

## **Bereitung hochwertiger Silage – die Grundlage für hohen Biogasertrag**



**Nr. II – 7/2010**

---

Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung) im „Biogas Forum Bayern“ von:

**Prof. Dr. Leonhard Durst**

HOCHSCHULE  
**WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF**  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES 

**Michael Eberlein**



EBA-Zentrum Triesdorf

# Bereitung hochwertiger Silage – die Grundlage für hohen Biogasertrag

Die Qualität der bereitgestellten Silagen bestimmt wesentlich die Methanproduktion in Biogasanlagen. Die Silagequalität wird nicht alleine von den Gärbedingungen bestimmt, sondern bereits von dem Pflanzenbestand bzw. dem Material, das einsiliert wird und endet bei der Entnahmetechnik aus dem Silobehälter. Ebenso sollte bei der Planung der Silobehälter bzw. der Freigärhaufen berücksichtigt werden, dass im Winter ein Vorschub von mindestens 1 m und im Sommer von mindestens 2, besser 3m pro Woche möglich ist.

## Bestandsführung als Ausgangspunkt für eine gute Silagequalität

Sollen Gras- und/oder Kleebestände einsiliert werden, so ist bereits bei der Bestandspflege darauf zu achten, dass hier nur hochwertige Bestände heranwachsen. Nur damit ist gewährleistet, dass auch ein optimaler Gärverlauf erreicht wird. Hohe Anteile an Ampfer oder anderen sehr stengeligen Pflanzen erhöhen auch bei kurzem Häckseln das Risiko von Lufteinschlüssen. Ebenso sollten die Bestände frühzeitig geschnitten werden, damit im Siliergut noch ein ausreichend hoher Zuckergehalt für die Milchsäuregärung vorhanden ist. Sollen Anwelksilagen produziert werden, sollte ein Trockenmassegehalt von mindestens 30 und maximal 40 % angestrebt werden, um einen sicheren Gärverlauf zu gewährleisten. Bei Maissilage liegt der optimale Trockenmassegehalt im Bereich von 28 - 35 %.

## Richtig ernten!

Beim Schneiden von Grünfutterbeständen sollte eine Stoppelhöhe von mindestens 7 cm eingehalten werden. Dadurch wird einerseits der Austrieb der Pflanzen verbessert, aber auch das Anwelken beschleunigt. Weiterhin beugt dies der Verschmutzung des Siliergutes vor. Ebenso sollten die Schwad- und Erntegeräte nicht zu tief eingestellt werden, um einer Verschmutzung vorzubeugen. Der Erdanteil kann sehr leicht aus dem Rohaschegehalt (=XA) abgeschätzt werden. Sehr saubere Silagen liegen in einem Bereich von etwa 8 % XA. Ein Wert von bis zu 10 % Asche ist akzeptabel. Werden höhere Werte erreicht, so ist dies ausschließlich Mutterboden, der ins Silo eingefahren wurde. Erhöhte Schmutzanteile führen zu einer Anreicherung von Clostridien im Silostock. Bei TM-Gehalten unter 30 % steigt das Risiko einer Buttersäurebildung deutlich an. Weiterhin puffern erhöhte Aschegehalte die Milchsäure ab und es wird keine optimale pH-Absenkung im Silo ermöglicht. Die Erdanteile gelangen natürlich auch in den Fermenter und setzen sich dort ab (geringerer Gärraum, erhöhte Belastung der Rührreinrichtungen).

Beim Einsilieren ist auf eine ausreichend kurze Häcksellänge zu achten. So sollte bei Anwelksilagen mit steigenden Trockenmassegehalten die Häcksellänge verkürzt werden. Bei Grassilagen kann die theoretische Häcksellänge von 6 auf 3 mm und bei Maissilagen auf 5 - 6 mm verkürzt werden. Dadurch kann bei trockenen Silagen das Risiko von Nacherwärmungen und Schimmelbildung aufgrund mangelhafter Verdichtung reduziert, bei feuchter Silage kann durch höhere Häcksellängen der Sickersaftaustritt vermindert werden.

