



LANDWIRTSCHAFTLICHES ZENTRUM
für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei
Baden-Württemberg (LAZBW)
Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

**Einsatz des PistenBully 300 (Fa. Kässbohrer) bei Grassilage
Auswirkungen auf Raumgewicht, Silagetemperatur
und Gärqualität
- Projekt 2009 -**



Erstellt von:

Dr. Hansjörg Nußbaum

1. Versuchsfrage

Wie werden Verdichtung, Silagetemperatur und Gärqualität von Grassilagen durch den Einsatz einer Pistenraupe als Verteil- und Walzfahrzeug beeinflusst?

Das LAZBW hat darüber hinaus aus eigenem fachlichen Interesse und auf eigene Kosten Laboranalysen des Ernteguts sowie aller Silageproben durchgeführt. Diese Ergebnisse werden im vorliegenden Bericht ebenfalls dargestellt.

2. Material und Methoden

2.1 Betrieb: Martin Huber
Geißbühlhof
72469 Meßstetten
Tel.: 07431/961150

2.2 Siliergut:

Auf dem Betrieb Martin Huber in Meßstetten wurde am 27. und 28. Mai 2009 der erste Aufwuchs von Dauergrünland gemäht, angewelkt und am 28. Mai 2009 für die Verwendung in der betriebseigenen Biogassilage einsiliert. Bei der Ernte kamen der betriebseigene E-xakthäcksler (John Deere 7300) und überwiegend zwei (kurzfristig auch drei) Kipper (Zuladung durchschnittlich rund 11 t FM/Kipper) zum Einsatz. Zu den Details sei auf den entsprechenden Bericht der DLG e.V. verwiesen. Das kurz gehäckselte (theoretische Häcksellänge 5-10 mm) Erntegut wurde dabei ausschließlich mit einer Pistenraupe (PistenBully 300, Fa. Kässbohrer) verteilt und verdichtet. Bei der Ernte und dem Einsilieren waren die DLG-Prüfstelle Groß-Umstadt sowie das Landwirtschaftliche Zentrum Baden-Württemberg vertreten und beteiligt. Die Überwachung und Protokollierung des Erntevorgangs war laut vertraglicher Regelung Aufgabe der DLG-Prüfstelle, das LAZBW war für die Probenahme und Begutachtung der Silagen zuständig.

Das Anwelkgut wies im Mittel der 46 Kipper, die jeweils durch das LAZBW beprobt wurden, einen Trockenmassegehalt von 32,6 % (Spanne von 21,1 bis 46,6 % TM) auf. Im Labor wurden 10 der 46 Kipperproben komplett analysiert. Sie wiesen im Mittel 33,2 % TM (Spanne 28,5 bis 37,9 % TM) auf (Tabelle 1). Das Erntegut lag mit Rohfasergehalten von 28 % i.TM etwas über dem optimalen Gehalt (25 % i.TM) und deutet auf einen etwas verspäteten Schnitzeitpunkt hin. Das ist auch am leicht unterdurchschnittlichen mittleren Rohproteingehalt von 15,5 % i.TM zu erkennen. Der mittlere Gehalt an Rohasche lag bei 9,9 % i.TM (Spanne von 8,6 bis 12,2 % i.TM). Angestrebt werden Rohaschegehalte von weniger als 10 % i.TM. Der mittlere Energiegehalt betrug bei der Ernte 5,8 MJ NEL/kg TM (Spanne von 5,1 bis 6,3 MJ NEL/kg TM). In den Analysenwerten kommen die verschiedenen Parzellen mit unterschiedlicher botanischer Zusammensetzung und physiologischer Entwicklung zum Ausdruck, die an diesem Tag einsiliert wurden. Das Erntegut war mit im Mittel 6,9 % Zucker i.TM gut silierbar. Die Silagen wurden vom Landwirt mit einem Siliermittel behandelt, das homofermentative Milchsäurebakterien enthielt. Auf dem Betrieb wurde unmittelbar vor der „Biogassilage“ mit der gleichen Technik und auch unter dem Einsatz des Siliermittels die Grassilage für die Verfütterung im Stall in einem separaten Silo einsiliert („Milchviehsilage“).

Nach Angaben der DLG e.V. wurden in rund 10 Stunden 501 Tonnen Erntegut (Frischmasse) eingebracht. Daraus resultiert eine mittlere Bergeleistung von 50 to FM je Stunde.

Tabelle 1: Inhaltstoffe des Ernteguts (analysiert wurden 10 von 46 Proben)

Wagen lfd. Nr.	Rohprotein % i.TM	Rohfaser % i.TM	Rohasche	Energie MJ/kg TM		TM %	Zucker % i.TM
				ME	NEL		
7	18,0	24,5	8,6	9,93	5,88	28,5	7,5
8	14,7	27,5	12,2	8,80	5,14	32,7	4,8
15	14,2	29,5	9,0	9,66	5,70	37,2	6,6
16	16,1	31,2	9,6	9,31	5,46	30,5	4,3
24	16,9	27,8	9,7	9,71	5,74	31,0	5,1
25	14,9	28,3	9,4	9,93	5,89	35,1	7,3
32	15,5	27,4	10,2	10,36	6,21	29,4	8,4
36	14,8	27,6	10,0	10,08	6,01	35,2	8,6
37	14,0	27,2	9,7	10,10	6,02	34,6	8,4
44	16,1	28,6	10,5	10,52	6,33	37,9	7,7
Mittel	15,5	28,0	9,9	9,8	5,8	33,2	6,9
min	14,0	24,5	8,6	8,8	5,1	28,5	4,3
max	18,0	31,2	12,2	10,5	6,3	37,9	8,6

2.3 Siloart: Fahrsilo mit überwiegend festen Seitenwänden, mit Silofolie abgedeckt
 2,50 m Wandhöhe,
 17,45 m Länge mit Wänden, zusätzliche Schräge bis zu 8,00 m ohne Wände
 13,40 m Silobreite

2.4 Probenahmeterminale vor Ort:

1. **T1** 15. September 2009 bei ca. 15,5 m von hinten aus
 bzw. 2,0 m ab voller Wandhöhe von vorne
2. **T2** 28. September 2009 bei ca. 7,0 m von hinten bzw. ca. 10 m von vorne aus
3. **T3** 05. Oktober 2009 bei ca. 4,0 m von hinten bzw. ca. 13,5 m von vorne aus

2.5 Probenahmeort:

1. **O1** an der rechten Flanke ca. 0,50 m von der Seitenwand entfernt (**Rand 1**)
2. **O2** an der rechten Flanke ca. 1,00 m von der Seitenwand entfernt (**Rand 2**)
3. **O3** in der Mitte des Silohaufens 7,0 m von der rechten Seitenwand entfernt (**Mitte**)

2.6 Schichten:

1. **S1** etwa 0,30 m von Anschnittkante oben ausgehend
2. **S2** etwa 1,00 m von Anschnittkante oben ausgehend
3. **S3** etwa 0,50 m über Siloboden

2.7 Analysen:

1. Raumgewicht mittels Pioneer-Bohrer in kg FM/m³ und kg TM/m³
2. TM-Gehalt mittels Trocknung bei 60°C und 105 °C; bei den Silagen Trockenmassekorrekturen nach WEISSBACH (1994); Angaben dann in % i.TMk
3. pH-Werte mittels Schnellbestimmung vor Ort (Indikatorpapier Macherey&Nagel, Nr. 095300) und zusätzlich mittels Messgerät im Labor
4. Sensorische Beurteilung der Silagen vor Ort
5. Rohnährstoffe: nach VDLUFA
6. Energiegehalt: berechnet über HFT (Formel für Grassilage nach STEINGASS und MENKE, 1987)
7. Gärsäuren und Restzucker: mittels HPLC, abgeändert nach SIEGFRIED et al. 1984
8. Zuckergehalt im Erntegut nach VDLUFA (Band III Methodenbuch) durch das LTZ Augustenberg

2.8 Vorgehen

Das Silo wurde nach 3,5 Monaten Lagerdauer (105 Tagen) am 8. September 2009 geöffnet. Die Entnahme dauerte bis 12. Oktober 2009 (5 Wochen). Daraus resultiert ein mittlerer Vorschub von rund 4 Meter pro Woche.

Die erste Probenahme (Siloanfang) erfolgte am 15. September 2009 bei rund 15,5 Meter (von der hinteren Silowand aus gerechnet) nach Erreichen der vollen Anschnitthöhe. Die zweite (Silo mitte) und dritte Probenahme (Siloende) wurden am 28. September bzw. 5. Oktober 2009 durchgeführt.

Die Probenahme erfolgte jeweils an drei Orten (O1 bis O3) und drei Schichten (S1 bis S3) mittels Probebohrer (Fa. Pioneer). Dabei wurden Bohrkern (3 Bohrungen pro Ort und Schicht; Durchmesser 4,5 cm, 45 cm Länge) entnommen und gewogen (Abbildung 1). Aus den jeweils drei Bohrkernen der einzelnen Orte und Schichten wurden Mischproben erstellt. Die Mischproben wurden unmittelbar mittels sensorischer Analyse auf Fehlgärungen und mittels Indikatorpapier auf den pH-Wert hin untersucht. Danach erfolgte noch vor Ort die Einwaage von Proben (500 g Frischmaterial in Crisp-packs) zur Ermittlung des Trockensubstanzgehaltes (Mettler PM 54). Die Proben wurden in einer Kühlbox nach Aulendorf transportiert und dort über mindestens 24 Stunden bei 105 °C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Aus jeder Mischprobe wurde Frischmaterial zur Analyse von Futterwert und Gärqualität tiefgefroren.

In jedem Bohrloch wurde mittels zweier Temperatursonden (Fa. Testo) die Temperatur in drei Tiefen (15 cm, 50 cm, 150 cm ab Vorderkante Bohrloch) gemessen (Abbildung 2).

Die Umgebungstemperatur wies am 15. September 2009 8,5 °C, am 28. September 2009 23,3 °C und am 05. Oktober 2009 15,2 °C auf.

