



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

## Raumgewicht, Silagetemperatur und Gärqualität von Sudangras Projekt PistenBully 2009

### 1. Versuchsfrage

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

### 2. Material und Methoden

#### **2.1 Siliergut:**

Auf dem Betrieb Dertinger wurde in 2008 Sudangras angebaut und in KW 42 durch den Lohnunternehmer Kogel mittels Exakthäcksler einsiliert und dabei ausschließlich mit einer Pistenraupe (PistenBully 300) verteilt und verdichtet. Bei der Ernte und dem Einsilieren war das Landwirtschaftliche Zentrum Baden-Württemberg nicht vertreten und beteiligt. Nach Angaben von Herrn Dertinger (Wiegeprotokolle liegen vor) wurden in 20,8 Stunden 1.931 to Erntegut (Frischmasse) eingebracht. Daraus resultiert eine mittlere Bergeleistung von 92,8 to FM je Stunde.

**2.2 Betrieb:** Friedrich Dertinger  
Fischer 1  
71735 Eberdingen-Nußdorf  
Tel.: 07042/6965

**2.3 Lohnunternehmer:** Herr Kogel  
Schertlenswaldhof  
71229 Leonberg  
Tel.: 07152/58629

**2.4 Siloart:** Fahrsilo mit festen Seitenwänden, mit Silofolie abgedeckt  
3 m Wandhöhe,  
80 m Länge, davon ca. 50 m befüllt  
20 m Silobreite

Vom Füllstand des Silos vor der Entnahme liegen vom 19. November 2008 Messungen der Fa. Kässbohrer (Herren Magg und Weiler) vor.

## 2.5 Probenahmeterminine vor Ort:

1. **T1** 19. Januar 2009 bei ca. 2 m Befüllhöhe (ca. 9-10 m von vorne ab Beginn)
2. **T2** 07. März 2009 bei voller Befüllhöhe von ca. 3 m und ca. 30 m von vorne
3. **T3** 18. April 2009 bei voller Befüllhöhe von ca. 3 m und ca. 45 m von vorne

## 2.6 Probenahmeort:

1. **O1** an der linken Flanke ca. 0,30-0,50 m von der Seitenwand entfernt (**Rand 1**)
2. **O2** an der linken Flanke ca. 0,70-1,00 m von der Seitenwand entfernt (**Rand 2**)
3. **O3** in der Mitte des Silohaufens ca 10 m von der Seitenwand entfernt (**Mitte**)

Beim ersten Termin wurden die Proben 0,30 m (Rand 1) bzw. 0,70 m (Rand 2) von der Seitenwand entfernt entnommen, bei den weiteren Terminen 0,50 m (Rand 1) bzw. 1,00 m (Rand 2) von der Seitenwand entfernt.

## 2.7 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

## 2.8 Analysen:

1. Raumgewicht mittels Pioneer-Bohrer in kg FM/m<sup>3</sup> und kg TM/m<sup>3</sup>
2. TM-Gehalte in g TM/kg FM mittels Trocknung bei 105 °C
3. pH-Werte mittels Schnellbestimmung  
(Indikatorpapier Macherey & Nagel, Nr. 095300)
4. Sensorische Beurteilung der Silagen

Werte jeweils als Mittelwerte der 3 Wdh.

## 2.9 Vorgehen

Bei der Entnahme der Silagen aus Sudangras wurde ab dem Moment, bei dem der Silageanschnitt zwei Drittel der vollen Wandhöhe aufwies (ca. 9-10 m ab Silobeginn) an drei Terminen (Beginn der Entnahme, Silage zur Hälfte entnommen, Ende der Entnahme) jeweils an drei Orten (O1 bis O3) und drei Schichten (S1 bis S3) mittels Probebohrer (3 Bohrungen pro Ort und Schicht) Bohrkern (Fa. Pioneer; 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.

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 19. Januar 2009 2,8 °C, am 07. März 2009 5,2 °C und am 18. April 2009 7,5 °C auf.

Bei allem Probenahmeterminen herrschte regnerisches Wetter vor. Der Siloanschnitt wurde jedoch vom Landwirt jeweils kurz vor der Probenahme frisch abgeschnitten, so dass sich die Niederschläge nicht auf die Probenahme auswirken konnten.

