



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

**Einsatz des PistenBully 300 (Fa. Kässbohrer) beim
Verteilen und Verdichten von Triticale-Ganzpflanzen (GPS)
Auswirkungen auf Raumgewicht, Silagetemperatur
und Gärqualität
- Projekt 2009 -**



Erstellt von:

Dr. Hansjörg Nußbaum

1. Versuchsfrage

Wie gelingt die Verteilung von Triticale Ganzpflanzensilage (GPS) durch den Einsatz einer Pistenraupe bei der Einlagerung im Silo und wie werden dabei Verdichtung, Silagetemperatur und Gärqualität 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: Biogaskraftwerk Rottweil-Hausen
ENRW Energieversorgung Rottweil
In der Au 5
78628 Rottweil
Tel.: 0741/472-0

2.2 Erntetechnik:

2.2.1 Exakthäcksler:

Claas Jaguar 950 mit GPS-Schneidwerk Claas Direct Disc 520 Contour

Lohnunternehmer Jürgen Haller
Drei Linden Hof
78647 Trossingen
Tel.: 07425/951760

2.2.2 Transport:

- Abschiebewagen Brandner TA 23065 Power Push
- Bergmann Häckseltransportwagen Tridem HTW 45 mit Kratzboden

2.3 Siliergut:

Die im Herbst 2008 angesäte Triticale wurde am 13. und 14. Juli 2009 direkt gemäht und sofort gehäckselt (Direct Disc). Knapp 15 % aller Proben (11 von 75) wurden im Labor analysiert (Tabelle 1). Im Mittel der untersuchten Frischproben (n=11) wies das Erntegut 38,0 % TM auf (Spanne 32,6 bis 40,9 % TM). Im Mittel aller TM-Proben (n=75) hatte das Erntegut einen TM-Gehalt von 37,8 % (Spanne von 32,6 bis 41,4 % TM). Demnach repräsentieren die komplett analysierten Proben gut das gesamte Erntegut.

Die Triticale war zur Ernte je nach Ackerschlag im Wachstadium „Beginn bis Ende Teigreife“ und wies in der Trockensubstanz im Mittel Gehalte von 6,5 Rohprotein (Spanne 5,5 bis 8,8 % i.TM) und 25,7 % Rohfaser (Spanne 23,3 bis 29,2 % i.TM) sowie 5,5 MJ NEL/kg TM auf (Tabelle 1). Die Zuckergehalte lagen im Mittel bei 8,5 % i.TM. Für eine sichere Milchsäuregärung werden Zuckergehalte von 2-3 % i.FM bzw. 8-9 % in der TM angestrebt, was im vorliegenden Versuch mit 8,5 % i.TM erreicht wurde. Das Verhältnis zwischen Zucker und Pufferkapazität (Z/PK-Quotient) sollte mindestens 2 sein, was mit 3,5 gut erreicht wurde. Die gute Silierbarkeit spiegelt sich auch im Vergärbarkeitskoeffizient ($VK = TM + (8 \times Z/PK)$) wider, der bei 66,3

lag. Ab einem Vergärbarkeitskoeffizient von 45 ist das Erntegut leicht silierbar. Die Verschmutzung des Ernteguts war mit im Mittel 4,6 % i.TM Rohasche gering und unproblematisch (Spanne 4,0 bis 5,7 % i.TM).

Tabelle 1: Inhaltstoffe des Ernteguts (analysiert wurden 11 von 75 Proben)

Wagen lfd. Nr.	TM %	Rohprotein % i. TM	Rohfaser % i. TM	Rohasche % i. TM	Energie MJ/kg TM		Zucker % i.TM	PK*	Z/PK
					ME	NEL			
9	37,6	6,0	26,0	4,0	9,6	5,6	8,2	1,8	4,5
10	34,2	6,6	27,4	5,4	9,2	5,3	11,6	2,5	4,7
19	39,7	6,4	23,3	4,6	9,7	5,7	6,9	2,1	3,2
20	40,2	5,9	25,1	4,4	9,6	5,6	8,3	2,1	4,0
29	39,6	6,0	24,6	4,7	9,4	5,5	8,5	2,2	4,0
30	37,4	8,8	25,7	5,0	9,5	5,6	7,4	2,5	3,0
38	39,7	6,6	23,6	4,3	9,6	5,6	7,7	2,7	2,9
41	38,5	6,2	26,6	4,3	9,4	5,4	9,1	2,9	3,2
48	40,9	5,5	25,3	4,1	9,5	5,5	7,9	2,4	3,3
51	37,2	6,0	26,0	4,5	9,4	5,5	10,0	2,5	4,0
57	32,6	7,7	29,2	5,7	9,2	5,3	7,7	3,5	2,2
Mittel	38,0	6,5	25,7	4,6	9,5	5,5	8,5	2,5	3,5
min	32,6	5,5	23,3	4,0	9,2	5,3	6,9	1,8	2,2
max	40,9	8,8	29,2	5,7	9,7	5,7	11,6	3,5	4,7

*PK: Pufferkapazität = Gramm Milchsäure bis pH 4,0

Die Triticale wies eine mittlere Wuchshöhe von 1,05 bis 1,10 Meter auf. Die Stoppelhöhe betrug im Mittel rund 15 cm (Abbildung 1).



GPS-Ernte mittels Exakthäcksler und Direct Disc im Reifestadium „Teigreife“ Die theoretische Häcksellänge betrug 6 mm

Abbildung 1: Erntetechnik, Reifestadium und Häcksellänge der Triticale-GPS am 13. Juli 2009.

2.4 Siloart:

Fahrsilo mit festen Seitenwänden; mit Silofolie abgedeckt

Länge: 73,20 Meter

Breite: 16,20 Meter

Höhe: 3,08 Meter (mittlere Höhe)

Das Fahrsilo war teilweise mit Grassilage (1. Aufwuchs Mai 2009) befüllt. Die Füllmenge wurde vorher ausgemessen und ergab 1.262 m³. Dazu wurden in der Länge alle 5 Meter und quer alle 2 Meter die Füllhöhe ermittelt.

2.5 Datenerhebung bei der Ernte

Bei der Einlagerung der Triticale wurde die zeitliche Anlieferung der Erntemengen, das Arbeitsverhalten der Maschine im Futter und die mittlere Verdichtung im Silo ermittelt. Jedes Transportfahrzeug wurde verwogen (Abbildung 2) und aus dem Kipperinhalt eine Probe zur Bestimmung des Trockenmassegehaltes (TM) entnommen. Der PistenBully wurde am 13. Juli 2009 unmittelbar vor Versuchsbeginn voll getankt.

Während der Einlagerung des Futters wurde die Qualität der Arbeit bonitiert und anfangs stündlich, später zweistündlich, der Füllstand im Silo erfasst. Dazu wurden zuvor an den Silowänden im Raster von 25 cm Markierungen ähnlich einem Pegelstandanzeiger in Abständen von 5 Metern angebracht (Abbildung 4). Bei der Verarbeitung im Silo wurden die Schubvorgänge zur Verteilung gezählt und das Verhalten der Maschine in Steigungen und an der Wand beobachtet sowie etwaige technische Schwierigkeiten oder Störungen notiert.



Abbildung 2:

Geeichte Bodenwaage mit funkgesteuerter Fahrzeugerkennung und automatischer Datenspeicherung (Fahrzeug, Uhrzeit, Gewicht)



Abbildung 3:

PistenBully 300 mit umgebautem Kühler auf der Ladepritsche sowie Heckhydraulik und Zusatzgewicht (600 kg). Das Gesamtgewicht ohne Fahrer betrug 9.260 kg



Abbildung 4:

Zur Füllstandmessung wurden an der Silowand alle 5 Meter farbliche Markierungen im Abstand von 25 cm angebracht und regelmäßig abgelesen.

2.5 Probenahmeterminale der Silagen vor Ort:

1. **T1** 15. September 2009 bei ca. 52,5 m von hinten (Auffahrrampe) aus
2. **T2** 22. Oktober 2009 bei ca. 31 m von hinten aus
3. **T3** 10. Dezember 2009 bei ca. 15 m von hinten aus

2.6 Probenahmeort der Silagen:

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 8,0 m von der rechten Seitenwand entfernt (**Mitte**)

2.7 Schichten der Silagen:

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 der Grassilage (nur bei Termin 1 und 2, bei Termin 3 nicht möglich, da zu geringe Füllhöhe über der Grassilage)

2.8 Analysen:

Ernte

1. TM-Gehalte aller Kipperinhalte (75 Proben) mittels Trocknung bei 60°C und 105 °C
2. Roh Nährstoffe: nach VDLUFA (11 von 75 Proben)
3. Silierbarkeit bei 11 Proben (LTZ Augustenberg)

Silagen:

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 Trockenmassekorekturen 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. Roh Nährstoffe: nach VDLUFA
6. Energiegehalt: berechnet über HFT (Formel für Grassilage nach STEINGASS und MENKE, 1987)
7. Gär säuren und Restzucker: mittels HPLC, abgeändert nach SIEGFRIED et al. 1984

2.9 Vorgehen bei der Siloentnahme

Das Silo wurde nach dem Befüllen mit Triticale am 13. und am 14. Juli 2009 (bis ca. 4:00 Uhr in der Nacht) am 14. Juli 2009 komplett mit Unterzieh und Silofolie abgedeckt. Das Silo wurde nach einem Monat Lagerdauer (28 Tage) geöffnet. Die Probenahme erfolgte am 15. September, 22. Oktober sowie am 10. Dezember 2009. Zwischen den ersten beiden Terminen lag der mittlere Entnahmevorschub bei rund 4,1 Metern pro Woche, zwischen Termin 2 und 3 bei rund 2,3 Metern pro Woche.

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 5). 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 jeweils mindestens 24 Stunden bei 60°C und 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 Vorder-

kante Bohrloch) gemessen (Abbildung 6). Die Umgebungstemperatur wies am 15. September 2009 16,1 °C, am 22. Oktober 2009 8,5 °C und am 10. Dezember 2009 5,3 °C auf.