## Gute Verdichtung- eine Frage der Technik

Bei der Befüllung des Silos ist eine ausreichende Schlagkraft nicht nur beim Abtransport vom Feld sondern auch bei der Verteilung und Verdichtung im Silostock sicherzustellen. Häufig kommt das Team im Silo nicht nach, die angefahrenen Mengen im Silo zu verarbeiten. So ist mit der Verdichtung ab dem 1. Abladen zu beginnen und die einzelnen Schichten sollten nicht höher als 30 cm (besser 20 cm) sein. Beim Verdichten ist darauf zu achten, dass das Gewicht der Walzgeräte ausreichend hoch ist, mindestens  $\frac{1}{4}$  der stündlichen Bergeleistung. Bei der hohen Schlagkraft der modernen Feldhäcksler hat es sich dort in der Praxis bewährt, ein Fahrzeug mit breitem Räumschild oder Schaufel zum Verteilen der Silage einzusetzen, damit ein zweites schweres Fahrzeug kontinuierlich verdichten kann. Sollte ein Befüllen und Walzen gleichzeitig in einem Silo nicht möglich sein, dann sind 2 Silos nebeneinander zu befüllen. Nur so kann eine optimale Verdichtung ohne Lufteinschlüsse sichergestellt werden. Bei der Verdichtung sind Raumgewichte von mindestens 200 kg Trockenmasse je  $m^3$  anzustreben. (Orientierungsbereich für die Verdichtung bei unterschiedlichen Substraten und TS-Gehalten, sowie für die Verluste bei fehlender Abdeckung siehe auch Publikation: „Höhere Verluste bei nicht abgedeckten Silos, Ergebnisse einer Feldstudie



Abbildung 1: Vergleich zweier unterschiedliche Walzfahrzeuge an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf zusammen mit EBA- Triesdorf

## Silageabdeckung- lohnt sich die Arbeit?

Unmittelbar nach Beendigung des Einsilierens sind die Silobehälter abzudecken. Ein Verzicht auf Abdeckung führt zu erheblichen Nährstoffverlusten im Siliergut - vor allem im ersten Meter unter der Oberfläche. In diesem Bereich ist mit Gasmindererträgen von bis zu 75 % zu rechnen. Beim Abdecken sehr großer Siloanlagen ist auf ein ausreichendes Überlappen der Folien zu achten. Beim Abdeckvorgang darf auch keine Beschädigung der Folien erfolgen. Ebenso sind vor allem Siloanlagen im Außenbereich durch Netze vor

Beschädigungen durch Wildtiere zu schützen. Jedes Loch in der Abdeckung führt zu einem kontinuierlichen Kontakt mit Luftsauerstoff und damit zur Schimmelbildung. Je nach Art des Schimmelpilzes führt dies auch zu einer Kontamination mit Mykotoxinen. Bei einem Gärversuch mit verschimmelter Maissilage war die Gasausbeute um fast 30 % reduziert. Auch eine „Abdeckung“ mit Grünroggenansaat, Mist, Gärrest oder Pflanzenblättern kann diese Verluste kaum verringern.



Abbildung 2: Versuch zu Verlusten bei versch. Abdeckungen (Quelle: EBA Triesdorf)

## Der Gärprozess

Die Milchsäurebildung beginnt bereits bei der Einlagerung des Silos und erreicht ihren Höhepunkt in den ersten 3 - 5 Tagen nach dem luftdichten Abschluss des Behälters. Daneben werden auch andere Gärsäuren wie Essigsäure und geringe Mengen an Ameisensäure gebildet. Kommt es zur Buttersäurebildung - vor allem bei TM-Gehalten unter 30 % - erfolgt ein Abbau von Milchsäure und auch ein Teil der Proteine wird abgebaut. In trockenen Silagen steigt dagegen - vor allem bei hohen Restzuckergehalten und einer ungenügenden Verdichtung das Risiko einer massiven Hefevermehrung an. Hefepilze behalten ihre Vermehrungsfähigkeit auch bei optimal vergorenen Silagen und nehmen ihren Stoffwechsel wieder voll auf, wenn Sauerstoff zur Verfügung steht. Dies führt vor allem bei hohen Außentemperaturen und einer Auflockerung des Silostocks zu einer deutlichen Temperaturerhöhung und damit zu einem Nährstoffabbau im Siliergut. Bei einem Anstieg der Silotemperatur um 15 °C aufgrund der Hefeaktivität kann mit einem Trockenmasseverlust von bis zu 3 % pro Tag gerechnet werden.

