

Gärqualität und aerobe Stabilität von trockenheitsgeschädigtem Silomais bei hohen Fermentationstemperaturen

Richter, Wolfgang Imanuel Friedrich, (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Poing);

1. Einführung

Nicht überall, aber in weiten Teilen Bayerns führte die Trockenheit nicht nur zu Ertragsausfällen beim Gras, sondern auch bei Silomais zu früheren Ernteterminen und geringeren Erträgen.



Bild 1: Geringe Wuchshöhe und unvollständige Kolbenausbildung durch Wassermangel am 12.08.2003 Grub

Bei der Silomaisernte wurde mit sehr hohen Silierguttemperaturen und zum Teil zu hohen Trockenmassegehalten einsiliert. Die Ursachen sind bekannt. Durch die hohen Temperatursummen war der Silomais einige Wochen früher reif und auf Standorten mit zu geringer Wasserversorgung musste er weitere Wochen früher oder zu trocken geerntet werden. Wenn nicht vertrockneter Mais siliert werden sollte, musste am 12. August (Bild 1) mit dem Häckseln begonnen werden. Ein seltenes Ereignis, das einige neue Fragen zur Silierbarkeit von Silomais aufwarf, die auf den besonders hohen Temperaturen des Siliergutes beruhten. Temperaturen über 40 °C wurden gemessen. Um dies näher zu verfolgen, wurde in

Grub ein Silo näher untersucht. Das vom Versuchsgut Grub gefüllte Silo ca. 350 m³ mit schrägen Seitenwänden wurde auf etwa 2 m gefüllt, optimal abgedeckt mit eingehenkter Folie, Unterzieh- und Deckfolie, sowie Schutzgitter und mit einem Temperaturfühler im hinteren oberen Drittel bestückt. Die Temperatur wurde wöchentlich abgelesen und dazu die Wochenmitteltemperatur der Außenluft aufgetragen (Bild 2). Die Temperatur im Silo stieg zunächst an. Erst ganz langsam kühlte das Silo ab, um dann mit der Aussenluft wieder anzusteigen.