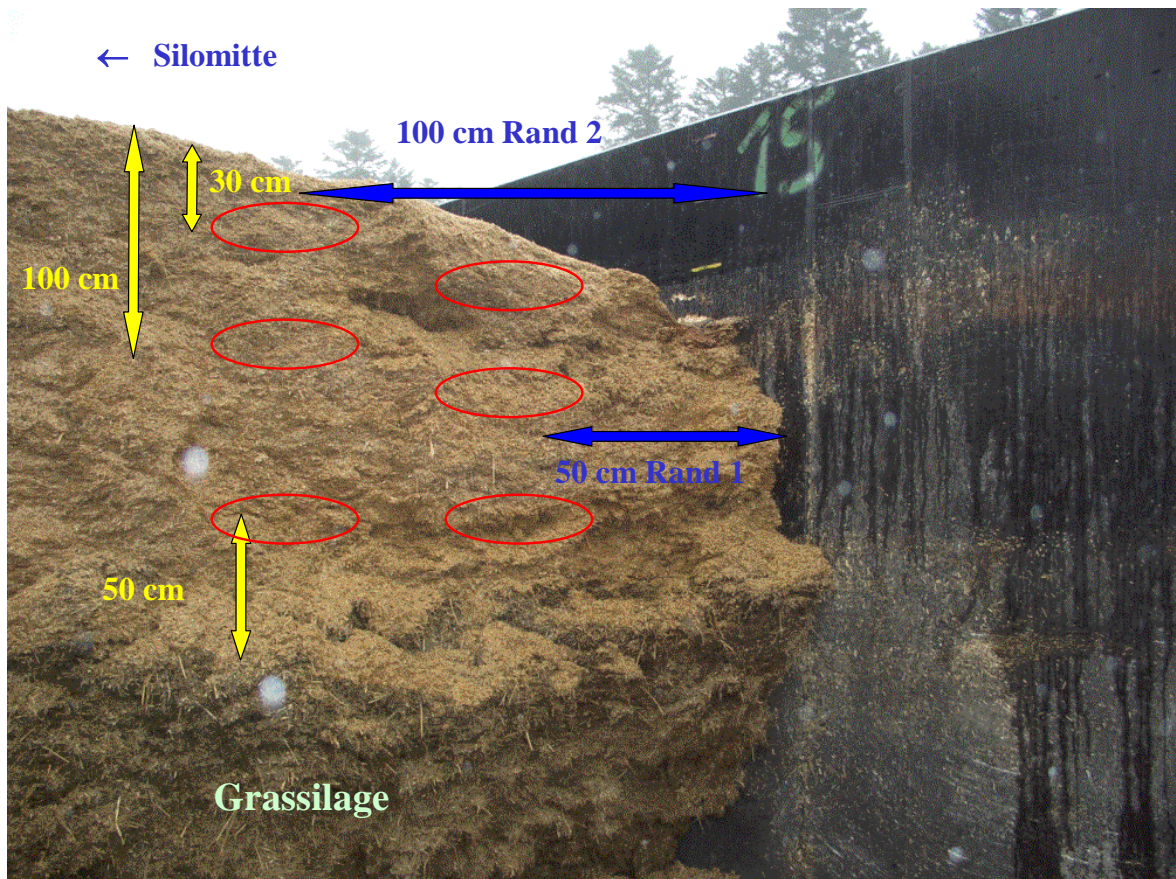


Abbildung 5: Schematische Anordnung der Bohrkernentnahmen im Randbereich der GPS (nicht maßstabsgerechte Darstellung)



Abbildung 6: Probenahme (links) und Temperaturmessungen in den Bohrlöchern (rechts)

3. Ergebnisse

3.1 Einlagerung der Triticale-GPS

Die Triticale wurde mit einem Direktmäherwerk am Exakthäcksler gemäht und unmittelbar gehäckselt. Der Transport erfolgte mit zwei Transporteinheiten, die in der Lage waren, das Erntegut ohne Wartezeiten für den Häcksler abzutransportieren. Die Felder lagen in der Nähe um die Biogasanlage, allerdings mit sehr unterschiedlicher Schlaggröße und teilweise sehr ungünstiger Schagformung.

In 16,9 Stunden (netto, ohne Pausen) wurden in 75 Fuhren 1.130 Tonnen Frischmasse bzw. 427 Tonnen Trockenmasse angeliefert (Tabelle 2). Je Kipper waren im Mittel 15,1 Tonnen Frischmasse geladen. Der mittlere TM-Gehalt betrug 37,7 %. Die mittlere Einbauleistung betrug 66,9 Tonnen Frisch- bzw. 25,3 Tonnen Trockenmasse je Stunde. Insgesamt wurden 362 Schübe zur Verteilung des gesamten Ernteguts gezählt. Daraus resultiert eine mittlere Masse von 3,1 Tonnen Frischmasse je Schub. Das bedeuten bei rund 15,1 t FM/Kipper 4,8 Schübe je Kipper zur Verteilung im Silo.

Tabelle 2: Bei der Einlagerung gemessene Werte

Datum	Bergeleistung		TM %	Arbeitszeit h (netto)	Kipper Anzahl	t/Kipper		Schübe Anzahl	Masse/Schub t FM	Einbauleistung	
	t FM	t TM				FM	TM			t FM/h	t TM/h
13.07.09	1.130	427	37,7	16,9	75	15,1	5,7	362	3,1	66,9	25,3

Das Einbauvolumen betrug rund 1.835 m³ (Endvolumen abzüglich Grassilage). Daraus resultiert rechnerisch eine mittlere Lagerdichte von 615 kg FM/m³ bzw. 232 kg TM/m³. Nach Richter et al. (2009) sollten grasartige Silagen bei 37,7 % TM eine Verdichtung von mindestens 585 kg FM/m³ bzw. 220 kg TM/m³ haben. Dieses Ziel wurde bei der Einlagerung um rund 5-6 % übertroffen.

Insgesamt wurden in 17,4 Arbeitsstunden ein Dieserverbrauch von 170 Liter ermittelt. Daraus resultiert ein mittlerer Verbrauch von 9,8 Liter je Stunde bzw. 0,15 Liter je Tonne Frischmasse oder 0,4 Liter je Tonne Trockenmasse.

Auf den beiden folgenden Seiten ist der zeitliche Verlauf der Einlagerung anhand der Füllstände grafisch dargestellt (Abbildungen 7 und 8).

Ort: linke Seite (zum leeren Silo)		Meter (ab Auffahrrampe)																
Tag	Uhrzeit	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	
13. Jul 09	Gras	1,55	1,70	1,67	1,55	1,55	1,49	1,40	1,26	1,19	1,06	0,84	0,66	0,45	0,00			
	12:00	1,50	1,75	1,75	1,88	2,00	2,13	2,25	2,00	1,88	1,75	1,50	1,13	0,80	0,38	0,00		
	14:00	1,50	1,75	1,75	1,75	1,75	2,00	2,00	1,75	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,38	0,25	0	
	16:00	1,75	1,88	1,88	2,13	2,25	2,25	2,00	1,88	1,88	1,75	1,25	1,00	0,75	0,38	0,13	0	
	18:00	1,63	1,75	1,88	2,00	2,25	2,25	2,00	2,00	2,00	2,00	1,75	1,75	1,38	0,50	0,38	0	
	20:00	1,63	1,88	1,88	2,00	2,25	2,25	2,25	2,00	2,00	2,25	2,25	2,00	1,75	1,00	0,50	0	
	22:00	1,63	2,00	2,25	2,25	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,25	2,25	1,75	1,00	0,50	0	
14. Jul 09	04:00	1,55	2,00	2,50	2,60	2,60	2,70	2,75	2,80	2,85	2,75	2,70	2,65	2,25	1,35	0,35	0	

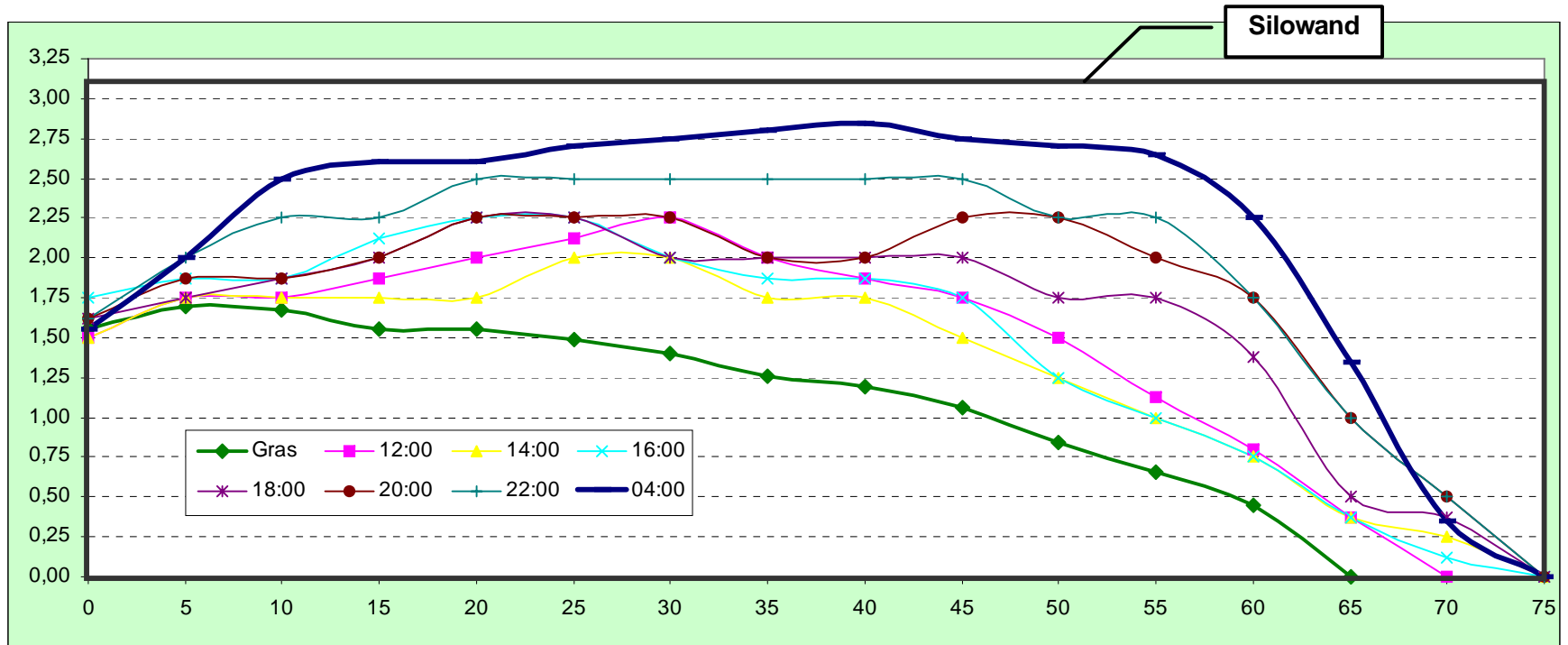


Abbildung 7: Zeitlicher Verlauf der Silobefüllung, dargestellt über Füllstände an der linken Silowand. Die Füllhöhe zu Versuchsbeginn am 14. Juli um 04:00 Uhr sowie die Füllhöhe der bereits vorher einsiliierten Grassilage sind jeweils an den dickeren Linien erkennbar.

