

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II  
Professur für Organischen Landbau  
Arbeitsgruppe Grünland und Futterbau

## Bachelor- Thesis

Einfluss verschiedener Silierfehler auf die Silagequalität auf  
Qualitätsmerkmale von Silagen aus Herbstaufwüchsen

eingereicht bei PD Dr. Harald Laser

Caroline Gries

Gießen 2008

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht</b>	<b>3</b>
2.1	Silierpraxis	3
2.2	Optimaler Gärverlauf	4
2.2.1	Aerobe Phase	4
2.2.2	Hauptgärphase	5
2.2.3	Lagerphase	7
2.2.4	Entnahmephase	7
2.3	Für den Gärverlauf entscheidende Mikroorganismen	7
2.3.1	Milchsäurebakterien	8
2.3.2	Essigsäurebakterien	8
2.3.3	Buttersäurebakterien (Clostridien)	9
2.3.4	Schimmelpilze	10
2.3.5	Hefen	11
2.4	Merkmale der Konservierungseignung	11
2.4.1	Pufferkapazität	12
2.4.2	Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten	13
2.4.3	Z/PK- Quotient und Vergärbarkeitskoeffizient	13
2.4.4	Nitratgehalt	14
2.5	Auswirkungen fehlerhaften Einsilierens auf den Gärprozess	15
2.5.1	Zu trockenes Grünfutter einsiliert	15
2.5.2	Zu nasses Grünfutter einsiliert	17
2.5.3	Grünfutter mit hohem Schmutzanteil einsiliert	18
2.5.4	Unzureichende Verdichtung des Futters im Silo	19
2.5.5	Nicht luftdicht abgeschlossenes Silo	20
2.5.6	Unzureichende Entnahme	20
2.5.7	Fehlerhafter Einsatz zuckerhaltiger Siliermittel	22
2.6	Beurteilung der Gärqualität	23
2.7	Besonderheiten der Grassilagebereitung von Herbstaufwüchsen	24
2.8	Arbeitshypothesen	25

<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>Material</b>	<b>27</b>
3.1.1	Standort	27
3.1.2	Witterung	27
3.1.3	Pflanzenmaterial	27
<b>3.2</b>	<b>Methoden</b>	<b>27</b>
3.2.1	Probennahme und Trockensubstanzbestimmung	27
3.2.2	Gäreignung, Gärqualität und Futterwert	28
3.2.3	Statistische Auswertung	29
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Trockensubstanzgehalte</b>	<b>30</b>
<b>4.2</b>	<b>Silagequalität</b>	<b>31</b>
4.2.1	Wasserlösliche Kohlenhydrate	31
4.2.2	ELOS	31
4.2.3	Rohprotein	32
4.2.4	C/N- Verhältnis	33
4.2.5	Siliverluste	34
<b>4.3</b>	<b>Gärqualität</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>49</b>

# 1 Einleitung

Zweck der Silagebereitung ist es nährstoffreiches Grundfutter, vor allem für die Winterfutterperiode, in größeren Betrieben auch zur ganzjährigen Stallfütterung, herzustellen (HANSEN, 2002). Gegenüber der Heugewinnung hat die Silagebereitung den Vorteil, dass sie relativ unabhängig vom Wetter ist, da die Anwekzeit auf dem Feld weniger Zeit in Anspruch nimmt und so auch die Bröckelverluste geringer sind (WILHELM, 1991, S. 7).

Da Silage einen Großteil der Futtermischung einer Milchkuh ausmacht, ist es wichtig den Futterwert des Grünfutters so gut wie möglich zu erhalten und ein lagerfähiges Futter (NUSSBAUM, 2001) mit einer möglichst guten Silagequalität herzustellen.

Zur Charakterisierung der Silagequalität muss der Futterwert und die Gärqualität beurteilt werden. Der Futterwert beinhaltet Protein-, Rohfaser-, Rohasche – und Energiegehalt.

Entscheidend für die Aufnahme des Futters ist letztlich aber neben dem Rohfasergehalt auch die Gärqualität. Diese ist abhängig von dem Gehalt an Gärsäuren, dem pH-Wert und der Alkohol- und Ammoniakkonzentration.

Da eine schlechte Silagequalität in der Ration mit Krafftutter ausgeglichen werden muss, ist es ratsam angesichts der gestiegenen Getreidepreise eine möglichst gute Qualität des Grundfutters zu erreichen (BERENDONK, 2008, S.21). Um eine gute Silagequalität zu erzeugen ist es wichtig den Gärverlauf zu kennen und bestimmte Regeln einzuhalten sowie Fehler zu vermeiden, die sich negativ auf den Gärprozess und vor allem auf die Aktivität der erwünschten Milchsäurebakterien auswirken. Die von diesen Bakterien gebildete Milchsäure führt schließlich zur Konservierung des Futters (GROSS & RIEBE, 1974, S. 104).

Ist das Frühjahr durch schlechtes Wetter gekennzeichnet und wird zu nasses oder schmutziges Grünfutter siliert, sodass die Futterqualität durch Fehlgärungen herabgesetzt ist, ist es besonders wichtig, dass die weiteren Aufwüchse eine gute Qualität aufweisen. Gerade Herbstaufwüchse stellen jedoch hohe Anforderungen an das Siliermanagement, da vor allem die Zuckerkonzentrationen, die die Grundlage der Milchsäuregärung darstellt, starken Schwankungen unterliegen sein kann, je nachdem wie intensiv die Sonneneinstrahlung ist (NUSSBAUM, 1999).

---

Ziel dieser Arbeit ist es anhand von Herbstaufwüchsen des Welschen Weidelgrases die Zuckerkonzentration und den Futterwert auf Basis der ELOS- Analyse bei verschiedenen Silierfehlern festzustellen.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Silierpraxis

Um eine gute Silage herzustellen ist es wichtig folgende Silierregeln einzuhalten, die die Grundlage für einen optimal verlaufenden Gärprozess darstellen.

Den Grundstein für eine gute Silage mit Energiegehalten über 6,0 MJ NEL/kg Trockenmasse legt der richtige Erntezeitpunkt. Im Grünland liegt der richtige Zeitpunkt im Stadium des Ähren- und Rispschiebens der Hauptbestandbildner (THAYSEN, 2006, S. 91). Zu diesem Zeitpunkt liegt der Rohfasergehalt ungefähr zwischen 23 und 27 % in der Trockensubstanz (WILHELM, 1991, S. 11). Unabhängig von der Zusammensetzung des Bestandes wird die Verdaulichkeit und der Energiegehalt von dem physiologischen Alter der Pflanzen bestimmt. Mit dem Alter nimmt der Anteil der weniger verdaulichen Rohfaser zu und der Anteil der wasserlöslichen Kohlenhydrate, der wichtig für einen optimalen Gärverlauf im Silo ist, ab. Mit jedem Tag kann der Rohfasergehalt um 4 g/kg Trockenmasse zunehmen (MILIMONKA, 2005, S. 22). Durch steigende Rohfasergehalte ist dann auch das Verdichten des Futters im Silo erschwert, was oft zu essigsäurehaltigen und verschimmelten Silagen führt (WILHELM, 1991, S. 11).

Desweiteren muss darauf geachtet werden, dass sauberes Futter geborgen wird, da durch den Schmutz Gärschädlinge in das Futter eingetragen werden. Es besteht dann vor allem die Gefahr von Fehlgärungen aufgrund vermehrter Buttersäurebildung (WILHELM, 1991, S. 12-13).

Der richtige Trockensubstanzgehalt ist sehr ausschlaggebend für eine gute Gärqualität. Durch Anwelken kann die Zuckerkonzentration erhöht werden und die Lebensbedingungen gerade für Buttersäurebakterien verschlechtert werden. Außerdem entsteht weniger Sickersaft, sodass auch die Nährstoffverluste geringer sind (WILHELM, 1991, S. 13).

Um das Futter im Silo richtig verdichten zu können, sollte es eine Häcksellänge von 3 - 5 cm aufweisen. Häckseln trägt desweiteren dazu bei, dass vermehrt Zellen aufgeschlossen werden und die Nährstoffe, die im Zellsaft enthalten sind, den Milchsäurebakterien schneller zur Verfügung stehen (WILHELM 1991, S. 18-19).

Damit die Restluft im Silostock so gering wie möglich ist, muss das Futter richtig verdichtet und danach luftdicht abgedeckt werden. Dies sind die Voraussetzungen für anaerobe Verhältnisse im Silostock und damit für eine Milchsäuregärung. Es kommt außerdem zu einer schnellen Beendigung der Atmung mit der Folge, dass die Nährstoffverluste dementsprechend gering sind (WILHELM, 1991, S. 20-22).

Als letztes ist auf die richtige Entnahme zu achten. Dabei sollte die Anschnittfläche möglichst glatt sein und die Entnahme zügig, damit möglichst wenig Luft in den Silostock eindringen kann. Es ist jedoch zu beachten, dass bei schlechter Verdichtung auch mehr Luft in das Silo eindringen kann und Nacherwärmungen auftreten, die mit einer noch so guten Entnahmetechnik nicht zu kompensieren sind (THAYSEN & WAGNER, 2006, S. 63-64).

## 2.2 Optimaler Gärverlauf

Bei optimaler Witterung und unter Einhaltung aller Silierregeln wird im Gärprozess ausreichend Milchsäure zur Konservierung des Futters gebildet, sodass die Nährstoffverluste relativ gering sind und die Silage während der Entnahme aus dem Silo unter aeroben Bedingungen kaum Abbauprozesse aufweist.

Der normale Gärprozess im Silo gliedert sich in vier Phasen:

### 2.2.1 Aerobe Phase

Als aerobe Phase bezeichnet man die Phase kurz nach dem Befüllen und luftdichten Schließen des Silos. Sie dauert nur wenige Stunden bis der restliche Sauerstoff, der sich noch in dem Silo befindet und durch das Verdichten des Futters nicht beseitigt werden konnte, veratmet ist (PAHLOW, 2006, S. 11). Unter sommerlichen Temperaturen können durch diesen Prozess bis zu 3 g/kg TM veratmet werden. Bei der veratmeten Trockenmasse handelt es sich hauptsächlich um Kohlenhydrate, die die Mikroorganismen als Nährstoffe benötigen (HÜNTING & PRIES, 2008, S. 26). Als Folge der Atmung entsteht Kohlensäure und Wasser. Außerdem treten Nährstoffverluste auf. Dieser Vorgang kann aber durch starkes Anwelken des Grünfutters auf der Wiese schon so gut wie abgeschlossen sein, bevor das Futter geborgen wird (GROSS & RIEBE, 1974, S. 121).

Desweiteren können sich Gärschädlinge, wie Pilze und aerobe Bakterien, die sich in großen Mengen auf dem Pflanzenmaterial befinden, unter den aeroben Bedingungen zu Beginn der Silierung gut vermehren. Aufgrund des Atmungsstoffwechsels dieser Organismen und dem der noch lebenden Pflanzenzellen entsteht Wärme, die den Nährstoffverlust erkennbar macht (PAHLOW, 2006, S. 11 und GROSS & RIEBE, 1974, S. 122). Gerade Essigsäurebakterien können sich zu Beginn der Gärung gut vermehren und nutzen den Restsauerstoff um Essigsäure zu bilden (WILHELM, 1991, S. 20).

Es ist nun wichtig das Silo so gut wie möglich fest zu walzen und sorgfältig luftdicht abzudecken um den erwünschten anaeroben Milchsäurebakterien eine schnelle Vermehrung zu ermöglichen. Festwalzen dient aber auch der Entfernung vorhandener Luftkanäle, die sich später bei der Öffnung des Silos wieder mit Luft füllen können (PAHLOW, 2006, S. 12).

### 2.2.2 Hauptgärphase

Nachdem der Sauerstoff veratmet ist, treten anaerobe Bedingungen in dem Silostock ein, sodass nur noch anaerobe Mikroorganismen aktiv sind. Dies sind zum einen die erwünschten Milchsäurebakterien (Laktobazillen), aber auch Gärschädlinge, wie Buttersäurebakterien (Clostridien), Essigsäurebakterien (Enterobakterien), einige Bacillusarten, Listerien und Hefen. Alle diese Mikroorganismen konkurrieren um den im Pflanzenmaterial enthaltenen Zucker, der ihnen als Nährsubstrat dient (PAHLOW, 2006, S. 13). Aufgrund des Sauerstoffmangels und Absinken des pH-Wertes stirbt das Pflanzengewebe ab (GROSS & RIEBE, 1974, S. 122) und Zellinhaltsstoffe werden für die Mikroorganismen zugänglich (PAHLOW, 2006, S. 13).

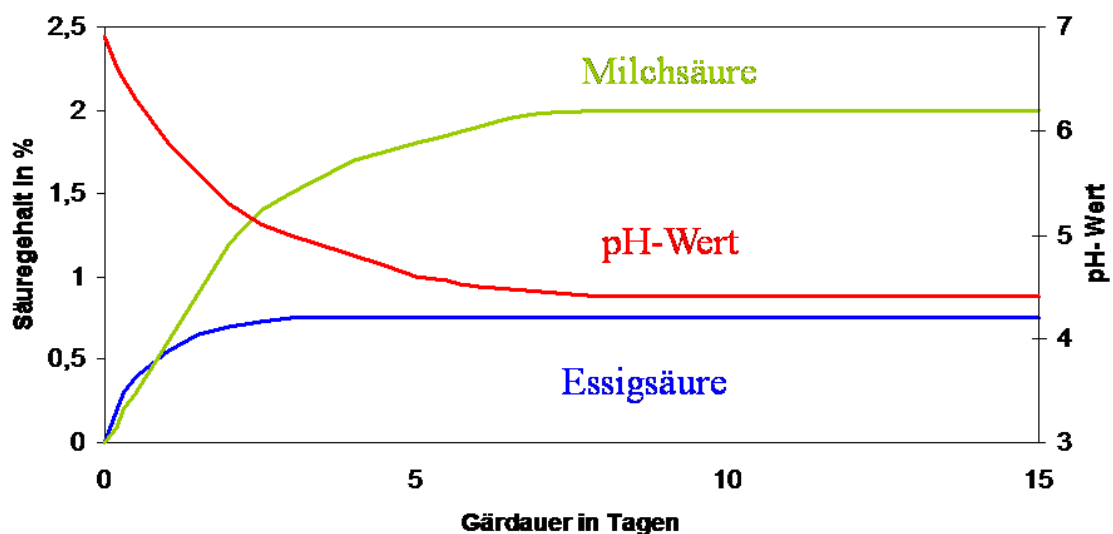
Desweiteren bildet sich eine Gärgashaube als Zeichen für die beginnende Gärung und konservierende Kohlendioxidbildung (NUSSBAUM, 2002). Die Gärgashaube enthält neben CO<sub>2</sub> und Stickstoff auch hochgiftige nitrose Gase, die im Silierverlauf zu unschädlichen Gasen abgebaut werden und clostridienhemmende Wirkung haben. Nach fünf bis sieben Tagen bildet sich die Gärgashaube wieder zurück (PAHLOW, 2006, S. 13).

In dieser Phase ist von großer Bedeutung, dass die Milchsäurebakterien an Oberhand gewinnen, da sich die Essigsäurebakterien während der ersten Tage sehr schnell entwickeln konnten und die Milchsäurebakterien durch den Lufteinfluss in der aeroben Phase zu 80 % gehemmt waren (GROSS & RIEBE, 1974, S. 116).



Der pH- Wert sinkt durch die zunehmende Milchsäurebildung von 6,5 zu Beginn der Hauptgärphase (PAHLOW, 2006, S. 13) auf 4,5. Ab diesem pH-Wert ist damit zu rechnen, dass alle Essigsäurebakterien gehemmt sind. Je nach Trockensubstanzgehalt kann sich dieser pH- Wert schon innerhalb von 1 - 3 Tagen nach Beginn der Gärung einstellen (GROSS & RIEBE, 1974, S. 116).