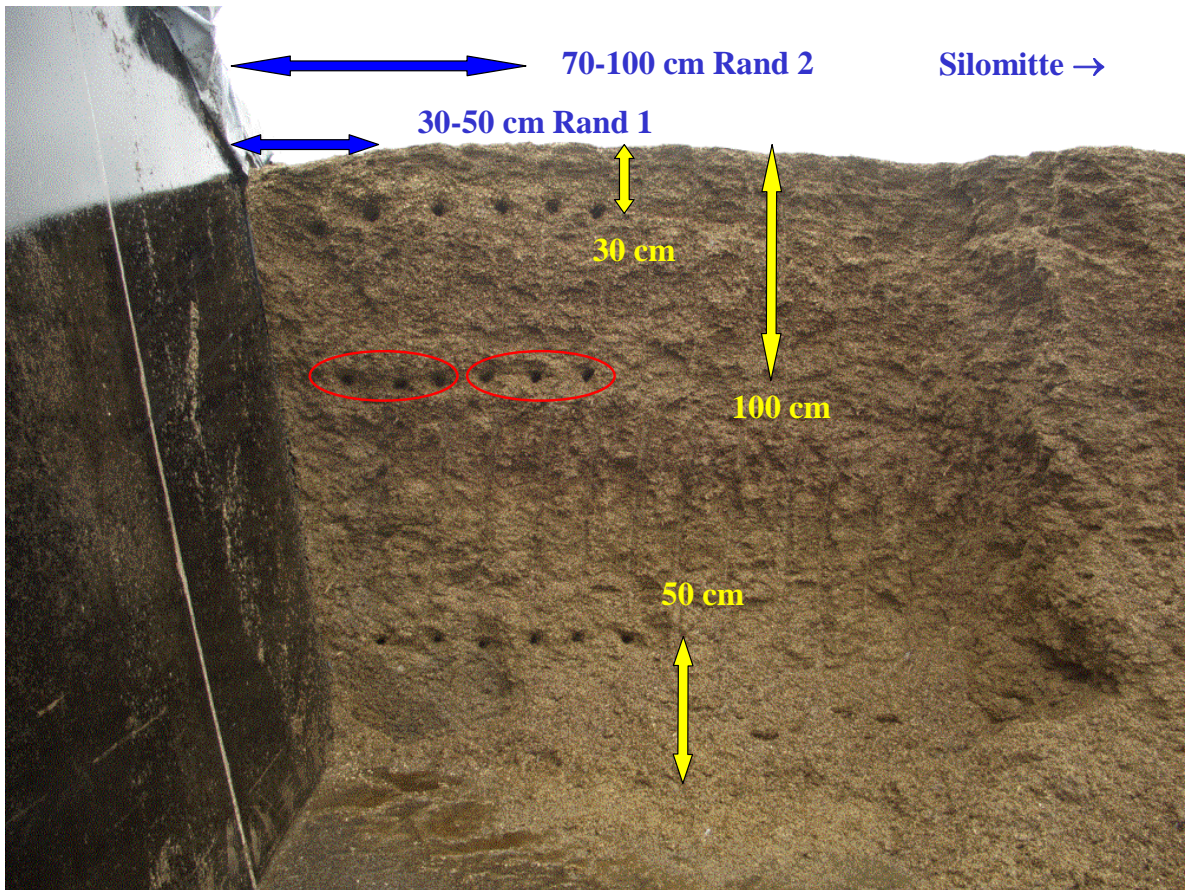


Abbildung 1: Anordnung der Bohrkern im Randbereich der Sudangrassilage

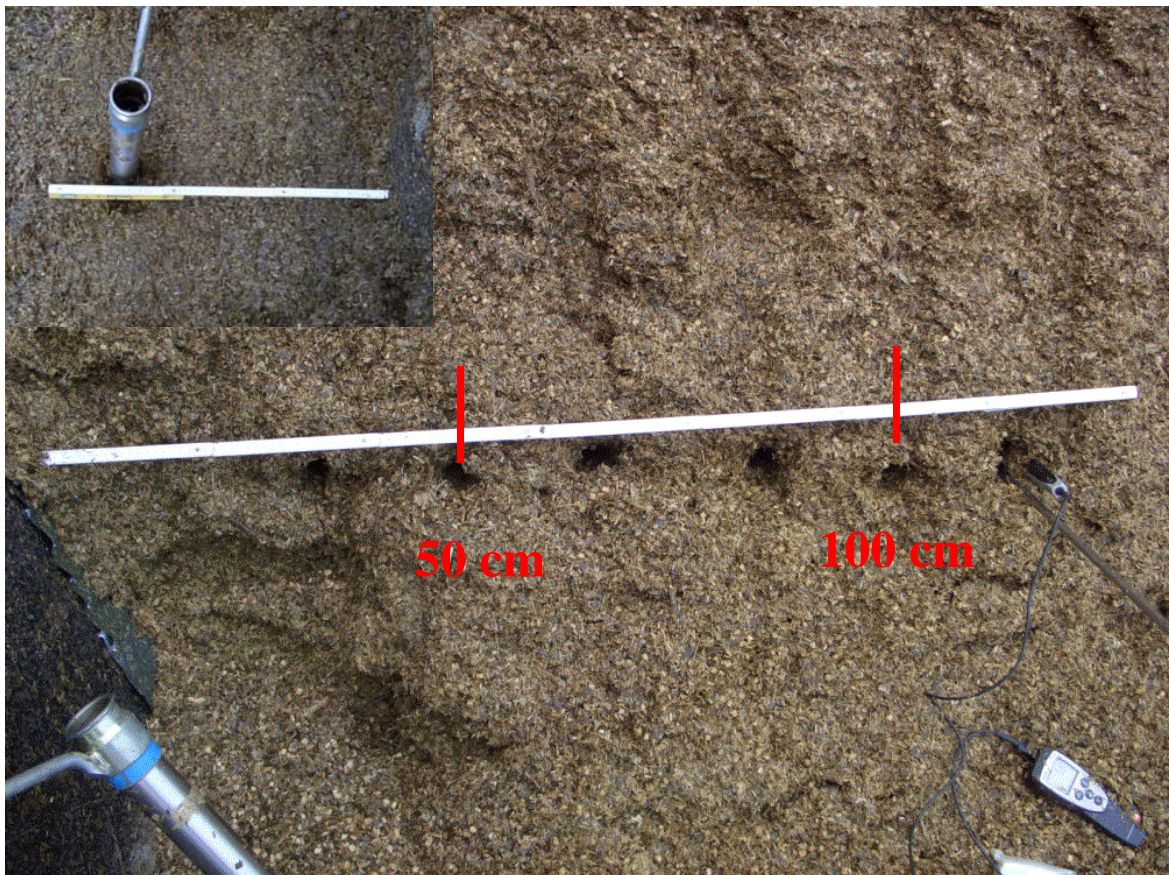


Abbildung 2: Temperaturmessungen in den Bohrlöcher

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1 TM-Gehalt**

Die Silagen aus Sudangras wiesen bei einer Spanne von 11,4 % TM bis 19,5 % TM im Mittel 16,3 % TM auf (Tabelle 1). Dabei sind im Randbereich 1, also direkt neben der Silowand, die niedrigsten Gehalte (Mittelwert 15,1 % TM) sowie drei Messwerte mit weniger als 14 % TM zu verzeichnen (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.

Im Bereich Wand 2, also rund einen Meter von der Silowand entfernt, sowie in der Silomitte sind im Mittel mit 17,0 % TM bzw. 16,9 % TM (Tabelle 2) fast die gleichen TM-Gehalte zu finden. Auch die Spannen sind hier mit 14,7 bis 19,5 % TM (Rand 2) bzw. 14,8 bis 18,1 % TM (Mitte) vergleichbar.

Die TM-Gehalte nehmen im Silo von oben mit im Mittel 17,5 % TM über 16,3 % TM nach unten mit im Mittel 15,2 % TM ab (Tabelle 3). Das ist auf Austritt von Gärtsaft und Verlagerung der Feuchtigkeit zurückzuführen.