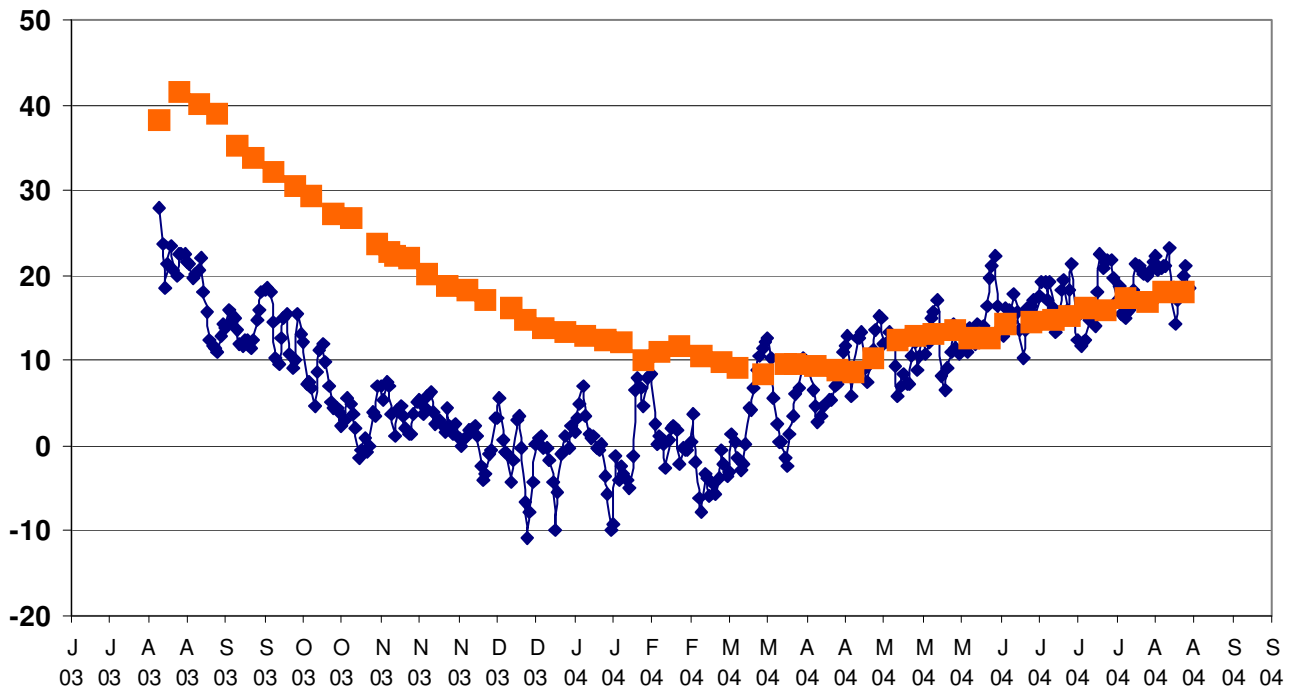


Bild 2: Verlauf der Silage- und Aussenlufttemperatur bei trockenheitsgeschädigtem Silomais

Zunächst kann aus den Grundlagen der Gärbiologie abgeleitet werden (Groß und Riebe 1974; Pahlow et al. 2003), dass Milchsäurebakterien von 5 – 50 °C wachsen können mit einem Temperaturoptimum zwischen 25 bis 40 °C, sodass von einer Milchsäurebildung und pH-Wertabsenkung auch bei den höheren Temperaturen auszugehen war, die erzielbaren Gärqualitäten aber nicht abzuschätzen waren.

Die vielfach unvollständige Kolbenausbildung ließ höhere Zuckergehalte im Siliergut erwarten (Groß 1984; Thalmann 1992; Richter et al. 1996). Verbunden mit der höheren Silierguttemperatur war eine raschere Entwicklung der Hefen anzunehmen. Diese können sich auch bei luftdichter Abdeckung weiter, aber deutlich langsamer vermehren. Bei der Öffnung des Silos und ausreichendem Gärsubstrat (Restzucker, Milchsäure) kann es dann zu rascher Erwärmung des Siloanschnittes kommen. Wurde dann auf Grund des Erntetermins zu spät geerntet und damit eine zu geringe Dichte im Silostock erzielt war ein Anstieg des Vorkommens wiedererwärmter Siloanschnitte vor allem im darauffolgenden Frühjahr und Sommer erwartbar.

In einigen Lagen konnte dann noch ein vermehrtes Vorkommen von Maisbeulenbrand beobachtet werden. Dieses Vorkommen erhöht die Verluste auf dem Feld und im Silo, verschlechtert die Silagequalität und verschärft das Risiko der Wiedererwärmung. In einer

Versuchsanstellung – Silierversuch mit „Hitzemais“ - mit Laborsilos sollte daher in einem ersten Schritt die Fragestellung aufgegriffen werden, welche mittleren Gärparameter mit trockenheitsgeschädigtem Mais und hohen Fermentationstemperaturen zu finden sind und ob hier der Einsatz von Siliermitteln geboten ist.

2. Material und Methoden

Von dem in Bild 1 gezeigtem Mais gehäckseltes Siliergut unbehandelt (Kontrolle) einsiliert und bei 25°C, 35°C, 45°C gelagert. Die T-Gehalte und Rohnährstoffe wurden nach VDLUFA 1997 bestimmt. Dabei wurde die Säuerungsgeschwindigkeit nach 2 Tagen (Schuster und Zapf 1996), die aerobe Stabilität (Honig 1990) nach 2, 49 bei Luftzutritt und 90 Tagen und die Gärparameter, Zucker im Ausgangsmaterial und in den Silagen mit Anthronreagenz (Schuster und Zapf 1996) ebenso nach 2, 49 bei Luftzutritt und 90 Tagen bestimmt. Der Einsatz eines chemischen Siliermittels (Natriumbenzoat, -propionat, 4 l/t Siliergut) wurde bei 25°C und bei 45°C geprüft. Bei 45°C wurde auch ein biologisches Siliermittel (hetero-, und homofermentative Milchsäurebakterien 100000/g Siliergut) eingesetzt. Die Beurteilung der Gärqualität erfolgte mit dem DLG – Schlüssel Teil B (Weißbach und Honig 1997). Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS Statistik (Prog GLM; Tukey's Studentized Range (HSD) Test).