Der Keimgehalt der Milchsäurebakterien erreicht meist erst nach zwei Wochen seinen Höhepunkt. Wobei die homofermentativen Milchsäurebakterien in der ersten Gärphase 80% der Lactobazillen ausmachen, vermehren sich die heterofermentativen Milchsäurebakterien erst richtig nach ein bis zwei Monaten (GROSS & RIEBE, 1974, S. 118). Da die heterofermentativen Milchsäurebakterien neben Milchsäure auch Essigsäure bilden, die hemmend auf Hefen wirkt (HÜNTING & PRIES, 2008, S. 27), tragen sie zur Erhöhung der aeroben Stabilität bei. Aus diesem Grund sollte das Silo erst nach sechs bis acht Wochen nach Beginn der Gärung geöffnet werden (NUSSBAUM, 2002).



**Abb. 1: Entwicklung der Gärsäuren und des pH- Werts bei einem optimalen Gärverlauf**

Quelle: GROSS & RIEBE, 1974, S. 124.

### 2.2.3 Lagerphase

Durch die pH- Wert Absenkung im Silierverlauf nimmt nicht nur die Menge an Gärschädlingen ab, sondern auch die Menge an Milchsäurebakterien, die zum Ende hin 0,1 % der Maximalpopulation von einer Billion Milchsäurebakterien /g Silage beträgt. Diese Phase überdauern auch einige Hefen im Ruhezustand sowie einige Bacillusarten und Clostridien als Endosporen. Die Silage ist nun stabil und es treten keine wesentlichen Veränderungen des Futters mehr auf solange keine Luft Zutritt (PAHLOW, 2006, S. 14).

### 2.2.4 Entnahmephase

Durch die Öffnung des Silos tritt wieder Luft in den Futterstock. Die Verdichtung während dem Befüllen führt zu einer Verringerung des Luftporenvolumens und begrenzt den Lufteintritt. Bei richtiger Verdichtung von 230 kg TM/m<sup>3</sup> bei 40 % TM (THAYSEN & WAGNER, 2006, S. 54) tritt Luft bis 1 m hinter die Anschnittfläche. Die Luft regt das Wachstum der aeroben Mikroorganismen wieder an, die im Ruhezustand vorlagen. Einen Wachstumsschub erfahren dadurch hauptsächlich die Hefen und Schimmelpilze. Dies hat zur Folge, dass die Silage warm wird und beginnt zu verderben (PAHLOW, 2006, S. 15). Silagen, deren Temperatur in den ersten drei bis fünf Tagen nach dem Öffnen des Silos um 1° C ansteigt, gelten als aerob instabil (STERZENBACH, 2000, S. 65). Aus diesem Grund ist auf einen ausreichenden Entnahmevorschub zu achten, der zwischen 1,0- 2,5 m pro Woche liegt und abhängig ist von der Jahreszeit (THAYSEN & WAGNER, 2006, S. 63-64).

## 2.3 Für den Gärverlauf entscheidende Mikroorganismen

Im Gärverlauf der Silage kommen unterschiedliche Mikroorganismen vor. Dies sind zum einen Mikroorganismen, die zu einem positiven Gärverlauf führen und andere, deren Gärung sich negativ auf die Silagequalität auswirkt und zu Fehlgärungen führt.

### 2.3.1 Milchsäurebakterien

Die Milchsäurebakterien (Laktobazillen) sind die einzigen erwünschten Mikroorganismen im Prozess der Silageherstellung. Die von ihnen gebildete Milchsäure wirkt konservierend (GROSS & RIEBE, 1974, S. 104) und gewährleistet einen guten Geschmack, der zu einer hohen Futteraufnahme der Tiere beiträgt (WILHELM, 1991, S. 8).

Das Wachstum der Milchsäurebakterien wird durch anaerobe Bedingungen gefördert (HANSEN, 2002).

Es werden homofermentative und heterofermentative Milchsäurebakterien unterschieden. Die homofermentativen Bakterien wandeln den im Pflanzenmaterial enthaltenen Zucker vollständig in Milchsäure um (GROSS & RIEBE, 1974, S. 106). Zu den homofermentativen Milchsäurebakterien zählen die Gattungen *Lactobacillus*, *Streptococcus* und *Pediococcus* (ADLER, 2002). Die Heterofermentativen hingegen bilden neben Milchsäure auch Kohlensäure, Essigsäure und Ethanol (GROSS & RIEBE, 1974, S.106). Zu den heterofermentativen Milchsäurebakterien zählen *Lactobacillus*- und *Leuconostoc*- Spezies. Da eine reine Milchsäuregärung in der Praxis nicht vorkommt gelten Gehalte von 75 % Milchsäure in der Silage als ausgesprochen gut (GROSS & RIEBE, 1974, S. 106).

Um das Wachstum der Milchsäurebakterien zu fördern, sollte man demnach Luftzutritt zum Silagestock verhindern, um die Konkurrenz aerober Gärungsschädlinge zu vermindern. Desweiteren muss ausreichend vergärbare Zucker im Pflanzenmaterial vorhanden sein, um die Nahrungsgrundlage der Bakterien sicher zu stellen (GROSS & RIEBE, 1974, S. 123). Ist zu wenig Zucker in den Pflanzen enthalten muss er als Siliemittel zugesetzt werden, um Fehlgärungen zu vermeiden. Der optimale Temperaturbereich der Milchsäurebakterien liegt zwischen 15 - 30° C (HANSEN, 2002) und das pH- Wert Minimum bei 3,0 - 3,6 (GROSS & RIEBE, 1974, S. 108).

### 2.3.2 Essigsäurebakterien

Die Essigsäurebakterien (Enterobakterien) werden zu den Gärschädlingen gezählt, da sie Zucker über Brenztraubensäure zu Essigsäure, Ameisensäure, Kohlendioxid und Wasser vergären. Dabei entsteht Wärme (GROSS & RIEBE, 1974, S. 111) als deutliches Zeichen für Energieverluste. Die Energieverluste liegen bei der

Essigsäurebildung bei bis zu 40 % (HANSEN, 2002), was um ein zehnfaches höher ist als bei der Milchsäurebildung. Außerdem ist mit der Essigsäuregärung auch immer ein massiver Eiweißabbau verbunden (WILHELM, 1991, S. 8). Die Essigsäuregärung wirkt sich auch negativ auf die Milchsäuregärung aus, da den Milchsäurebakterien der Zucker entzogen wird und durch die Wärmeentwicklung der optimale Temperaturbereich der Milchsäurebakterien überschritten wird (GROSS & RIEBE, 1974, S. 111). Außerdem dominieren diese Bakterien die epiphytische Mikroflora von Grünfütter (ADLER, 2002). Ihr epiphytischer Keimbesatz liegt um das zehnfache bis hundertfache höher als der der Milchsäurebakterien (GROSS & RIEBE, 1974, S. 110). Desweiteren werden die Essigsäurebakterien auch durch Schmutz und Wirtschaftsdünger in die Silage eingetragen (ADLER & LEW).

Allerdings wirkt Essigsäure bei niedrigem pH-Wert positiv auf die aerobe Stabilität. Aus diesem Grund sollten die Essigsäuregehalte 2 – 3 % der Trockenmasse betragen. Höhere Essigsäuregehalte hingegen sind ein Zeichen für verdorbene Silage und sind meist auf unzureichende Verdichtung und längeren Lufteinschluss im Futterstock zu Beginn der Gärung zurück zu führen (ANONYMUS 2008). Verstärkte Essigsäuregärung führt außerdem durch den stechenden Essiggeruch zu einer Verringerung der Futteraufnahme durch die Tiere (HANSEN, 2002).

Die Essigsäurebakterien gehören der Coli–Aerogenes–Gruppe an. Sie sind fakultativ anaerob (GROSS & RIEBE, 1974, S. 110) und kommen bei pH- Werten von 4,5 - 5,5 vor (HANSEN, 2002).

### 2.3.3 Buttersäurebakterien (Clostridien)

Clostridien sind streng anaerobe Gärschädlinge und kommen hauptsächlich durch Schmutz in die Silage (ANONYMUS 2008). Ihre schädliche Wirkung beruht auf dem Abbau von Kohlenhydraten, Milchsäure und verschiedenen Aminosäuren (GROSS & RIEBE, 1974, S. 111). Bei der Gärung durch die Buttersäurebakterien entstehen dann Buttersäure, Essigsäure, Kohlensäure und Wasserstoff (GROSS & RIEBE, 1974, S. 112). Besonders negativ zu bewerten ist der Abbau der Milchsäure zu Buttersäure und anderen Gärprodukten. Zum einen, weil aus zwei Mol Milchsäure lediglich ein Mol Buttersäure gebildet wird und zum anderen, weil Buttersäure nicht so sauer wirkt wie Milchsäure. Dies hat zur Folge, dass der pH- Wert wieder steigt und der Konservierungseffekt rückläufig ist.

Man unterscheidet saccharolytische und proteolytische Buttersäurebakterien. Die Proteolyten sind hauptsächlich für den Eiweißabbau und die Saccharolyten für den Kohlenhydratabbau verantwortlich. Bei dem Eiweißabbau entsteht Ammoniak, das zu einer Neutralisation der Gärsäuren und wiederum zu einem pH- Wertanstieg führt. So wird zum einen der Verderb der Silage gefördert und zum andern der Eiweißgehalt im Futter verringert (GROSS & RIEBE, 1974, S. 112). Außerdem wird durch den Eiweißabbau die Proteinqualität verringert, da es zu einer Verarmung an essentiellen Aminosäuren, vor allem Tryptophan, kommt. Bei diesem Vorgang der Decarboxylierung können desweiteren Giftstoffe entstehen, wie Cadaverin aus Lysin und Putrescin aus Orithin (GROSS & RIEBE, 1974, S. 113).

Bei der Buttersäuregärung ist mit Energieverlusten von über 20 % zu rechnen (HANSEN, 2002). Laut WILHELM (1991, S. 8) liegen die Energieverluste durch die Buttersäuregärung um ein sechsfaches höher als bei der Milchsäuregärung.

Buttersäurebakterien sind in Silagen mit pH- Werten von 4,2 - 5,0 zu finden (HANSEN, 2002). Ihr Temperaturoptimum liegt bei 30 - 35° C (GROSS & RIEBE, 1974, S. 113). Außerdem verbreitet die Buttersäure in der Silage einen üblen Geruch, sodass die Tiere das Futter ungern aufnehmen (WILHELM, 1991, S. 8).

In guten Silagen sollte der Anteil an Buttersäure nicht mehr als 0,3 % der Trockenmasse betragen (THAYSEN & BAHR, 2008).

Besonders gefährdet für Buttersäuregärung sind nasse und verschmutzte Silagen. Durch Schmutz findet erst eine Kontamination des Futters mit Clostridien statt, da diese Bakterien nur in geringen Mengen zur epiphytischen Mikroflora von Grünpflanzen zählen und dort meist auch nur im Sporenstadium vorliegen. Desweiteren bevorzugen sie eine feuchte Umgebung und werden durch den höheren osmotischen Druck in angewelktem Futter gehemmt (ADLER, 2002). Nitratreiche Aufwüchse hingegen weisen geringe Buttersäurekonzentrationen auf, da Nitrat hemmend auf die Buttersäurebakterien wirkt (ANONYMUS 2008).

#### 2.3.4 Schimmelpilze

Schimmelpilze sind aerob und gedeihen nur unter Luftzutritt zum Silo (GROSS & RIEBE, 1974, S. 115). Schimmelpilze bevorzugen Temperaturen von 20- 40°C (HANSEN, 2002) und pH-Werte von 4,5 - 6,5 (PRIES & KAISER, 2005). Die Schadwirkung der Schimmelpilze liegt zum einen in dem Abbau von Eiweiß und Kohlenhydraten zum anderen im Auftreten von Mykotoxinen und geschmacklichen

sowie geruchlichen Veränderungen des Futters (GROSS & RIEBE, 1974, S. 115). Silage mit Pilzbefall sollte nicht mehr verfüttert werden, da sie negative Auswirkungen auf die Gesundheit und Fruchtbarkeit der Tiere hat (WILHELM, 1991, S. 9).

Die häufigsten Vertreter der Schimmelpilze sind die Gattungen *Penicillium*, *Aspergillus* und *Mucor* (GROSS & RIEBE, 1974, S. 115). *Penicillium roqueforti* bildet blau-grün-grauen Schimmel, *Monascus ruber* roten Schimmel und *Aspergillus fumigatus* grau-weißlichen Schimmel. Anhand der Schimmelfarbe lassen sich die einzelnen Schimmelarten erst bei älteren Schimmelnestern unterscheiden (PRIES & KAISER, 2005).

### 2.3.5 Hefen

Hefen werden zu den gefährlichsten Gärschädlingen gezählt. Man unterscheidet Kahmhauthefen und Bodensatzhefen (GROSS & RIEBE, 1974, S. 114). Beide Formkreise benötigen für ihr Wachstum Sauerstoff, der meist erst nach dem Öffnen in das Silo eindringt. Sie nutzen den Restzucker in der Silage und bilden unter Wärmeentwicklung Ethanol und Kohlendioxyd. Dieser Prozess kann zu Trockenmasseverlusten von bis zu 50 % führen (PRIES & KAISER, 2005). Kahmhauthefen (*Candida* und *Hansenula*) sind außerdem noch in der Lage selbst bei niedrigen pH- Werten organische Säuren, wie Milchsäure, abzubauen (GROSS & RIEBE, 1974, S. 114). Der Abbau der Säuren hat zur Folge, dass der pH- Wert wieder steigt und sich vermehrt Schimmel bilden kann.

Hefen bevorzugen pH- Werte von 2,7- 4,1 (HANSEN, 2002).

In der Praxis ist darauf zu achten, dass die Eindringtiefe des Sauerstoffs in das Silo nicht den wöchentlichen Entnahmevorschub übersteigt, da sonst mit starkem Hefewachstum zu rechnen ist (PRIES & KAISER, 2005), das schnell zu erheblichen Nährstoffverlusten und Nacherwärmungen führt (WILHELM, 1991, S. 9).

## 2.4 Merkmale der Konservierungseignung

Entscheidend für den Gärprozess sind neben dem epiphytischen Keimgehalt auch physikalische und chemische Eigenschaften des Gärsubstrates, wie die

Pufferkapazität, der Trockensubstanzgehalt, der Nitratgehalt und der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten.

### 2.4.1 Pufferkapazität

Die Pufferkapazität ist abhängig von basischen und puffernden Substanzen, die dazu beitragen, dass Säuren, die von den Milchsäurebakterien gebildet werden, neutralisiert werden und der pH- Wert langsamer sinkt. Bei hoher Pufferkapazität muss demnach mehr Milchsäure gebildet werden, damit der pH- Wert ausreichend sinkt und die Silage stabil und haltbar ist.

In Kräutern und Leguminosen ist die Pufferkapazität in der Regel höher als in Gräsern. Dies ist auf den höheren Rohproteingehalt und den höheren Gehalt an basischen Aschebestandteilen in Leguminosen gegenüber Gräsern zurückzuführen. Sowohl der Rohproteingehalt als auch der Gehalt an basischen Aschebestandteilen trägt zur Pufferung der Säuren bei. Besonders puffernd wirkt auch Ammoniak, das während der Gärung beim Eiweißabbau entsteht (GROSS & RIEBE, 1974, S. 134).

Folglich ist darauf zu achten, dass keine reinen Kleebestände siliert werden und ausreichend Gras in der Mischung enthalten ist. Desweiteren ist die Stickstoffdüngung an dem Bestand anzupassen (ANONYMUS 2008), da durch die Stickstoffdüngung der Zuckergehalt verringert und der Rohproteingehalt erhöht wird. Bei übermäßigem Stickstoffangebot werden die Assimilate der Fotosynthese überwiegend zur Bildung von Aminosäuren eingesetzt. Demnach verschlechtert eine zu hohe Gabe Stickstoff die Konservierungseigenschaften des Grünfutters (JUCKEN, 1994, S. 3).