Bei der ersten Probenahme wurden aus einem weiteren Silo des Betriebes, das mit Grassilage für die Milchviehfütterung gefüllt war, aus zwei Schichten in der Silo mitte nach dem gleichen Schema Proben entnommen. Das Silo war zu diesem Zeitpunkt knapp zur Hälfte geleert. Im Silo befand sich ebenfalls Grassilage (1. Aufwuchs), die betriebsüblich analog der Biogassilage geerntet wurde. Der Erntezeitpunkt lag 2 Tage vor der Biogassilage, als Walzfahrzeug kam ein Radlader mit rund 18 Tonnen Gesamtgewicht zum Einsatz.

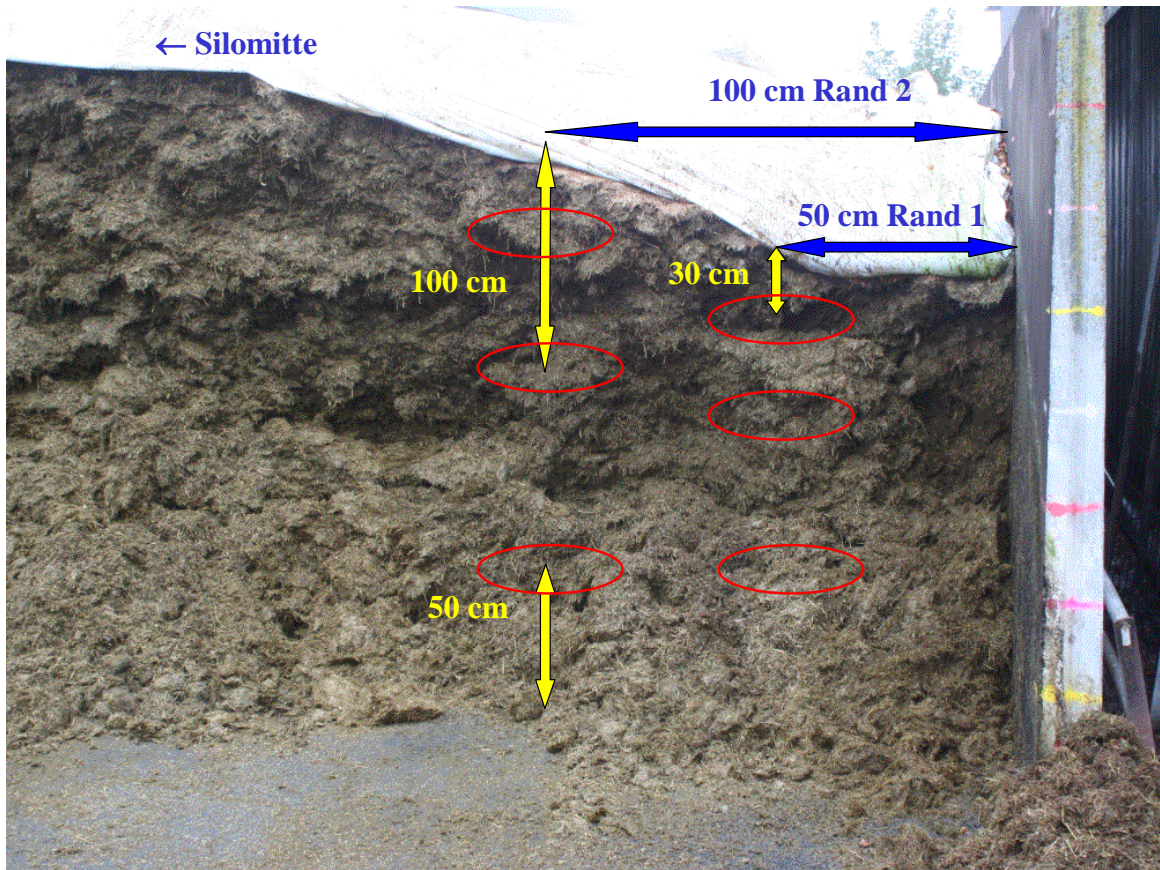


Abbildung 1: Schematische Anordnung der Bohrkern im Randbereich der Grassilage (nicht maßstabsgerechte Darstellung)



Abbildung 2: Temperaturmessungen in den Bohrlöchern

3. Ergebnisse

3.1 TM-Gehalt

Die 27 Silageproben wiesen bei einer Spanne von 26,5 % TM bis 42,3 % TM im Mittel 33,4 % TM auf (Tabelle 2). Das entspricht ziemlich genau dem Mittelwert von 32,6 % TM bei der Einlagerung der 46 Kipper, wobei dort die Spanne von 21,1 % TM bis 46,6 % TM aufgrund der größeren Probenzahl weiter ausfiel. Der mittlere TM-Gehalt liegt im Zielbereich guter Grassilagen von 30 bis 40 % TM.

Der mittlere TM-Gehalt betrug bei der ersten Probenahme (Siloanfang) 34,7 % TM, in der Silomitte 32,2 % TM und am Siloende 32,8 % TM. Aus der geringen Schwankung ist zu erkennen, dass das Silo gleichmäßig in Schichten von hinten nach vorne befüllt wurde.

Im Randbereich 1, also direkt neben der Silowand, wurden mit im Mittel 31,4 % TM geringfügig niedrigere TM-Gehalte als im Randbereich 2 (1 Meter neben der Wand) mit 34,8 % TM und in der Silomitte mit 33,5 % TM gefunden (Tabelle 2). Vermutlich ist in diesem Bereich etwas Regenwasser in die Silage eingedrungen, obwohl die Silage sehr sorgfältig mit Silofolie und Unterziehfolie abgedeckt war. Dazu beigetragen hat sicherlich die Tatsache, dass die Silofolien stumpf gegen die Wand gezogen waren. Ein Überziehen der Folien über die Silowand war bauartbedingt nicht möglich.

Die TM-Gehalte nehmen im Silo von oben mit im Mittel 38,2 % TM über 31,7 % TM nach unten mit im Mittel 29,8 % TM ab (Tabelle 4). Dieser Effekt ist bei den Einzelterminen und -orten ebenfalls zu beobachten und darauf zurück zu führen, dass mit Fortschreiten der Befüllung am Nachmittag stärker angewelktes Gras eingebracht wurde.

Aus den Untersuchungsergebnissen ist erwartungsgemäß kein Effekt des PistenBully auf den TM-Gehalt der Silagen abzuleiten. Die beiden Grassilagen aus dem Silo für die Milchkühe wiesen im Mittel 33,5 % TM auf.

3.2 Raumgewicht

Grassilagen mit rund 33 % TM sollten nach RICHTER (2009) ein Raumgewicht von mindestens 200 kg TM/m³ bzw. 600 kg FM/m³ aufweisen. Dieses Ziel wurde in den Milchviehsilagen mit im Mittel 250 kg TM/m³ (oben 243 kg TM/m³, mittig 257 kg TM/m³) erreicht. Dabei ist anzumerken, dass die Milchviehsilage extrem gut verdichtet war. Derartige Raumgewichte sind unter Praxisbedingungen nur anzutreffen, wenn Berge- und Walzleistung sehr gut aufeinander abgestimmt sind und mit einem sehr hohen Walzgewicht sehr sorgfältig, pausenlos und gleichmäßig gewalzt wird.

Die mit dem PistenBully eingebrachte Grassilage wies im arithmetischen Mittel 173,1 kg TM/m³ (bzw. 520 kg FM/m³) eine niedrigere Verdichtung auf (Tabelle 2). Sie lag rund 13,5 % unter dem Ziel von 200 kg TM/m³ und rund 30 % unter der Verdichtung der sehr hoch verdichteten Milchviehsilage auf dem Betrieb Huber. Die Spanne innerhalb des Silos war mit 130 bis 207 kg TM/m³ groß. Effekte zwischen den Schichten und Orten sind zu erkennen (Tabellen 3 und 4). Das mittlere Raumgewicht ändert sich jedoch von vorne (Termin 1) mit 173 kg TM/m³ über Silomitte (Termin 2) mit 175 kg TM/m³ nach hinten (Termin 3) mit 170 kg TM/m³ kaum. Demnach wurde das Erntegut sehr gleichmäßig von hinten nach vorne in das Silo eingebracht und verdichtet.

