	1,7	0,9	(0,5 – 1,5)	2,4
	49	ja	0	0	0,1	
aerobe Stabilität Tage bis +3 °C	90	nein	0	0	0,9	
	49	ja	4,1	2,1	(0,8 – 3,7)	7,1
	90	nein	8,5	6,2	(3,5 – 8,9)	9,4

¹ = Homofermentative Milchsäurebakterien (Mittelwerte aus 8 Zusätzen) mit DLG-Gütezeichen 4cMilch

² = Zusatz mit homo- und heterofermentative Milchsäurebakterien, DLG-Gütezeichen WR 2

Das Ausgangsmaterial wies bei der Ernte Gehalte von 164 g XP/kg TM, 217 g XF/kg TM), einen Quotienten von Zucker zu Pufferkapazität (Z/PK) von 3,15, einen Vergärbarkeitskoeffizienten (VK) von 54,6 sowie 88 mg Nitrat/kg TM auf.

TM_k = Trockenmasse, korrigiert um die bei der Trocknung entstehenden flüchtigen Substanzen.

5. Auswahlschema für Siliermittel bei Grassilage

Der Einsatz von Siliermitteln bei Grassilage kann sich an *Abbildung 2* orientieren, wobei der Hinweis erlaubt ist, dass jedes Schema vereinfachend ist und demnach nicht immer allen Gegebenheiten gerecht wird.

Bei ausreichendem Angebot an Substrat (grasreicher Pflanzenbestand, optimales Wuchsstadium, kurze Anwelkdauer etc.) und einem Anwelckgrad zwischen rund 30 bis 40 % ist für das Gelingen einer guten Silage kein Zusatz zwingend notwendig. Wenn bei der Entnahme ein ausreichend großer Vorschub gegeben ist, kann jedoch der Vorteil der MSB homo hinsichtlich einer weiteren Verbesserung der Gärqualität und Zusatzeffekten beim Tier (DLG-Gütezeichen der WR 4 wie verbesserte Futteraufnahme, Verdaulichkeit oder Milch- bzw. Mastleistung) ökonomisch lohnend genutzt werden. Denkbar ist auch, bei „mittlerem“ Vorschub (Winter ca. 1 m, Sommer ca. 2 m/Woche) nur die Hälfte des Futters im unteren Teil des Silos bzw. der Miete zu behandeln und die eher „kritische“ Zone im oberen Teil unbehandelt zu lassen oder aber MSB homo+hetero bzw. MSB hetero zuzusetzen. Derartige Strategien lassen sich mit den neuen Dosiertechniken (Kartuschen-Systeme und ULV-Verfahren) elegant umsetzen.

Wird zwar bei optimalem Wuchsstadium, aber witterungsbedingt feuchter siliert, dann entscheidet die Verschmutzung über den Siliermitteleinsatz. Kann sauber geerntet werden

(Zustand der Grasnarbe, Schnitthöhe, Einstellung der Erntegeräte etc.), dann gelingt die Nass-Silage auch ohne Zusatz. Bei drohender Verschmutzung sollten jedoch chemische Zusätze der Wirkungsrichtung 1a („schwer silierbar“) Verwendung finden.

Wenn aufgrund eines knappen Vorschubs (Winter < 1 m, Sommer < 2 m/Woche) und/oder eines hohen Anwelckgrades (> 40 % TM) Nacherwärmung zu erwarten ist, können biologische Zusätze (MSB homo+hetero, MSB hetero) oder Kombis (MSB homo+Chem.) der WR 2 („Verbesserung der aeroben Stabilität“) bis etwa 45 – 50 % TM die Stabilität verbessern. Bei trockeneren Grassilagen (> 45 – 50 % TM) wirken nur noch chemische Zusätze der WR 2. Bei ungünstigen Ernte- und Silierbedingungen sind im nassen Bereich (< 30 % TM) chemische Zusätze der WR 1a und bei TM-Gehalten von 30 – 40 % Zusätze der WR 1b zu empfehlen. Im TM-Bereich zwischen rund 25 – 40 % kann zusätzlich Melasse (mind. 25 – 30 kg/t Erntegut) als Substratergänzung dosiert werden, sofern eine entsprechende Technik verfügbar ist. Im trockenen Bereich (> 40 – 45 % TM) sind zwar chemische Zusätze denkbar. Es ist jedoch besser, wenn derartige Silagen als Rund- oder Quaderballen mit 6 – 8 Folienlagen siliert werden.