Um einem zu hohen Eiweißgehalt in den Gräsern entgegenzuwirken, muss außerdem der richtige Schnittzeitpunkt eingehalten werden. Bei Gräsern liegt der optimale Schnittzeitpunkt im Ähren- und Rispenstadien zum ersten Schnitt. Alle weiteren Schnitte sollten im Abstand von 4 - 6 Wochen erfolgen (HANSEN, 2002). Durch den Schnittzeitpunkt wird außerdem neben dem Eiweißgehalt der Rohfasergehalt beeinflusst. Je älter die Pflanzen sind desto mehr Rohfaser und desto weniger Rohprotein enthalten sie. Der Rohfasergehalt sollte aus diesem Grund nicht weniger als 200 g/kg TM betragen (ANONYMUS 2008).

### 2.4.2 Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten

Der Gehalt an vergärbaren Kohlenhydraten ist sehr entscheidend für den Siliererfolg, da er die Nahrungsgrundlage der Milchsäurebakterien darstellt. Für eine erfolgreiche Fermentation sind deshalb 37 g wasserlösliche Kohlenhydrate je kg Siliergut notwendig (STERZENBACH, 2002, S. 6). Zu den vergärbaren Kohlenhydraten zählen vor allem Monosaccharide, Oligosaccharide und Fructosane. Bei Grünfütter ist besonders der Fructosangehalt für die gute Vergärbarkeit verantwortlich (GROSS & RIEBE, 1974, S. 131).

Kräuter und Leguminosen sind in der Regel ärmer an wasserlöslichen Kohlenhydraten. Dies ist zum einen auf den höheren Rohproteingehalt zum anderen auf den geringeren Fructosangehalt zurück zu führen. Der Zuckergehalt ist außerdem auch abhängig von der Grassorte. So ist in *Lolium perenne* mehr Zucker enthalten als in *Dactylis glomerata*. Desweiteren ist das Reifestadium des Aufwuchses zum Schnittzeitpunkt entscheidend für den Gehalt an vergärbaren Kohlenhydraten, der bei Gräsern bis zum Beginn der Blüte zunimmt und danach wieder sinkt. Deutliche Veränderungen treten im Fructosangehalt der Gräser auf, der sich bis zum Beginn der Blüte bei *Lolium perenne* vervierfachen kann (GROSS & RIEBE, 1974, S. 132). Auch im Jahres- und Tagesverlauf ändert sich der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten, da die Zuckerbildung in der Fotosynthese von der Lichtintensität abhängig ist. D.h., dass im Frühjahr und am Nachmittag die Bestände zuckerreicher sind als im Herbst und am Morgen (JUCKEN, 1994, S. 3). Trotz des höheren Zuckergehaltes am Abend gegenüber dem Morgen ist eine Mahd am Morgen vorzuziehen, da das Mehr an Zucker meist über Nacht verarmet wird (WILHEM, 1991, S. 12).

Wie bereits im vorherigen Abschnitt erwähnt führt eine übermäßige Stickstoffdüngung ebenfalls zu einer Verringerung des Zuckergehalts (JUCKEN, 1994, S. 3).

### 2.4.3 Z/PK- Quotient und Vergärbarkeitskoeffizient

Ein Maß für das biologische Säuerungspotential des Futters ist der Quotient, der sich aus den wasserlöslichen Kohlenhydraten und der Pufferkapazität berechnet. Dieser sollte bei einem Trockensubstanzgehalt von 30 % bei 2,0 liegen. Die Vergärbarkeit lässt sich dann schließlich mit Hilfe des Vergärbarkeitskoeffizienten aus



Trockensubstanzgehalt und Z/PK- Quotienten berechnen ( $VK = TS (\%) + 8 \cdot Z/PK$ ). Grünfütter mit einem Vergärbarkeitskoeffizient von unter 35 ist als schwer und mit einem Vergärbarkeitskoeffizient über 45 als leicht vergärbar einzustufen (STERZENBACH, 2000, S. 6).

#### 2.4.4 Nitratgehalt

Nitrat im Pflanzenmaterial kann dazu beitragen, dass Buttersäurebakterien in ihrer Entwicklung gehemmt werden. Dazu sind 0,05 % Nitrat in der Trockensubstanz des Siliergutes nötig (STERZENBACH, 2000, S. 7).

Die Pflanze nimmt Stickstoff meist als Nitrat auf. Durch Assimilation wird der Nährstoff an den Stoffwechsel der Pflanze angeglichen. Ist die Nitrataufnahme größer als das Assimilationsvermögen der Pflanze wird Nitrat in der Pflanze angereichert. Durch Stickstoffdüngung steigen die Nitratgehalte in der Pflanze an (NUSSBAUM, 2003). Die Nitratkonzentrationen bewegen sich meist bei üblicher konventioneller Nutzung zwischen 0,1 und 0,25 % in der Trockensubstanz (STERZENBACH, 2000, S. 7). Während des Gärprozesses im Silo wird Nitrat von Bakterien und pflanzeigenen Enzymen zu Nitrit und Stickstoffmonoxid (nitroses Gas) abgebaut. Diese beiden Abbauförmern wirken hemmend auf Buttersäurebakterien und treten meist zu Beginn der Gärung auf. Gerade zu diesem Zeitpunkt ist es wichtig, dass die Buttersäurebakterien gehemmt werden, damit sich die Milchsäurebakterien ungehindert vermehren können und der pH- Wert gesenkt werden kann und so wiederum die Buttersäurebakterien in der Entwicklung gehindert werden. Nitrat verzögert solange die Buttersäuresynthese bis es vollständig reduziert ist (STERZENBACH, 2000, S. 8).

Wird das Grünland nicht gedüngt, ist damit zu rechnen, dass der Aufwuchs weitgehend nitratfrei ist, was sich folglich negativ auf den Gärprozess auswirkt (NUSSBAUM, 2003). Auf extensiv bewirtschaftetem Grünland kann der Nitratgehalt in der Trockensubstanz unter 0,1 % liegen (STERZENBACH, 2000, S. 7). Aus diesem Grund kann es trotz ausreichenden Mengen an wasserlöslichen Kohlenhydraten zu Fehlgärungen kommen (STERZENBACH, 2000, S. 8).

## 2.5 Auswirkungen fehlerhaften Einsilierens auf den Gärprozess

In der Praxis ist es möglich durch richtiges Siliermanagement entscheidenden Einfluss auf den Verlauf des Gärprozesses und die spätere Silagequalität zu nehmen. Hierzu zählt vor allem das Anwelken, das Auswirkungen auf den Trockensubstanzgehalt des Grünfutters hat. Ebenso beeinflussbar ist der Schmutzgehalt und die Verdichtung des Futters im Silo sowie eine sachgemäße Abdeckung des Futterstocks und Einsatz von Silierhilfsmitteln. Alle diese Faktoren sind entscheidend für die Förderung der Milchsäurebakterien und die Unterdrückung der Gärschädlinge und führen schließlich bei richtiger Handhabung zu einer guten Silagequalität.

### 2.5.1 Zu trockenes Grünfutter einsiliert

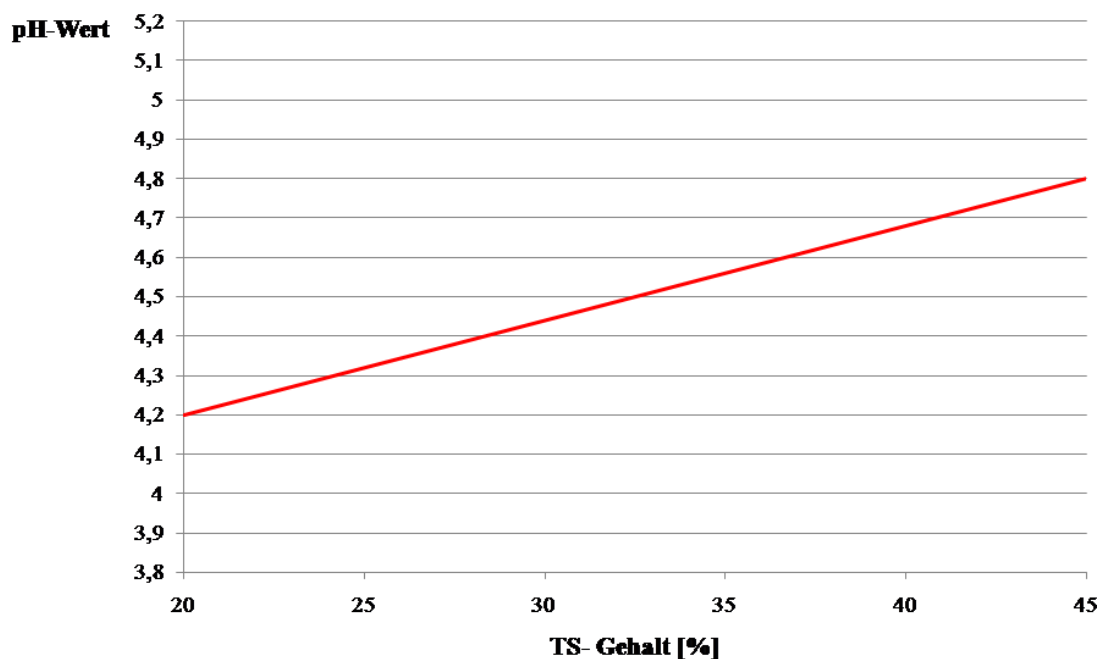
Gute Grassilagen sollten einen Trockensubstanzgehalt von 30 – 40 % aufweisen. Steigt der Trockensubstanzgehalt durch starkes Anwelken über den optimalen Wert hinaus, treten vermehrt Bröckelverluste während der Futterbergung auf (HANSEN, 2002). Das Anwelken sollte nicht länger als einen bis höchstens zwei Tage in Anspruch nehmen, da jede Stunde Feldliegezeit mit Atmungs- bzw. Zucker- und Bröckelverlusten verbunden ist. Bei den Bröckelverlusten handelt es sich hauptsächlich um den Verlust rohfaserarmer und nährstoffreicher Pflanzenteile (MILIMONKA, 2005, S. 22).

Um die Feldliegezeiten möglichst gering zu halten und schnell den erwünschten Trockensubstanzgehalt zu erreichen empfiehlt sich der Einsatz eines Mähaufbereiters, der die Wachsschicht der Pflanzen zerstört und ein schnelleres Anwelken ermöglicht. Allerdings ist zu beachten, dass bei geringen Erträgen und guten Anwelkbedingungen der optimale Trockensubstanzgehalt leicht überschritten werden kann. Außerdem kann der Schmutzeintrag auf Wiesen mit lückiger Narbe oder Maulwurfshaufen erhöht sein, da der austretende Zucker mit den Erdteilen verklebt. Zetten ist eine andere Möglichkeit den Anwelkvorgang zu beschleunigen. Dabei ist aber auch auf die richtige Einstellung des Wenders zu achten, um den Schmutzeintrag in das Futter so gering wie möglich zu halten (THAYSEN, 2006, S. 92-94).

Zu hohe Trockenmassegehalte können desweiteren das Verdichten des Futters im Silo erschweren. Dies hat zur Folge, dass anaerobe Verhältnisse im Silostock erst

verzögert eintreten und die Milchsäuregärung verspätet einsetzt (ADLER, 2002). Ebenso besteht bei der Entnahme erhöhtes Risiko für aerobe Abbauprozesse und Schimmelbildung (GROSS & RIEBE, 1974, S. 140).

Andererseits wird durch Vorwelken die Silierbarkeit des Grünfutters verbessert. Mit Erhöhung des Trockenmassegehaltes tritt weniger Sickersaft auf (WILHELM, 1991, S. 13), die Nährstoffverluste sind geringer (GROSS & RIEBE, 1974, S. 139) und vor allem wird die Zucker- und Nährstoffkonzentration in der Frischmasse vergrößert und den Bakterien steht mehr Nahrung zur Verfügung. Außerdem muss der pH- Wert nicht so tief sinken, da die Schadbakterien umso empfindlicher auf Säure reagieren je weniger Wasser ihnen zur Verfügung steht. Folglich liegt der kritische pH-Wert zur Unterdrückung der säureempfindlichen Gärschädlinge umso höher je höher der Trockensubstanzgehalt des Siliergutes ist. Deshalb empfiehlt es sich Gras mit hoher Pufferkapazität anzuwelken bevor es einsiliert wird (WEISSBACH, 2002).



**Abb. 2: Kritische pH- Werte von Silagen in Abhängigkeit des Trockensubstanzgehaltes**

Quelle: NUSSBAUM, 1999.

Allerdings dauert die Säuerung in Anweilsilagen in der Regel länger als in Frischsilagen und zwar umso länger je höher der Trockensubstanzgehalt ist. Demzufolge dauert es in Anweilsilagen länger bis der kritische pH- Wert erreicht ist und die säureempfindlichen Mikroorganismen ihre Tätigkeit einstellen. In dieser Zeit, bis zum Erreichen des kritischen pH- Wertes, können sich Gärschädlinge ungehindert vermehren und die Gärqualität beeinträchtigen (WEISSBACH, 2002). Laut NUSSBAUM (2007) führen höhere Trockenmassegehalte zur Verringerung der Buttersäuregärung, da das Wachstum der Buttersäurebakterien durch die Zunahme des osmotischen Drucks im Erntegut gehemmt wird, was meist zu einer besseren Silagequalität beiträgt.

Um den richtigen Anwelkgrad zu erzielen lässt sich der Mindesttrockensubstanzgehalt des Ausgangsmaterials aus dem Verhältnis von Trockensubstanzgehalt und Pufferkapazität berechnen

( $TS_{\min} (\%) = 45 - 8 \cdot Z/PK$ ). Je niedriger dann der Trockensubstanzgehalt im Vergleich zum Mindesttrockensubstanzgehalt ist, desto größer ist die Gefahr des Auftretens von Buttersäuregärung und folglich von Fehlgärung (STERZENBACH, 2000, S. 6).

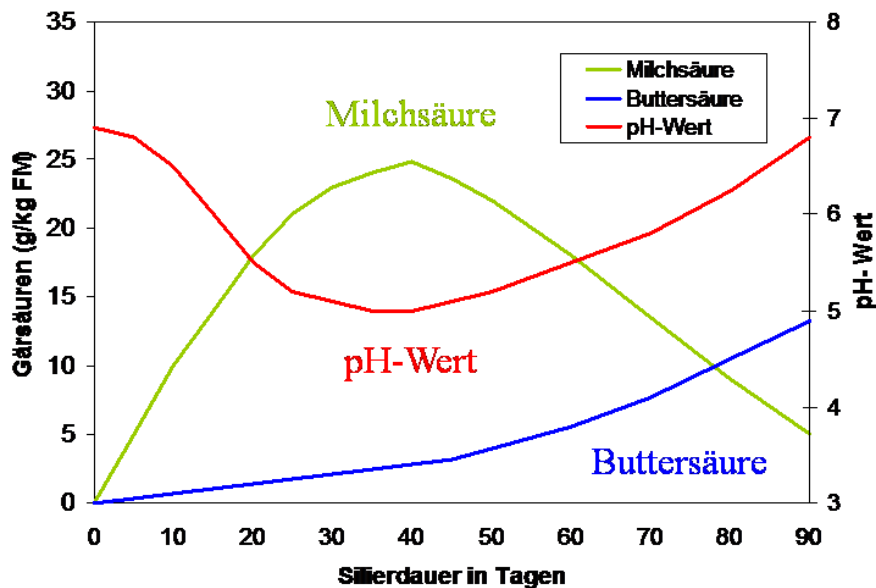
Der Trockensubstanzgehalt hat auch Auswirkungen auf die Futteraufnahme der Tiere. Positiv beeinflusst wird die Futteraufnahme mit einem höheren Trockensubstanzgehalt bis 35 % Trockenmasse in der Silage. Liegt der Trockensubstanzgehalt über 40 % ist mit einem Rückgang der Futteraufnahme zu rechnen (MILIMONKA, 2005, S. 22).