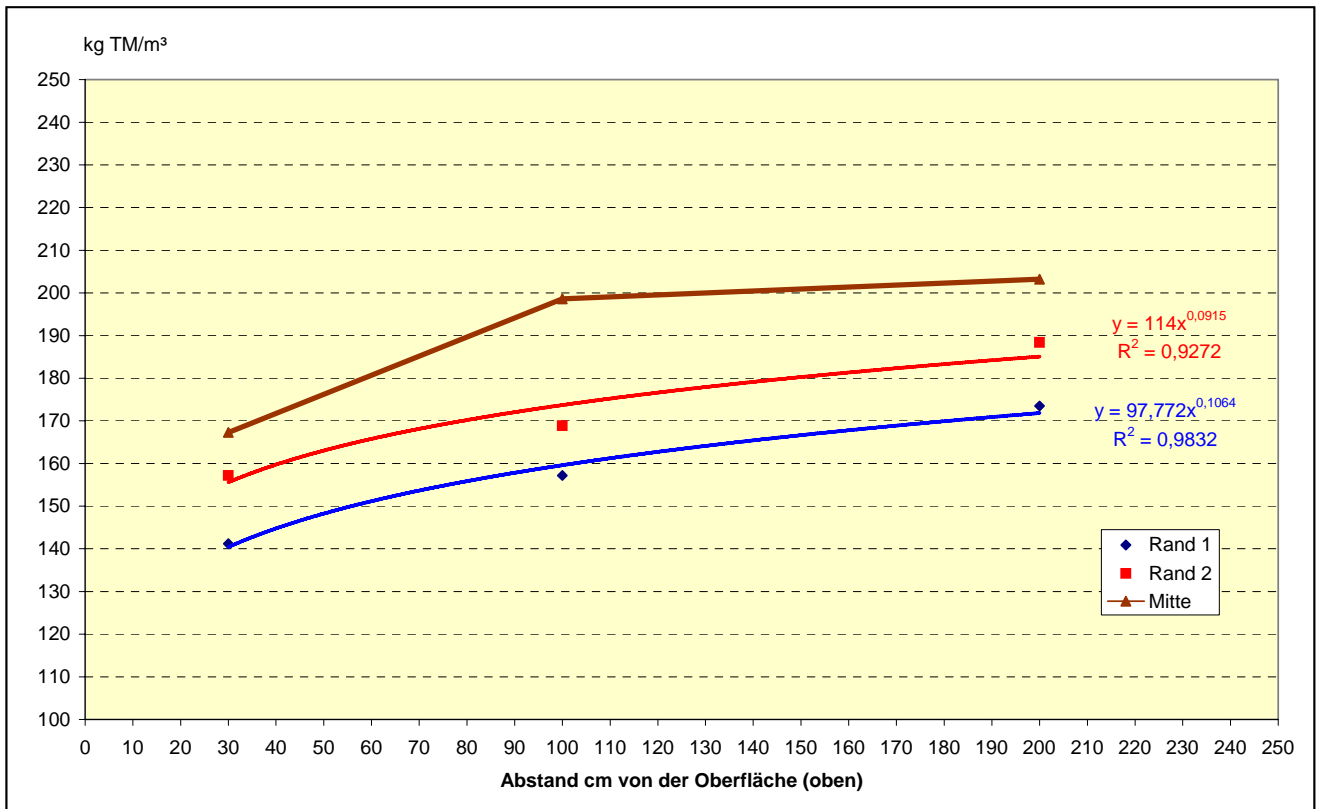


Abbildung 3: Raumgewicht (kg TM/m³) in Abhängigkeit von Ort (Rand, Mitte) und Lage (Abstand in cm von der Silageoberfläche). Dargestellt sind die Messwerte (Punkte) sowie Trendlinien der Randbereiche.

Die weniger gut verdichteten Randbereiche nehmen im Silo einen geringeren Anteil ein als die besser verdichtete Silomitte. Deshalb gibt die Darstellung der arithmetisch aus den neun Messwerten gemittelte Verdichtung die tatsächlichen Verhältnisse im Silo nicht ausreichend wider. Deshalb wurde über die Messwerte der Randbereiche eine Trendlinie ($R^2=0,98$ Rand 1; $R^2=0,93$ Rand 2) gelegt (Abbildung 3) und aus diesen weitere Verdichtungen für jeweils Schichten von 50 cm berechnet. Da bei den Messwerten für die Silomitte ab einem Wandabstand von 100 cm eine fast gleichbleibende Verdichtung gemessen wurde (Abbildung 3), wurde für Verdichtung der 50 cm-Schichten (Abbildung 4) für die Silomitte jeweils das arithmetische Mittel der tatsächlichen Messwerte herangezogen.

50 cm	100 cm	1040 cm	100 cm	50 cm	
120,6	142,3	168,5	142,3	120,6	50 cm
149,2	170,0		170,0	149,2	50 cm
161,6	175,6	200,9	175,6	161,6	50 cm
170,0	184,4		184,4	170,0	50 cm
176,6	190,6		190,6	176,6	50 cm

Abbildung 4: Aus den Messwerten und den Trendlinien berechnete Verdichtung (kg TM/m³) einzelner Schichten (jeweils 50 cm) und Bereiche (Breite der Schichten) im Silo.

Aus den Volumenanteile der einzelnen Schichten und Bereiche (Abbildung 4) resultiert somit ein gewogenes Mittel von 183,2 kg TM/m³. Dieses Mittel liegt rund 8,5 % unter dem Zielbereich von 200 kg TM/m³ bzw. knapp 27 % unter der Maximalverdichtung der Milchviehsilage.

An der Silowand (Rand 1) wurde mit im Mittel 157 kg TM/m³ die geringste Verdichtung ermittelt (Tabelle 3). Die Spanne reicht dort von 130 (-35 %) bis 178 kg TM/m³ (-11 %). Im Vergleich zu den Zielvorgaben von 200 kg TM/m³ bedeutet das eine um rund 21 %, im Vergleich zur Milchviehsilage von 37 % geringere Verdichtung. Bereits rund ein Meter neben der Silowand (Rand 2) betrug das mittlere Raumgewicht 171,5 kg TM/m³ und lag somit rund 14 % unter dem Ziel. Die Spanne reichte im Bereich „Rand 2“ von 171 kg TM/m³ (-15 %) bis 196 kg TM/m³ (-2 %). Die beste Verdichtung mit im Mittel knapp 190 kg TM/m³ wurde in der Silomitte ermittelt. Dort liegt die Verdichtung nur rund 5 % unter der Zielvorgabe von 200 kg TM/m³, allerdings auch dort rund 24,5 % unter dem Raumgewicht der Milchviehsilagen. In der Silomitte wurde die Zielvorgabe teilweise bis um 3,5 % übertroffen.

Im Silo nimmt von oben nach unten die Verdichtung von 155 kg TM/m³ über 175 kg TM/m³ nach unten mit im Mittel 188 kg TM/m³ zu (Tabelle 4). Die oberste Schicht (50 cm von oben) liegt demnach rund 22 %, Schicht 2 (100 cm von oben) rund 12,5 % und die untere Schicht (50 cm von unten) rund 6 % unter der Zielvorgabe von 200 kg TM/m³. Dabei ist anzumerken, dass auch in der obersten Schicht mit 177 kg TM/m³ bzw. in der zweiten Schicht mit 205 kg TM/m³ teilweise höhere Raumgewichte erreicht wurden.

3.3 Temperaturen

Grassilagen sollten im Silo ab einer Messtiefe von mehr als 15 cm weniger als 20 °C aufweisen. Direkt unter der Silofolie bzw. an der Anschnittfläche können durch Sonneneinstrahlung auch höhere Werte auftreten.

In den vorliegenden Untersuchungen wurden die Messungen immer an einem frischen Anschnitt durchgeführt. Das bedeutet, dass unmittelbar vor der Beprobung und Messung der Temperaturen mindestens eine Schicht von 30 bis 50 cm Silage entnommen wurde. Demnach sind die ermittelten Temperaturen nicht durch Sonneneinstrahlung auf den Anschnitt beeinflusst worden.

Im Mittel aller Messungen wurden mit 20,1 °C unproblematische Temperaturen gemessen, wobei die maximal ermittelte Temperatur mit 32,6 °C zu hoch lag (Tabelle 2). Die Silagetemperatur nahm vom Rand 1 mit im Mittel 17,1 °C (Maximum 21,9 °C) über Rand 2 mit im Mittel 19,2 °C (Maximum 22,2 °C) zur Silomitte mit im Mittel 23,4 °C (Maximum 32,6 °C) zu. Demnach hat eine Auskühlung der Silagen von der Silowand aus stattgefunden. Bei der ersten Probenahme wurden auch in der Milchviehsilage in der Silomitte mit 23 bis 24 °C auch geringfügig über dem Optimum liegende Temperaturen festgestellt. Demnach hat in den Biogassilagen an den Silowänden eine langsame Auskühlung stattgefunden. Wären demgegenüber in der Silage Hefepilze aktiv geworden mit der Folge einer Futtererwärmung, so hätte sich das gerade in den geringer verdichteten Zonen im Randbereich negativ bemerkbar gemacht. Das ist jedoch an den Stellen (Siloende, obere beiden Schichten) der maximal ermittelten Temperaturen (rund 30 °C) zu beobachten. Dort wurde mit 151 kg TM/m³ eine sehr niedrige Verdichtung gemessen. Demnach sind bis auf diese Messung alle anderen bis rund 25 °C ermittelten Temperaturen nicht auf den Einsatz des PistenBully zurück zu führen.

Die mittlere Temperatur nahm von den oberen beiden Schichten mit rund 21 °C nach unten hin mit im Mittel rund 18 °C ab.

Tabelle 2: Untersuchungsergebnisse, geordnet nach den Terminen der Probenahme

Datum	Ort	Lage	TM %	Raumgewicht		Temp. °C bei Meßtiefe		
				kg FM/m ²	kg TM/m ³	15 cm	50 cm	150 cm
15.09.2009	Rand 1	30 cm von oben	30,9	504,3	155,9	18,4	17,7	16,7
	Rand 1	100 cm von oben	35,7	463,2	165,2	18,0	17,6	17,3
	Rand 1	50 cm von unten	29,6	556,9	164,7	16,8	16,8	16,3
	Rand 2	30 cm von oben	42,3	374,8	158,5	20,1	20,3	20,4
	Rand 2	100 cm von oben	40,1	420,3	168,7	19,8	19,6	19,0
	Rand 2	50 cm von unten	29,0	626,3	181,5	18,3	18,0	17,6
	Silomitte	30 cm von oben	37,6	460,6	173,4	23,7	24,4	25,3
	Silomitte	100 cm von oben	34,7	553,8	192,4	25,1	25,1	25,6
	Silomitte	50 cm von unten	32,6	607,9	197,9	19,7	19,7	19,7
Termin 1	n=9	Mittel	34,7	507,6	173,1	20,0	19,9	19,8
		min	29,0	374,8	155,9	16,8	16,8	16,3
		max	42,3	626,3	197,9	25,1	25,1	25,6
28.09.2009	Rand 1	30 cm von oben	36,4	379,1	137,9	21,9	17,1	17,0
	Rand 1	100 cm von oben	26,5	588,4	155,7	19,5	18,0	16,7
	Rand 1	50 cm von unten	27,5	648,0	177,9	17,1	17,0	16,8
	Rand 2	30 cm von oben	41,1	388,5	159,8	22,2	21,2	17,8
	Rand 2	100 cm von oben	29,0	576,4	167,3	22,2	21,2	20,3
	Rand 2	50 cm von unten	30,0	652,6	195,7	19,4	18,6	17,9
	Silomitte	30 cm von oben	39,0	454,9	177,3	26,3	23,9	24,2
	Silomitte	100 cm von oben	29,8	666,1	198,2	27,3	25,6	25,7
	Silomitte	50 cm von unten	30,5	672,6	205,0	21,5	20,6	20,1
Termin 2	n=9	Mittel	32,2	558,5	175,0	21,9	20,4	19,6
		min	26,5	379,1	137,9	17,1	17,0	16,7
		max	41,1	672,6	205,0	27,3	25,6	25,7
05.10.2009	Rand 1	30 cm von oben	36,7	353,6	129,8	16,0	16,5	16,3
	Rand 1	100 cm von oben	28,9	522,1	150,8	14,8	17,3	16,8
	Rand 1	50 cm von unten	30,5	583,0	177,7	15,1	16,2	15,9
	Rand 2	30 cm von oben	42,2	363,0	153,3	17,6	18,6	19,2
	Rand 2	100 cm von oben	30,1	566,5	170,6	16,8	20,9	20,8
	Rand 2	50 cm von unten	29,6	636,4	188,2	15,5	17,7	17,1
	Silomitte	30 cm von oben	37,4	404,4	151,2	22,6	32,6	29,7
	Silomitte	100 cm von oben	30,6	671,0	205,1	22,4	23,4	24,0
	Silomitte	50 cm von unten	29,4	703,4	206,7	17,4	18,8	18,3
Termin 3	n=9	Mittel	32,8	533,7	170,4	17,6	20,2	19,8
		min	28,9	353,6	129,8	14,8	16,2	15,9
		max	42,2	703,4	206,7	22,6	32,6	29,7
Gesamt	n=27	Mittel	33,4	519,9	173,1	20,1	20,3	19,9
		min	26,5	490,5	129,8	14,8	16,2	15,9
		max	42,3	488,7	206,7	27,3	32,6	29,7