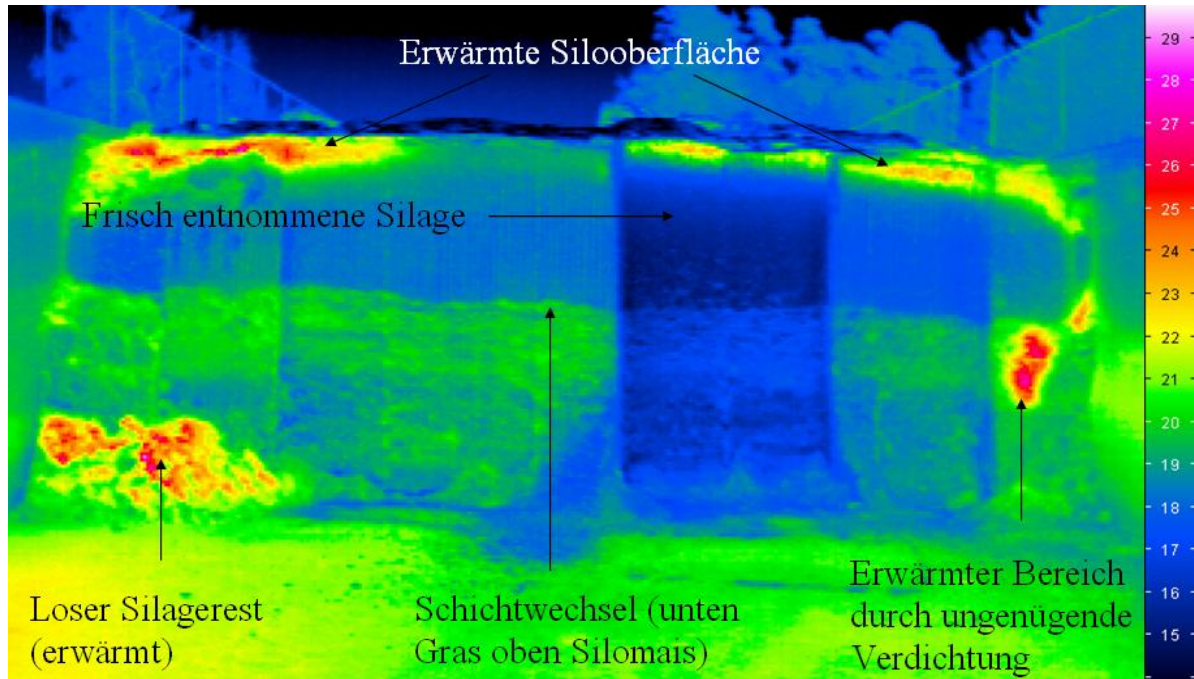


Abbildung 3: Darstellung der Nacherwärmung und Verlustermittlung durch Wärmebild (Quelle: EBA Triesdorf)