3. Ergebnisse und Diskussion

Der Silomais mit 30 % T ist gekennzeichnet durch einen hohen Zuckergehalt mit 24,7 % T der zu einer sehr guten Vergärbarkeit (VK = 78 %) führt. Der aus den Rohnährstoffgehalten errechnete Nettoenergiegehalt ist jedoch mit 6,15 MJ NEL/kg T deutlich unter den sonst gewünschten 6,4 MJ NEL/kg T. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Gärparameter aufgelistet. Dabei wurden die Parameter bei den Terminen 2 Tage für die Säuerungsgeschwindigkeit, 49 Tage für die aerobe Stabilität (mit Luftstreß) und 90 Tage Gärdauer bestimmt. Die Säuerungsgeschwindigkeit ausgedrückt durch den pH-Wert nach 2 Tagen bei Silomais liegt bei 45 °C deutlich über dem pH-Wert von 25 °C. Bei 49 Tagen liegen die pH-Werte von 25 und 35 °C gleich bei 4,1 und bei 45 °C höher bei 4,5. Bis zum 90.Tag sinkt der pH-Wert bei 25 und 35 °C noch weiter ab. Bei 45 °C ist dies nicht mehr der Fall (Tabelle 1). Die Luftzufuhr von jeweils einem Tag am 28. und 42. Tag soll die Situation in den Praxissilos simulieren. Im Hinblick auf die Gärqualität sind die Trockenmasseverluste und der Eiweißabbau durch Luftzufuhr deutlich zu bemerken, wenn auch der pH-Wert nicht so reagiert. Die Bildung der Milchsäure und der Essigsäure verdeutlichen dies. Die Unterschiede in der Fermentationstemperatur treten aber gerade beim Gär säuremuster auf. Bei 45 °C wird deutlich weniger Milch- und Essigsäure gebildet. Allerdings sind alle Varianten frei von Butter- und Propionsäure. Die geringere Säurebildung wird durch die Restzuckergehalte verdeutlicht, die bei der geringeren Säurebildung deutlich höher sind, sodass die höhere Fermentationstemperatur auch höhere Restzuckergehalte bedingt. Die ursprünglich vermutete höhere Bildung von Alkohol durch eine bessere Entwicklung der Hefen fand nicht statt, es wirkte sich demnach die trockene Witterung im Hinblick auf einen geringeren Epiphytenbesatz und damit weniger Hefen aus. Die Gärqualität ist durch die Höhe der Fermentationstemperatur negativ, insbesondere durch die geringen Essigsäuregehalte, beeinflusst. Durch die Bestimmung der aeroben Stabilität nach 2, 49 mit Luft und 90 Tagen luftdicht soll einmal ein Hinweis dazu gegeben werden, welche Bedeutung die Lagerdauer auf die aerobe Stabilität und zum anderen, wie eine gute Abdeckung dazu beitragen kann.

Tabelle 1: Gärparameter (Mittelwerte*; n=3) von notreifem Silomais bei unterschiedlichen