Tabelle 3: Untersuchungsergebnisse, geordnet nach den Orten der Probenahme

Datum	Ort	Lage	TM %	Raumgewicht		Temp. °C bei Messtiefe		
				kg FM/m ²	kg TM/m ³	15 cm	50 cm	150 cm
15.09.2009	Rand 1	30 cm von oben	30,9	504,3	155,9	18,4	17,7	16,7
	Rand 1	100 cm von oben	35,7	463,2	165,2	18,0	17,6	17,3
	Rand 1	50 cm von unten	29,6	556,9	164,7	16,8	16,8	16,3
28.09.2009	Rand 1	30 cm von oben	36,4	379,1	137,9	21,9	17,1	17,0
	Rand 1	100 cm von oben	26,5	588,4	155,7	19,5	18,0	16,7
	Rand 1	50 cm von unten	27,5	648,0	177,9	17,1	17,0	16,8
05.10.2009	Rand 1	30 cm von oben	36,7	353,6	129,8	16,0	16,5	16,3
	Rand 1	100 cm von oben	28,9	522,1	150,8	14,8	17,3	16,8
	Rand 1	50 cm von unten	30,5	583,0	177,7	15,1	16,2	15,9
Rand 1 Mittel			31,4	510,9	157,3	17,5	17,1	16,6
min			26,5	353,6	129,8	14,8	16,2	15,9
max			36,7	648,0	177,9	21,9	18,0	17,3
15.09.2009	Rand 2	30 cm von oben	42,3	374,8	158,5	20,1	20,3	20,4
	Rand 2	100 cm von oben	40,1	420,3	168,7	19,8	19,6	19,0
	Rand 2	50 cm von unten	29,0	626,3	181,5	18,3	18,0	17,6
28.09.2009	Rand 2	30 cm von oben	41,1	388,5	159,8	22,2	21,2	17,8
	Rand 2	100 cm von oben	29,0	576,4	167,3	22,2	21,2	20,3
	Rand 2	50 cm von unten	30,0	652,6	195,7	19,4	18,6	17,9
05.10.2009	Rand 2	30 cm von oben	42,2	363,0	153,3	17,6	18,6	19,2
	Rand 2	100 cm von oben	30,1	566,5	170,6	16,8	20,9	20,8
	Rand 2	50 cm von unten	29,6	636,4	188,2	15,5	17,7	17,1
Rand 2 Mittel			34,8	511,7	171,5	19,1	19,6	18,9
min			29,0	363,0	153,3	15,5	17,7	17,1
max			42,3	652,6	195,7	22,2	21,2	20,8
15.09.2009	Silomitte	30 cm von oben	37,6	460,6	173,4	23,7	24,4	25,3
	Silomitte	100 cm von oben	34,7	553,8	192,4	25,1	25,1	25,6
	Silomitte	50 cm von unten	32,6	607,9	197,9	19,7	19,7	19,7
28.09.2009	Silomitte	30 cm von oben	39,0	454,9	177,3	26,3	23,9	24,2
	Silomitte	100 cm von oben	29,8	666,1	198,2	27,3	25,6	25,7
	Silomitte	50 cm von unten	30,5	672,6	205,0	21,5	20,6	20,1
05.10.2009	Silomitte	30 cm von oben	37,4	404,4	151,2	22,6	32,6	29,7
	Silomitte	100 cm von oben	30,6	671,0	205,1	22,4	23,4	24,0
	Silomitte	50 cm von unten	29,4	703,4	206,7	17,4	18,8	18,3
Silomitte Mittel			33,5	577,2	189,7	22,9	23,8	23,6
min			29,4	404,4	151,2	17,4	18,8	18,3
max			39,0	703,4	206,7	27,3	32,6	29,7

Tabelle 4: Untersuchungsergebnisse, geordnet nach den Schichten der Probenahme

Datum	Ort	Lage	TM %	Raumgewicht		Temp.°C bei Messtiefe		
				kg FM/m ²	kg TM/m ³	15 cm	50 cm	150 cm
15.09.2009	Rand 1	30 cm von oben	30,9	504,3	155,9	18,4	17,7	16,7
	Rand 2	30 cm von oben	42,3	374,8	158,5	20,1	20,3	20,4
	Silomitte	30 cm von oben	37,6	460,6	173,4	23,7	24,4	25,3
28.09.2009	Rand 1	30 cm von oben	36,4	379,1	137,9	21,9	17,1	17,0
	Rand 2	30 cm von oben	41,1	388,5	159,8	22,2	21,2	17,8
	Silomitte	30 cm von oben	39,0	454,9	177,3	26,3	23,9	24,2
05.10.2009	Rand 1	30 cm von oben	36,7	353,6	129,8	16,0	16,5	16,3
	Rand 2	30 cm von oben	42,2	363,0	153,3	17,6	18,6	19,2
	Silomitte	30 cm von oben	37,4	404,4	151,2	22,6	32,6	29,7
	Mittel	30 cm von oben	38,2	409,2	155,2	21,0	21,4	20,7
	min		30,9	353,6	129,8	16,0	16,5	16,3
	max		42,3	504,3	177,3	26,3	32,6	29,7
15.09.2009	Rand 1	100 cm von oben	35,7	463,2	165,2	18,0	17,6	17,3
	Rand 2	100 cm von oben	40,1	420,3	168,7	19,8	19,6	19,0
	Silomitte	100 cm von oben	34,7	553,8	192,4	25,1	25,1	25,6
28.09.2009	Rand 1	100 cm von oben	26,5	588,4	155,7	19,5	18,0	16,7
	Rand 2	100 cm von oben	29,0	576,4	167,3	22,2	21,2	20,3
	Silomitte	100 cm von oben	29,8	666,1	198,2	27,3	25,6	25,7
05.10.2009	Rand 1	100 cm von oben	28,9	522,1	150,8	14,8	17,3	16,8
	Rand 2	100 cm von oben	30,1	566,5	170,6	16,8	20,9	20,8
	Silomitte	100 cm von oben	30,6	671,0	205,1	22,4	23,4	24,0
	Mittel	100 cm von oben	31,7	558,7	174,9	20,6	21,0	20,7
	min		26,5	420,3	150,8	14,8	17,3	16,7
	max		40,1	671,0	205,1	27,3	25,6	25,7
15.09.2009	Rand 1	50 cm von unten	29,6	556,9	164,7	16,8	16,8	16,3
	Rand 2	50 cm von unten	29,0	626,3	181,5	18,3	18,0	17,6
	Silomitte	50 cm von unten	32,6	607,9	197,9	19,7	19,7	19,7
28.09.2009	Rand 1	50 cm von unten	27,5	648,0	177,9	17,1	17,0	16,8
	Rand 2	50 cm von unten	30,0	652,6	195,7	19,4	18,6	17,9
	Silomitte	50 cm von unten	30,5	672,6	205,0	21,5	20,6	20,1
05.10.2009	Rand 1	50 cm von unten	30,5	583,0	177,7	15,1	16,2	15,9
	Rand 2	50 cm von unten	29,6	636,4	188,2	15,5	17,7	17,1
	Silomitte	50 cm von unten	29,4	703,4	206,7	17,4	18,8	18,3
	Mittel	50 cm von unten	29,8	631,9	188,4	17,9	18,2	17,7
	min		27,5	556,9	164,7	15,1	16,2	15,9
	max		32,6	703,4	206,7	21,5	20,6	20,1

3.4. Futterwert

Der Einsatz des PistenBully hatte keine negativen Effekte auf den Futterwert der Grassilagen. Bei keinem der Probenahmetermine wurden Effekte des Probenahmeortes (Randbereiche, Silomitte) noch der einzelnen Schichten (oben, unten) auf die Parameter Rohprotein, Rohfaser, Rohasche und Energiegehalt festgestellt (Tabelle 5). Die Schwankungen der Inhaltsstoffe entsprechen denen im Ausgangsmaterial (Tabelle 1).