Ort: rechte Seite (gegen befülltes Silo)		Meter (ab Auffahrrampe)																
Tag	Uhrzeit	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	
13. Jul 09	Gras	1,55	1,70	1,67	1,55	1,55	1,49	1,40	1,26	1,19	1,06	0,84	0,66	0,45	0,00			
	12:00	1,50	1,75	1,75	2,00	2,00	2,00	1,75	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,38	0,25	0,00		
	14:00	1,50	1,75	1,75	1,75	1,75	2,00	1,88	1,75	1,75	1,75	1,50	1,25	1,00	0,50	0,13	0	
	16:00	1,50	1,75	1,88	1,88	2,00	2,00	2,00	2,00	1,88	1,88	1,75	1,50	0,88	0,63	0,25	0	
	18:00	1,50	1,75	1,88	1,88	2,00	2,25	2,25	2,25	2,25	2,00	2,00	1,50	1,25	0,75	0,38	0	
	20:00	1,50	1,75	2,13	2,00	2,25	2,25	2,13	2,00	2,13	2,13	1,88	1,50	1,25	0,75	0,38	0	
	22:00	1,63	2,00	2,25	2,75	2,75	2,50	2,50	2,38	2,25	2,25	2,25	2,00	1,63	1,00	0,50	0	
14. Jul 09	04:00	1,55	2,00	2,50	2,60	2,60	2,70	2,75	2,80	2,85	2,75	2,70	2,65	2,25	1,35	0,35	0	

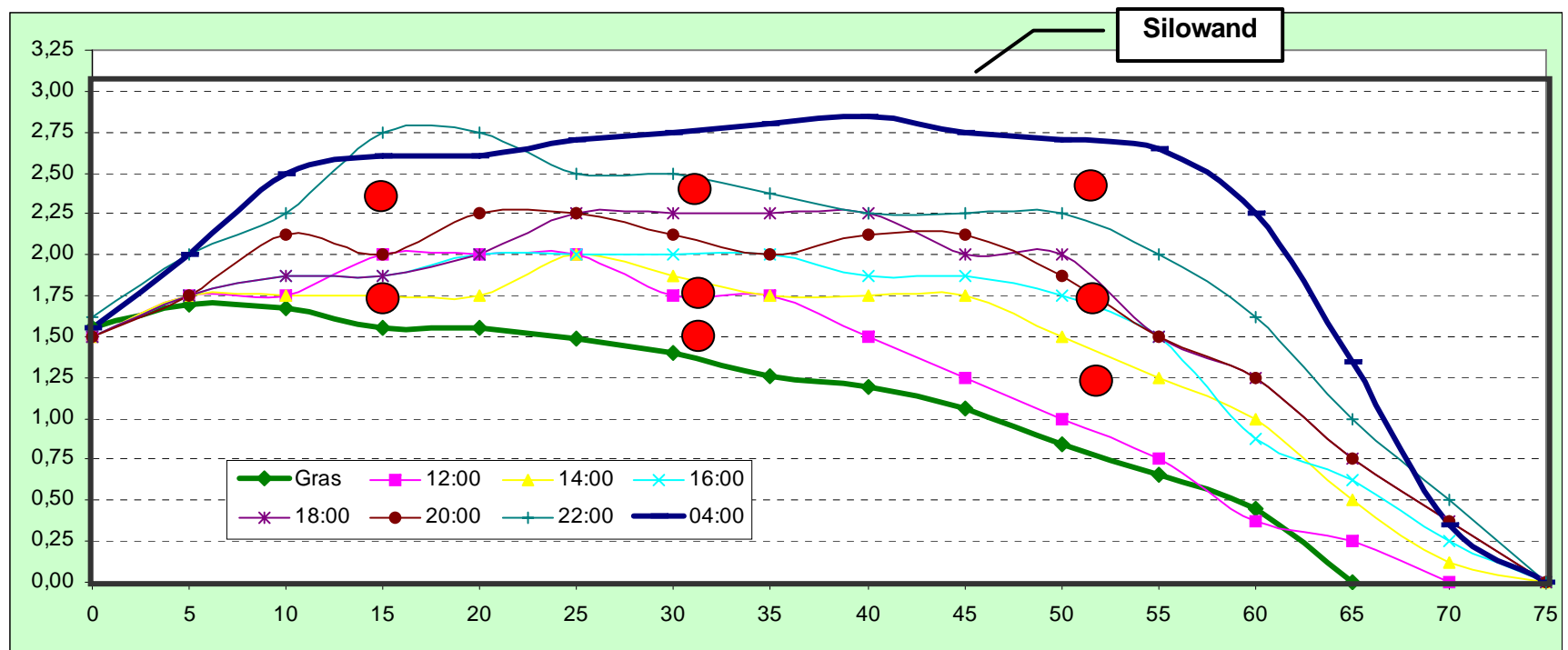


Abbildung 8: Zeitlicher Verlauf der Silobefüllung, dargestellt über Füllstände an der rechten Silowand. Die Füllhöhe zu Versuche am 14. Juli um 04:00 Uhr sowie die Füllhöhe der bereits vorher einsilierten Grassilage sind an den dickeren Linien erkennbar. Die roten Punkte kennzeichnen die Stellen der Probenahme bei der Auslagerung

3.2 Beobachtungen

3.2.1 Verstopfen der Raupen

Ein Verstopfen der Raupen war zu keinem Zeitpunkt zu beobachten, obwohl das Futter kurz gehäckselt war und im Verlauf des Versuchs unterschiedliche TM-Gehalte aufwies. Futter zwischen den Kettenteilen wurde rasch und problemlos wieder frei (Abbildung 9).

3.2.2 Qualität der Arbeit

Der PistenBully war in der Lage, einen vom Transportwagen abgeladenen Haufen mit im Mittel 15 t Frischmasse in vier bis fünf Schüben dünn (bis unter 10 cm) über eine große Strecke (bis 70 Meter) zu verteilen. Dabei war beim Überfahren des bereits eingebrachten Futters eine leichte Vibration des Futterstocks wahrnehmbar. Da die Triticale auf eine vorhandene Grassilage siliert wurde, bestand immer volle Traktion. Der PistenBully war sehr wendig und konnte mit den beweglichen Seitenteilen des Schildes das Futter bis zu den Seitenwänden gut verteilen. Es entstand eine sehr gleichmäßige und ebene Oberfläche.

Abbildung 9: Beobachtungen bei der Einlagerung von Triticale-GPS



Die gummierten Raupenkettensäuberer säuberten sich selbst rasch und problemlos



Die Transportwagen verteilten beim Durchfahren das Erntegut auf die ganze Silolänge



Das Erntegut wurde durch den PistenBully gleichmäßig und sehr dünn über die Silolänge (Schicht ca. 10 cm) verteilt



Auch bei eingeklapptem Schild blieb ein Mindestabstand von 40-50 cm zur Silowand



Rückwärts konnte bis an die Silowand heran gefahren werden



Durchfahrende Kipper verursachten eine Spur mit etwa 15 cm Tiefe

3.2.3 Verhalten an der Schräge

Der PistenBully war in der Lage auch größere Futtermengen an der Schräge von unten nach oben gleichmäßig zu bewegen und zu verteilen. Die Standsicherheit ist groß.

3.2.4 Verhalten an der Wand

Durch die am Schild angebrachten Abstandsrollen konnte sehr sicher mit dem Schild an der Wand entlang gefahren werden. Beim Walzen blieb auch bei eingeklapptem Schild ein Abstand zwischen Wand und Raupen von mindestens 40 bis 50 cm (Abbildung 9). Bei zunehmender Silofüllung konnte durch Schrägstellen des Schildes dieses seitlich über die Silowand geschoben werden und direkt an der Silowand gewalzt werden. Der PistenBully war in der Lage, durch Heranfahren rückwärts an die Silowand auch direkt an der Wand zu walzen. Allerdings ist dazu meist ein Wenden sowie langsame Fahrt mit erhöhter Aufmerksamkeit des Fahrers notwendig.

3.3. Silage

3.3.1 TM-Gehalt

Die 24 Silageproben wiesen bei einer Spanne von 33,9 % TM bis 42,9 % TM im Mittel 39,8 % TM auf (Tabelle 4). Damit liegen die beprobten Silagen absolut 1,8 % TM über dem Mittel (38,0 % TM, Spanne 32,6-40,9 % TM) der komplett analysierten Kipperproben (n=11) und absolut 2,1 % TM über dem mittleren TM-Gehalt von 37,8 % aller Kipperproben (n=75).

Der mittlere TM-Gehalt betrug bei der ersten Probenahme (Siloende) 40,6 % TM, in der Silomitte 39,6 % TM und bei der letzten Probenahme 38,8 % TM (Tabelle 4). Demnach wurde das Erntegut sehr gleichmäßig im Silo eingebracht.

Im Randbereich 1, also direkt neben der Silowand, wurden mit im Mittel 38,0 % TM geringfügig niedrigere TM-Gehalte als im Randbereich 2 (1 Meter neben der Wand) mit 40,7 % TM und in der Silomitte mit ebenfalls 40,7 % TM gefunden (Tabelle 5). 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 im Silo unterschieden sich von oben mit im Mittel 39,5 % TM über 39,9 % TM nach unten mit im Mittel 40,3 % TM kaum (Tabelle 6). Das deutet auf ein sehr homogenes Erntegut und sehr gleichmäßige Einbringung im Silo hin.

Aus den Untersuchungsergebnissen ist erwartungsgemäß kein Effekt des PistenBully auf den TM-Gehalt der Silagen abzuleiten.

3.3.2 Raumgewicht

Grasartige Silagen mit rund 38 % TM sollten abgeleitet nach RICHTER (2009) ein Raumgewicht von mindestens 220 kg TM/m³ bzw. 580 kg FM/m³ aufweisen (Abbildung 10).

Die mit dem PistenBully eingebrachte Triticale-GPS wies im arithmetischen Mittel eine Verdichtung von 179,2 kg TM/m³ (bzw. 450 kg FM/m³) auf (Tabelle 5). Sie lag rund 18,5 % unter dem Ziel von 220 kg TM/m³. Die Spanne innerhalb des Silos war mit 145 bis 222 kg TM/m³ groß (Abbildung 10). Effekte zwischen den Schichten und Orten sind zu erkennen (Tabellen 5 und 6). Das mittlere Raumgewicht ändert sich jedoch von der ersten Probenahme (Termin 1) mit 178,7 kg TM/m³ über Termin 2 mit 185,0 kg TM/m³ zu Termin 3 mit 171,2 kg TM/m³ kaum. Demnach wurde das Erntegut sehr gleichmäßig von hinten nach vorne in das Silo eingebracht und verdichtet.

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 Messwerten gemittelte Verdichtung die tatsächlichen Verhältnisse im Silo nicht ausreichend wider. Deshalb wurde über die Messwerte der Randbereiche eine Trendlinie ($R^2=0,99$ Rand 1; $R^2=0,99$ Rand 2) gelegt (Abbildung 12) und aus diesen weitere Verdichtungen für jeweils Schichten von 50 cm berechnet (Abbildung 13). Da bei den Messwerten für die Silomitte ab einem Wandabstand von 100 cm eine fast gleichbleibende Verdichtung von rund 210 kg TM/m³ gemessen wurde (Abbildung 11), wurde für Verdichtung der 50 cm-Schichten (Abbildung 12) für die Silomitte jeweils das arithmetische Mittel der tatsächlichen Messwerte herangezogen.