Fermentationstemperaturen und verschiedenen Siliermitteln

Lager-temperatur	La-ger-dauer	pH-Wert	Gew. Verlust in % eingew. T	NH ₃ -N in % Gesamt-N	MS % FM	ES % FM	Rest-zucker % T	DLG*** Punkte	aerobe Stabilität Tage
25° C	2	4,9 ^d	0,8 ^c	2,2 ^{cd}	0,6 ^{kl}	0,2 ^{def}	19,5 ^{ab}	66 ⁱ	6 ^{de}
	49**	4,1 ^{jk}	5,6 ^{bc}	5,4 ^{abcd}	1,7 ^{bc}	0,4 ^{cd}	11,4 ^{efg}	90 ^{cd}	8 ^{cde}
	90	3,9 ^l	1,4 ^c	5,1 ^{abcd}	1,9 ^a	0,4 ^c	13,1 ^{cdef}	92 ^{bcd}	11 ^{abc}
25° C SM _{chem.}	2	4,7 ^e	0,7 ^c	1,3 ^d	0,7 ^{jk}	0,2 ^{cde}	18,0 ^{abc}	76 ^{fgh}	15 ^a
	49**	4,0 ^l	3,9 ^c	5,1 ^{abcd}	1,8 ^{ab}	0,7 ^b	8,8 ^{fg}	99 ^{ab}	15 ^a
	90	3,9 ^l	3,1 ^c	5,4 ^{abcd}	1,6 ^{cd}	1,1 ^a	6,5 ^g	96 ^{abc}	15 ^a
35° C	2	4,5 ^f	0,9 ^c	2,7 ^{cd}	0,9 ^{ij}	0,2 ^{ef}	19,7 ^{ab}	74 ^h	9 ^{bcd}
	49**	4,1 ^{ij}	5,7 ^{bc}	4,6 ^{bcd}	1,5 ^{ed}	0,3 ^{cde}	17,5 ^{abcd}	86 ^{de}	6 ^{de}
	90	4,0 ^{kl}	2,2 ^c	2,5 ^{cd}	1,7 ^{cd}	0,6 ^b	11,5 ^{defg}	100 ^a	14 ^a
45° C	2	5,8 ^a	0,6 ^c	1,3 ^d	0,2 ⁿ	0,0 ^f	22,2 ^{ab}	37 ^k	4 ^e
	49**	4,5 ^f	10,8 ^{ab}	4,3 ^{bcd}	0,9 ^{ij}	0,1 ^{ef}	20,7 ^{ab}	78 ^{fgh}	4 ^e
	90	4,5 ^f	1,3 ^c	1,8 ^{cd}	1,0 ^{hi}	0,2 ^{ef}	19,9 ^{ab}	75 ^{gh}	4 ^e
45° C SM _{chem}	2	5,3 ^b	0,4 ^c	3,8 ^{bcd}	0,4 ^m	0,0 ^f	23,2 ^a	53 ^j	5 ^{de}
	49**	4,3 ^g	15,3 ^a	4,0 ^{bcd}	1,1 ^{gh}	0,1 ^{ef}	21,3 ^{ab}	81 ^{efg}	13 ^{ab}
	90	4,2 ^{hi}	1,1 ^c	6,0 ^{abc}	1,3 ^{fg}	0,2 ^{ef}	19,4 ^{ab}	82 ^{ef}	14 ^{ab}
45° C SM _{biol}	2	5,1 ^c	0,7 ^c	3,6 ^{bcd}	0,5 ^l	0,0 ^f	21,4 ^{ab}	52 ^j	4 ^e
	49**	4,3 ^{gh}	12,7 ^a	7,0 ^{ab}	1,2 ^{fg}	0,2 ^{ef}	19,2 ^{ab}	81 ^{efg}	4 ^e
	90	4,2 ^{hi}	4,8 ^c	9,0 ^a	1,3 ^{ef}	0,2 ^{ef}	17,1 ^{bcde}	80 ^{efgh}	5 ^e

Den eingesetzten Siliermitteln wurde das Gütezeichen der DLG in Wirkungsrichtung II Verbesserung der aeroben Stabilität verliehen.

*Mittelwerte mit ungleichen Buchstaben sind signifikant unterschiedlich ($\alpha=0,05$)

** mit Luftstress

*** DLG – Schlüssel Teil B (Weißbach und Honig 1997)

Generell zeigt sich, dass je früher ein Silo wieder geöffnet wird desto höher ist das Risiko der Wiedererwärmung. Ebenso zeigt sich, dass eine Silage umso stabiler ist, je länger sie luftdicht gelagert wurde.