In *Tabelle 11* sind Praxisdaten aus dem Grundfutterreport Baden-Württemberg (1. Aufwuchs 2010) aufgelistet (NUSSBAUM 2011). Nur knapp 10 % aller Grassilagen wurden überhaupt mit Silierzusätzen behandelt, wobei Silagen ohne sicheren Status („nicht bekannt“) wohl überwiegend den nichtbehandelten zugeschlagen werden können.

Der Einsatz von Milchsäurebakterien wirkte sich bei den Praxisilagen über einen niedrigeren pH-Wert positiv auf die Gärqualität, bei den homofermentativen Präparaten auch in einer verbesserten Energiekonzentration (+0,19 MJ NEL/kg TM) aus. Die Aussagen dieser Auswertung sind auf Grund der teilweise sehr geringen Datenbasis behandelte Silagen nur eingeschränkt zu werten.

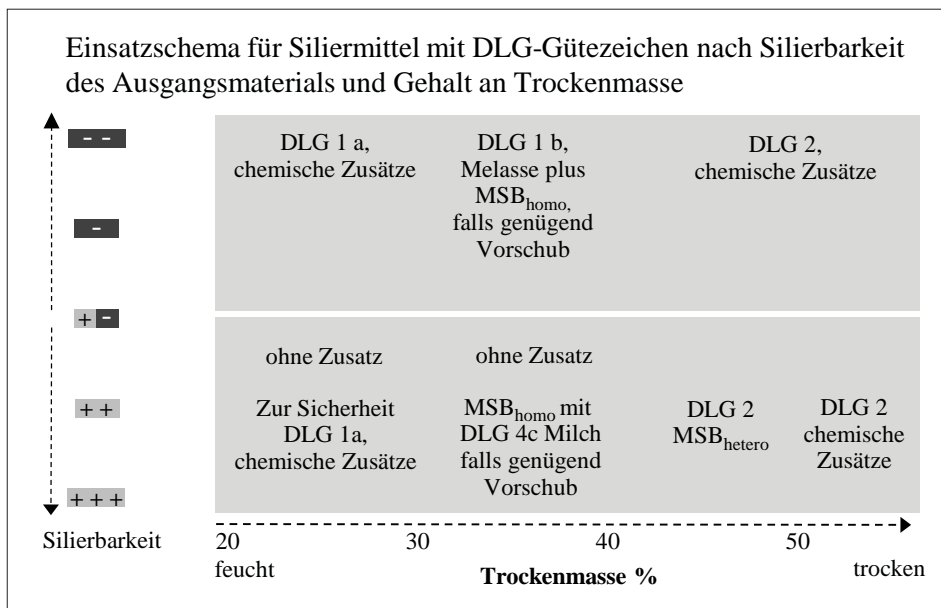


Abbildung 2: Einsatzschema für Siliermittel (NUSSBAUM 2009)

Tabelle 11: Auswertung von Silagedaten aus Praxisbetrieben in Baden-Württemberg (1. Aufwuchs 2010)

Siliermittelgruppe	n	TM g/kg FM	XA	XP	ADF _{om} g/kg TM	NDF _{om}	Zucker	NEL MJ/kg TM	n	pH
Chemisch Neutralsalze	2	288,5	109,0	148,5	291	443	28	5,83	1	4,60
Chemisch Säuren	3	415,0	94,3	165,0	288	470	45	6,09	3	4,57
MSB + Chem (Kombi)	1	297,0	103,0	165,0	282	427	20	6,08	1	4,40
MSB homo	29	338,3	98,5	169,1	260	407	41	6,35	21	4,20
MSB homo + hetero	41	345,7	102,0	162,4	278	430	31	6,14	31	4,34
nicht bekannt	111	348,5	106,4	155,4	268	422	57	6,27	3	4,49
ohne Siliermittel	574	352,8	102,9	155,9	276	427	50	6,16	319	4,51

6. Wirtschaftlichkeit des Siliermitteleinsatzes bei Grassilage

Die Rentabilität des Siliermitteleinsatzes ist stets von substratspezifischen und einzelbetrieblichen Verhältnissen und den jeweils erzielten Effekten abhängig. Sie ist daher nur betriebsspezifisch zu beantworten. Aus Musterkalkulationen

leiten OVER et al. (2011) über abgestufte Berechnungen ökonomische Schlussfolgerungen ab.