#### **3.2 Raumgewicht**

Das mittlere Raumgewicht betrug 424,5 kg FM/m<sup>3</sup> bzw. 68,7 kg TM/m<sup>3</sup>. Die Spanne reichte von 287,8 bis 537,0 kg FM/m<sup>3</sup> bzw. von 46,0 bis 90,1 kg TM/m<sup>3</sup>. Bezogen auf die Frischmasse sind die Unterschiede zwischen Rand 1 (419 kg FM/m<sup>3</sup>) und Rand 2 (411 kg FM/m<sup>3</sup>) nur gering (Tabelle 2). Die höchste Verdichtung wurde erwartungsgemäß in der Silomitte mit im Mittel 443 kg FM/m<sup>3</sup> ermittelt. Bezogen auf die Trockenmasse, die von außen nach innen zunahm, nahm die Verdichtung von 62 kg TM/m<sup>3</sup> (Rand 1) über 69 kg TM/m<sup>3</sup> (Rand 2) auf 74 kg TM/m<sup>3</sup> in der Silomitte zu. Demnach weist der Randbereich eine rund 16 % (Rand 1) bzw. 6 % (Rand 2) geringere Verdichtung auf als die Silomitte. Insbesondere der Bereich bis zu 50 cm ab der Silowand sind demnach weniger stark verdichtet.

Im Silo nimmt von oben nach unten die Verdichtung von 350 kg FM/m<sup>3</sup> über 446 kg FM/m<sup>3</sup> nach 478 kg FM/m<sup>3</sup> zu (Tabelle 3). Bezogen auf die Trockenmasse unterscheiden sich Schicht 2 (100 cm von oben) und Schicht 3 (50 cm über Siloboden) mit je 73 kg TM/m<sup>3</sup> aufgrund der nach unten abnehmenden TM-Gehalte nicht voneinander. Die oberste Schicht weist mit 61 kg TM/m<sup>3</sup> eine um 16 % geringere Verdichtung als die beiden anderen Schichten auf. Demnach unterscheiden sich der Randbereich (Rand 1) mit 62 kg TM/m<sup>3</sup> und die oberste Schicht (30 cm von oben) mit 61 kg TM/m<sup>3</sup> nicht voneinander.

In gut verdichteten Gras- bzw. Maissilagen werden Raumgewichte von über 200 bis 220 kg TM/m<sup>3</sup> erzielt. Diese Werte wurden im Sudangras nie erreicht und lagen nur bei rund einem Drittel der für Gras- und Maissilage erwünschten Verdichtung. Im Gegensatz zu schlecht verdichteten Gras- und Maissilagen, bei denen die Poren in der Silage mit Luft gefüllt sind und demnach bei der Entnahme Sauerstoff in das Futter leiten, waren die Poren in der Sudangrassilage aufgrund der niedrigen TM-Gehalte überwiegend mit Wasser gefüllt. Demnach ist diese Situation anders zu werten als bei typische Gras- und Maissilagen. Aus der Literatur und Umfragen bei Kollegen im Bundesgebiet war es leider nicht möglich, Vergleichswerte von Sudangrassilagen zu ermitteln.