### 2.5.2 Zu nasses Grünfutter einsiliert

Durch ungünstige Witterungsverhältnisse kann es vorkommen, dass zu nasses und oft verschmutztes Futter einsiliert werden muss. Da dieses Pflanzenmaterial mit einem hohen Wassergehalt gute Lebensbedingungen für Buttersäurebakterien bietet, muss der pH- Wert schnell durch Milchsäurebildung gesenkt werden, damit die Buttersäurebakterien gehemmt werden. Die ausreichende Milchsäuregärung kann aber oft ein Problem darstellen (NUSSBAUM, 2002). Verbleibt der pH- Wert auf einem zu hohen Niveau, ist es möglich, dass die Buttersäurebakterien die bereits gebildete Milchsäure zu Buttersäure umwandeln.

Liegt die Trockenmasse der Grassilage bei ca. 25 % sollten Siliermittel angewandt werden. Dabei handelt es sich meistens um chemische Mittel. Eine alleinige Zugabe

von Milchsäurebakterien reicht unter diesen Bedingungen nicht aus, da den Bakterien der Zucker zu Vergärung fehlt (HÜNTING & PRIES, 2008, S. 26). Bei diesen Silagen mit einem Trockensubstanzgehalt von unter 30 % treten außerdem neben Buttersäure auch verstärkt Gärverluste auf (HANSEN, 2002), die bis zu 7 % NETTO- Energieverluste ausmachen können (THAYSEN & WAGNER, 2006, S. 53).



**Abb. 3: Buttersäuregärung in feuchten, zuckerarmen Silagen**

Quelle: PAHLOW, 2006, S.16.

### 2.5.3 Grünfutter mit hohem Schmutzanteil einsiliert

Erhöhte Rohaschegehalte wirken sich negativ auf den Futterwert und die Gäreigenschaften des Futters aus. Zum einen beeinträchtigt Schmutz im Futter die Verdauungsvorgänge im Pansen, was sich negativ auf die Leistungsfähigkeit und Gesundheit der Tiere auswirkt. Für den Gärprozess bedeutet schmutziges Futter, dass die Pufferkapazität, der Widerstand gegen die Ansäuerung, erhöht ist. Außerdem werden mit dem Schmutz gärschädliche Bakterien, vor allem Buttersäurebakterien, in das Silo eingetragen, was das Risiko für Fehlgärungen stark erhöht (NUSSBAUM, 2007).

Grassilage sollte aus diesem Grund nicht mehr als 10 % Rohasche in der Trockenmasse enthalten. Eine Steigerung des Rohascheanteils um 1 % senkt den

Energiegehalt der Silage um 0,1 MJ NEL/kg Trockenmasse (HÜNTING & PRIES, 2008, S. 26).

Die Hauptursachen für Verschmutzungen des Ernteguts sind Beschädigungen der Grasnarbe durch Wildschweine, Mäuse und Maulwürfe. Ebenso können Fahrspuren zu Unebenheiten führen, die das Verschmutzungsrisiko erhöhen. Aus diesem Grund ist das Bearbeiten der Wiesen mit einer Wiesenschleppe im Frühjahr zu empfehlen. Außerdem sollte bei der Mahd eine Schnitthöhe von 5 - 7 cm eingehalten werden. Bei niedrigerer Schnitthöhe ist mit einem erhöhten Schmutzeintrag in das Grünfutter zu rechnen. Auch organischer Dünger sollte nicht zu kurz und in zu großen Mengen vor dem Schnitt ausgebracht werden. Auf Wiesen mit lückiger Grasnarbe treten bei Starkregen verstärkt Erosionen auf, die ebenfalls zu Verschmutzungen der Pflanzen führen (NUSSBAUM, 2007).

Nicht nur auf der Wiese auch auf dem Transport kann das Gras verschmutzt werden. Z.B. bei nasser Witterung oder bei Staubentwicklung. Vor allem ist darauf zu achten, dass die Flächen vor dem Silo befestigt sind. Bei regnerischem Wetter sollte das Silo nicht überfahren werden, da sonst der Schmutzeintrag über die Reifen zu groß ist. Stattdessen sollte das Futter vor dem Silo abgekippt werden und ein anderer Schlepper zum Schieben des Futters in das Silo eingesetzt werden (NUSSBAUM, 2007).

#### 2.5.4 Unzureichende Verdichtung des Futters im Silo

Damit die Milchsäuregärung schnell einsetzen kann, ist es wichtig, dass die Luft schon während des Befüllens des Silos so gut wie möglich aus dem Futterstock entfernt wird (WILHELM, 1991, S. 20). Bei Gras mit einem Trockenmassegehalt von 40 % wird eine ausreichende Lagerdichte bei 230 kg TM/m<sup>3</sup> erreicht (THAYSEN & WAGNER, 2006, S. 54). Bei dieser Lagerdichte ist der Restluftgehalt relativ gering, sodass die Milchsäuregärung nach luftdichtem Verschießen des Silos schnell beginnt und die Essigsäurebakterien durch sinkenden pH- Wert und zunehmende anaerobe Bedingungen rasch gehemmt werden. Das Verhältnis von Milchsäure und Essigsäure sollte 3:1 betragen. Ein engeres Verhältnis ist ein deutliches Zeichen für unzureichende Verdichtung und zu viel Restluft im Futterstock (WILHELM, 1991, S. 20). Bei unzureichender Verdichtung tritt dann oft Nacherwärmung auf, besonders wenn nach dem Öffnen des Silos nicht genug Silage entnommen wird (HÜNTING & PRIES, 2008, S. 27).

Die Verdichtbarkeit des Futters kann durch häckseln verbessert werden. Häckseln ist besonders wichtig bei Futter mit einem hohen Rohfasergehalt, das spät geschnitten und angewelkt wurde. Bei Gras sollte die Häcksellänge unter 4 cm liegen. Desweiteren kann durch Abladen dünner Schichten unter 30 cm und Verteilen des Gärsubstrats mit einem Siloverteiler die Verdichtung verbessert werden. Es ist aber vor allem darauf zu achten, dass in der Bergungskette 2 - 3 Überfahrten pro Schicht eingeplant werden und die Walzgeschwindigkeit nicht schneller als 4 - 5 km/h beträgt. Außerdem kann durch Erhöhung des Reifeninnendrucks eine höhere Verdichtung erzielt werden (ANONYMUS 2008).

### 2.5.5 Nicht luftdicht abgeschlossenes Silo

Nachdem das Silo befüllt und gut verdichtet ist, muss es luftdicht abgedeckt werden. Unterbleibt dies oder sind Löcher in der Folie können sich anaerobe Milchsäurebakterien nicht so schnell vermehren wie luftliebende Gärungsschädlinge und der pH- Wert sinkt nicht. Dies hat zur Folge, dass sich Gärschädlinge auf Grund optimaler Lebensbedingungen schnell verbreiten können und das Futter verdirbt (GROSS & RIEBE, 1974, S. 123).

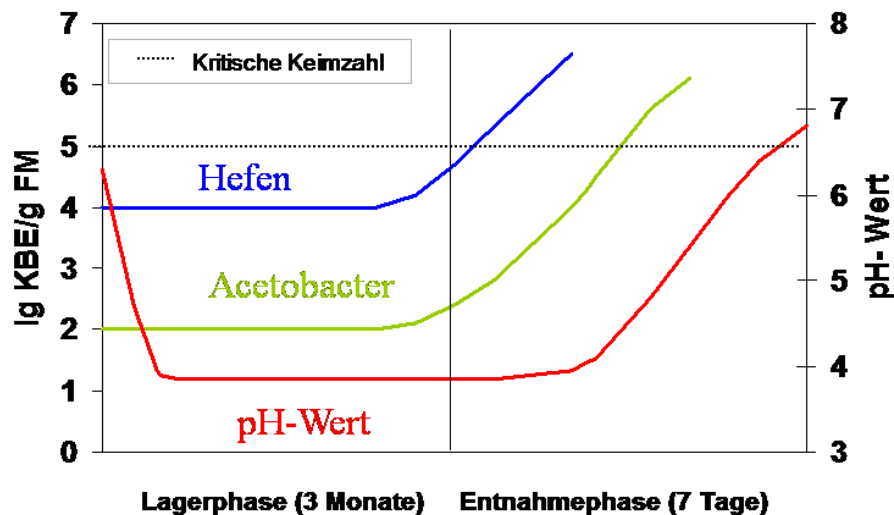
Um diesem Prozess entgegen zu wirken muss der Silostock zweilagig mit Plane abgedeckt werden, dabei sollte die Plane über den Silorand hinaus gezogen werden und mit Sandsäcken oder Reifen abgedeckt werden (NUSSBAUM, 2002).

### 2.5.6 Unzureichende Entnahme

Nach dem Öffnen des Silos tritt wieder Luft in den Futterstock. Bei optimaler Verdichtung und ausreichender Entnahme dringt Luft bis 1 m hinter die Anschnittfläche (PAHLOW, 2006, S. 14-15).

Bei zu langsamer Entnahme (PRIES & KAISER, 2005), aber auch durch zu langsames Befüllen des Silos oder Verschließen der Löcher in der Folie können sich Hefen zu einem kritischen Besatz von 100.000 pro Gramm Silage vermehren. Tritt durch das Öffnen des Silos wieder Sauerstoff in den Futterstock ein, wird das Wachstum der im Ruhezustand vorliegenden Mikroorganismen wieder angeregt (PAHLOW, 2006, S. 17). Vor allem Schimmelpilze (ANONYMUS 2008), Hefen und Essigsäurebakterien (Acetobakter) vermehren sich sprunghaft über die kritische Keimzahl hinaus. Gärsäuren werden zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut ebenso

wie Restzucker. Durch den Abbau der Gärsäuren steigt der pH- Wert wieder. Es folgen bakterieller Verderb und Erwärmung als Zeichen für den Nährstoffabbau, der mehr als 3 % pro Tag betragen kann. Die hauptsächlichen Verursacher für den aeroben Verderb sind milchsäureabbauende Hefen und Essigsäurebakterien (PAHLOW, 2006, S. 17-18).



**Abb. 4: Nacherwärmung verursacht durch Hefen und Bakterien**

Quelle: PAHLOW, 2006, S.19.

Damit die Luft nicht zu weit in das Silo eindringt, sollte im Winter mindestens 1 m pro Woche und im Sommer 2 m Grassilage aus dem Silo entnommen werden. Wird weniger entnommen, kommt es zu den im Vorherigen beschriebenen Fehlgärungen, die neben Energieverlusten auch eine verminderte Futteraufnahme zur Folge haben (NUSSBAUM, 2002).

Zu aerober Instabilität neigen besonders zucker- und energiereiche Silage, deren Restzucker den Hefen und Essigsäurebakterien nach dem Öffnen des Silos als Nahrung dient. Auch Silagen mit einem hohen Trockensubstanzgehalt neigen zu Nacherwärmungen, da auf Grund des hohen Rohfasergehalts die Verdichtung erschwert ist (NUSSBAUM, 2002).

Außerdem sollte man auf die richtige Entnahmetechnik achten. Sie sollte einen glatten Anschnitt und eine gleichmäßige Entnahme ermöglichen, wie z.B. der Siloblocksneider. Allerdings ist bei ausreichendem Vorschub und guter aerober



Stabilität die Entnahmetechnik eher zweitrangig zu behandeln. Ist der Vorschub nicht ausreichend kann die Anschnittfläche mit Propionsäure behandelt werden. In der Regel sollte die Anschnittfläche nicht wieder mit Plane verdeckt werden, da das sonst entstehendes Treibhausklima Nacherwärmungen und Schimmelbildung fördern würde (NUSSBAUM, 2002).

### 2.5.7 Fehlerhafter Einsatz zuckerhaltiger Siliermittel

Die Gärungsvorgänge können durch die Zugabe von Silierhilfsmitteln beeinflusst werden. Der Einsatz von Siliermitteln hat immer den Zweck unerwünschte Mikroorganismen an ihrer Vermehrung zu hindern und die Futterqualität zu verbessern (KALZENDORF, 2006, S. 155).

Mit kohlenhydrathaltigen Siliermitteln ist es möglich die Milchsäuregärung zu fördern. Es handelt sich dabei um Zusatzmittel, wie Zucker, Melasse, gemahlene Zuckerrübenschnitzel und Molkepulver (WILHELM, 1991, S. 26). Dies sind gut vergärbare Zucker, die für die Milchsäurebakterien leicht zugänglich sind. Auf diese Weise wird den Milchsäurebakterien bei zuckerarmen Erntegut das Substrat zur Verfügung gestellt, das sie zur Fermentation benötigen. Folglich wird mehr Milchsäure gebildet, der pH- Wert sinkt tiefer und Gärschädlinge werden gehemmt (KALZENDORF, 2006, S. 155). Tritt nämlich Zuckermangel im Gärprozess ein wird die Milchsäurebildung vorzeitig beendet. Daraus resultiert, dass die Konservierungswirkung nicht ausreichend ist und das Fehlgärungsrisiko erhöht ist (GROSS & RIEBE, 1974, S. 123).

Es wird empfohlen zusätzlich zu zuckerhaltigen Siliermitteln homofermentative Milchsäurebakterien zu zusetzen, damit der Zucker auch der Milchsäuregärung zugute kommt und nicht Gärschädlingen als Nahrung dient (KALZENDORF, 2006, S. 155). Es besteht außerdem die Gefahr bei unsachgemäßer Anwendung des Mittels, dass nach dem Öffnen des Silos verstärkt Nacherwärmung auftritt, da der Restzucker, der während der Gärung nicht verbraucht wurde, von aeroben Gärschädlingen abgebaut wird (NUSSBAUM, 2002).

Es ist darauf zu achten, dass die Zusätze gleichmäßig unter das Erntegut gemischt werden und die relativ hohen Aufwandmengen eingehalten werden. In der Regel sollte je Tonne Frischmasse eine Aufwandmenge von 30 kg eingesetzt werden. Die Aufwandmenge ist allerdings abhängig von der Futterart und dem Trockenmassegehalt (KALZENDORF, 2006, S. 155).

Anhand des DLG-Gütezeichens ist es möglich das richtige Siliermittel nach Wirkungsrichtung und Anwendungsbereich auszuwählen (NUSSBAUM, 2001).

Zuckerhalige Siliermittel sind meist für schwer vergärbare Futterarten mit einer hohen Pufferkapazität, z.B. Leguminosen, empfehlenswert aber auch bei jungem eiweißreichen Futter und Feuchtsilagen (WILHELM, 1991, S. 26).

## 2.6 Beurteilung der Gärqualität

Die Gärqualität von Silagen spiegelt den Konservierungserfolg wieder. Maßstab für die Gärqualität sind unerwünschte Stoffabbauprodukte, die gut nachweisbar sind. Hierzu zählen hauptsächlich die Gehalte an Essigsäure und Buttersäure. Ist der Essigsäuregehalt in der Trockenmasse nach der Gärung kleiner oder gleich 3 % und ist die Silage buttersäurefrei, spricht man von einer anaerob stabilen Silage. D.h. in einer solchen Silage findet kein Milchsäureabbau während der Lagerzeit mehr statt. Diese Silage ist als sehr gute Silage zu beurteilen (KAISER, 2006, S. 42).

Der pH- Wert gibt desweiteren einen Anhaltspunkt für das Ausmaß der Säuerung. Er sollte 4,0- 5,0 bei einem Trockenmassegehalt der Silagen von 20 - 45 % betragen (SPIEKERS, 2006, S. 10).

Desweiteren kann man den Ammoniakgehalt in die Beurteilung mit einbeziehen. Je mehr Gärschädlinge in der Silage vorkommen, desto öfter werden stickstoffhaltige Verbindungen des Eiweißes angegriffen. Dabei entstehen verschiedene Ammoniakverbindungen. Der Ammoniakanteil am Gesamtstickstoff liegt bei guten Silagen bei etwa 5 %. In schlecht vergorenem Futter hingegen bei ungefähr 30 % (GROSS & RIEBE, 1974, S. 197).