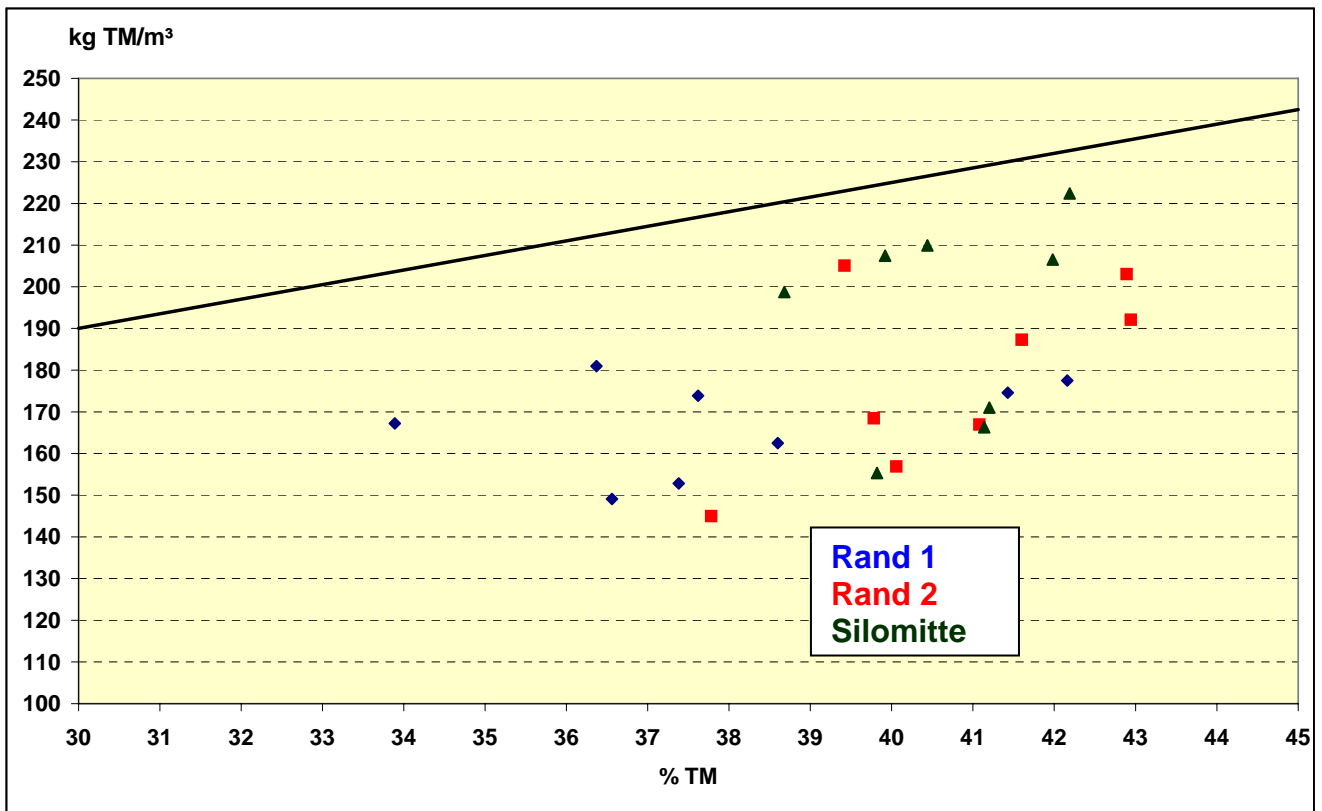


Abbildung 10: Der Zielbereich gut verdichteter Silagen in Abhängigkeit des TM-Gehaltes und tatsächlich gemessene Werte von GPS in unterschiedlichen Bereichen des Silos.

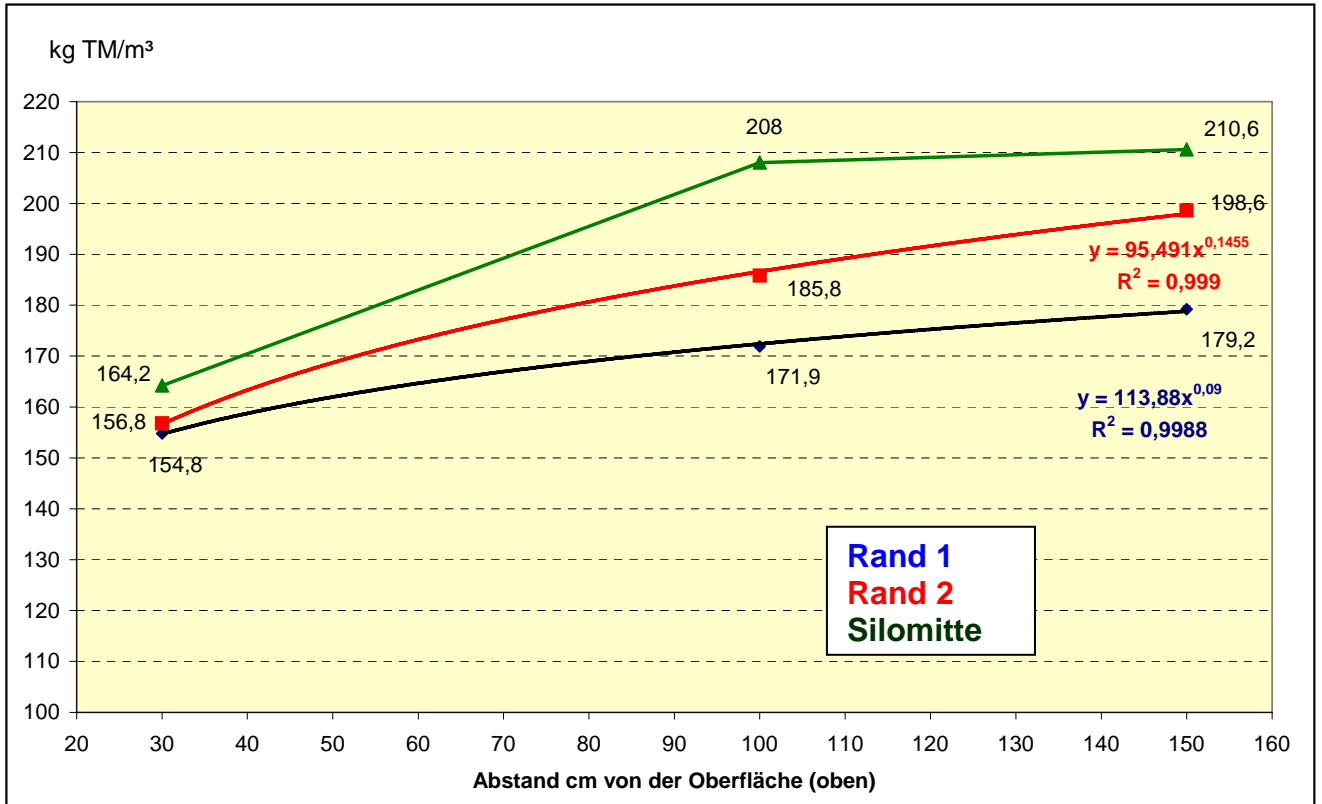


Abbildung 11: Raumgewicht (kg TM/m³) in Abhängigkeit von Ort (Rand, Mitte) und Lage (Abstand in cm von der Silageoberfläche). Dargestellt sind die Messwerte (Punkte) sowie die Trendlinien (R^2 = Bestimmtheitsmaß).

Aus den Volumenanteilen der einzelnen Schichten und Bereiche (Abbildung 12) resultiert somit ein gewogenes Mittel von 186,2 kg TM/m³. Dieses Mittel liegt rund 15,4 % unter dem Zielbereich von 220 kg TM/m³.

0,5m	1 m	13,2 m	1 m	0,5m	
154	158	163	158	154	50 cm
167	177	192	177	167	50 cm
176	192	210	192	176	56 cm

Abbildung 12: Aus den Messwerten und den Trendlinien berechnete Verdichtung (kg TM/m³) einzelner Schichten und Bereiche (Breite der Schichten) im Silo.

Die Wertung und Einstufung der Silagen erfolgte nach Tabelle 3. Folglich wurden in Abbildung 12 die mittel verdichteten (147-176 kg TM/m³) hellblau und die gut verdichtet (176-220 kg TM/m³) hellgrün dargestellt. Demnach sind 34 % der Grünroggensilage im Versuch als mittel und 66 % als gut verdichtet einzustufen. Sehr hoch verdichtete (über 220 kg TM/m³) sowie weniger gut (unter 147 kg TM/m³) oder schlecht verdichtete (unter 110 kg TM/m³) Silagen wurden bei den Probenahmen nicht vorgefunden.

Tabelle 3: Wertung der Verdichtung (kg TM/m³) im Vergleich zur Mindestverdichtung von 220 kg TM/m³.

kg TM/m ³	Ziel (220 kg TM/m ³) erreicht zu	Wertung der Verdichtung	
< 110	< 50 %	schlecht	- -
110 -147	50 - 66,6 %	weniger gut	-
147 - 176	66,6 - 80 %	mittel	±
176 - 220	80 - 100 %	gut	+
> 220	>100 %	sehr gut	++

An der Silowand (Rand 1) wurde mit im Mittel 167,3 kg TM/m³ die geringste Verdichtung ermittelt (Tabelle 5). Die Spanne reicht dort von 149,1 (-32 %) bis 181,0 kg TM/m³ (-18 %). Im Vergleich zu den Zielvorgaben von 220 kg TM/m³ bedeutet das eine um rund 24 % geringere Verdichtung. Bereits rund ein Meter neben der Silowand (Rand 2) betrug das mittlere Raumgewicht 178,1 kg TM/m³ und lag somit rund 19 % unter dem Ziel. Die Spanne reichte im Bereich „Rand 2“ von 145 kg TM/m³ (-34 %) bis 205,1 kg TM/m³ (-7 %). Die beste Verdichtung mit im Mittel 192,2 kg TM/m³ wurde in der Silomitte ermittelt. Dort lag die mittlere Verdichtung rund 12,6 % unter der Zielvorgabe von 220 kg TM/m³. Die Spanne reichte in der Silomitte von 155,3 kg TM/m³ (-30 %) bis 222,4 kg TM/m³ (+1,1 %). Damit wurde in der Silomitte im unteren Bereich das vorgegebene Ziel fast erreicht.

Im Silo nahm von oben nach unten die Verdichtung von 159,8 kg TM/m³ über 190,3 kg TM/m³ nach unten mit im Mittel 196,1 kg TM/m³ zu (Tabelle 6). Die oberste Schicht lag demnach um 27,4 %, Schicht 2 (100 cm von oben) rund 13,5 % und die untere Schicht (50 cm von unten) rund 11 % unter der Zielvorgabe von 220 kg TM/m³. Dabei ist anzumerken, dass in der Silomitte am 15. September in der unteren Schicht mit 222,4 kg TM/m³ das Ziel erreicht wurde.

3.3.3 Temperaturen

Silagen 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 am Anschnitt beeinflusst worden.