Im Vergleich zwischen Biogas- (n=2) und Milchviehsilage (n=27) ist zu erkennen (Tabelle 6), dass sich die mittleren Gehalte an Rohprotein, Rohfaser und Rohasche nicht unterscheiden. Der Energiegehalt liegt jedoch in den Biogassilagen mit im Mittel 5,86 MJ NEL/kg TM um 0,3 Einheiten unter dem der Milchviehsilage mit im Mittel 6,16 MJ NEL/kg TM. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass aus dem Milchviehsilo nur zwei Proben vorliegen und auch im Biogassilo Energiegehalte der Grassilagen bis 6,12 MJ NEL/kg TM ermittelt wurden. Die Unterschiede sind demnach eher auf Unterschiede im Erntegut (andere Flächen und Pflanzenbestände) zurück zu führen. Zudem wurde die Milchviehsilage zwei Tage früher einsiliert. So weist auch das Erntegut beim Einsilieren im Mittel nur 5,8 MJ NEL/kg TM auf (Tabelle 1).

Aus der Aulendorfer Datenbank „Grundfutterreport“ können aus dem Jahr 2009 sechs Grassilagen aus dem Vergleichsgebiet „Heuberg“ herangezogen werden. Diese wiesen im Mittel fast identische Parameter des Futterwertes auf wie die Proben aus dem Versuch (Tabelle 6).

3.5 Gärqualität

Wenn Silage nicht optimal verdichtet ist, kann Schimmelbildung und Erwärmung auftreten. Schimmelbildung und verdorbene Partien (Fäulnis) wurden nur am 15. September direkt am Rand (Schicht ca. 50 cm breit, 15 cm hoch) und am 28. September an einzelnen Stellen (bis 10 cm hoch) in der obersten Schicht direkt unter der Silofolie beobachtet. Ansonsten trat in der Grassilage kein Schimmel auf. Am 5. Oktober konnte gar kein Schimmel beobachtet werden. Leichte Erwärmung war nur teilweise zu beobachten (siehe Kapitel 3.3).

Die Grassilagen waren alle gut vergoren und wiesen nur bei der ersten Probenahme am Rand etwas Buttersäure auf (Tabelle 5). Der Grenzwert im DLG-Schlüssel für sehr gute Silagen von 0,3 % i.TMk wurde jedoch nicht überschritten. Die Silagen mit Buttersäure liegen aufgrund der etwas höheren pH-Werte außerhalb des optimalen pH-Bereiches (Abbildung 5). Die Silagen in der Silomitte liegen alle unterhalb des kritischen pH-Wertes.

Im Vergleich zu den Milchviehsilagen weisen die Biogassilagen etwas geringere Gehalte an Milchsäure (7,2 gegenüber 8,8 % i. TMk) und geringfügig höhere Gehalte an Essigsäure (1,3 gegenüber 0,9 % i.TMk) auf. Deshalb liegt der pH-Wert in den Milchviehsilagen um 0,2 Einheiten (4,2 gegenüber 4,4) niedriger. Zu diesem Bild passen auch die etwas niedrigeren Gehalte an Restzucker in den Biogassilagen. Die Ethanolgehalte liegen in den Milchviehsilagen etwas höher (0,9 gegenüber 0,6 % i.TMk). Insgesamt kann jedoch festgestellt werden, dass die Gärqualität der Biogassilagen nur im Randbereich geringfügig schlechter ist als die der Milchviehsilagen.

Folgeseite:

Tabelle 5: Futterwert und Gärqualität der Grassilagen, geordnet nach Probenahmetermin

Datum	Ort	Lage	TMK %	XP	XF	XA	Energie MJ/kg TM		pH	NH3N-N _t %	Milchsäure	Essigsäure	Buttersäure	Ethanol	Zucker
							% i. TMk				% i. TMk				
15.9.09	Rand 1	30 cm von oben	30,91	15,88	32,78	10,81	10,15	6,07	4,39	5,08	8,38	1,23	0,10	0,10	1,39
	Rand 1	100 cm von oben	35,66	15,73	28,43	10,30	10,16	6,07	4,43	5,14	6,87	1,15	0,14	0,14	0,95
	Rand 1	50 cm von unten	29,58	16,32	29,50	10,45	10,13	6,05	4,52	7,86	8,89	1,35	0,20	0,47	0,10
	Rand 2	30 cm von oben	42,30	15,34	27,63	10,70	10,22	6,12	4,48	5,19	9,05	0,66	0,21	0,43	1,65
	Rand 2	100 cm von oben	40,14	15,96	26,47	9,92	10,23	6,12	4,35	4,23	7,85	0,90	0,02	0,27	1,62
	Rand 2	50 cm von unten	28,98	14,72	27,80	11,36	9,85	5,87	4,46	6,12	10,94	0,97	0,07	0,41	1,14
	Silomitte	30 cm von oben	37,64	14,88	27,13	11,41	9,97	5,95	4,46	5,23	7,33	0,98	0,00	0,96	4,01
	Silomitte	100 cm von oben	34,74	14,60	26,76	12,16	9,90	5,91	4,38	4,83	7,25	1,04	0,00	0,78	4,00
	Silomitte	50 cm von unten	32,56	14,54	28,18	10,72	9,79	5,82	4,40	6,41	8,05	1,69	0,00	0,89	2,27
15.9.09	n=9	Mittel	34,7	15,3	28,3	10,9	10,04	6,00	4,4	5,6	8,3	1,1	0,1	0,5	1,9
		min	29,0	14,5	26,5	9,9	9,79	5,82	4,4	4,2	6,9	0,7	0,0	0,1	0,1
		max	42,3	16,3	32,8	12,2	10,23	6,12	4,5	7,9	10,9	1,7	0,2	1,0	4,0
28.9.09	Rand 1	30 cm von oben	36,37	15,82	26,68	9,69	9,83	5,83	4,54	4,44	5,91	1,21	0,16	0,05	1,15
	Rand 1	100 cm von oben	26,46	14,88	27,94	10,62	9,41	5,55	4,44	7,16	6,05	3,21	0,08	0,30	0,04
	Rand 1	50 cm von unten	27,46	17,25	25,64	10,63	9,41	5,55	4,50	6,97	8,12	1,17	0,00	0,36	0,00
	Rand 2	30 cm von oben	41,12	15,73	26,35	9,63	10,02	5,96	4,39	4,49	6,23	0,90	0,00	0,19	2,12
	Rand 2	100 cm von oben	29,02	15,99	24,57	10,12	10,01	5,96	4,41	6,53	6,62	1,41	0,03	0,65	1,21
	Rand 2	50 cm von unten	29,98	17,58	26,50	9,22	9,70	5,73	4,48	6,57	7,87	1,67	0,00	1,07	0,33
	Silomitte	30 cm von oben	38,98	16,29	28,45	10,80	10,14	6,07	4,51	5,37	6,80	0,80	0,05	0,77	1,26
	Silomitte	100 cm von oben	29,76	16,08	28,86	10,39	9,82	5,83	4,26	5,59	7,73	1,24	0,00	0,81	0,40
	Silomitte	50 cm von unten	30,48	17,38	27,01	9,64	9,65	5,71	4,37	6,54	8,17	1,87	0,00	2,13	0,10
28.9.09	n=9	Mittel	32,2	16,3	26,9	10,1	9,78	5,80	4,4	6,0	7,1	1,5	0,0	0,7	0,7
		min	26,5	14,9	24,6	9,2	9,41	5,55	4,3	4,4	5,9	0,8	0,0	0,1	0,0
		max	41,1	17,6	28,9	10,8	10,14	6,07	4,5	7,2	8,2	3,2	0,2	2,1	2,1
5.10.09	Rand 1	30 cm von oben	36,70	15,34	27,82	10,28	9,73	5,77	4,42	7,05	5,56	0,74	0,03	0,71	0,54
	Rand 1	100 cm von oben	28,89	15,36	26,98	10,12	9,54	5,63	4,49	7,01	7,89	1,77	0,07	0,73	0,14
	Rand 1	50 cm von unten	30,48	16,90	25,93	8,96	9,87	5,85	4,41	6,19	4,49	1,08	0,00	1,31	0,03
	Rand 2	30 cm von oben	42,24	15,35	27,10	9,31	10,07	6,00	4,46	4,91	6,01	1,07	0,00	0,52	0,38
	Rand 2	100 cm von oben	30,12	15,57	27,88	10,60	9,44	5,57	4,46	7,42	5,08	0,93	0,03	0,63	0,46
	Rand 2	50 cm von unten	29,57	17,03	25,79	8,24	9,76	5,76	4,31	6,41	5,41	1,22	0,00	0,54	1,01
	Silomitte	30 cm von oben	37,39	16,56	25,83	10,27	10,03	5,98	4,48	6,02	8,53	1,42	0,00	0,43	0,67
	Silomitte	100 cm von oben	30,57	15,39	27,64	10,07	9,77	5,79	4,21	6,16	8,28	1,21	0,00	0,69	0,36
	Silomitte	50 cm von unten	29,39	16,58	28,74	8,47	9,67	5,70	4,22	7,16	5,65	1,50	0,00	0,54	0,03
5.10.09	n=9	Mittel	32,8	16,0	27,1	9,6	9,76	5,78	4,4	6,5	6,3	1,2	0,0	0,7	0,4
		min	28,9	15,3	25,8	8,2	9,44	5,57	4,2	4,9	4,5	0,7	0,0	0,4	0,0
		max	42,2	17,0	28,7	10,6	10,07	6,00	4,5	7,4	8,5	1,8	0,1	1,3	1,0

Tabelle 6: Vergleich von Futterwert und Gärqualität der Grassilagen für Biogas und Milchvieh

Art	TMK %	XP XF XA % i.TMk			Energie MJ/kg TM ME NEL		pH	NH ₃ N:N _t %	Milchsäure Essigsäure Buttersäure % i. TMk			Ethanol	Zucker	
Biogas n=27 silage	Mittel	32,9	15,9	27,4	10,2	9,86	5,86	4,4	6,0	7,2	1,3	0,0	0,6	1,0
	min	26,5	14,5	24,6	8,2	9,41	5,55	4,2	4,2	4,5	0,7	0,0	0,1	0,0
	max	42,2	17,6	32,8	12,2	10,23	6,12	4,5	7,9	10,9	3,2	0,2	2,1	4,0
Milchviehsilage unten	31,9	16,5	28,3	10,3	10,20	6,10	4,2	7,2	6,8	1,3	0,0	0,9	0,6	
Milchviehsilage oben	35,0	16,9	27,1	10,6	10,34	6,21	4,2	5,0	10,9	0,6	0,0	0,8	3,4	
Milchviehsilage Mittel (n=2)	33,5	16,7	27,7	10,5	10,27	6,16	4,2	6,1	8,8	0,9	0,0	0,9	2,0	
Vergleichswert „Heuberg“ (n=6)	32,2	14,0	25,0	9,6	9,90	5,88	4,5							

Innerhalb des Biogassilos sind bezüglich der Gärqualität bei einzelnen Parametern geringfügige Effekte zu erkennen. So gehen die Gehalte an Milchsäure von vorne (8,3 % i.TMk) nach hinten (6,3 % i.TMk) im Silo etwas zurück (Tabelle 5). Die Randbereiche weisen mit im Mittel 6,9 % i. TMK ebenfalls etwas geringere Gehalte an Milchsäure und deshalb teilweise auch höhere pH-Werte auf als die Grassilagen in der Silomitte mit im Mittel 7,5 % i.TMk. Innerhalb der Schichten sind nur kleine Effekte auf den Gehalt an Milchsäure zu beobachten. So nehmen die Gehalte von oben mit im Mittel 7,1 % i.TMk nach unten mit im Mittel 7,5 % i.TMk zu.