Mit Hilfe des DLG- Schlüssels ist es möglich anhand von Geruch, Gefüge und Farbe des Gärfutters eine praktische Beurteilung der Gärqualität vorzunehmen. Das Ergebnis ist ein wichtiger Anhaltspunkt für das Ausmaß der, während der Gärung entstandenen, Nährstoffverluste, sowie die Abnahme des Energiegehalts und die Lagerstabilität der Silage unter anaeroben Bedingungen. Das Urteil lässt auch Rückschlüsse zu auf eine mögliche verminderte Futteraufnahme und auf eine Gefährdung der Milchqualität und Tiergesundheit (KAISER, 2006, S. 45). Sehr hohe Gehalte an Gärsäuren und ein hoher Ammoniakgehalt in der Silage können sich negativ auf die Futteraufnahme der Tiere auswirken (SPIEKERS, 2006, S. 9-10).

## 2.7 Besonderheiten der Grassilagebereitung von Herbstaufwüchsen

Herbstaufwüchse nehmen eine besondere Stellung bei der Silagebereitung ein. Aufgrund schwankender Witterungsverhältnisse kommt es auch zu schwankenden Zuckerkonzentrationen in den Pflanzen je nachdem, wie intensiv die Sonneneinstrahlung ist. Durch sonnige Tage im Herbst wird die Zuckerassimilation gefördert. Sind die Nächte kühl veratmen die Pflanzen außerdem weniger Zucker und die Silierbarkeit des Futters wird verbessert. Schwieriger silierbar sind hingegen Herbstaufwüchse, die unter schlechten Witterungsverhältnissen mit geringer Sonneneinstrahlung heranwachsen. Für die Silierbarkeit entscheidend ist aber hauptsächlich das Wetter in den zwei bis drei Tagen vor der Ernte. Durch anwelken des Grünfutters ist es möglich die Zuckerkonzentration zu erhöhen. Es empfiehlt sich der Einsatz eines Mähaufbereiters, der dazu beiträgt, dass das Gras schneller trocknet und weniger Überfahrten mit dem Wender notwendig sind. Aufgrund meist unbeständiger Witterungsverhältnisse im Herbst müssen auch feuchte Partien einsiliert werden. Dabei kann der Rohaschegehalt schnell den Grenzwert von 10 % überschreiten, besonders wenn der Flächenertrag eher gering ausfällt und die Witterung feucht ist. Deshalb ist es im Herbst besonders wichtig darauf zu achten, dass der Schmutzgehalt möglichst gering ist, da bei nassem und schmutzigem Erntegut schnell Buttersäuregärung auftritt (NUSSBAUM, 1999).

Physiologisch junges Gras im Herbst weist häufig über 16 % Rohprotein in der Trockenmasse auf. Dieser hohe Gehalt trägt dazu bei, dass die Pufferkapazität ebenfalls hoch ist. Aus diesem Grund sollte das Erntegut auf der Wiese angewelkt werden um den Zuckergehalt zu erhöhen, die Milchsäurebakterien zu fördern und so der erschwerten Ansäuerung entgegen zu wirken. Der optimale Trockensubstanzgehalt im Herbst liegt bei ca. 40 % (NUSSBAUM, 1999).

Ist ein ausreichendes Anwelken aufgrund der Witterung nicht möglich oder ist aus anderen Gründen eine verlustarme Konservierung nicht möglich, empfiehlt sich der Siliermitteleinsatz. Sind in der Pflanze nicht ausreichend Kohlenhydrate zur Vergärung vorhanden, können diese durch die Zuteilung von Melasse ausgeglichen werden. Allerdings ist darauf zu achten, dass durch anwelken ein Trockensubstanzgehalt von mindestens 27 - 30 % erreicht wird, damit durch den Sickersaft der Zucker nicht wieder verloren geht. Bei günstiger Witterung und

ausreichenden Zuckergehalten in der Pflanze können Milchsäurebakterienpräparate eingesetzt werden. Dadurch wird der vorhandene Zucker schnell in Milchsäure umgesetzt und der pH-Wert sinkt, sodass Buttersäurebakterien rasch gehemmt werden. Desweiteren ist es möglich bei schlechter Witterung und hohen Schmutzgehalten im Futter Säuren einzusetzen, die den pH- Wert senken. Gerade bei niedrigen Trockensubstanzgehalten muss darauf geachtet werden, dass ausreichend Säuren eingesetzt werden, damit der kritische pH-Wert, der von der Trockensubstanz abhängig ist, erreicht wird (NUSSBAUM, 1999).

## 2.8 Arbeitshypothesen

Zusammenfassend lässt sich aus der vorliegenden Literatur festhalten:

- Entscheidend für eine gute Silagequalität ist der optimale Schnittzeitpunkt im Ähren- und Rispschieben, der vor allem Einfluss auf den Zucker-, Eiweiß- und Rohfasergehalt der Gräser hat.
- Für die Konservierung der Silage muss Milchsäure gebildet werden. Um optimale Bedingung für die Milchsäuregärung zu schaffen, muss der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten in der Frischmasse ausreichend sein, der den Milchsäurebakterien als Nährstoff dient. Desweiteren müssen im Silo zügig anaerobe Verhältnisse durch Verdichten und luftdichtes Abdecken des Silostocks geschaffen werden, um auch Gärschädlingen entgegen zu wirken.
- Gärschädlinge treten sowohl unter anaeroben Bedingungen, wie Buttersäurebakterien, als auch unter aeroben Bedingungen, wie Hefen, Schimmelpilze und Essigsäurebakterien, auf. Sie führen meist zu einem Abbau von Milchsäure, Zucker und Eiweiß und bewirken eine Abnahme der Futterqualität.
- Anwelken des Grünfutters auf dem Feld ist wichtig um den optimalen Trockenmassegehalt von 30 - 40% zu erzielen, die Zucker- und Nährstoffkonzentration zu erhöhen, Fehlgärungen durch die Erhöhung des osmotischen Drucks und des höheren kritischen pH- Werts entgegen zu wirken. Ein zu hoher Trockensubstanzgehalt erhöht allerdings das Auftreten von Bröckelverlusten und führt zu einer erschwerten Verdichtung.

- Wird zu nasses Futter mit Trockenmassegehalten um 25 % einsiliert steigt das Risiko für Buttersäuregärung. Ebenso wenn verschmutztes Gras einsiliert wird, das dann auf Grund von erhöhten Rohaschegehalten eine erhöhte Pufferkapazität und einen erhöhten Clostridienbesatz aufweist.
- Unter schwierigen Silierbedingungen empfiehlt sich meist der Einsatz von Silierhilfsmitteln. Kohlenhydrathaltige Präparate zusammen mit dem Einsatz homofermentativer Milchsäurebakterien bewirken eine schnelle pH- Wertabsenkung, sodass Gärschädlinge zügig gehemmt werden können. Allerdings besteht die Gefahr, dass es auf Grund von Restzucker bei der Entnahme der Silage aus dem Silo zu Nacherwärmungen kommt.
- Herbstaufwüchse stellen besondere Anforderungen an die Silierung. Sie weisen oft auf Grund unbeständiger Witterung niedrige Trockenmassegehalte, hohe Gehalte an Rohasche und niedrige Zuckerkonzentrationen auf.

Daraus lassen sich folgende Fragestellungen ableiten:

- Wie ist die Silagequalität von Herbstaufwüchsen? - Welchen Einfluss haben dabei die verschiedenen Silierfehler?
- Wie wirken sich zu hohe und zu niedrige Trockensubstanzgehalte auf die Silagequalität aus?
- Sind die Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten in Herbstaufwüchsen ausreichend für einen gut verlaufenden Gärprozess?
- Wie wirkt sich starke Verschmutzung auf die Silagequalität aus?
- Wie zuverlässig ist die Sinnenprüfung nach dem DLG- Bewertungsschlüssel gegenüber vergleichbaren Labormethoden?

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Material

#### 3.1.1 Standort

Das Erntegut stammt von der Lehr- und Versuchsstation „Oberer Hardhof“ in Gießen. Der Standort befindet in einer Höhenlage von 200 m über NN.

Bei der Bodenart handelt es sich um einen lehmigen Sandboden mit 35 Bodenpunkten.

#### 3.1.2 Witterung

Im langjährigen Mittel beträgt die Lufttemperatur in Gießen 8,8° C und die Niederschlagssummen belaufen sich auf 638 mm. Im Oktober 2007 zum Zeitpunkt der Ernte wurden 7,6 mm Niederschlag und eine Lufttemperatur von 8,6° C gemessen.

#### 3.1.3 Pflanzenmaterial

Bei den verwendeten Pflanzen handelte es sich um einen Feldgrasbestand von Welschem Weidelgras (*Lolium multiflorum*). Die Aussaat fand Anfang Juli 2007 statt und zur Ernte am 23.10.2007 befand sich der Bestand im dritten Aufwuchs.

### 3.2 Methoden

#### 3.2.1 Probennahme und Trockensubstanzbestimmung

Der Feldgrasbestand wurde mit einem Mähbalken bei einer Stoppelhöhe von 7-8 cm geschnitten.

Zur Erstellung der Laborsilagen wurde das auf 3 - 4 cm gehäckselte Gras in Einmachgläser gefüllt.

Um verschiedene Silierfehler zu simulieren wurden mit je einer Wiederholung nasses, trockenes und verschmutztes Material sowie Material mit zu viel Zucker in Gläser gefüllt und luftdicht verschlossen. Desweiteren wurden zwei Gläser nicht luftdicht abgeschlossen, in zwei weitem Gläsern das Erntegut nicht richtig verdichtet und zwei Gläser zur Kontrolle angesetzt. Die nasse Probe unterlag keinem Anwelkprozess und wurde nach dem Schnitt gleich einsiliert. Die Probe mit trockenem Pflanzenmaterial wurde im Trockenschrank bei 40° C 7- 8 Stunden getrocknet. Die restlichen Proben wurden im Trockenschrank 4 - 5 Stunden bei ca. 40° C vorgewelkt um den angestrebten Trockensubstanzgehalt von 30 % zu erreichen. Außerdem wurden der Variante mit Schmutz 200 g Erde und der zuckerhaltigen Variante 200 g Zucker zugegeben.

Zur Trockensubstanzbestimmung des Ausgangsmaterials wurde das Material bei 103° C 24 Stunden getrocknet und über die Differenzmethode nach NAUMANN und BASSLER (1976) berechnet. Zur Trockensubstanzbestimmung der Silagen wurde, nach einer Silierzeit von 78 Tagen, das Material bei 60° C 48 Stunden getrocknet.

Die Silierverluste ergeben sich aus der Differenz der Vollwaage des Glases vor der Silierung und dem Endgewicht nach der Silierung.

### 3.2.2 Gäreignung, Gärqualität und Futterwert

Die Beurteilung der Gärqualität wurde gleich nach dem Öffnen der Silagen am 10.01.2008 mit Hilfe des DLG- Bewertungsschlüssels zur Sinnenprüfung vorgenommen. Anhand von Geruch, Gefüge und Farbe des Gärfutters wird die Minderung der Futterqualität durch den Gärprozess gegenüber dem Grünfutter festgestellt. Dabei werden nur negative Merkmale begutachtet, um dann auf die Gärqualität zu schließen (DLG INFORMATION, 1/2004). Auf die zusätzliche Bestimmung des pH- Wertes wurde verzichtet.

Die wasserlöslichen Kohlenhydrate, die wichtig für die Vermehrung der Milchsäurebakterien sind, gelten als Maßstab für die Gäreignung des Pflanzenmaterials und wurden mit der Anthronmethode nach YEMM und WILLIS (1954) erfasst.

Die Analyse der enzymlösbaren organischen Substanz gibt desweiteren einen Anhaltspunkt für die Verdaulichkeit der Silage und lässt so auf den Futterwert

schließen. Die enzymlösliche organische Substanz wurde mit Hilfe der Cellulasemethode bestimmt (ANONYMUS 2000).

Kohlenstoff und Stickstoff wurden mittels Elementaranalyse nach DUMAS (ANONYMUS 2000) mit dem Elementaranalysator VARIO EL bestimmt. Der Rohproteingehalt wurde dann aus dem Stickstoffgehalt berechnet, indem dieser mal 6,25 genommen wurde (ANONYMUS 2000).

### 3.2.3 Statistische Auswertung

Die Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit Hilfe des Computer-Statistikprogramms SPSS.

Für den Test auf Signifikanz wurden folgende Sicherungsgrenzen zugrunde gelegt:

- F- Test für die Varianzanteile:  
Sicherungsgrenze 5 % statistisch gesichert: \*  
Sicherungsgrenze 1% statistisch gesichert: \*\*
  
- t- Test für Einzelwerte:  
Sicherungsgrenze 5 %



## 4 Ergebnisse

### 4.1 Trockensubstanzgehalte

Die Trockensubstanzgehalte des Ausgangsmaterials liegen zwischen 30 und 35%, vgl. Abb.5. Die Trockensubstanzgehalte sind hoch signifikant abhängig von den Silierfehlern, vgl. Anhangtab. 1. Bei dem zu trocken einsiliierten Material liegt der Trockensubstanzgehalt bei 50 % und bei dem nassen Material bei 16 %, vgl. Anhangtab. 2. Diese beiden Silagen und die Silage mit Zuckerzusatz unterscheiden sich signifikant von der Kontrolle, deren Trockensubstanzgehalt bei 31,2 % liegt.

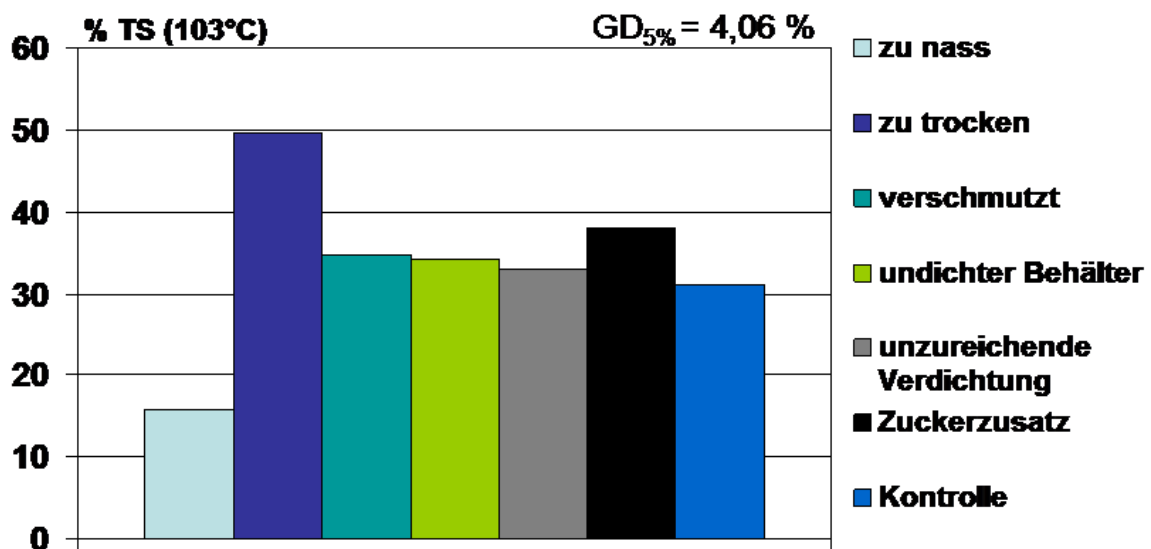
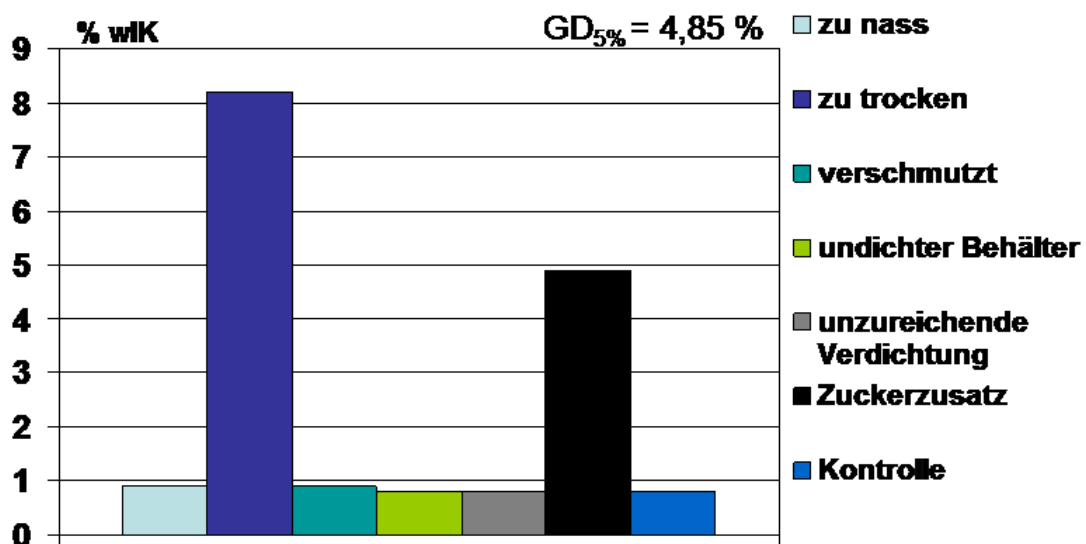