Die alleinige Verbesserung von Gärqualität und Energiekonzentration sowie Senkung von Frischmasse-Verlusten können einzelbetrieblich sinnvoll sein. Sie führen meistens zu keinen deutlich positiven ökonomischen Effekten. Positive Effekte treten erst auf, sofern die Verluste um (absolut) mindestens 50 % gesenkt werden werden (Abbildung 3). Ebenso rechtfertigt auch die alleinige Steigerung der Energiegehalte in Silagen nur bei deutlich höherer Energiekonzentration (+0,2 bis 0,4 MJ NEL/kg TM) den doch recht kostenintensiven Siliermitteleinsatz (Abbildung 4).

Ist eine Nacherwärmung zu erwarten, rechnet sich der Siliermitteleinsatz (WR 2), wenn dadurch die aerobe Stabilität deutlich verbessert wird. Führt der Siliermitteleinsatz über einen verbesserten Futterwert zu einer merklichen Steigerung von Futteraufnahme und Milchleistung, ist dieser grundsätzlich lohnenswert. In Jahren mit knapper Versorgung an Grobfutter können durch den Siliermitteleinsatz realisierte höhere Futter- bzw. Energieerträge je Hektar für den Einzelbetrieb einen ungleich höheren Wert darstellen als in Jahren mit reichlicher Futtermittellieferung. Dies gilt ebenso für Betriebe, die sehr flächen- bzw. grobfutterknapp sind sowie in Regionen mit sehr hohen Pachtpreisen.

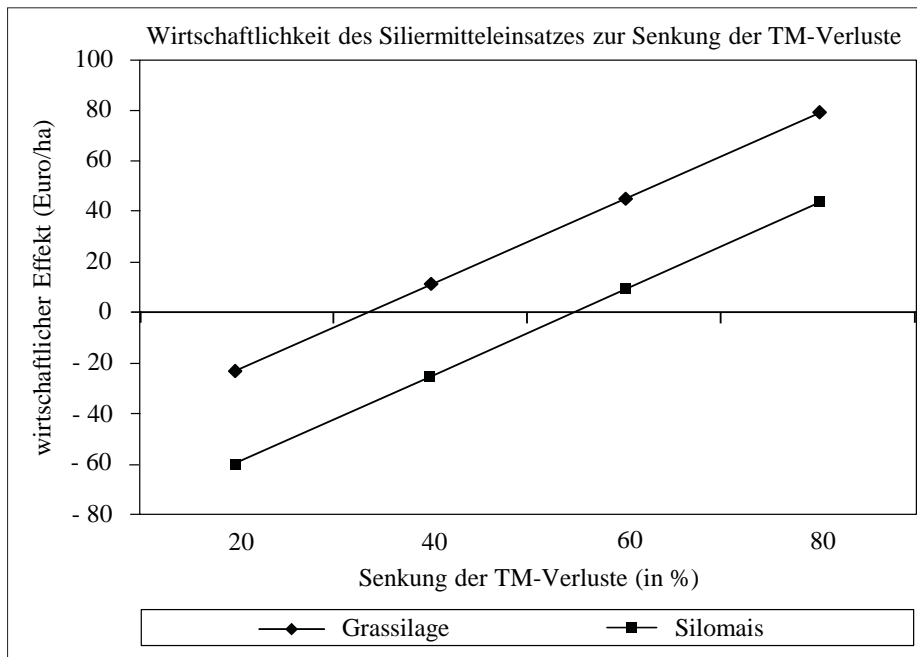


Abbildung 3: Wirtschaftlichkeit des Siliermitteleinsatzes zur Senkung der TM-Verluste. Basisdaten: Grassilage hohes Ertragsniveau 110 dt TM ab Feld, 10 % Konservierungsverluste, Maissilage hohes Ertragsniveau 170 dt TM dt FM ab Feld, 8 % Konservierungsverluste, Siliermittel Gruppe 1 b, c, Kostenansatz 2,00 Euro/t FM Mittel inkl. Applikation