Die Gehalte an Essigsäure schwanken zwischen 0,7 und 3,2 % i.TMk. Nach DLG-Schlüssel sollten Silagen nicht mehr als 3,0 % i.TMk aufweisen. Dieser Grenzwert wurde einmal im Randbereich überschritten, ansonsten lagen alle Silagen darunter.

Die Gehalte an Ethanol lagen im Mittel bei 0,6 % i.TMk mit einer Spanne von 0,1 bis 2,1 % i.TMk. Für den Gehalt an Ethanol liegen keine festen Grenzwerte vor. Normalerweise sollten Silagen jedoch nicht mehr als 1 % i.TMk aufweisen. Dieser Gehalt wurde insgesamt nur zweimal überschritten und stellt demnach kein Problem dar.

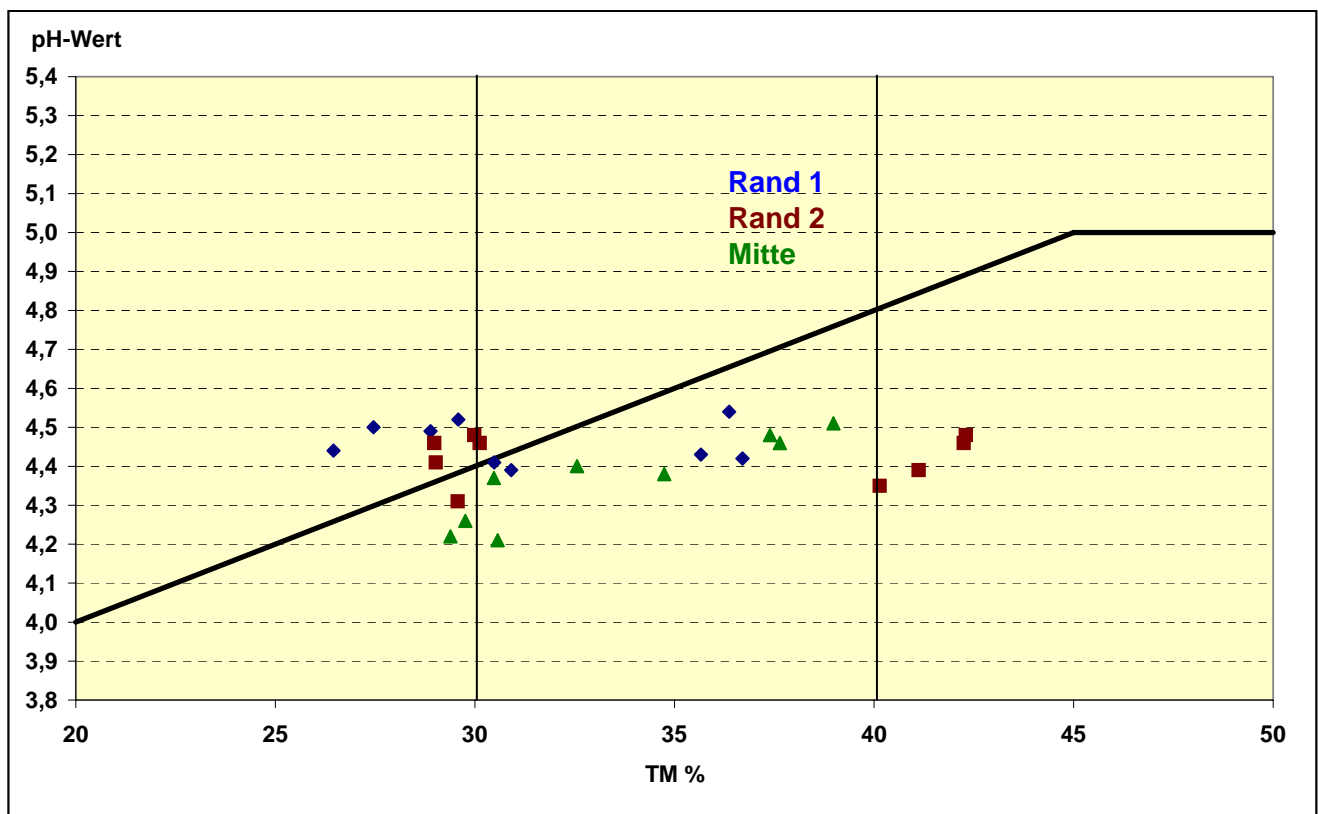


Abbildung 5: Einstufung der Gärqualität der Silagen nach TM-Gehalt und pH-Wert. Optimal sind Silagen, die unterhalb des „kritischen pH-Wertes“ (schwarze Linie) und zwischen 30 und 40 % TM liegen.

Die Gehalte an Restzucker geben Auskunft darüber, ob für den Gärprozess genügend Gärsubstrat zur Verfügung stand. Gehen die Gehalte gegen Null, dann kann es sein, dass das Gärsubstrat als für die Gärung limitierend war. Im günstigsten Fall wurde mit dem knappen Substrat gerade der kritische pH-Wert erreicht. Im vorliegenden Versuch treten teilweise niedrige Restzuckergehalte auf. Trotzdem wurde der kritische pH-Wert durch eine intensive Milchsäuregärung überwiegend unterschritten. Demnach war das Gärsubstrat zwar eher knapp vorhanden, reichte aber aus, um eine optimale Gärung mit niedrigen pH-Werten zu

erreichen. So weisen gerade diejenigen Silagen, die durch niedrige Restzuckergehalte gekennzeichnet sind, hohe Gehalte an Milchsäure auf. Dazu beigetragen hat sicherlich auch der Einsatz des Siliermittels, das homofermentative Milchsäurebakterien enthielt und somit die intensive Milchsäuregärung förderte. Derartige Zusätze fördern die Bildung von Milchsäure und reduzieren üblicherweise die Bildung von Essigsäure. Folglich passen auch die überwiegend niedrigen Gehalte an Essigsäure in das Gesamtbild.

4. Wertung der Ergebnisse

Das Fahrsilo wurde in gleichmäßigen Schichten von hinten nach vorne befüllt, wobei die Anschichtung keilförmig erfolgte. Demnach wurde zuerst im hinteren Teil die volle Befüllhöhe erreicht. Da der Anwelkgrad des Erntegutes vom Beginn der Einlagerung am Morgen bis zum Ende am Spätnachmittag tendenziell zunahm, lagen die mittleren **TM-Gehalte** bei der ersten Probenahme vorne im Silo etwas höher (+2,0 % absolut) als hinten im Silo. Aus diesem Grund weisen auch die oberen Schichten höhere TM-Gehalte auf. Die mittleren TM-Gehalte lagen im direkten Randbereich (50 cm Abstand) geringfügig unter denen im weiteren Randbereich (100 cm Abstand) und denen in der Silomitte. Dieser Effekt ist jedoch auf eingedrungenes Regenwasser und nicht den Einsatz des PistenBully zurück zu führen. Er tritt immer dann auf, wenn die Silofolie stumpf an die Silowand gelegt und nicht über die Wand gezogen wird.

Grassilagen mit rund 33 % TM sollten nach RICHTER (2009) ein **Raumgewicht** von mindestens 200 kg TM/m³ bzw. 600 kg FM/m³ aufweisen. Dieses Ziel wurde in den Milchviehsilagen mit im Mittel 250 kg TM/m³ um 25 % überschritten. Dabei ist anzumerken, dass die Milchviehsilage extrem gut verdichtet war. Derartige Raumgewichte sind unter Praxisbedingungen nur anzutreffen, wenn Berge- und Walzleistung sehr gut aufeinander abgestimmt sind und mit einem sehr hohen Walzgewicht sehr sorgfältig, pausenlos und gleichmäßig gewalzt wird. Zudem muss dazu die Grassilage sehr kurz gehäckselt werden, was auf dem Betrieb mit 10 bis 15 mm Häcksellänge auch praktiziert wird.

Die mit dem PistenBully eingebrachte Grassilage wies im gewogenen Mittel 183,2 kg TM/m³ eine niedrigere Verdichtung auf. Sie lag rund 8,5 % unter dem Ziel von 200 kg TM/m³ und rund 27 % unter der Verdichtung der sehr hoch verdichteten Milchviehsilage auf dem Betrieb Huber.