Abb. 5: Trockensubstanzgehalt in Abhängigkeit der Silierfehler

## 4.2 Silagequalität

### 4.2.1 Wasserlösliche Kohlenhydrate

Bei den Konzentrationen an wasserlöslichen Kohlenhydraten in den Probesilagen heben sich vor allem die Varianten, die zu trocken und mit Zuckerzusatz einsiliert wurden, von den anderen ab, vgl. Abb. 6. Von diesen Varianten geht die signifikante Wirkung auf die Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten aus, vgl. Anhangtab.1 und 2. Die übrigen Varianten sowie die Kontrollvariante weisen alle niedrige Gehalte unter 1 % auf. Allerdings enthält die Kontrollvariante zusammen mit den Silagen, die unzureichend verdichtet und deren Behälter nicht luftdicht verschlossen wurden, die geringsten Konzentrationen an wasserlöslichen Kohlenhydraten, vgl. Anhangtab. 2.



**Abb. 6: Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten der Silagen in Abhängigkeit der Silierfehler**

### 4.2.2 ELOS

Die Ergebnisse der ELOS- Analyse sind in Abb. 7 dargestellt. Alle Silierfehler haben eine signifikante Auswirkung auf den Gehalt an enzymlöslicher organischer Substanz in den Grassilagen, vgl. Anhangtab. 1. Wobei die Variante, bei der der

Behälter nicht luftdicht abgeschlossen wurde, eine signifikant geringere Verdaulichkeit aufweist als die Übrigen. Von der Kontrollsilage unterscheidet sich signifikant ebenfalls nur die Variante, deren Behälter nicht luftdicht verschlossen wurde. Die Gehalte an enzymlöslicher organischer Substanz für jeden Silierfehler sind in der Anhangtab. 2 dargestellt.

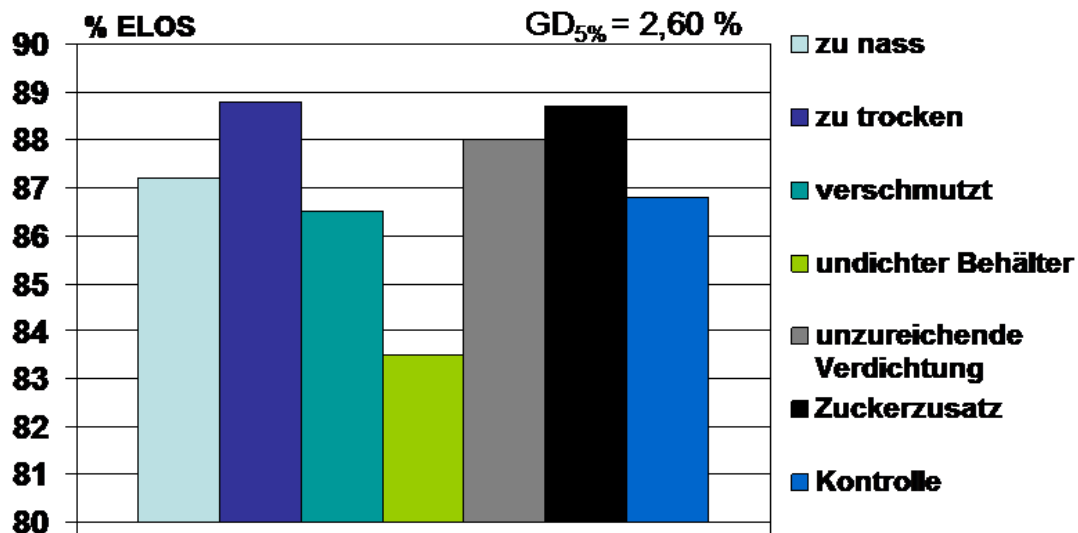


Abb. 7: ELOS der Silagen in Abhängigkeit der Silierfehler

#### 4.2.3 Rohprotein

Die Rohproteingehalte der Laborsilagen weisen alle Gehalte zwischen 16 und 20 % auf, vgl. Anhangtab. 2.

Wie in Abb. 8 zu sehen ist, ist der Rohproteingehalt bei der Variante mit Zuckerzusatz am geringsten und bei der Variante, deren Behälter nicht luftdicht abgeschlossen wurde, am höchsten. Nur diese beiden Silagen unterscheiden sich signifikant von der Kontrollvariante, deren Rohproteingehalt bei 18,9 % liegt. Die verschiedenen Silierfehler wirken sich alle hoch signifikant auf den Rohproteingehalt aus, vgl. Anhangtab. 1.

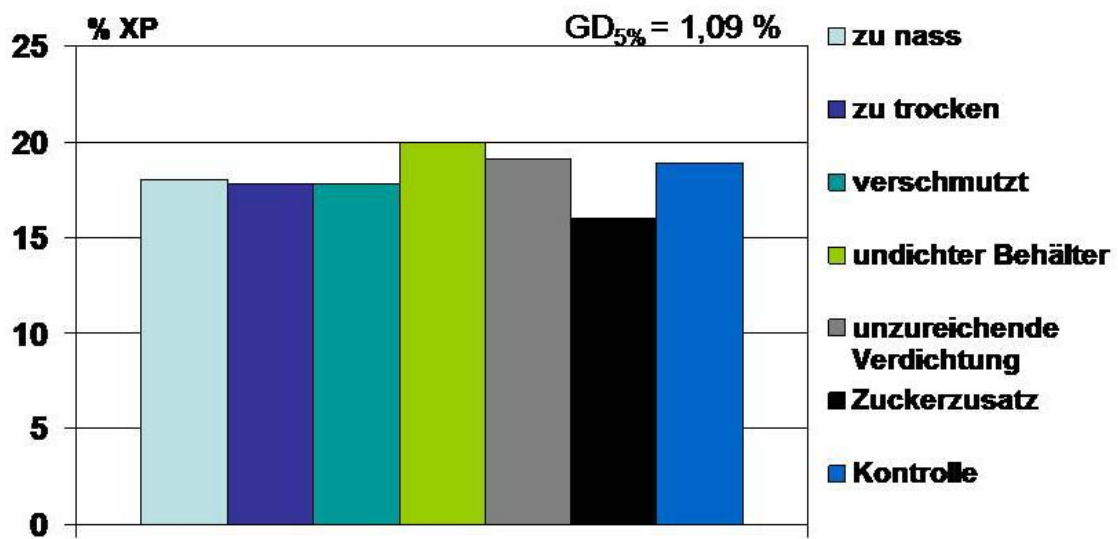


Abb. 8: Rohproteingehalte der Silagen in Abhängigkeit der Silierfehler

#### 4.2.4 C/N- Verhältnis

Die Laborsilagen weisen alle ein enges C/N- Verhältnis auf, vgl. Anhangtab. 2, das hoch signifikant von den Silierfehlern abhängig ist, vgl. Anhangtab. 1. Besonders die Silage, die während des Silierprozesses nicht luftdicht verschlossen wurde, ist leicht für Mikroorganismen zersetzbar und unterscheidet sich signifikant von den übrigen, vgl. Abb. 9. Hingegen weist die Variante mit Zuckerzusatz ein signifikant höheres C/N- Verhältnis auf. Beide Varianten unterscheiden sich auch noch signifikant von der Kontrollvariante.

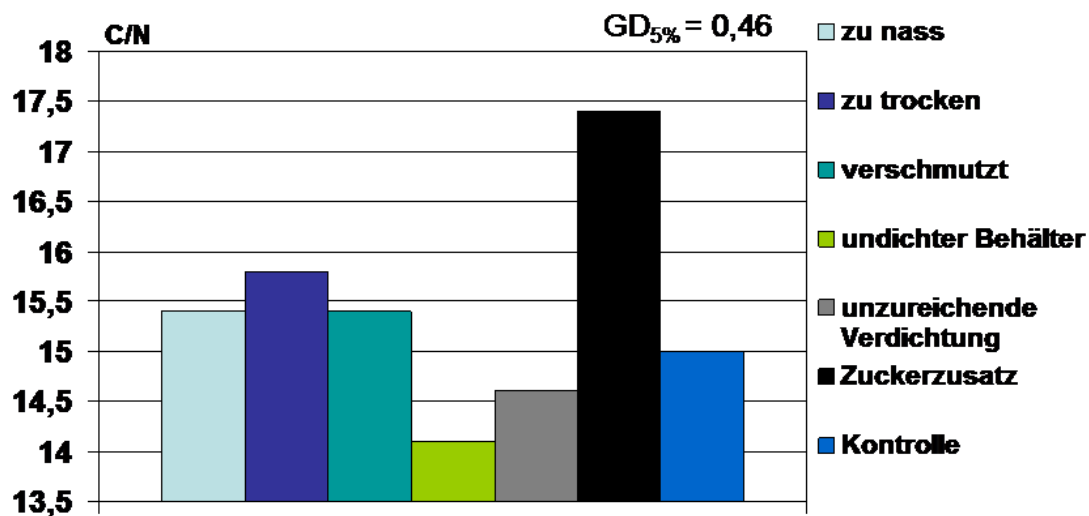


Abb. 9: Das C/N- Verhältnis der Silagen in Abhängigkeit der Silierfehler

#### 4.2.5 Silierverluste

Die Silierverluste als Maß für die Abnahme der Masse durch den Silierprozess sind in Abb. 10 dargestellt. Die Silierverluste sind hoch signifikant abhängig von den Silierfehlern, vgl. Anhangtab. 1. Die größten Trockenmasseverluste treten bei der Variante auf, die nicht luftdicht verschlossen wurde. Die Variante, die zu nass siliert wurde weist hingegen die geringsten Verluste auf, vgl. Anhangtab. 2. Von der Kontrollsilage unterscheidet sich signifikant nur die Silage, deren Behälter nicht luftdicht verschlossen wurde. Hingegen weisen die Varianten, die verschmutzt oder mit Zuckerzusatz einsiliert wurden, mit 1,2 % Silierverlusten genau so viele Verluste auf, wie die Kontrollvariante.

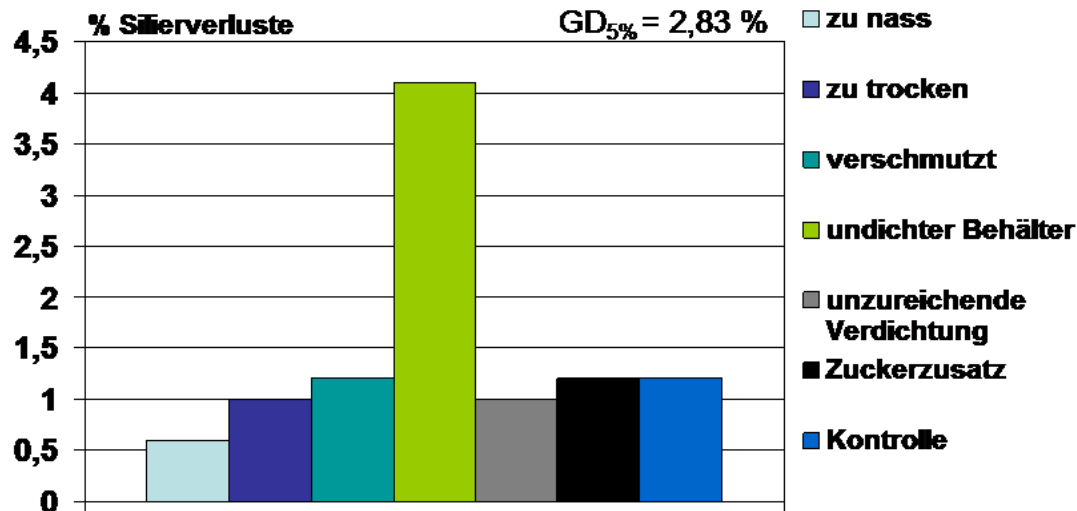


Abb. 10: Siliverluste in Abhängigkeit der Silierfehler

### 4.3 Gärqualität

Bei der Beurteilung der Gärqualität mit Hilfe des DLG- Bewertungsschlüssels wird die Wertminderung der Grassilage gegenüber dem Ausgangsmaterial festgestellt.

Buttersäure konnte olfaktorisch nur bei dem zu nass und nicht luftdicht verschlossen Silagen festgestellt werden, vgl. Tab. 1. Essigsäure hingegen ist in allen Silagen festzustellen. Am stärksten wahrnehmbar ist sie in der nassen Silage, was zu Qualitätsabzügen von vier Punkten führt. Allerdings ist nur in der Silage, die unter Lufteinfluss stand, Hefen, sichtbarer Schimmel und Erwärmung fest zu stellen. Außerdem sind die Blattränder deutlich angegriffen und schmierig.

Die Silage, die zu trocken einsiliert wurde und nur leichten Essigsäuregeruch aufweist, erreicht nach diesem Schema die beste Note und das Urteil sehr gut. Die Variante, deren Behälter nicht luftdicht verschlossen wurde, erhält auf Grund der zahlreich festgestellten negativen Merkmale die schlechteste Note mit dem Urteil sehr schlecht. Die Kontrollvariante sowie die Variante mit Zuckerzusatz und die Variante, die nicht richtig verdichtet wurde, erhalten das Urteil gut.

Die Qualitätsminderung ausgedrückt in MJ ME oder MJ NEL/kg TM ergibt sich aus der Note und ist für jede Variante in Abb. 11 dargestellt. Bei der verschmutzten

Silage muss auf Grund der deutlich feststellbaren Erdteile zusätzlich 0,7 MJ ME bzw. 0,4 MJ NEL/kg TM abgezogen werden, vgl. Anhangtab. 3.