Im Mittel aller Messungen wurde mit 24,8 °C ein Temperaturbereich erreicht, der vor allem bei den ersten beiden Terminen stellenweise Nacherwärmung signalisiert (Tabelle 4). Die Spanne der Einzelwerte reicht von 11,0 bis 31,8 °C. Von insgesamt 72 Messwerten (die sich jeweils aus 3 Wiederholungen je Wert ergeben), lagen 17 Messungen (23,6 %) unter den angestrebten 20 °C. Die niedrigen Temperaturen stammen überwiegend vom dritten Termin. Bei rund 15 % der Messwerte (n=11) wurden Temperaturen im leicht erwärmten Bereich zwischen 20 und 25 °C ermittelt. Insgesamt blieben nur rund 39 % aller Silagen unter 25 °C. 61 % der Silagen wiesen Temperaturen von über 25 °C, davon 7 Messwerte (9,7 %) über 30 °C auf.

Sofern in geringer Messtiefe (15 cm hinter dem frischen Anschnitt) erhöhte Temperaturen festgestellt wurden, waren die Silagen dort auch bis zur Messtiefe von 150 cm erwärmt. Insgesamt trat jedoch ein Temperaturgefälle von vorne (15 cm) nach hinten (150 cm) auf. Folglich ist die Temperaturzunahme durch die vom Anschnitt eindringende Luft verursacht.

Die mittleren Temperaturen der drei Messtiefen nahmen von Termin 1 (September) mit 28,9 °C über Termin 2 (Oktober) mit 25,5 °C nach Termin 3 (Dezember) mit 17,7 °C ab. Dem geht eine Abnahme der Außentemperatur von 16,1 °C über 8,5 °C nach 5,3 °C einher. Ein Auskühlungseffekt ist am Temperaturgefälle von oben mit im Mittel 19,8 °C über 25,8 °C nach unten mit im Mittel 29,0 °C zu erkennen.

Es bestand ein Zusammenhang zwischen Verdichtung und Temperaturerhöhung. So lagen die Temperaturen im weniger gut verdichteten Randbereich (Rand 1) mit 26,1 °C höher als im Bereich Rand 2 (100 cm von der Silowand) mit im Mittel 24,8 °C und vor allem höher als in der Silomitte mit im Mittel 23,5 °C.

3.3.4 Sensorik

Bei der Probenahme der Silagen waren sensorisch keine Auffälligkeiten wahrnehmbar. Allenfalls leichter Röstgeruch, der auf Nacherwärmung hindeutet, wurde bonitiert. Schimmelbildung und Fäulnis wurden zu keinem Zeitpunkt beobachtet.

Tabelle 4: 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	36,6	408	149	26,0	27,8	28,3
	Rand 1	100 cm von oben	41,4	421	175	29,4	29,6	29,6
	Rand 1	50 cm über Gras	42,2	421	178	29,1	28,7	29,3
	Rand 2	30 cm von oben	37,8	384	145	25,2	25,3	26,0
	Rand 2	100 cm von oben	41,1	406	167	30,1	29,9	30,5
	Rand 2	50 cm über Gras	42,9	447	192	30,5	29,4	30,2
	Silomitte	30 cm von oben	41,2	415	171	26,7	27,4	28,1
	Silomitte	100 cm von oben	40,4	519	210	31,6	31,4	31,8
	Silomitte	50 cm über Gras	42,2	527	222	29,8	29,7	29,9
Termin 1	n=9	Mittel	40,6	438,8	178,7	28,7	28,8	29,3
		min	36,6	383,7	145,0	25,2	25,3	26,0
		max	42,9	527,1	222,4	31,6	31,4	31,8
22.10.2009	Rand 1	30 cm von oben	38,6	421	162	21,1	21,1	19,1
	Rand 1	100 cm von oben	37,6	462	174	25,3	25,1	24,8
	Rand 1	50 cm über Gras	36,4	498	181	27,6	27,8	27,8
	Rand 2	30 cm von oben	39,8	423	168	22,7	20,4	17,9
	Rand 2	100 cm von oben	42,9	473	203	27,2	27,9	27,7
	Rand 2	50 cm über Gras	39,4	520	205	28,4	28,7	29,1
	Silomitte	30 cm von oben	41,1	404	166	22,4	22,9	21,7
	Silomitte	100 cm von oben	42,0	492	207	27,2	29,0	29,4
	Silomitte	50 cm über Gras	38,7	514	199	25,9	29,9	30,2
Termin 2	n=9	Mittel	39,6	467,5	185,0	25,3	25,9	25,3
		min	36,4	404,3	162,5	21,1	20,4	17,9
		max	42,9	520,3	206,5	28,4	29,9	30,2
10.12.2009	Rand 1	30 cm von oben	37,4	409	153	17,8	17,7	11,0
	Rand 1	100 cm von oben	33,9	493	167	19,7	19,3	18,8
	Rand 2	30 cm von oben	40,1	392	157	16,8	15,6	13,2
	Rand 2	100 cm von oben	41,6	450	187	18,4	21,7	21,2
	Silomitte	30 cm von oben	39,8	390	155	11,0	12,5	12,0
	Silomitte	100 cm von oben	39,9	520	207	23,7	23,4	24,1
Termin 3	n=6	Mittel	38,8	442,3	171,2	17,9	18,4	16,7
		min	33,9	390,0	152,8	11,0	12,5	11,0
		max	41,6	519,7	207,5	23,7	23,4	24,1
Gesamt	n=24	Mittel	39,8	450,4	179,2	24,7	25,1	24,7
		min	33,9	383,7	145,0	11,0	12,5	11,0
		max	42,9	527,1	222,4	31,6	31,4	31,8

Tabelle 5: 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
15.09.09	Rand 1	30 cm von oben	36,6	408	149	26,0	27,8	28,3
	Rand 1	100 cm von oben	41,4	421	175	29,4	29,6	29,6
	Rand 1	50 cm über Gras	42,2	421	178	29,1	28,7	29,3
22.10.09	Rand 1	30 cm von oben	38,6	421	162	21,1	21,1	26,0
	Rand 1	100 cm von oben	37,6	462	174	25,3	25,1	30,5
	Rand 1	50 cm über Gras	36,4	498	181	27,6	27,8	30,2
10.12.09	Rand 1	30 cm von oben	37,4	409	153	17,8	17,7	28,1
	Rand 1	100 cm von oben	33,9	493	167	19,7	19,3	31,8
n=8	Rand 1	Mittel	38,0	441,7	167,3	24,5	24,6	29,2
		min	33,9	407,9	149,1	17,8	17,7	26,0
		max	42,2	497,6	181,0	29,4	29,6	31,8
15.09.09	Rand 2	30 cm von oben	37,8	384	145	25,2	25,3	29,9
	Rand 2	100 cm von oben	41,1	406	167	30,1	29,9	19,1
	Rand 2	50 cm über Gras	42,9	447	192	30,5	29,4	24,8
22.10.09	Rand 2	30 cm von oben	39,8	423	168	22,7	20,4	27,8
	Rand 2	100 cm von oben	42,9	473	203	27,2	27,9	17,9
	Rand 2	50 cm über Gras	39,4	520	205	28,4	28,7	27,7
10.12.09	Rand 2	30 cm von oben	40,1	392	157	16,8	15,6	29,1
	Rand 2	100 cm von oben	41,6	450	187	18,4	21,7	21,7
n=8	Rand 2	Mittel	40,7	437,1	178,1	24,9	24,9	24,7
		min	37,8	383,7	145,0	16,8	15,6	17,9
		max	42,9	520,3	205,1	30,5	29,9	29,9
15.09.09	Silomitte	30 cm von oben	41,2	415	171	26,7	27,4	29,4
	Silomitte	100 cm von oben	40,4	519	210	31,6	31,4	30,2
	Silomitte	50 cm über Gras	42,2	527	222	29,8	29,7	11,0
22.10.09	Silomitte	30 cm von oben	41,1	404	166	22,4	22,9	18,8
	Silomitte	100 cm von oben	42,0	492	207	27,2	29,0	13,2
	Silomitte	50 cm über Gras	38,7	514	199	25,9	29,9	21,2
10.12.09	Silomitte	30 cm von oben	39,8	390	155	11,0	12,5	12,0
	Silomitte	100 cm von oben	39,9	520	207	23,7	23,4	24,1
n=8	Silomitte	Mittel	40,7	472,6	192,2	24,8	25,8	20,0
		min	38,7	390,0	155,3	11,0	12,5	11,0
		max	42,2	527,1	222,4	31,6	31,4	30,2

Tabelle 6: 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
15.09.09	Rand 1	30 cm von oben	36,6	408	149	26,0	27,8	28,3
	Rand 2	30 cm von oben	37,8	384	145	25,2	25,3	26,0
	Silomitte	30 cm von oben	41,2	415	171	26,7	27,4	28,1
22.10.09	Rand 1	30 cm von oben	38,6	421	162	21,1	21,1	19,1
	Rand 2	30 cm von oben	39,8	423	168	22,7	20,4	17,9
	Silomitte	30 cm von oben	41,1	404	166	22,4	22,9	21,7
10.12.09	Rand 1	30 cm von oben	37,4	409	153	17,8	17,7	11,0
	Rand 2	30 cm von oben	40,1	392	157	16,8	15,6	13,2
	Silomitte	30 cm von oben	39,8	390	155	11,0	12,5	12,0
n=9	Mittel	30 cm von oben	39,5	404,8	159,8	20,5	20,4	18,6
	min		37,4	383,7	145,0	11,0	12,5	11,0
	max		41,2	423,5	171,0	26,7	27,4	28,1
15.09.09	Rand 1	100 cm von oben	41,4	421	175	29,4	29,6	29,6
	Rand 2	100 cm von oben	41,1	406	167	30,1	29,9	30,5
	Silomitte	100 cm von oben	40,4	519	210	31,6	31,4	31,8
22.10.09	Rand 1	100 cm von oben	37,6	462	174	25,3	25,1	24,8
	Rand 2	100 cm von oben	42,9	473	203	27,2	27,9	27,7
	Silomitte	100 cm von oben	42,0	492	207	27,2	29,0	29,4
10.12.09	Rand 1	100 cm von oben	33,9	493	167	19,7	19,3	18,8
	Rand 2	100 cm von oben	41,6	450	187	18,4	21,7	21,2
	Silomitte	100 cm von oben	39,9	520	207	23,7	23,4	24,1
n=9	Mittel	100 cm von oben	39,9	477,0	190,3	25,4	26,0	26,0
	min		33,9	406,4	166,9	18,4	19,3	18,8
	max		42,9	519,7	209,9	31,6	31,4	31,8
15.09.09	Rand 1	50 cm über Gras	42,2	421	178	29,1	28,7	29,3
	Rand 2	50 cm über Gras	42,9	447	192	30,5	29,4	30,2
	Silomitte	50 cm über Gras	42,2	527	222	29,8	29,7	29,9
22.10.09	Rand 1	50 cm über Gras	36,4	498	181	27,6	27,8	27,8
	Rand 2	50 cm über Gras	39,4	520	205	28,4	28,7	29,1
	Silomitte	50 cm über Gras	38,7	514	199	25,9	29,9	30,2
n=6	Mittel	50 cm von unten	40,3	487,8	196,1	28,5	29,0	29,4
	min		36,4	421,1	177,5	25,9	27,8	27,8
	max		42,9	527,1	222,4	30,5	29,9	30,2

3.3.5. Futterwert

Der Einsatz des PistenBully hatte keine negativen Effekte auf den Futterwert der Silagen aus Triticale (Tabelle 7). Die mittleren Gehalte und Schwankungen der Inhaltsstoffe in den Silagen entsprechen denen im Ausgangsmaterial (Tabelle 1).