Auf Grund der sehr guten Gärqualität der Kontrolle konnte durch Siliermittel nur ein geringfügiger Ausgleich des negativen Einflusses der Temperatur bei der Einlagerung erfolgen, wenn es sich um ein chemisches Siliermittel handelte. Das eingesetzte biologische Mittel, erzielte eine geringere Silagequalität. Es wurde nur bei der höheren Temperatur eingesetzt, da die Wirksamkeit bei 25 °C schon nachgewiesen war. Aus den Untersuchungen von verhageltem Silomais war zu sehen (Richter 2003), dass das geprüfte chemische Mittel bei schwierigen Silierbedingungen eine höhere Wirkungssicherheit aufweist. Dies zeigte sich bei der hohen Fermentationstemperatur auch bei der Gärqualität und ganz besonders bei der aeroben Stabilität. Da es sich bei dem biologischen Siliermittel um eine Mischung von homo- und heterofermentativen Milchsäurebakterien handelt ist zu vermuten, dass sich die homofermentativen mit einem höheren Temperaturoptimum besser entwickelten als die heterofermentativen Milchsäurebakterien. Die geringen Essigsäuregehalte unterstützen diese Annahme. Die Folge waren dann auch eine geringe aerobe Stabilität der Silagen.

Fazit

Das Silieren bei sehr hohen Siliertemperaturen führt zu geringeren Milchsäure- und Essigsäuregehalten, die zu einer geringeren aeroben Stabilität (Haltbarkeit) führen. Verstärkt wird dies durch zu geringe Verdichtung, bedingt durch zu hohe T-Gehalte. Verschärft wird das Problem durch zu frühes Öffnen der Silos und ungenügende Abdeckung. Durch den Einsatz von Siliermitteln mit dem DLG-Gütezeichen in Wirkungsrichtung 2, Verbesserung der aeroben Stabilität, kann der Nachteil der höheren Temperatur hinsichtlich der Wiedererwärmung ausgeglichen werden. Besonders geeignet erscheinen chemische Siliermittel.

Am geeignetsten die Wiedererwärmung zu verhindern ist eine hohe Verdichtung und ein ausreichender Vorschub bzw. ein alsbaldiger Verbrauch nicht stabiler Silagen. Alle anderen Maßnahmen sind mit erhöhtem Arbeitsaufwand oder vermehrten Kosten verbunden, die zudem noch zum Teil nicht sicher zum gewünschten Erfolg führen.

4. Literatur

Groß, F., Riebe, K. 1974: Gärfutter. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. Groß, F. 1984: Futterwert von Silomais bei schlechter Kolbenausbildung. Mais, 1, 27-28. Honig, H. 1990: Evaluation of aerobic stability. Proceedings of the Eurobac Conference, Swedish University of Agricultural Science, Uppsala, Schweden, Social Issue. Pahlow, G., Muck, R. E., Driehus, F., Oude Elferink, Stefanie, J. W. H., Spoelstra, S. 2003: Microbiology of Ensiling. Chapter 2. Silage Science and Technology. Number 42 in the series AGRONOMY, ASA. Richter, W. I. F., Baranowski, A., Rahn, Sabine, Pflaum, J. 1996: Konservierung von trockenheitsgeschädigtem Silomais mit Harnstoff. VDLUFA-Kongressband, 44, 175-178. Richter, W. 2003: Hagelschaden bei Silomais - Warten oder ernten? Mais, 3, 99-100. Schuster, M., Zapf, B. 1996: Methodik der chemischen Silageuntersuchung. Polykopie Bayerische Landesanstalt für Tierzucht, Grub. Thalmann, A. 1992: Nährwert und Konservierung von trockenheitsgeschädigtem Mais. Vortrag anlässlich der Tagung der AG Futterkonservierung und Fütterung am 04.03. an der LVVG Aulendorf. VDLUFA 1997: Methodenbuch Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 4. Ergänzungslieferung. Weißbach, F., Honig, H. (1997): DLG – Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf der Basis der chemischen Untersuchung. Teil B. DLG-Information.