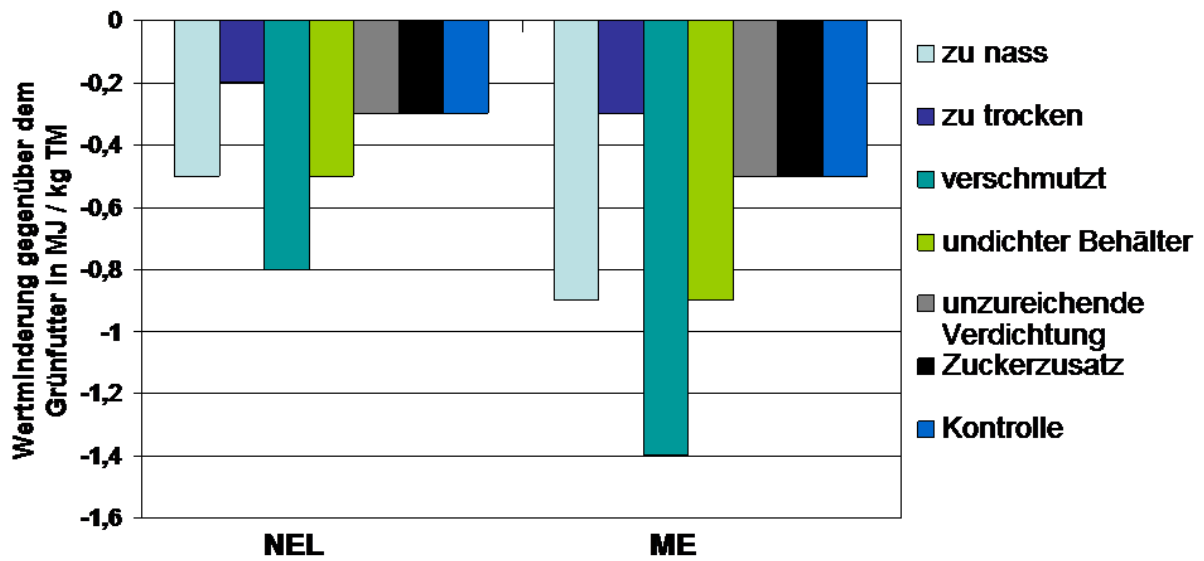


Abb. 11: Energieverluste der Silagen gegenüber dem Grünfutter in Abhängigkeit der Silierfehler

**Tab. 1: Ergebnisse der Sinnenprüfung**

	zu nass	zu trocken	verschmutzt	undichter Behälter	unzureichende Verdichtung	Zuckerzusatz	Kontrolle
<b>Geruch</b>							
a)Buttersäure	2 (s.w., m.F.)	0	0	3 (s.w., o.F.)	0	0	0
b)Essigsäure	4 (st.w.)	1 (s.w.)	2 (d.w.)	2 (d.w.)	1 (s.w.)	1 (s.w.)	1 (s.w.)
c)Erwärmung	0	0	0	1 (s.w.)	0	0	0
d)Hefen	0	0	0	1 (s.w.)	0	0	0
e)Schimmel	0	0	0	3 (s.w.)	0	0	0
<b>Farbe</b>							
a)Bräunung	0	0	1 (br.a.n.)	4 (st.gr.)	1 (br.a.n)	2 (d.gr.)	2 (d.gr.)
b)Vergilbung	2 (d.gl.)	0	1 (gl.a.n.)	0	0	0	0
c)sonstiges	0	0	0	7 (s.S.)	0	0	0
<b>Gefüge</b>	0	0	1 (S.l.a.)	2 (B.d.a.)	0	0	0
<b>Summe</b>	8	1	5	23	2	3	3
<b>Trockenmasse in %</b>	<20	45	35	30	35	30	30
<b>Urteil</b>	schlecht	sehr gut	bedarf der Verbesserung	sehr schlecht	gut	gut	gut

Geruch: s.w., (m.F./o.F.)= schwach wahrnehmbar (erst nach Fingerprobe/ ohne Fingerprobe) d.w.= deutlich wahrnehmbar st.w.= stark wahrnehmbar  
 Farbe: gl/br.a.n.= gelblicher/bräunlicher als normal st.gr.= stark gebräunt d.gl/gr.= deutlich gelblich/gebräunt s.S.= sichtbarer Schimmelbefall  
 Gefüge: S.l.a.= Pflanzenteile nur an Schnittstellen leicht angegriffen B.d.a.= Blätter deutlich angegriffen, schmierig



## 5 Diskussion

Gerade bei Herbstaufwüchsen, die oftmals unter unbeständigen Witterungsverhältnissen geerntet werden müssen, können Probleme beim Einsilieren des Futters auftreten. Die Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten sind meist niedrig, wenn die Sonneneinstrahlung nicht intensiv genug ist und nicht ausreichend Zucker gespeichert werden kann (NUSSBAUM, 1999). Folglich ist besonderer Wert auf den optimalen Trockensubstanzgehalt zu legen, der laut NUSSBAUM (1999) bei Herbstaufwüchsen um 40 % liegt. Denn durch die Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes steigt auch die Konzentration an wasserlöslichen Kohlenhydraten im Grünfutter, deren Menge sehr entscheidend für eine schnelle Entwicklung der Milchsäurebakterien, für einen optimalen Gärverlauf und eine gute Silagequalität ist. Die zuvor stark angewelkte Silage mit einem Trockensubstanzgehalt von 50 % liegt demnach über dem optimalen Wert. Bei dieser Silage ist vor allem mit Problemen beim Verdichten des Grünfutters und verspätetem Eintreten anaerober Verhältnisse zu rechnen. Bei der Sinnenprüfung konnten aber keine Fehlgärungen festgestellt werden, vgl. Tab. 1, und auch die enzymlösliche organische Substanz weist einen hohen Wert auf, vgl. Abb. 7. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass unter Laborbedingungen eine ausreichende Verdichtung besser erreicht werden kann als in der Praxis. Desweiteren kann durch höhere Trockenmassegehalte die Buttersäuregärung verringert werden, da das Wachstum der Buttersäurebakterien durch die Zunahme des osmotischen Drucks im Erntegut gehemmt wird, was meist zu einer besseren Silagequalität beiträgt (NUSSBAUM, 2007). Außerdem liegt der kritische pH-Wert in Silagen mit hohem Trockensubstanzgehalt höher und es muss weniger Säure gebildet werden (WEISSBACH, 2002).

Die Silage, die nicht angewelkt wurde, weist mit 16 % Trockenmasse einen zu geringen Trockensubstanzgehalt auf. In solchen Silagen ist verstärkt mit Buttersäuregärung zu rechnen (NUSSBAUM, 2002), die auch bei der Sinnenprüfung festgestellt werden konnte. Bei der ELOS-Analyse konnte aber keine signifikant schlechtere Verdaulichkeit gegenüber der trockenen Variante und der Kontrollvariante, vgl. Abb. 7, die leicht angewelkt wurde und einen optimalen Trockensubstanzgehalt aufweist, festgestellt werden. Generell empfiehlt es sich aber

das Grünfutter vor dem einsilieren auf den optimalen Trockensubstanzgehalt anzuwelken (HANSEN, 2002).

Am Ende des Gärprozesses ist der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten in Silagen ein wichtiges Kriterium für die Aerostabilität nach dem Öffnen des Silos. Durch den Luftzutritt wird der, während dem Silierprozess nicht abgebaute Zucker, von aeroben Gärschädlingen abgebaut und es kommt zu Nacherwärmungen (STERZENBACH, 2000, S. 64). Außer den Varianten, die mit einem hohen Trockensubstanzgehalt und mit Zuckerzusatz einsiliert wurden, weisen alle Silagen niedrige Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten auf, die unter 1% liegen, vgl. Abb.6. Bei diesen Silagen ist nicht mit einem erhöhten Risiko für die Aerostabilität zu rechnen (STERZENBACH, 2000, S. 43).

Der höhere Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten in der Silage, die mit einem Trockensubstanzgehalt von 50 % einsiliert wurde, im Vergleich zu der Silage, der vor der Silierung Zucker zugesetzt wurde, lässt sich damit erklären, dass auf Grund des hohen Trockensubstanzgehaltes den Bakterien weniger Wasser zur Verfügung steht und sie empfindlicher auf Säure reagieren als bei nasser einsiliertem Material (ADLER, 2002). Folglich wird weniger Säure gebildet und weniger wasserlösliche Kohlenhydrate abgebaut. Bei der Variante mit Zuckerzusatz ist der Trockensubstanzgehalt geringer, der kritische pH- Wert liegt niedriger und es muss mehr Säure gebildet und mehr wasserlösliche Kohlenhydrate abgebaut werden um diesen pH- Wert zu erreichen (NUSSBAUM, 1999). Bei den übrigen Varianten ist der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten nicht auf den Silierfehler zurück zu führen.

Zu Beginn der Silierung ist der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten entscheidend für den Verlauf des Gärprozesses und eine ausreichende Milchsäuregärung. Für einen guten Silierverlauf sollte der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten im Grünfutter nicht unter 3,7 % liegen (STERZENBACH, 2000, S. 6). Dieser Gehalt wird von der Silage, die trocken einsiliert wurde und der mit Zuckerzusatz auch nach der Silierung noch weit überschritten, vgl. Abb. 6. Die gute Siliereignung dieser Varianten wird auch bei der Sinnenprüfung deutlich, vgl. Tab. 1. Bei beiden Silagen konnte keine Buttersäure festgestellt werden. Nur Essigsäure war schwach wahrnehmbar, was man auf die gute Entwicklung der heterofermentativen

Milchsäurebakterien zurück führen kann und sich in geringen Konzentrationen positiv auf die aerobe Stabilität auswirken kann (STERZENBACH, 2000, S. 66).

Hingegen unterscheidet sich die zu nass einsilierte Variante nicht signifikant im Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten von der Kontrollvariante.

Anhand der Sinnenprüfung ist aber nicht festzustellen, dass nur wenig Restzucker in Herbstaufwüchsen enthalten ist. Die Kontrollvariante weist nur schwach wahrnehmbar Essigsäure auf und enthält ein gutes Urteil bezüglich der Gärfutterqualität, vgl. Tab. 1. Folglich scheinen ausreichend wasserlösliche Kohlenhydrate für die Milchsäurebakterien in dem Grünfutter enthalten zu sein und der pH- Wert konnte schnell genug sinken um die Gärschädlinge zu hemmen. Die weniger gute Gärqualität anderer Varianten, die bei der Sinnenprüfung festgestellt wurde, kann demnach auch nicht auf den Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten zurück geführt werden.

Im Allgemeinen ist festzustellen, dass die Laborsilagen aus Herbstaufwüchsen des Welschen Weidelgrases hohe Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten aufweisen. Dies kann z.T. auch auf den in der Regel hohen Zuckergehalt dieser Gräser im Vergleich zu Legumisosen zurückgeführt werden, die deutlich geringere Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten aufweisen. Laut JÄNICKE (2006, S. 36) beträgt der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten bei Weidelgräsern 173 g/kg TM.

Die enzymlösliche organische Substanz ist ein Maßstab für die Verdaulichkeit der Silage und wichtig für den Futterwert. Durch Anwelken des Grünfutters und Zuckerzugabe konnte keine signifikante Erhöhung der Verdaulichkeit von Herbstaufwüchsen gegenüber der Kontrollvariante festgestellt werden, vgl. Abb. 7. Anwelken führt aber generell zu einer Erhöhung der Nährstoffkonzentration durch die Verringerung des Wassergehaltes (GROSS & RIEBE, 1974, S. 143). Nur durch ständigen Lufteinfluss während der Gärung verringert sich die Verdaulichkeit signifikant, was auf die Fehlgärungen zurück zu führen ist, die auch bei der Sinnenprüfung festgestellt wurden. So weist diese Variante sowohl Essigsäure als auch Buttersäure auf. Desweiteren konnten Hefen und Schimmelpilze festgestellt werden, vgl. Tab. 1.

Bei der Variante, die verschmutzt einsiliert wurde, konnte keine signifikante Verringerung der Verdaulichkeit festgestellt werden. Doch durch den hohen

Rohaschegehalt wird der Futterwert der Silage beeinträchtigt, da dieser die Verdauungsvorgänge im Pansen negativ beeinflussen kann (NUSSBAUM, 2007). Deshalb werden bei der Sinnenprüfung für Verschmutzungen noch zusätzlich Abzüge berechnet, sodass letztlich bei dieser Silage die höchste Minderung der Energiekonzentrationen gegenüber dem Grünfutter festgestellt wurde, vgl. Abb.11. Gerade auch bei Herbstaufwüchsen besteht in der Praxis häufig das Problem, dass durch unbeständige Witterung die Schmutzeinträge in das Siliergut erhöht sind. Mit der Folge, dass der Schadorganismenbesatz zunimmt und Fehlgärungen, vor allem Buttersäuregärung, eintreten (NUSSBAUM, 1999). Bei der Sinnenprüfung konnte allerdings trotz des hohen Schmutzgehalts der Frischmasse von 20 % keine Buttersäure in der Laborsilage festgestellt werden.

Rohprotein ist vor allem für den Futterwert der Silagen von großer Bedeutung. Die Rohproteingehalte der Laborsilagen weisen alle Gehalte zwischen 16 und 20 % auf, vgl. Abb. 8, und liegen somit z.T. über den Zielwerten von 16 - 18 % (THAYSEN & BAHR, 2008). Da bei der Sinnenprüfung sowohl in dem nass einsiliertem Material als auch in der Silage, die nicht luftdicht verschlossen wurde, Buttersäure festgestellt wurde, wäre zu erwarten gewesen, dass vor allem durch den Eiweißabbau der proteolytischen Buttersäurebakterien der Rohproteingehalt in diesen Varianten geringer ist als in der Kontrollvariante. Unerklärbar ist aber, dass entgegen der Erwartungen gerade die nicht luftdicht verschlossene Silage einen signifikant höheren Gehalt an Rohprotein aufweist und in der Silage mit Zuckerzusatz signifikant mehr Rohprotein abgebaut worden ist als in der Kontrollsilage, vgl. Anhangtab. 2.

Zu Beginn der Silierung sind hohe Rohproteingehalte im Grünfutter allerdings negativ zu bewerten, da sie puffernd wirken und einer schnellen Absenkung des pH- Wertes entgegenwirken (GROSS & RIEBE, 1974, S. 134). Laut NUSSBAUM (1999) sind Rohproteingehalte gerade in jungen Herbstaufwüchsen hoch und erschweren wiederum die Gärfähigkeit des Erntegutes.

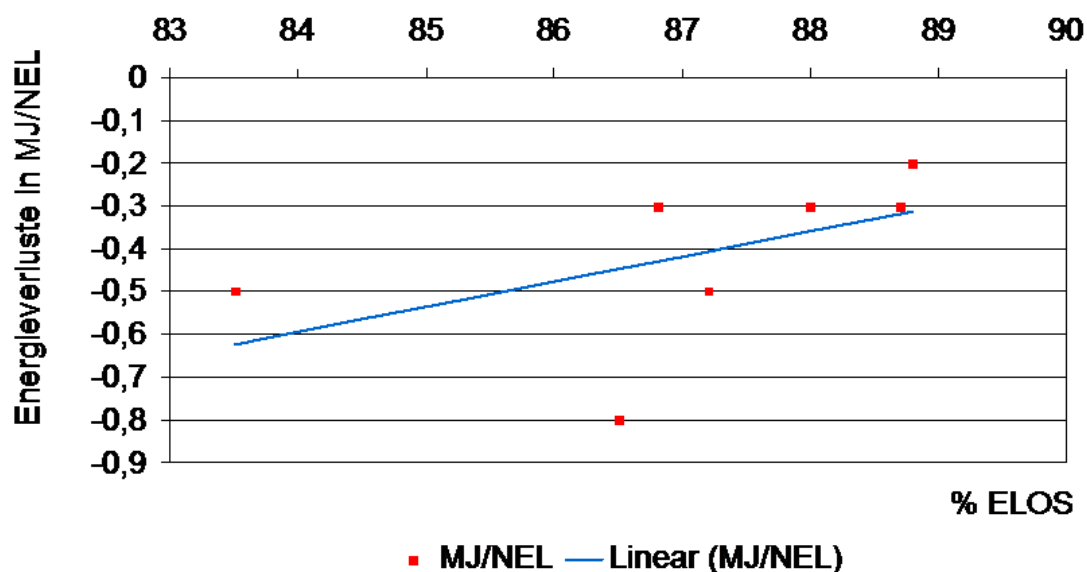
Das C/N- Verhältnis ist ein wichtiger Indikator für die mikrobielle Abbaubarkeit eines Substrats. Liegt das C/N- Verhältnis unter 20 ist die Silage für Mikroorganismen leicht abbaubar, da genug Stickstoff zum Aufbau körpereigenen Eiweißes vorhanden ist.