3.3.6 Gärqualität

Die Silagen aus Triticale waren durchweg sehr gut vergoren und wiesen unabhängig von Termin, Ort und Lage keinerlei Buttersäure auf (Tabelle 7). Die mittleren Gehalte an Milch- (5,8 % i.TMk) und Essigsäure (1,3 % i.TMk) und somit die pH-Werte (3,9) lagen im Bereich optimal fermentierter Silagen (Abbildung 13). Von Termin 1 nach Termin 2 nahmen die Milch- und Essigsäuregehalte zu und die pH-Werte etwas ab. Gleichzeitig war eine Abnahme der Ethanol- und Restzuckeranteile zu beobachten. Innerhalb des Silos wurde eine geringe Zunahme der Gehalte an Milchsäure von oben nach unten analysiert. Die Schichtung hatte jedoch keine Effekte auf die Gehalte an Essigsäure und den pH-Wert. Die Gärqualität der Silagen aus den Randbereichen (Rand 1, Rand 2) unterschieden sich nur geringfügig von denen aus der Silomitte. Einzig der Restzuckeranteil nahm von außen nach innen etwas zu. Der Anteil des Ammoniak-Stickstoffs am Gesamtstickstoff betrug im Mittel 9,7 %. Demnach hatte kein Eiweißabbau stattgefunden. Ein Einfluss der Probenahmetermine, Schichtung und Orte war nicht zu beobachten. Die Gehalte an Ethanol lagen mit im Mittel 0,6 % i.TMk sehr niedrig. Sie wurden durch den Einsatz des PistenBully nicht beeinflusst. Die höchsten Gehalte mit bis zu 1,9 % i.TMK (Mittel 1,0 % i.TMK) wurden bei der ersten Probenahme beobachtet.

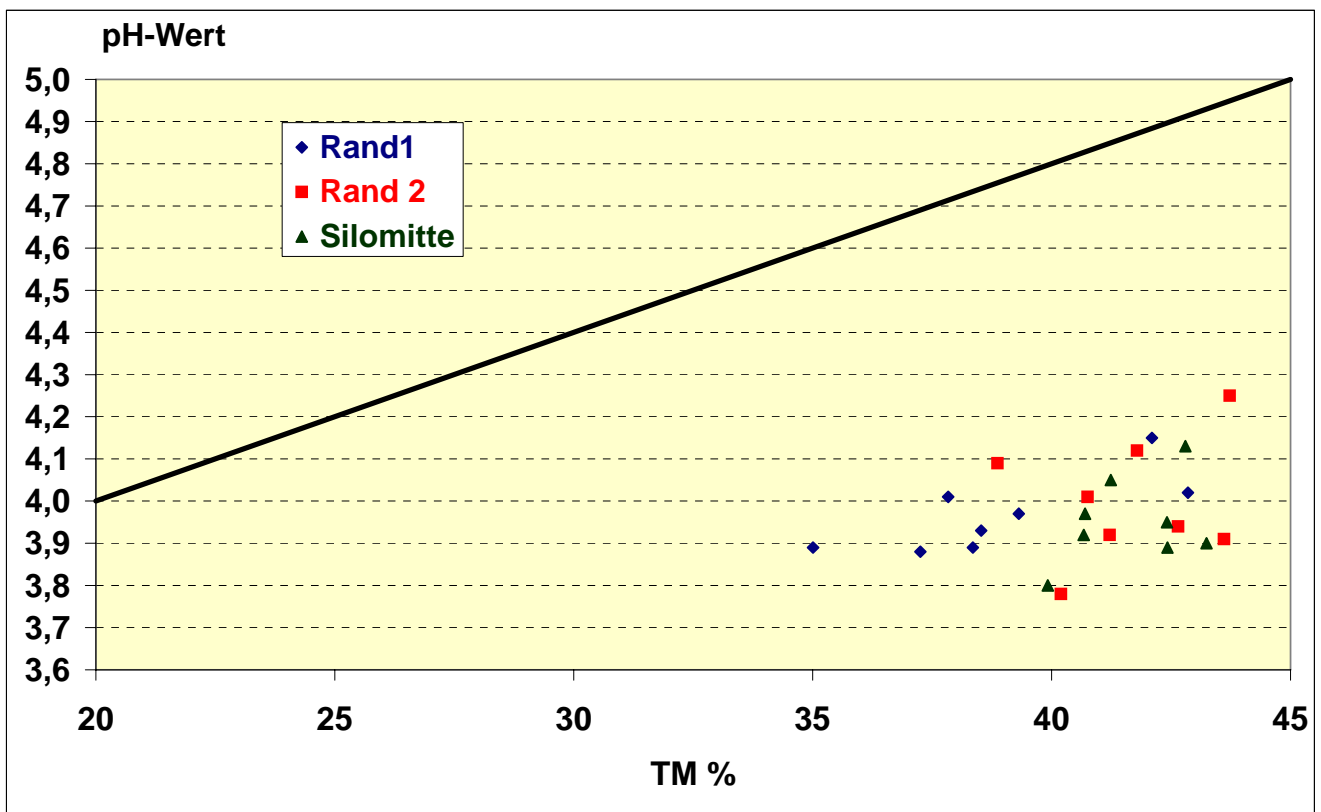


Abbildung 13: Einstufung der Gärqualität der Silagen nach TM-Gehalt und pH-Wert. Optimal sind Silagen, die unterhalb der schwarzen Linie und zwischen 30 und 40 % TM liegen.

Folgeseite:

Tabelle 7: Futterwert und Gärqualität der Grünroggensilagen, geordnet nach Probenahmetermin.

Datum	O r t	Lage	TMK %	XP	XF	XA	Energie MJ/kg TM		pH	NH ₃ N:N _t %	Milchs.	Essigs.	Butters.	Propions. % i. TMk	Ethanol	Zucker
							ME	NEL								
15.09.09	Rand 1	30 cm von oben	37,8	7,2	23,3	4,7	9,4	5,5	4,0	10,0	5,9	1,2	0,0	0,0	1,9	4,3
	Rand 1	100 cm von oben	42,1	7,9	20,7	4,3	9,9	5,8	4,2	9,0	3,5	1,0	0,0	0,0	0,5	6,0
	Rand 1	50 cm von unten	42,9	6,2	23,5	4,6	9,4	5,5	4,0	10,3	3,3	0,8	0,0	0,0	0,6	5,6
	Rand 2	30 cm von oben	38,9	6,8	26,0	4,7	9,2	5,3	4,1	9,7	5,4	1,1	0,0	0,0	1,4	0,6
	Rand 2	100 cm von oben	41,8	6,4	23,6	4,3	9,6	5,6	4,1	10,4	3,6	1,0	0,0	0,0	0,5	5,4
	Rand 2	50 cm von unten	43,7	6,0	24,6	4,5	9,5	5,6	4,3	11,7	2,5	0,8	0,0	0,0	0,8	5,3
	Silomitte	30 cm von oben	42,4	5,7	23,6	3,9	9,5	5,6	4,0	9,9	3,7	0,8	0,0	0,0	1,7	1,3
	Silomitte	100 cm von oben	41,2	6,7	26,9	4,9	9,5	5,5	4,1	11,0	5,1	1,1	0,0	0,0	0,6	5,5
	Silomitte	50 cm von unten	42,8	6,4	24,6	4,6	9,6	5,6	4,1	11,6	4,3	0,5	0,0	0,0	0,7	6,7
15.09.09	n=9	Mittel	41,5	6,6	24,1	4,5	9,5	5,6	4,1	10,4	4,2	0,9	0,0	0,0	1,0	4,5
		min	37,8	5,7	20,7	3,9	9,2	5,3	4,0	9,0	2,5	0,5	0,0	0,0	0,5	0,6
		max	43,7	7,9	26,9	4,9	9,9	5,8	4,3	11,7	5,9	1,2	0,0	0,0	1,9	6,7
22.10.09	Rand 1	30 cm von oben	39,3	6,1	27,0	4,3	9,0	5,2	4,0	10,0	3,1	0,9	0,0	0,0	0,7	1,7
	Rand 1	100 cm von oben	38,5	6,4	25,0	5,0	9,4	5,4	3,9	10,0	6,3	1,1	0,0	0,0	0,8	2,6
	Rand 1	50 cm von unten	37,3	6,7	25,1	5,1	9,2	5,3	3,9	9,3	7,8	1,2	0,0	0,0	0,5	4,3
	Rand 2	30 cm von oben	40,8	6,2	23,5	4,5	9,1	5,3	4,0	8,9	4,5	1,2	0,0	0,0	0,8	4,8
	Rand 2	100 cm von oben	43,6	6,4	23,3	5,0	10,1	6,0	3,9	8,7	5,2	0,8	0,0	0,0	0,4	4,5
	Rand 2	50 cm von unten	40,2	6,3	24,0	5,1	9,9	5,8	3,8	8,7	6,9	0,9	0,0	0,0	0,5	4,7
	Silomitte	30 cm von oben	42,4	6,2	22,4	4,6	10,2	6,1	3,9	9,6	5,9	1,8	0,0	0,0	0,8	3,2
	Silomitte	100 cm von oben	43,2	6,3	20,0	4,8	10,4	6,2	3,9	9,2	6,3	2,2	0,0	0,0	0,4	4,3
	Silomitte	50 cm von unten	39,9	6,4	23,4	5,4	9,8	5,8	3,8	9,3	8,3	2,2	0,0	0,0	0,4	5,2
22.10.09	n=9	Mittel	40,6	6,3	23,7	4,8	9,7	5,7	3,9	9,3	6,0	1,3	0,0	0,0	0,6	3,9
		min	37,3	6,1	20,0	4,3	9,0	5,2	3,8	8,7	3,1	0,8	0,0	0,0	0,4	1,7
		max	43,6	6,7	27,0	5,4	10,4	6,2	4,0	10,0	8,3	2,2	0,0	0,0	0,8	5,2
07.12.09	Rand 1	30 cm von oben	38,4	6,1	24,6	4,4	10,1	5,9	3,9	11,1	5,6	1,5	0,0	0,1	0,6	1,0
	Rand 1	100 cm von oben	35,0	6,5	30,0	5,1	9,8	5,8	3,9	10,0	8,3	1,9	0,0	0,1	0,4	1,0
	Rand 2	30 cm von oben	41,2	5,7	27,9	4,2	10,1	6,0	3,9	10,2	6,8	1,5	0,0	0,0	0,7	0,9
	Rand 2	100 cm von oben	42,6	6,4	27,8	4,5	10,2	6,0	3,9	8,9	4,5	1,3	0,0	0,0	0,7	0,9
	Silomitte	30 cm von oben	40,7	5,7	23,9	4,0	10,2	6,0	4,0	10,8	4,6	1,2	0,0	0,0	0,6	1,6
	Silomitte	100 cm von oben	40,7	6,1	24,5	5,0	10,5	6,2	3,9	9,2	6,1	0,9	0,0	0,0	0,5	1,3
07.12.09	n=6	Mittel	39,8	6,1	26,5	4,5	10,1	6,0	3,9	10,0	6,0	1,4	0,0	0,0	0,6	1,1
		min	35,0	5,7	23,9	4,0	9,8	5,8	3,9	8,9	4,5	0,9	0,0	0,0	0,4	0,9
		max	42,6	6,5	30,0	5,1	10,5	6,2	4,0	11,1	8,3	1,9	0,0	0,1	0,7	1,6
n=24	Mittel	40,2	6,3	24,8	4,7	9,8	5,8	3,9	9,7	5,8	1,3	0,0	0,0	0,6	2,8	
	min	35,0	5,7	20,0	3,9	9,0	5,2	3,8	8,7	2,5	0,5	0,0	0,0	0,4	0,6	
	max	43,7	7,9	30,0	5,4	10,5	6,2	4,3	11,7	8,3	2,2	0,0	0,1	1,9	6,7	