Die Spanne innerhalb des Silos war mit 130 bis 207 kg TM/m³ insbesondere zwischen den Randbereichen und der Silomitte groß. So wurde im direkten Wandbereich (Rand 1) im Mittel nur 157 kg TM/m³ und damit nur 78,5 % des Zielbereichs erreicht. Die Spanne war in diesem Bereich mit 130 bis 178 kg TM/m³ am größten (minus 11 bis minus 35 %). Bereits einem Meter neben der Wand (Rand 2) wurde mit im Mittel 171,5 kg TM/m³ die mittlere Verdichtung des gesamten Silos von 173,1 kg TM/m³ erreicht. In dieser Zone lag die Verdichtung rund 14 % unter der erwünschten Verdichtung. Die Spanne reichte von 171 bis 196 kg TM/m³ (minus 2 bis minus 15 %). Demnach war der PistenBully in der Lage, diesen Bereich besser zu verdichten als die Randzone 1. Dort hatte sich die Tatsache, dass der PistenBully aufgrund des überstehenden Schildes mit der Raupe nicht direkt und parallel an der Silowand entlang fahren kann, negativ ausgewirkt. Die Randzone wurde zwar regelmäßig durch das Heranfahren rückwärts an die Wand verdichtet. Das hat jedoch nicht ausgereicht, um direkt an der Wand optimal zu verdichten. Folglich sollte darüber nachgedacht werden, wie der Schild so konstruiert werden kann, dass mit dem PistenBully parallel direkt an der Wand entlang gefahren

und verdichtet werden kann. Im vorliegenden Versuch kam erschwerend hinzu, dass das Silo relativ schmal und kurz war.

In der Silomitte wurde mit einer mittleren Verdichtung von 189,7 kg TM/m³ fast die Mindestverdichtung von 200 kg TM/m³ erreicht (minus 5 %). Die beste Verdichtung wurde dort mit 207 kg TM/m³ (plus 3,5 %) ermittelt.

Bei der Einlagerung wurden durch die DLG-Prüfstelle alle Kipper gewogen und das Volumen des fertig befüllten Silos durch einen unabhängigen Vermessungstechniker gemessen. Aus der Gesamttonnage von 501 Tonnen Frischmasse und dem Gesamtvolumen von 716 m³ sowie den jeweiligen TM-Gehalten der einzelnen Kipperladungen (Mittelwert 32,6 % TM) resultiert eine mittlere Verdichtung von 228 kg TM/m³. Dieses Raumgewicht wurde bei der Beprobung der Grassilagen in keinem Fall erreicht. Dafür können mehrere Ursachen verantwortlich sein. So liegen aus weiteren Versuchen der DLG e.V. Erkenntnisse vor, die zeigen, dass die mittleren TM-Gehalte bei der Beprobung von Kipperladungen mit nur einer Probe je Kipper um absolut 1 bis 2 % von der mehrmaligen Beprobung je Kipper abweichen können. Gravierender ist jedoch zu werten, dass die Beprobung mit dem Bohrstock eine volumenmäßig relativ kleine (45 mm x 450 mm) und vor allem nur punktförmige Probenahme darstellt. Kleine mengenmäßige Verschiebungen im Bohrstock können sich so bei der Umrechnung auf einen Kubikmeter Silage rechnerisch deutlich auswirken. Dem wurde versucht, mit drei Bohrungen je Messpunkt entgegen zu wirken. Trotzdem ist nicht auszuschließen, dass sich die Art der Probenahme auf das absolute Ergebnis ausgewirkt hat. Leider liegen zur Genauigkeit dieser Art der Probenahme keine exakten Erkenntnisse vor. Wenn jedoch von einer Schwankungsbreite von 5 bis 10 % ausgegangen wird und diese bei grasartigen Silagen durch nicht vermeidbare Materialverschiebungen im Rohr (Ausweichen des Futters) eher nach unten abweichen, so kommen die ermittelten Raumgewichte in die Größenordnung der von der DLG ermittelten Gesamtverdichtung. Als weiteren Grund für die Abweichungen können TM-Verluste aufgeführt werden, die durch Gärstoff und den Gärprozess selbst auftreten. Gärstoff tritt bis zu einem TM-Gehalt von 30 % aus. Bei 20 der 46 Ladungen (jeweils rund 11 t FM) lag der TM-Gehalt unter 30 %. Die unvermeidbaren Gärverluste betragen unter Optimalbedingungen mindestens 7,5 % und können unter Praxisbedingungen auch über 10 % liegen.

Wenn jedoch die Effekte des PistenBully auf die verschiedenen Zonen im Silo betrachtet werden, so ist der Vergleich der Raumgewichte untereinander auf jeden Fall aussagekräftig. Demnach sind die Randbereiche auf jeden Fall geringer verdichtet als die Proben aus der Silomitte. Aus Abbildung 4 lassen sich die Anteile der gut (+), mittel (0) und weniger gut (-) verdichteten Anteile im gesamten Silo berechnen. Demnach nehmen die weniger gut verdichteten Bereiche (weniger als 150 kg TM/m³) maximal 2,5 % des Silovolumens ein. Rund 50 % des Silos weisen eine mittel (150 - 200 kg TM/m³) und rund 47,5 % eine gut verdichtete Silage (über 200 kg TM/m³) auf.

Die Zunahme der Verdichtung von oben mit im Mittel 155 kg TM/m³ (minus 22 %) über 175 kg TM/m³ (minus 12,5 %) nach unten mit im Mittel 188 kg TM/m³ (minus 8 %) ist in jedem Silo in ähnliche Weise zu finden. Gründe dafür sind zum einen das häufigere Überfahren der unteren Schichten sowie die Zunahme des Trockenmassegehaltes der später eingelagerten Partien. Dem kann in der Praxis durch ein längeres Nachwalzen (bis zu einer Stunde nach dem letzten Kipper) entgegen gewirkt werden. Dazu hatte der PistenBully im vorliegenden Versuch rund eine halbe Stunde Zeit.

Schimmelbildung und **Fäulnis** trat in der Grassilage nur vereinzelt und im direkten Randbereich in der obersten Schicht auf. In tieferen Schichten wurde kein Schimmel beobachtet. Demnach hat sich der Einsatz des PistenBully nicht negativ ausgewirkt. Die **Temperatur** von Silagen sollte außer im Bereich direkter Sonneneinstrahlung (Siloanschnitt) bzw. direkt unter der erwärmten Silofolie (im Sommer) 20 °C nicht überschreiten. Im vorliegenden Versuch wiesen die Grassilagen im Mittel genau 20 °C auf. Bis auf wenige Bereiche (Ende der Entnahme, obere Schicht) kann deshalb nicht von einer Nacherwärmung ausgegangen werden. Zwar wurden teilweise auch Temperaturen von 20 bis 25 °C ermittelt, aber diese Temperaturen traten auch am 15. September (bei Umgebungstemperaturen von 8,5 °C) auch in der hochverdichteten Milchviehsilage auf.

Der Einsatz des PistenBully sowie das um durchschnittlich 8,5 % unter dem Zielbereich liegende Verdichtung haben sich nicht negativ auf den **Futterwert** und die **Gärqualität** der Grassilagen ausgewirkt. Die 27 Proben aus dem Biogassilo (Versuchssilo) wiesen, verglichen mit den beiden Silagen aus dem Milchviehsilo, bis auf den Energiegehalt (minus 0,3 MJ NEL/kg TM) fast identische Inhaltstoffe auf. Die Gehalte sind auch auf gleichem Niveau wie weitere Silagen aus der Region „Heuberg“. Innerhalb des Silos sind Schwankungen im Futterwert zu erkennen, die jedoch weniger auf die Art des Walzfahrzeugs als vielmehr auf die Schwankungen des Erntegutes (siehe Tabelle 1) zurück zu führen sind. Dies dürfte auch der Grund für den etwas niedrigeren Energiegehalt der Biogassilagen sein, zumal die Milchviehsilage ein bis zwei Tage früher einsiliert wurde. Die Silagen waren vor allem in der Silomitte sehr gut vergoren. Nur in der Randzone lagen die pH-Werte teilweise außerhalb des Optimalbereiches (siehe Abbildung 3). Dort wurden auch bei einzelnen Proben Buttersäure analysiert, wobei auch der Maximalgehalt mit 0,2 % i.TMk immer noch unter dem Grenzwert des DLG-Schlüssel von 0,3 % i.TMk lag. Durch den Einsatz eines Siliermittels, das homofermentative Milchsäurebakterien enthielt, wurden im Mittel 7,2 % i.TMk Milchsäure die Zielgehalte von über 5 % i.TMk gut erreicht. Deshalb sind in den Silagen auch niedrige Restzuckergerhalte vorhanden. Der Zuckergehalt im Erntegut war demnach für eine gute Gärung ausreichend.

Durch den Einsatz des homofermentativen Siliermittels wurde vermutlich der Gehalt an Essigsäure in der Silage auf im Mittel 1,3 % i.TMk reduziert. Dieser sollte zwischen 2 und 3 % i.TMk liegen. Niedrige Essigsäuregehalte erhöhen das Risiko einer Nacherwärmung. Da im vorliegenden Versuch aber ein hoher durchschnittlicher Entnahmevorschub von vier Meter pro Woche erreicht wurde, konnte sich der niedrige Gehalt an Essigsäure nicht negativ auswirken.

5. Zusammenfassung

Am 28. Mai 2009 wurde in Meßstetten auf der Schwäbischen Alb angewelktes Wiesengras (1. Aufwuchs) mit einem Exakthäcksler geerntet und mittels PistenBully 300 in einem Fahr-silo verteilt und verdichtet. Der Erntevorgang wurde von der DLG-Prüfstelle mittels Wägungen der 46 Kipper (501 t FM) und Begutachtung der Walzarbeit im Silo komplett dokumentiert und ist nicht Gegenstand dieses Berichtes. Durch das Landwirtschaftliche Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW Aulendorf) wurden von jedem Kipper Proben zur Ermittlung des Trockensubstanzgehaltes gezogen. Von 10 Proben wurde auch der Futterwert untersucht. Insgesamt wurden innerhalb von Stunden Tonnen Frischmasse einsiliert und am gleichen Tag mit Silofolie abgedeckt.