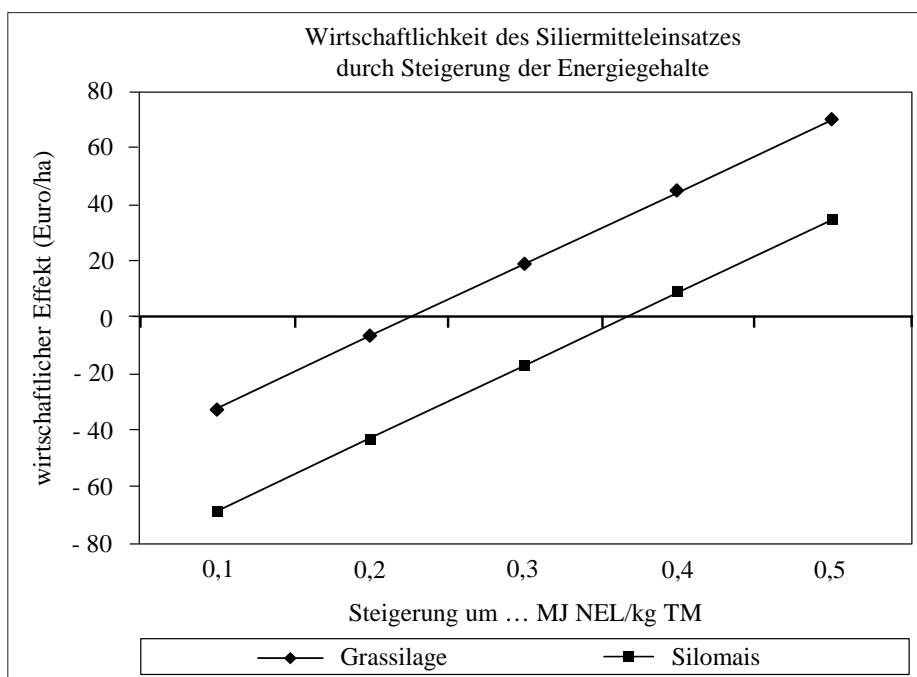


Abbildung 4: Wirtschaftlichkeit des Siliermitteleinsatzes durch Steigerung der Energiegehalte. Basis: Grassilage hohes Ertragsniveau, Ausgangswert 6,02 MJ NEL, Maissilage hohes Ertragsniveau Ausgangswert 6,60 MJ NEL, Siliermittel Gruppe 1 b, c, Kostenansatz 2,00 Euro/t FM Mittel inkl. Applikation

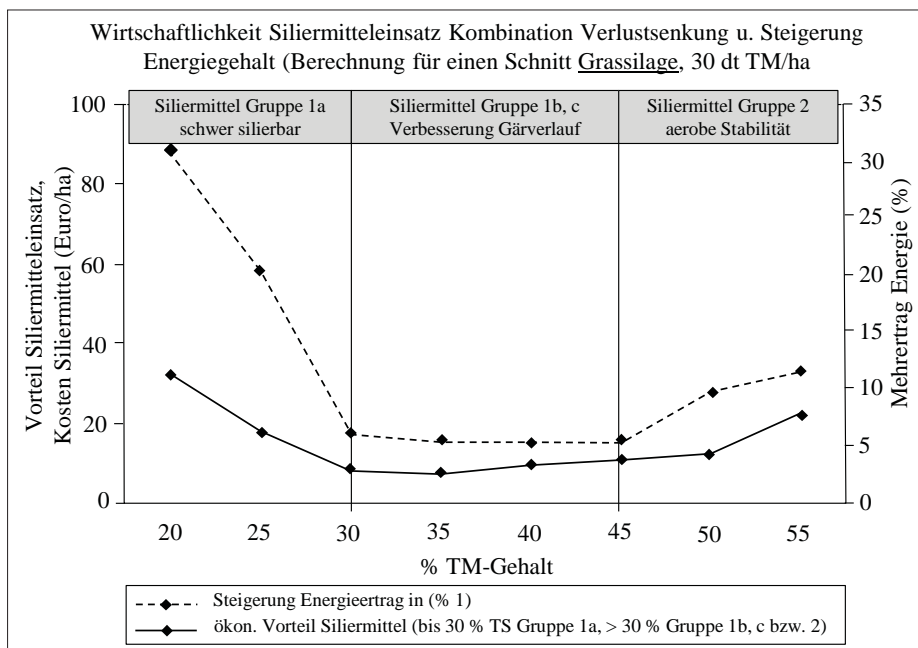


Abbildung 5: Wirtschaftlichkeit des Siliermitteleinsatzes in Grassilagen bei unterschiedlichen TM-Gehalten und Wirkungsrichtungen. Basis: Grassilage, ein Schnitt, hohes Ertragsniveau Ausgangswert 6,02 MJ NEL, Siliermittel Gruppe 1 b,c, Kostenansatz 2,00 Euro/t FM, Siliermittel Gruppe 1a u. 2: 5,00 Euro/t FM Mittel inkl. Applikation