Alle Varianten weisen ein C/N- Verhältnis von unter 20 auf, vgl. Abb. 9. Besonders niedrig ist es bei der Variante, deren Behälter nicht luftdicht verschlossen wurde. Der

mikrobielle Abbau der Silage ist auch bei der Sinnenprüfung sichtbar. Die Blätter der Silage sind deutlich angegriffen. Dies hat wiederum Auswirkungen auf die Höhe der Silierverluste, die auch bei dieser Variante am höchsten sind, vgl. Abb. 10.

Zum Vergleich zwischen Labormethode und Sinnenprüfung können die Ergebnisse der ELOS- Analyse und die Energieverluste, die bei der Sinnenprüfung festgestellt wurden, herangezogen werden, vgl. Abb. 12. Mit beiden Verfahren wird die zu trocken einsilierte Variante am besten bewertet. Bei der Sinnenprüfung ergeben sich für das nass einsilierte Material und die nicht luftdicht verschlossene Variante gleiche Energieminderungen gegenüber dem Grünfutter. Mit der ELOS- Analyse hingegen wird die nicht luftdicht verschlossene Variante mit 83,5 % enzymlösliche organische Substanz am schlechtesten bewertet und die nass einsilierte Variante mit 87,2 % besser. Der hohe Schmutzgehalt, der bei der Sinnenprüfung mit 0,7 MJ NEL/ kg TM Abzug beurteilt wird, wird bei der ELOS- Analyse nicht so deutlich. Die Kontrollvariante ebenso wie die Variante mit unzureichender Verdichtung werden mit beiden Methoden ähnlich bewertet.

Demnach ist fest zu halten, dass mit geringen Ausnahmen die Sinnenprüfung nach dem DLG- Bewertungsschema gute Ergebnisse liefert.



**Abb. 12: Gegenüberstellung der Energieverluste nach der Sinnenprüfung und der enzymlöslichen organischen Substanz mit Hilfe der Laboranalyse**

Zusammenfassend weisen die Laborsilagen im Durchschnitt gute Ergebnisse auf. Eine Ausnahme stellt die Silage da, deren Gärprozess unter aeroben Einfluss stand. Die negativen Ergebnisse sind aber auf den Silierfehler und nicht auf die Qualität der Herbstaufwüchse zurück zu führen. Zu beachten ist aber, dass unter Laborbedingungen bessere Ergebnisse erzielt werden können als in der Praxis. Andererseits zeigt sich auch, dass es möglich ist, trotz schwieriger Bedingungen im Herbst gute Silagen zu produzieren.

## 6 Zusammenfassung

In dem Versuch wurden Laborsilagen aus Herbstaufwüchsen des Welschen Weidelgras des dritten Aufwuchses hergestellt. Dabei wurden Silierfehler simuliert, um deren Einfluss auf die Silagequalität fest zu stellen. Es wurden Silagen erstellt mit hohem und niedrigem Trockensubstanzgehalten sowie Silagen, denen hohe Schmutz- oder Zuckermengen zugesetzt und welche, die nicht richtig verdichtet oder nicht luftdicht verschlossen wurden. Zur Feststellung der Silagequalität wurden ELOS- und Zuckeranalysen durchgeführt und der Rohproteingehalt ermittelt. Die Gärqualität, gemessen an den unerwünschten Inhaltsstoffen, wie Buttersäure, Essigsäure, Hefen und Schimmel, wurde mit Hilfe des DLG- Bewertungsschlüssels zur Sinnenprüfung festgestellt.

1. Die Herbstaufwüchse, die mit einem Trockensubstanzgehalt von 50 % einsiliert wurde, erhält ein sehr gutes Urteil bezüglich der Gärqualität, die mit der Sinnenprüfung festgestellt wurde, da nur geringe Mengen an Essigsäure fest zu stellen waren. Bei der Variante mit einem Trockensubstanzgehalt von 16 % hingegen konnte deutlich Essigsäure und Buttersäure festgestellt werden. Bei der ELOS- Analyse ergeben sich allerdings keine signifikanten Unterschiede zwischen diesen beiden Varianten.
2. Die Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten in den Herbstaufwüchsen sind ausreichend für eine gute Entwicklung der Milchsäurebakterien. Die Kontrollvariante, die mit einem Trockensubstanzgehalt von 31 % einsiliert wurde, weist eine gute Gäreignung auf. Signifikant höhere Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten konnten in den Silagen festgestellt werden, denen Zucker zugesetzt wurde und die mit einem hohen Trockensubstanzgehalt von 50 % einsiliert wurden.
3. Die Herbstsilagen weisen im Durchschnitt eine gute Qualität auf. Die Rohproteingehalte, die wichtig für den Futterwert der Silagen sind, schwanken zwischen 16 und 20 % und liegen so in einem sehr guten Bereich. Negativ zu beurteilen ist vor allem die Silage, deren Gärprozess unter Lufteinfluss stand. Die, in dieser Silage enthaltene, enzymlösliche organische Substanz ist signifikant geringer als die der Kontrollvariante und auch bei der Sinnenprüfung konnte sowohl Buttersäure und Essigsäure als auch Hefen und

Schimmel festgestellt werden. Allerdings wurden bei dieser Variante mit 20 % Rohprotein die höchsten Rohproteingehalte festgestellt. Bei der ELOS-Analyse ebenso wie bei der Sinnenprüfung wird die Silage, die mit einem Trockensubstanzgehalt von 50 % einsilierter wurde, am besten bewertet.

4. Gerade bei Herbstaufwüchsen ist mit starken Verschmutzungen auf Grund unbeständiger Witterung zu rechnen. Bei der ELOS- Analyse konnte keine signifikante Minderung der Verdaulichkeit durch hohe Schmutzanteile festgestellt werden. Nur bei der Sinnenprüfung wird diese Variante mit den meisten Energieverlusten bewertet. Allerdings konnte nur Essigsäure festgestellt werden und keine Buttersäure, die auf Grund der im Schmutz enthaltenen Clostridien zu erwarten gewesen wäre.
5. Im Allgemeinen weist die Sinnenprüfung gute Ergebnisse auf, die mit geringen Ausnahmen ähnlich denen, der ELOS- Analyse sind und vor allem in dem zusätzlichen Energieabzug für die Verschmutzung begründet sind.



## 7 Literaturverzeichnis

1. ADLER, A., 2002: Qualität von Futterkonserven und mikrobielle Kontamination.- URL:  
<http://www.gumpenstein.at/publikationen/expert2002/adler.pdf>.
2. ADLER, A. & H. LEW: Dynamik der epiphytischen Mikroflora auf Grünlandpflanzen im Zusammenhang mit verschiedenen Düngungsvarianten.- URL: [http://www.boku.ac.at/die\\_bodenkultur\\_volltexteband\\_46\\_heft\\_1\\_adler.pdf](http://www.boku.ac.at/die_bodenkultur_volltexteband_46_heft_1_adler.pdf).
3. ANONYMUS 2000: Methodenbuch Band III. Die chemische Analyse von Futtermitteln.- Erstausgabe 1976, Ergänzungslieferungen 1997 und 2000, Verlag VDLUFA Darmstadt.
4. ANONYMUS 2008: URL: [http:// www.gruenland-online.de](http://www.gruenland-online.de).
5. Bundesarbeitskreis Futterkonservierung (Hrsg.), 2006: Praxishandbuch Futterkonservierung.- 7. Aufl., DLG- Verlag, Frankfurt am Main.
6. DLG Information, 1/2004: DLG Schlüssel zur Bewertung von Grünfütter, Silage und Heu mit Hilfe der Sinnenprüfung.-URL:  
<http://www.futtermittel.net/pdf/grobfutterbewertung.pdf>
7. GROSS, F. & K. RIEBE, 1974: Gärfütter.- Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
8. BERENDONK, C., 2008: Früher Schnitt bringt Energie.- in:  
Landwirtschaftliches Wochenblatt/Westfalen- Lippe, 17/2008, S. 21- 23.
9. HANSEN, M., 2002: Grassilage/Wichtigstes Grundfütter in der Rindviehhaltung.- URL: <http://www.lta.ludownload/grassilage.pdf>.
10. HÜNTING, K. & M. PRIES, 2008: Siliermittel lohnen immer.- in:  
Landwirtschaftliches Wochenblatt/Westfalen- Lippe, 17/2008, S. 26-27.
11. JÄNICKE, H., 2006: Pflanzenbauliche Maßnahmen zur Beeinflussung der Gärqualität. .- in: Bundesarbeitskreis Futterkonservierung (Hrsg.):  
Praxishandbuch Futterkonservierung, 7. Aufl., DLG- Verlag, Frankfurt am Main, S. 35-41.
12. JUCKEN, E., 1994: Mischungseffekte unter den Aspekten Gäreigenschaften und Gärfutterqualität.- Gießen, Univ., Diss..
13. KAISER, E., 2006: Beurteilung der Gärqualität, in Bundesarbeitskreis Futterkonservierung (Hrsg.): Praxishandbuch Futterkonservierung, 7. Aufl., DLG- Verlag, Frankfurt am Main, S. 42-49.

14. KALZENDORF, C., 2006: Siliermittelarten und ihre Wirkungsweisen.- in: Bundesarbeitskreis Futterkonservierung (Hrsg.): Praxishandbuch Futterkonservierung, 7. Aufl., DLG- Verlag, Frankfurt am Main, S. 155-162.
15. MILIMONKA, A., 2005: Wege zu hochwertiger Grassilage.- in: Bauern Zeitung Brandenburg, 15/2005, S. 22-23.
16. NAUMANN, K. & R. BASSLER, 1976: Methodenbuch Band III. Die chemische Analyse von Futtermitteln.- Verl. J. Neumann-Neudamm, Melsungen, Berlin, Basel, Wien.
17. NUSSBAUM, H., 1999: Grassilage von Herbstaufwüchsen.- URL: [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servletPBshow1174617\\_11Herbstsilage.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servletPBshow1174617_11Herbstsilage.pdf).
18. NUSSBAUM, H., 2001: Gute Gärqualität bestimmt die Grundfutteraufnahme.- URL: [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servletPBshow1174368\\_11Gärqualität.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servletPBshow1174368_11Gärqualität.pdf).
19. NUSSBAUM, H., 2002: Nachgärung wirkungsvoll in den Griff bekommen.- URL: [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servletPBshow1174620\\_11Nachgärung.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servletPBshow1174620_11Nachgärung.pdf).
20. NUSSBAUM, H., 2003: Gute Gassilage braucht Nitrat zur Gärung.- URL: [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servletPBshow1174371\\_11Nitrat\\_Silage.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servletPBshow1174371_11Nitrat_Silage.pdf).
21. NUSSBAUM, H., 2007.: Dreck macht nicht fett/ Verschmutzung bei Grassilage.- URL: [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servletPBshow1203verschmutzung154\\_11LVVG6\\_Verschmutzung%20bei%20Grassilagen.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servletPBshow1203verschmutzung154_11LVVG6_Verschmutzung%20bei%20Grassilagen.pdf).
22. PAHLOW, G., 2006: Gärungsbiologische Grundlagen und biochemische Prozesse der Silagebereitung.- in: Bundesarbeitskreis Futterkonservierung (Hrsg.): Praxishandbuch Futterkonservierung, 7. Aufl., DLG- Verlag, Frankfurt am Main, S. 11-20.
23. PRIES, M. & T.KAYSER, (2005).: Nacherwärmungen bei Grassilagen vermeiden.- URL: <http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/tierproduktion/rinderhaltung/fuetterung/nacherwaermung-grassilage.htm>.
24. STERZENBACH, M., 2000: Nutzungsmöglichkeiten von Aufwüchsen extensiv bewirtschafteten Grünlandes durch Mutterkühe.- Gießen, Univ., Diss..

25. SPIEKERS, H., 2006: Einleitung und Zielgrößen.- in: Bundesarbeitskreis Futterkonservierung (Hrsg.): Praxishandbuch Futterkonservierung, 7. Aufl., DLG- Verlag, Frankfurt am Main, S. 7-10.
26. THAYSEN, J., 2006: Grassilagebereitung.- in : Bundesarbeitskreis Futterkonservierung (Hrsg.): Praxishandbuch Futterkonservierung, 7. Aufl., DLG- Verlag, Frankfurt am Main, S. 91- 100.
27. THAYSEN, J. & T. BAHR, 2008: Ergebnisse des Silagewettbewerbs SH 2007 und Schlussfolgerungen für die Praxis.- URL:  
[http://www.lwksh.de/cms/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Pflanzenbau/Futter/Silagewettbewerb\\_SH\\_Siegerehrung.pdf](http://www.lwksh.de/cms/fileadmin/user_upload/Downloads/Pflanzenbau/Futter/Silagewettbewerb_SH_Siegerehrung.pdf).
28. THAYSEN, J. & A. WAGNER, 2006: Allgemeine Grundsätze der Silierung/ Silierprinzip, Verluste, Luftabschluss, Entnahmevorschub.- in: Bundesarbeitskreis Futterkonservierung (Hrsg.): Praxishandbuch Futterkonservierung, 7. Aufl., DLG- Verlag, Frankfurt am Main, S. 51-65.
29. WEISSBACH, F., 2002: Grundlagen und Praxis der Produktion guter Grassilagen.- URL:  
<http://www.gumpenstein.at/publikationen/expert2002weissbach.pdf>.
30. WILHELM, H., 1991: Futterkonservierung/ Silagebereitung, Heuwerbung, Getreide- Maistrocknung.- Leopold Stocker Verlag, Graz/Stuttgart.
31. YEMM, E. & A. WILLIS, 1954: The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone.- Biochemical Journal 57, S. 508-514.

## 8 Anhang

**Anhangtab. 1: Varianzen**

		FG	MQ/F-Test
ELOS	Zwischen den Gruppen	6	6,486*
	Innerhalb der Gruppen	7	1,213
wlk	Zwischen den Gruppen	6	17,252*
	Innerhalb der Gruppen	7	4,158
C/N	Zwischen den Gruppen	6	2,176**
	Innerhalb der Gruppen	7	0,038
Rohprotein	Zwischen den Gruppen	6	3,194**
	Innerhalb der Gruppen	7	0,211
TS	Zwischen den Gruppen	8	208,713**
	Innerhalb der Gruppen	9	2,952
Silier - Verlust	Zwischen den Gruppen	10	306,676**
	Innerhalb der Gruppen	11	1,431
	Gesamt	13	

\*  $\alpha = 5 \%$

\*\*  $\alpha = 1 \%$

**Anhangtab. 2: Gehalte je nach Silierfehler**

	% wIK	% ELOS	C/N	% XP	% TS	% Silierverluste
zu nass	0,9	87,2	15,4	18	15,8	0,6
zu trocken	8,2	88,8	15,8	17,8	49,7	1
verschmutzt	0,9	86,5	15,4	17,8	34,7	1,2
undichter Behälter	0,8	83,5	14,1	20	34,3	4,1
unzureichende Verdichtung	0,8	88	14,6	19,1	33,1	1
Zuckerzusatz	4,9	88,7	17,4	16	38	1,2
Kontrolle	0,8	86,8	15	18,9	31,2	1,2

**Anhangtab. 3: Energieverluste der Silagen gegenüber dem Grünfutter**

	MJ /NEL	MJ/ME
zu nass	-0,5	-0,9
zu trocken	-0,2	-0,3
verschmutzt	-0,4 + (- 0,4)*	-0,7 + (- 0,7)*
undichter Behälter	-0,5	-0,9
unzureichende Verdichtung	-0,3	-0,5
Zuckerzusatz	-0,3	-0,5
Kontrolle	-0,3	-0,5

\*Abzug für deutlich feststellbare Verschmutzung

## Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Die Stellen, die anderen Werken wörtlich oder sinngemäß entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht. Ich versichere weiterhin, dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat.

Gießen, den 08.07.2008