4. Wertung der Ergebnisse

4.1 Einlagerung

Die Triticale war mit rund 38 % Trockenmasse, einem Zuckergehalt von 8,5 % i.TM und einem Vergärbarkeitskoeffizient von 66,3 zu einem physiologisch günstigen Stadium („Teigreife“) geerntet worden und sehr gut silierbar. Der Rohfasergehalt lag bei 25,7 % i.TM und die Häcksellänge betrug theoretisch 6 mm. Deshalb war das Erntegut auch gut verteilt- und verdichtbar. Deshalb kam der PistenBully mit dem **Einbau der Masse** auch sehr gut zurecht. In 16,9 Stunden wurden in 75 Fuhren 1.130 Tonnen Frischmasse bzw. 427 Tonnen Trockenmasse angeliefert. Die mittlere Einbauleistung betrug 66,9 Tonnen Frisch- bzw. 25,3 Tonnen Trockenmasse je Stunde. Von Vorteil war es, dass die Transportfahrzeuge durch das gut 70 Meter lange Silo fahren und beim Abladen das Erntegut bereits in einem dünnen Teppich ablegten. Daher konnte der PistenBully mühelos und ohne besonderen Kraftaufwand (meist im Standgas) das Futter sehr dünn (teilweise unter 10 cm) verteilen. Daraus resultierte auch ein sehr niedriger Dieselverbrauch von 9,8 Liter je Stunde bzw. 0,15 Liter je Tonne Frischmasse oder 0,4 Liter je Tonne Trockenmasse.

Aus Erntemenge und Einbauvolumen (1.835 m³) resultiert rechnerisch eine mittlere **Lagerdichte** von 615 kg FM/m³ bzw. 232 kg TM/m³. Nach Richter et al. (2009) sollten grasartige Silagen bei 37,7 % TM eine Verdichtung von mindestens 585 kg FM/m³ bzw. 220 kg TM/m³ haben. Dieses Ziel wurde bei der Einlagerung um rund 5-6 % übertroffen.

Während der Einlagerung traten keinerlei **technische Probleme** auf. Weder Raupen noch Motor oder Kühler wiesen Verschmutzungen bzw. Verstopfungen auf. Der PistenBully war sehr wendig und konnte das Futter bis zu den Seitenwänden und in die Ecken gut verteilen. Dabei war beim Überfahren des bereits eingebrachten Futters eine leichte Vibration des Futterstocks wahrnehmbar. Da die Triticale auf eine vorhandene Grassilage siliert wurde, bestand immer volle Traktion.

Durch die am Schild angebrachten Abstandsrollen konnte sehr sicher mit dem Schild an der Wand entlang gefahren werden. Beim Walzen blieb jedoch auch bei eingeklapptem **Schild** ein Abstand zwischen Wand und Raupen von mindestens 40 bis 50 cm. Zukünftig wäre es günstig das Schild so zu konstruieren, dass diese bei eingeklapptem Zustand maximal die Raupenbreite erreicht. Der PistenBully war in der Lage, durch Heranfahren rückwärts an die Silowand auch direkt an der Wand zu walzen. Allerdings ist dazu meist ein Wenden sowie langsame Fahrt mit erhöhter Aufmerksamkeit des Fahrers notwendig.

4.2 Silage

In den untersuchten Silagen (n=24) wurde im Mittel mit 39,8 % TM geringfügig höhere **TM-Gehalte** als bei der Einlagerung (Mittel 37,8 %) gefunden und ist auf unvermeidbare Gärverluste zurück zu führen. Zwischen den Probenahmeterminen sowie den Orten und Schichten im Silo waren nur geringe Unterschiede feststellbar, was auf ein recht einheitliches Erntegut schließen lässt. Insgesamt konnte kein Effekt des PistenBully auf den TM-Gehalt der Silagen beobachtet werden, auch wenn die TM-Gehalte vom Rand (38,0 % TM) zur Silomitte (40,7 % TM) zunahmen. Am Rand ist demnach geringfügig Regenwasser eingedrungen.

An den Silagen sind Effekte des PistenBully auf die **Verdichtung** im Silo zu erkennen. Im gewichteten Mittel aller Proben wurden rund 186,2 kg TM/m³ erreicht. Damit liegen die Silagen aus Triticale durchschnittlich 15,4 % unter der Zielgröße von 220 kg TM/m³. Der Abstand zur erwünschten Verdichtung nahm vom direkten Randbereich mit -24 % über -19 % (Abstand ein Meter zur Wand) zur Silomitte (-12,6 %) ab. Demnach hat es sich negativ ausge-

wirkt, dass nicht direkt an der Wand entlang gewalzt werden konnte. Insgesamt sind zwei Drittel der Silage als gut und rund ein Drittel als weniger gut verdichtet einzustufen. Sehr gut bzw. schlecht verdichtete Bereiche wurden nicht vorgefunden. Vorteilhaft könnte sich eine höhere Balastierung des PistenBully auswirken, was bauartbedingt auch möglich ist. Ein Umbau des Schildes könnte dazu führen, dass enger an der Wand gewalzt und somit der weniger verdichtete Randanteil kleiner werden könnte.

Bei der Einlagerung wurden alle Kipper gewogen und das Volumen des fertig befüllten Silos aus den Füllstand der einzelnen Abschnitte (jeweils 5 Meter) errechnet. Davon wurde das Volumen der vorher eingelagerten Grassilage abgezogen. Aus der Gesamttonnage von 1.130 Tonnen Frischmasse und dem Gesamtvolumen von 1.835 m³ sowie den jeweiligen TM-Gehalten der einzelnen Kipperladungen (Mittelwert 37,7 % TM) resultiert eine mittlere Verdichtung von 232 kg TM/m³. Dieses Raumgewicht wurde bei der Beprobung der GPS nicht erreicht. Dafür können mehrere Ursachen verantwortlich sein. Anzuführen ist, 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 insbesondere bei trockenen, grasartigen Silagen durch nicht vermeidbare Materialverschiebungen im Rohr (Ausweichen des Futters) eher nach unten abweichen, so kommen die ermittelten Raumgewichte in die Größenordnung der ermittelten Gesamtverdichtung. Zudem betragen die unvermeidbaren Gärverluste selbst 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.

Die Zunahme der Verdichtung von oben (159,8 kg TM/m³) nach unten (196,1 kg TM/m³) ist in jedem Silo in ähnliche Weise zu finden. Grunde dafür ist das häufigere Überfahren der unteren Schichten. Demnach wäre zu überlegen, ob zukünftig beim Einbringen der Ernte im oberen Silodrittel ein weiteres Walzfahrzeug (z.B. Radlader) eingesetzt wird.

Sichtbare **Schimmelbildung** und **Fäulnis** trat in der Triticale-GPS nicht auf. Demnach war die Silage luftdicht gelagert und 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 Silagen im Mittel 24,8 °C auf. Demnach trat stellenweise Nacherwärmung auf. Dabei bestand insbesondere bei den ersten beiden Terminen ein Zusammenhang zwischen dem erreichten Raumgewicht und der gemessenen Temperatur. Von insgesamt 72 Messwerten lagen knapp 24 % unter den angestrebten 20 °C. Die niedrigen Temperaturen stammen überwiegend vom dritten Termin. Demnach gingen die Silagetemperaturen mit der Außentemperatur von September bis Dezember zurück, wenngleich die absoluten Temperaturen vor allem im September zu hoch lagen, obwohl in dieser Phase ein Entnahmevorschub je nach Füllhöhe zwischen 3 und 4 Metern pro Woche erreicht wurde. Bei

weiteren rund 15 % der Messwerte wurden Temperaturen im leicht erwärmten Bereich zwischen 20 und 25 °C ermittelt. 61 % der Silagen wiesen Temperaturen von über 25 °C.

Zu den leicht erhöhten Temperaturen im September hat vermutlich auch die kurze Gärdauer von 28 Tagen beigetragen. Die Silage wurde nach knapp einem Monat unter Luftabschluss am 11. August 2009 wieder geöffnet. Bekanntlich nimmt die aerobe Stabilität mit zunehmender Lagerdauer zu. Vorteilhaft sind Perioden von mehr als 8 bis 10 Wochen Lagerdauer, was im vorliegenden Versuch nicht erreicht wurde. Im Zeitraum zwischen Öffnen am 11.8.2009 und der ersten Probenahme am 15.9.2009 wurden rund 20 Meter Silage entnommen, was einen guten mittleren Vorschub von 5 Meter pro Woche bedeutet. Zudem wurden am Anfang der Verfütterung nur kleine Mengen entnommen, um die Biogasanlage langsam auf die neue Silage umzustellen.

Trotzdem ist ein Zusammenhang zwischen Verdichtung und Temperaturerhöhung am Temperaturgefälle von außen nach innen erkennbar. So lagen die Temperaturen im weniger gut verdichteten Randbereich (Rand 1) mit 26,1 °C höher als im Bereich Rand 2 (100 cm von der Silowand) mit im Mittel 24,8 °C und vor allem höher als in der Silomitte mit im Mittel 23,5 °C.

Beim dritten Termin konnten nur die obersten zwei Schichten beprobt werden, weil nach unten hin bereits die Grassilage anstand. Deshalb liegen für diese Schichten auch keine Temperaturen vor. Da jedoch beim dritten Termin überall niedrigere Temperaturen gemessen wurden, ergeben sich daraus rein rechnerisch Nachteile für die unterste Schicht. Deshalb ist eine Zunahme der mittleren Temperaturen von oben nach unten zu beobachten. Zudem kühlten, insbesondere im Dezember, die obersten Schichten rascher aus.