7. Literatur

- HONIG, H., 1987: Gärbiologische Voraussetzungen zur Gewinnung qualitätsreicher Anwelksilage. In: Grünfütterernte und -konservierung, KTBL-Schrift 318, 47-59.
- JÄNICKE, H., 2011: Grobfutter- und Substraterzeugung. In: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 23-28.
- KUNG, L., 2009: Potential factors that may limit the effectiveness of silage additives. Proceedings of the 15th international silage conference, 27-29th July in Madison, Wisconsin, USA. 37-45.
- McDONALD, P., N. HENDERSON und S. HERON, 1991: The Biochemistry of silage. Chalcombe Publications, 2nd Ed, Academic Press London and New York.
- NUSSBAUM, H., 2003: Silierung von Luzerne unterschiedlichen TS-Gehaltes mit und ohne den Einsatz von Impfkulturen. Tagungsband der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Braunschweig 2003, 63-66.
- NUSSBAUM, H., 2006a: Silierzusätze und Steigerung der Milchleistung. Landinfo 02/2006, S. 51-54.
- NUSSBAUM, H., 2006b: Siliermittel richtig auswählen. Rheinische Bauernzeitung, Heft 15, 22-24.
- NUSSBAUM, H., 2007: Klee und Klee gras erfolgreich silieren. Top agrar 5/2007, 66-70.
- NUSSBAUM, H., 2009: Kombisiliermittel: Aufgepasst beim Einsatz. BW Agrar (Schwäbischer Bauer) 16/2009, 14-17.
- NUSSBAUM, H., 2009: Futterkonservierung. In: SPIEKERS, H., H. NUSSBAUM und V. POTTHAST: Erfolgreiche Milchviehfütterung. DLG-Verlag Frankfurt a.M., S. 111-203.
- NUSSBAUM, H., 2011: Grundfutterreport Baden-Württemberg 2010. Herausgeber: LAZBW 88326 Aulendorf, April 2011.
- NUSSBAUM, H., 2012: Effects of silage additives based on homo- or heterofermentative lactic acid bacteria on methane yields in the biogas processing. Proceedings of the XVth International Silage Conference, Hämeenlinna, Finland, p. 452-453.
- NUSSBAUM, H. und W. STAUDACHER, 2012: Methane yield – a new DLG-test scheme for silage additives Proceedings of the XVth International Silage Conference, Hämeenlinna, Finland, p. 450-451.
- OVER, R., H. NUSSBAUM und H. SPIEKERS, 2011: Wirtschaftlichkeit des Siliermitteleinsatzes in Mais. In: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- SCHERER, O., 2013: Rinderreport Baden-Württemberg 2012 – Ergebnisse der Rinderspezialberatung. Herausgeber: Landesanstalt für Entwicklung der ländlichen Räume (LEL), Schwäbisch Gmünd, gemeinsam mit den Beratungsdiensten Milchviehhaltung in Baden-Württemberg, Januar 2013.
- SPIEKERS, H., H. NUSSBAUM und V. POTTHAST, 2009: Erfolgreiche Milchviehfütterung. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung. ABl. Nr. L268 S.29, ber. ABl. 2004 Nr. L192 S. 34, ABl. 2007 Nr. L98 S.29, EU-Dok.-Nr. 3 2003 R 1831, zuletzt geändert durch Art. 29 ÄndVO (EG) 767/2009 vom 13. 7. 2009 (Abl. Nr. L229 S.1)
- Verordnung (EG) Nr. 183/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Januar 2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene. ABl. Nr. L35 S.1, ber. ABl. 2008 Nr. L50 S.71, EU-Dok.-Nr. 3 2005 R 0183, zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndVO (EU) 225/2012 vom 15. 3. 2012 (Abl. Nr. L77 S.1).