Nach einer Gär- und Lagerdauer von 3,5 Monaten (105 Tage) wurde die Grassilage für die Verfütterung in einer Biogasanlage entnommen und innerhalb von 5 Wochen komplett verfüttert. Die Silagen wurden während der Entnahmeperiode dreimal beprobt (15., 28. September, 5. Oktober 2010) und hinsichtlich Verdichtung, Gärqualität und Temperatur untersucht. Dabei wurden jeweils an drei Orten (Rand 1, Rand 2, Mitte des Silos) und Schichten (0,30 m, 1,00 m von oben; 0,50 m von unten) dreifach Bohrkern entnommen und in den Bohrlöchern in drei Tiefen (15 cm, 50 cm, 150 cm) die Temperatur gemessen.

Zum Vergleich wurde bei der ersten Probenahme auch an zwei Stellen Grassilage aus einem anderen Silo des Betriebes beprobt, das mit vergleichbarem Erntegut (1. Aufwuchs) zwei Tage vor dem Versuchssilo mit der gleichen Erntetechnik befüllt, aber mit einem Radlader (18 t) gewalzt wurde. Zum weiteren Vergleich standen Silagedaten der Region aus der Grundfutterdatenbank des LAZBW zur Verfügung.

Die Ergebnisse der Silagebeprobungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die 27 Grassilagen wiesen im Mittel 33,4 % TM (26,5 - 42,3 %) auf und spiegeln die Gehalte bei der Einlagerung mit im Mittel 32,6 % TM (21,1 - 46,6 %) wider.
2. Die TM-Gehalte nehmen im Silo von oben mit im Mittel 38,2 % TM über 31,7 % TM nach unten mit im Mittel 29,8 % TM ab. Dieser Effekt ist darauf zurück zu führen, dass mit Fortschreiten der Befüllung am Nachmittag stärker angewelktes Gras eingebracht wurde.
3. Im Randbereich 1, also direkt neben der Silowand, wurden mit im Mittel 31,4 % TM geringfügig niedrigere TM-Gehalte als im Randbereich 2 (1 Meter neben der Wand) mit 34,8 % TM und in der Silomitte mit 33,5 % TM gefunden. Vermutlich ist in diesem Bereich etwas Regenwasser in die Silage eingedrungen, obwohl die Silage sehr sorgfältig mit Silofolie und Unterziehfolie abgedeckt war. Dazu beigetragen hat sicherlich die Tatsache, dass die Silofolien stumpf gegen die Wand gezogen waren. Ein Überziehen der Folien über die Silowand war bauartbedingt nicht möglich.
4. Aus den Untersuchungsergebnissen ist erwartungsgemäß kein Effekt des PistenBully auf den TM-Gehalt der Silagen abzuleiten. Die beiden Grassilagen aus dem Silo für die Milchkühe wiesen im Mittel 33,5 % TM auf, die Grassilagen aus der Region „Heuberg“ lagen mit 32,2 % TM ebenfalls auf gleichem Niveau.
5. Die mit dem PistenBully eingebrachte Grassilage wies im Mittel eine Verdichtung von 183,2 kg TM/m³ auf. Sie lag damit rund 8,5 % unter dem Ziel von 200 kg TM/m³ und rund 27 % unter der Verdichtung der sehr hoch verdichteten Milchviehsilage auf dem Betrieb (250 kg TM/m³). Dabei ist anzumerken, dass die Milchviehsilage extrem gut verdichtet war. Derartige Raumgewichte sind unter Praxisbedingungen nur anzutreffen, wenn Berge- und Walzleistung sehr gut aufeinander abgestimmt sind und mit einem sehr hohen Walzgewicht sehr sorgfältig, pausenlos und gleichmäßig gewalzt wird.
6. Die mittlere Verdichtung von 183,2 kg TM/m³ weicht von der durch die DLG bei der Einlagerung ermittelten mittleren Verdichtung von 228 kg TM/m³ ab. Ursachen dafür sind in unvermeidbaren TM-Verlusten durch Gärstoff (bis 30 % TM) und den Gärprozess selbst (mindestens 7,5 %) zu suchen. Bei 20 von 46 Ladungen lag der TM-Gehalt unter 30 %. Hinzu kommen mögliche Abweichungen durch die punktförmige

und kleinvolumige Probenahme mittels Probebohrer, bei dem sich mögliche kleine mengenmäßige Verschiebungen im Bohrstock rechnerisch deutlich auswirken.

7. Die Verdichtung innerhalb des Silos wies mit 130 bis 207 kg TM/m³ eine große Spanne auf, wobei Effekte zwischen den Schichten und Orte zu erkennen sind. Diese sind auch auf den Einsatz des PistenBully zurück zu führen. Rund 47,5 % der gesamten Grassilage waren gut (über 200 kg TM/m³), weiter 50 % mittel (150 - 200 kg TM/m³) und rund 2,5 % (Randbereiche) weniger gut (unter 150 kg TM/m³) verdichtet.
8. An der Silowand wurde mit im Mittel 157 kg TM/m³ die geringste Verdichtung ermittelt. Im Vergleich zu den Zielvorgaben von 200 kg TM/m³ bedeutet das eine um rund 21 % geringere Verdichtung. Bereits rund ein Meter neben der Silowand betrug das mittlere Raumgewicht 171,5 kg TM/m³ und somit rund 14 % unter dem Ziel. Die beste Verdichtung mit im Mittel knapp 190 kg TM/m³ wurde in der Silomitte ermittelt. Dort liegt die Verdichtung nur rund 5 % unter der Zielvorgabe von 200 kg TM/m³.
9. Randeffekte sind auch bei anderen Techniken zu beobachten. Sie fallen um so kleiner aus, je besser das Walzfahrzeug direkt an der Wand entlang fahren kann. An der Silowand hat sich die Tatsache, dass der PistenBully aufgrund des überstehenden Schildes mit der Raupe nicht direkt und parallel an der Silowand entlang fahren kann, negativ ausgewirkt. Die Randzone wurde zwar regelmäßig durch das Heranfahen rückwärts an die Wand verdichtet. Das hat jedoch nicht ausgereicht, um direkt an der Wand optimal zu verdichten. Demnach sollte aus unserer Sicht über eine konstruktive Änderung nachgedacht werden, damit zukünftig direkt an der Wand entlang gefahren und verdichtet werden kann.
10. Im Silo nimmt von oben nach unten die Verdichtung von 155 kg TM/m³ über 175 kg TM/m³ nach unten mit im Mittel 188 kg TM/m³ zu. Derartige Effekte sind unabhängig von der Walztechnik in allen Silos zu beobachten.
11. Schimmelbildung und Fäulnis trat in der Grassilage nur vereinzelt und im direkten Randbereich in der obersten Schicht auf. In tieferen Schichten wurde kein Schimmel beobachtet. Demnach hat sich der Einsatz des PistenBully nicht negativ ausgewirkt.
12. Die Temperatur der Grassilagen wies im Mittel 20 °C auf. Bis auf wenige Bereiche mit bis zu 32,6 °C (Ende der Entnahme, obere Schicht) kann deshalb nicht von einer Nacherwärmung ausgegangen werde. Zwar wurden teilweise auch Temperaturen von 20 bis 25 °C ermittelt, aber diese Temperaturen traten gleichzeitig auch in der hochverdichteten Milchviehsilage auf.
13. Die verminderte Verdichtung hat sich aufgrund des hohen Entnahmevorschubs von 4 Meter pro Woche nicht negativ auf den Futterwert die Gärqualität der Grassilagen ausgewirkt.
14. Die 27 Proben aus dem Versuchssilo wiesen, vergleichen mit den beiden Silagen aus dem Milchviehsilos, bis auf den Energiegehalt (minus 0,3 MJ NEL/kg TM) fast identische Inhaltstoffe auf. Die Gehalte sind auch auf gleichem Niveau wie weitere Silagen aus der Region „Heuberg“.
15. Innerhalb des Silos sind Schwankungen im Futterwert zu erkennen, die jedoch weniger auf die Art des Walzfahrzeugs als vielmehr auf die Schwankungen des Erntegutes

zurück zu führen sind. Dies dürfte auch der Grund für den etwas niedrigeren Energiegehalt der Biogassilagen sein, zumal die Milchviehsilage ein bis zwei Tage früher einsiliert wurde.

16. Die Silagen waren vor allem in der Silomitte sehr gut vergoren. Nur in der Randzone lagen die pH-Werte teilweise außerhalb des Optimalbereiches. Dort wurden auch bei einzelnen Proben Buttersäure analysiert, wobei auch der Maximalgehalt mit 0,2 % i.TMk immer noch unter dem Grenzwert des DLG-Schlüssel von 0,3 % i.TMk lag.
17. Durch den Einsatz eines Siliermittels, das homofermentative Milchsäurebakterien enthielt, wurden mit im Mittel 7,2 % i.TMk hohe Gehalte an Milchsäure, aber niedrige Essigsäuregehalte (1,3 % i.TMK) erreicht. Diese sollte zwischen 2 und 3 % i.TMk liegen. Niedrige Essigsäuregehalte erhöhen das Risiko einer Nacherwärmung.
18. Die Grassilagen wiesen niedrige Gehalte an Ethanol (0,6 % i.TMk) und Ammoniak-Stickstoff (6 % des Gesamt-N) auf. Demnach hat kein Eiweißabbau und nur eine geringe alkoholische Gärung stattgefunden.

Aus den vorliegenden Ergebnissen lässt sich ableiten, dass der Einsatz der Pistenraupe (PistenBully 300) beim Einsilieren von Wiesengras (1. Aufwuchs, 32,6 % TM, kurz gehäckselt) trotz einer gewichteten mittleren Verdichtung von 183,2 kg TM/m³, die im Mittel rund 8,5 % unter dem Zielbereich von 200 kg TM/m³ lag, sich nicht negativ auf die Gärqualität und den Futterwert der Grassilagen sowie die Verwertung der Silagen in der Biogasanlage ausgewirkt hat.

6. Verantwortlich für die Ergebnisse

**Dr. Hansjörg Nußbaum
Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung,
Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei
Baden-Württemberg(LAZBW)
Fachbereich Grünlandwirtschaft und Futterbau
Atzenberger Weg 99
88326 Aulendorf**

**Tel.: 07525/942-352
eMail: hansjoerg.nussbaum@lazbw.bwl.de**

Aulendorf, den 19. Januar 2010