Bei Trockenmassegehalten von unter 25 bis 30 % kommt es in Abhängigkeit von der Stapelhöhe des Silostockes zu Sickersaftverlusten. Bei Anfall von Sickersaft muss einerseits die Möglichkeit zum Auffangen des Sickersaftes gegeben sein und andererseits werden Zucker und bereits gebildete Gärsäuren - insbesondere Milchsäure - ausgewaschen. Dadurch erhöht sich das Risiko von Fehlgärungen und es erfolgt auch eine Nährstoffauswaschung. Grundsätzlich kann der Sickersaft ebenfalls der Biogasanlage zugeführt werden. Er fällt nicht kontinuierlich an, sollte jedoch dann relativ schnell vergoren werden, wodurch sich die Bakterien nicht auf den Sickersaft einstellen können und damit die theoretisch mögliche Gasausbeute sinkt. Weiterhin vergärt Sickersaft sehr schnell, wodurch eine kurzfristige Überproduktion an Gas möglich ist. Zusätzlich kann Sickersaft durch seinen extrem niedrigen pH-Wert den gesamten Gärprozess zum Erliegen bringen. Liegt der Trockenmassegehalt sogar unter 25% (vor allem bei Grünroggensilage anzutreffen), ist ein ordentliches Walzen ohne Vermusen des Futters nur noch mit Raupenfahrwerk oder Niederdruckbereifung möglich, sonst beginnt die Silage häufig zu wandern.

Tabelle 1: Wichtige Anhaltspunkte für die Erzeugung einer guten Silage

Parameter	Richtwert	
TS- Gehalt der Silage:	Silomais:	- Minimum 28% - Maximum 35%
	Grassilage/GPS:	- Minimum 30% - Maximum 40 %
Häcksellänge <sup>1</sup> :	Silomais:	- feuchte Silage: 10 mm; - trockene Silage: 5-6 mm
	Grassilage/GPS:	- feuchte Silage: 6 mm; - trockene Silage: 4 mm
Walzfahrzeug:	Gewicht:	- min. ¼ stdl. Bergeleistung
	Silageverteilung:	- max. 30 cm Schichtdicke
	Verdichtung:	- min. 220 kg TS/ m <sup>3</sup>
Vorschub bei Silageentnahme:	Winter:	- > 1 m/ Woche
	Sommer:	- > 2 besser 3 m/ Woche
		Auf Einplanung eines ausreichenden Vorschubs ist schon bei Planung der Siloanlage und vor der Befüllung der Silos zu achten! Anschnittfläche möglichst nicht nach Süd oder West ausgerichtet!
Gärparameter	pH-Wert	< 4,5
	Essigsäure	1 - 3 % i.d.T.S.
	Buttersäure	0 bis maximal 0,3 % i.d.TS
Ammoniak N am Gesamt N:	Grassilage:	< 8 %
	Maissilage	< 6 % , bei Harnstoffeinsatz höher

<sup>1</sup> Theoretische Häcksellänge, die tatsächliche Häcksellänge liegt vor allem bei Gras darüber, für kombinierte Fütterung von Tier und Biogas gilt: Mais 5-6 mm, Gras > 4 cm;

## **Siliermittel ja oder nein?**

Zur Verbesserung des Gärverlaufes bzw. zur Erhöhung der Gasausbeute werden biologische bzw. chemische Siliermittel angeboten. Der Einsatz chemischer Siliermittel ist grundsätzlich bei ungünstigen Silierbedingungen wie niedrigen (< 25 %) oder sehr hohen Trockenmassegehalten, hohen Schmutzanteilen oder nicht optimalen Verdichtungsmöglichkeiten zu empfehlen (siehe Praxishandbuch Futterkonservierung des DLG-Verlags). Chemische Siliermittel unterdrücken bei richtiger Mittelwahl und ausreichender Dosierung wirksam die Entwicklung von Gärschädlichen (Clostridien, Hefen, Schimmelpilze). Im Gegensatz dazu stehen die Bakterienpräparate, die die schnelle natürliche Milchsäuregärung unterstützen und dadurch die Entwicklung der Gärschädlinge vermindern. Der optimale Einsatzbereich liegt bei Grassilagen im Bereich von 25 bis maximal 40 % TS. Sollen Bakterienpräparate in Maissilagen eingesetzt werden, dann sollten auch heterofermentative Milchsäurebakterienstämme enthalten sein, um das Risiko einer Nacherwärmung zu vermindern. Bei den Siliermitteln sollten grundsätzlich flüssige Produkte eingesetzt werden, da diese im Gegensatz zu Granulaten sofort wirksam sind.