Der Einsatz des PistenBully hat sich nicht negativ auf den **Futterwert** der Silagen ausgewirkt. Die Schwankungen der 24 Proben geben die Bandbreite der Partien bei der Einlagerung wider (Tabelle 1) und sind nicht auf den Einsatz des PistenBully zurück zu führen.

Die **Gärqualität** der Silagen aus Triticale war aufgrund der sehr guten Vergärbarkeit des Erntegutes durchweg sehr gut. Buttersäure und Eiweißabbau wurden unabhängig von Termin, Ort und Lage nicht beobachtet. Die Abnahme der Gehalte an Restzucker von Termin 1 (4,5 % i.TMk) über Termin 2 (3,9 % i.TMk) nach Termin 3 (1,1 % i.TMk) ist auf eine geringfügige Zunahme der Milchsäure zurück zu führen. Demnach ging die Gärung auch nach dem Öffnen der Silage weiter.

5. Zusammenfassung

Am 13. und 14. Juli 2009 wurde in Hausen ob Rottweil Triticale im Wuchsstadium „Teigreife“ einsiliert. Die Ernte erfolgte mit einem Exakthäcksler, der ein Scheibemähwerk (Direct Disc, 5,2 m Arbeitsbreite) angebaut hatte. Das auf rund 6 mm kurzgehäckselte Erntegut wurde mittels PistenBully 300 in einem Fahrsilo verteilt und verdichtet. Der Erntevorgang wurde mittels Wägung der 75 Kipper (1.130 t FM bzw. 427 t TM), Probenahme aller Kippungen zur Bestimmung des TM-Gehaltes und Begutachtung der Verteil- und Walzarbeit im Silo komplett im Zeitablauf dokumentiert. Von 11 Proben wurden auch Futterwert und Siliereignung untersucht.

Nach einer Gär- und Lagerdauer von einem Monaten (28 Tage) wurde die Silage für die Verfütterung in einer Biogasanlage entnommen. Die Silagen wurden während der Entnahmepériode dreimal beprobt (15. September, 22. Oktober, 10. Dezember 2009) 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 Bohrkerne entnommen und in den Bohrlöchern in drei Tiefen (15 cm, 50 cm, 150 cm) die Temperatur gemessen.

Die Ergebnisse der Einlagerung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Das Erntegut (n=75) hatte einen mittleren Trockenmassegehalt von 37,8 %. Die komplett untersuchten Proben (n=11) wiesen 38,0 % TM, 6,5 % Rohprotein, 25,7 % Rohfaser und 8,5 % Zucker in der Trockenmasse auf. Der Vergärbarkeitskoeffizient betrug 66,3. Die Triticale war demnach in einem optimalen physiologischen Zustand und leicht silierbar. Die theoretische Häcksellänge betrug 6 mm.
2. Im Mittel wurden 66,9 Tonnen Frischmasse bzw. 25,3 Tonnen Trockenmasse je Stunde angeliefert.
3. Der PistenBully kam mit dem Einbau der Triticale sehr gut zurecht. Von Vorteil war es, dass die Transportfahrzeuge durch das gut 70 Meter lange Silo fahren und beim Abladen das Erntegut bereits in einem dünnen Teppich ablegten. Daher konnte der PistenBully mühelos und ohne besonderen Kraftaufwand das Futter sehr dünn verteilen. Das Futter war ausreichend verdichtet, um mit dem vollen Kipper über das Silo zu fahren.
4. Insgesamt wurden 1.130 Tonnen Frischmasse in rund 1.835 m³ eingebaut. Die erreichte Verdichtung von 615 kg FM/m³ bzw. 232 kg TM/m³ übertraf das Ziel von 585 kg FM/m³ bzw. 220 kg TM/m³ um rund 5-6 %.
5. Während der Einlagerung traten keinerlei technische Probleme auf. Weder Raupen noch Motor oder Kühler wiesen Verschmutzungen bzw. Verstopfungen auf. Der PistenBully war sehr wendig und konnte das Futter bis zu den Seitenwänden und in die Ecken gut verteilen. Bei eingeklapptem Schild blieb ein Abstand zwischen Wand und Raupen von mindestens 40 bis 50 cm. Zukünftig wäre es günstig das Schild so zu konstruieren, dass dieses bei eingeklapptem Zustand maximal die Raupenbreite erreicht.
6. Der Dieselverbrauch betrug 9,8 Liter je Stunde bzw. 0,15 Liter je Tonne Frischmasse oder 0,4 Liter je Tonne Trockenmasse.

Die Ergebnisse der Silagebeprobungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die 24 Silageproben wiesen im Mittel 40,2 % TM (35,0 - 43,7 %), in der Trockenmasse 6,3 % Rohprotein, 24,8 % Rohfaser, 4,7 % Rohasche und 5,8 MJ NEL auf.
2. Die TM-Gehalte nahmen im Silo von oben mit im Mittel 39,5 % TM über 39,9 % TM nach unten mit im Mittel 40,3 % zu und deuten auf eine sehr gleichmäßige Befüllung des Silos hin.
3. Direkt neben der Silowand wurden mit im Mittel 38,0 % TM geringfügig niedrigere TM-Gehalte als ein Meter neben der Wand und in der Silomitte mit jeweils 40,7 % TM gefunden. Am Rand ist demnach geringfügig Regenwasser eingedrungen.

4. Die mit dem PistenBully eingebrachte Triticalesilage wies im Mittel eine Verdichtung von 186,2 kg TM/m³ auf. Sie lag damit rund 15,4 % unter dem Ziel von 220 kg TM/m³.
5. Die mittlere, gewichtete Verdichtung von 186,2 kg TM/m³ weicht von der bei der Einlagerung ermittelten mittleren Verdichtung von 232 kg TM/m³ ab. Ursachen dafür sind in unvermeidbaren TM-Verlusten durch den Gärprozess selbst (mindestens 7,5 %) zu suchen. Hinzu kommen mögliche Abweichungen durch die punktförmige und kleinvolumige Probenahme mittels Probebohrer, bei dem sich mögliche kleine mengenmäßige Verschiebungen im Bohrstock rechnerisch deutlich auswirken. Diese Verschiebungen treten erfahrungsgemäß vor allem bei trockenen Silagen auf.
6. Die Verdichtung innerhalb des Silos wies mit 145,0 bis 222,4 kg TM/m³ eine große Spanne auf, wobei Effekte zwischen den Schichten und Orten zu erkennen sind. Diese sind auch auf den Einsatz des PistenBully zurück zu führen. Rund 66 % der gesamten Silage waren gut (176 - 220 kg TM/m³), die restlichen 34 % mittel (147 - 176 kg TM/m³) verdichtet.
7. An der Silowand wurde mit im Mittel 167,3 kg TM/m³ die geringste Verdichtung ermittelt. Im Vergleich zu den Zielvorgaben von 220 kg TM/m³ bedeutet das eine um rund 24 % geringere Verdichtung. Rund ein Meter neben der Silowand betrug das mittlere Raumgewicht 178,1 kg TM/m³ und somit rund 19 % unter dem Ziel. Die beste Verdichtung mit im Mittel 192,2 kg TM/m³ wurde in der Silomitte ermittelt. Dort liegt die Verdichtung nur rund 12,6 % unter der Zielvorgabe von 220 kg TM/m³.
8. 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.
9. Im Silo nimmt von oben nach unten die Verdichtung von knapp 160 kg TM/m³ über rund 190 kg TM/m³ nach unten mit im Mittel 196 kg TM/m³ zu. Derartige Effekte sind unabhängig von der Walztechnik in allen Silos zu beobachten. Gründe dafür ist das häufigere Überfahren der unteren Schichten. Demnach wäre zu überlegen, ob zukünftig beim Einbringen der Ernte im oberen Silodrittel ein weiteres Walzfahrzeug (z.B. Radlader) eingesetzt wird.
10. Schimmelbildung und Fäulnis trat in der Triticale nicht auf. In tieferen Schichten wurde kein Schimmel beobachtet. Demnach war die Silage luftdicht gelagert und hat sich der Einsatz des PistenBully nicht negativ ausgewirkt.
11. Die Temperaturen in der Silage waren stellenweise infolge von Nacherwärmung mit im Mittel 24,8 °C etwas zu hoch. Dabei bestand insbesondere bei den ersten beiden Terminen ein Zusammenhang zwischen dem erreichten Raumgewicht und der gemessenen Temperatur. Von insgesamt 72 Messwerten lagen knapp 24 % unter den angestrebten 20 °C. Bei rund 15 % der Messwerte wurden Temperaturen im Bereich zwischen 20 und 25 °C ermittelt. 61 % der Silagen wiesen Temperaturen von über 25 °C auf.

12. Die niedrigen Temperaturen stammen überwiegend vom dritten Termin. Die Silagetemperaturen gingen mit der Außentemperatur von September bis Dezember zurück. Die absoluten Temperaturen lagen vor allem im September zu hoch, obwohl in dieser Phase ein Entnahmevorschub zwischen 3 und 4 Metern pro Woche erreicht wurde.
13. Zu den leicht erhöhten Temperaturen im September hat vermutlich auch die kurze Gärdauer von 28 Tagen beigetragen. Die Silage wurde nach knapp einem Monat unter Luftabschluss am 11. August 2009 wieder geöffnet. Bekanntlich nimmt die aerobe Stabilität mit zunehmender Lagerdauer zu. Zudem wurden am Anfang der Verfütterung nur kleine Mengen entnommen, um die Biogasanlage langsam auf die neue Silage umzustellen.
14. Der Zusammenhang zwischen Verdichtung und Temperaturerhöhung ist an der Zunahme der Temperatur von außen nach innen erkennbar. So lagen die Temperaturen im weniger gut verdichteten Randbereich (Rand 1) mit 26,1 °C höher als im Bereich Rand 2 (100 cm von der Silowand) mit im Mittel 24,8 °C und vor allem höher als in der Silomitte mit im Mittel 23,5 °C.
15. Der Einsatz des PistenBully hat sich nicht negativ auf den Futterwert der Silagen ausgewirkt. Die mittleren Gehalte und Schwankungen der Proben geben die Bandbreite der Partien bei der Einlagerung wider.
16. Die Gärqualität der Silagen aus Triticale war aufgrund der sehr guten Vergärbarkeit des Erntegutes durchweg sehr gut. Buttersäure und Eiweißabbau wurden unabhängig von Termin, Ort und Lage nicht beobachtet.

Aus den vorliegenden Ergebnissen lässt sich ableiten, dass der Einsatz der Pistenraupe (PistenBully 300) beim Einsilieren von Triticale als GPS (37,8 % TM, kurz gehäckselt) trotz einer gewichteten mittleren Verdichtung von 186,2 kg TM/m³, die im Mittel rund 15,4 % unter dem Zielbereich von 220 kg TM/m³ lag, sich nicht negativ auf die Gärqualität und den Futterwert der Silagen sowie die Verwertung 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 05. März 2010