## **Gute Silage braucht Zeit**

Das Öffnen von Silobehältern sollte frühestens nach einer Silierzeit von 6 Wochen erfolgen. Erst nach dieser Zeit kann davon ausgegangen werden, dass die Milchsäuregärung weitgehend abgeschlossen ist. Bei zu frühem Öffnen besteht das Risiko, dass vor allem bei zu geringem Vorschub ein schleichendes "Umkippen" der Silage erfolgt. Ist ein Öffnen der Siloabdeckung bereits geplant, um ein teilweise befülltes Silo in einem weiteren Siliervorgang vollständig zu befüllen, dann ist in jedem Fall die Verwendung eines chemischen Siliermittels in den oberen 50 - 100 cm des ersten Silostapels zu empfehlen. Nach dem Öffnen ist nicht einwandfrei vergorenes Material abzutragen, eventuell die Oberfläche mit einem chemischen Produkt zu behandeln und sofort mit dem Weitersilieren zu beginnen.

## **Die richtige Technik bei der Entnahme**

Bei der Entnahme des Siliergutes ist darauf zu achten, dass eine glatte Anschnittfläche entsteht und ein Auflockern des Silostockes nicht erfolgt. Nur dadurch kann ein Eindringen von Luft in tiefere Schichten verhindert werden. Gelangt Sauerstoff in tiefere Schichten, kann es zu einem Verpilzen der Anschnittfläche sowie zum Start des Nährstoffabbaus durch Nacherwärmung kommen.

## Zusammenfassung

Eine hohe Gasausbeute kann nur mit energiereichem, sauber einsiliertem und ausreichend verdichtetem Siliergut erreicht werden. Damit ein optimaler Gärverlauf gewährleistet und einer Fehlgärung vorgebeugt werden kann, ist auf schnelles Einsilieren, schnellen Luftabschluss, ausreichende Gärdauer und Verhinderung der Auflockerung bei der Entnahme zu achten. Durch den Einsatz von Siliermitteln kann der Gärverlauf und die Stabilität der Silagen verbessert werden. Gegenüber einer schlechten Silierung kann aus einem sorgfältig angelegten Silo mit hochwertiger Silage eine Mehrausbeute an Biogas im zweistelligen Prozentbereich erzielt werden.

Die Publikation des „Biogas Forum Bayern: [„Höhere Verluste bei nicht abgedeckten Silos – Ergebnisse einer Feldstudie“](#)“ gibt weitere Informationen zu diesem Thema.



## **Das „Biogas Forum Bayern“ ist eine Informationsplattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern**

### **Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung)**

hier erarbeiten Experten Publikationen zu folgenden Themen:

- Logistik der Ernte
- Gärrestausbringung
- Konservierung und Silagequalität

### **Mitglieder der Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung)**

- **Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Bayreuth, Pfaffenhofen und Schwandorf**
- **Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.**
- **Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten**
- **Hochschule Weihenstephan-Triesdorf**
- **Landesanstalt für Landwirtschaft**  
Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft  
Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik
- **Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit**
- **Bayerisches Landesamt für Umwelt**
- **Biogasanlagenbetreiber**
- **EBA-Zentrum Triesdorf**
- **Firma Claas**
- **Fachverband Biogas**
- **Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung**
- **Landwirtschaftliche Lehranstalten des Bezirkes Oberfranken**
- **Kuratorium Bayerischer Maschinen- und Betriebshilfsringe e.V.**
- **Regens Wagner Stiftung**



**Herausgeber:**

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik  
und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.  
Vöttinger Straße 36  
85354 Freising  
Telefon: 08161/71-3460  
Telefax: 08161/71-5307  
Internet: <http://www.biogas-forum-bayern.de>  
E-Mail: [info@biogas-forum-bayern.de](mailto:info@biogas-forum-bayern.de)