**Tabelle 1:** Untersuchungsergebnisse, geordnet nach den Terminen der Probenahme

Datum	Ort	Lage der Probenahme	TM %	Raumgewicht Mittelwerte		pH	Temperatur °C bei Messtiefe		
				kg FM/m <sup>3</sup>	kg TM/m <sup>3</sup>		15 cm	50 cm	150 cm
19.01.	Rand 1	30 cm von oben	18,0	299,5	53,8	4,4	-0,8	3,2	4,8
	Rand 1	100 cm von oben	14,9	455,5	67,7	4,3	2,2	5,0	5,0
	Rand 1	50 cm von unten	14,3	439,2	62,7	4,4	3,5	5,2	5,3
	Rand 2	30 cm von oben	18,3	287,8	52,5	4,3	-0,1	5,8	5,5
	Rand 2	100 cm von oben	16,8	408,9	68,9	4,4	5,6	7,8	7,3
	Rand 2	50 cm von unten	16,8	461,1	77,6	4,4	6,6	7,6	4,8
	Mitte	30 cm von oben	17,4	357,7	62,2	4,2	1,6	1,6	5,1
	Mitte	100 cm von oben	16,5	479,3	79,1	4,6	12,6	12,6	18,1
	Mitte	50 cm von unten	14,8	505,8	75,0	4,6	13,9	13,9	19,8
07.03.	Rand 1	30 cm von oben	12,2	376,3	46,0	3,8	1,1	2,2	4,3
	Rand 1	100 cm von oben	13,7	475,5	65,3	4,0	1,3	2,1	6,0
	Rand 1	50 cm von unten	11,4	478,8	54,7	4,8	1,7	1,4	4,4
	Rand 2	30 cm von oben	16,7	384,2	64,2	3,8	2,3	4,9	4,9
	Rand 2	100 cm von oben	17,5	458,8	80,3	3,8	5,4	7,6	7,7
	Rand 2	50 cm von unten	14,7	449,4	66,0	3,8	3,9	2,6	7,0
	Mitte	30 cm von oben	18,1	362,8	65,7	3,8	6,5	9,2	7,6
	Mitte	100 cm von oben	17,3	439,2	75,8	3,8	14,5	15,1	15,9
	Mitte	50 cm von unten	15,9	497,4	78,9	4,7	10,8	19,6	20,0
18.04.	Rand 1	30 cm von oben	19,4	340,5	65,9	3,8	14,7	14,8	15,0
	Rand 1	100 cm von oben	16,3	445,7	72,7	4,1	13,9	14,3	14,4
	Rand 1	50 cm von unten	15,7	463,9	72,7	4,5	15,0	13,9	12,7
	Rand 2	30 cm von oben	19,5	343,7	66,9	3,8	13,9	13,9	14,4
	Rand 2	100 cm von oben	16,9	440,1	74,3	3,8	12,4	12,6	12,5
	Rand 2	50 cm von unten	15,9	465,3	74,0	4,7	14,4	14,6	13,2
	Mitte	30 cm von oben	18,1	399,6	72,2	3,8	12,6	15,5	16,0
	Mitte	100 cm von oben	16,8	408,9	68,8	4,3	15,4	17,8	17,7
	Mitte	50 cm von unten	16,9	537,0	90,8	4,9	15,8	19,4	19,4
<b>Mittelwert</b>			<b>16,3</b>	<b>424,5</b>	<b>68,7</b>	<b>4,2</b>	<b>8,2</b>	<b>9,8</b>	<b>10,7</b>
<b>Minimum</b>			<b>11,4</b>	<b>287,8</b>	<b>46,0</b>	<b>3,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>1,4</b>	<b>4,3</b>
<b>Maximum</b>			<b>19,5</b>	<b>537,0</b>	<b>90,8</b>	<b>4,9</b>	<b>15,8</b>	<b>19,6</b>	<b>20,0</b>

**Tabelle 2:** Untersuchungsergebnisse, geordnet nach den Orten der Probenahme

Termin	Ort	Schicht	TM %	Raumgewicht		pH	Temperatur °C		
				kg TM/m <sup>3</sup>	kg FM/m <sup>3</sup>		15 cm	50 cm	150 cm
Jan 09	Rand 1	30 cm von oben	18,0	54	299	4,4	-0,8	3,2	4,8
Mrz 09	Rand 1	30 cm von oben	12,2	46	376	3,8	1,1	2,2	4,3
Apr 09	Rand 1	30 cm von oben	19,4	66	340	3,8	14,7	14,8	15,0
Jan 09	Rand 1	100 cm von oben	14,9	68	456	4,3	2,2	5,0	5,0
Mrz 09	Rand 1	100 cm von oben	13,7	65	476	4,0	1,3	2,1	6,0
Apr 09	Rand 1	100 cm von oben	16,3	73	446	4,1	13,9	14,3	14,4
Jan 09	Rand 1	50 cm von unten	14,3	63	439	4,4	3,5	5,2	5,3
Mrz 09	Rand 1	50 cm von unten	11,4	55	479	4,8	1,7	1,4	4,4
Apr 09	Rand 1	50 cm von unten	15,7	73	464	4,5	15,0	13,9	12,7
<b>Mittelwert</b>			<b>15,1</b>	<b>62</b>	<b>419</b>	<b>4,2</b>	<b>5,8</b>	<b>6,9</b>	<b>8,0</b>
Jan 09	Rand 2	30 cm von oben	18,3	53	288	4,3	-0,1	5,8	5,5
Mrz 09	Rand 2	30 cm von oben	16,7	64	384	3,8	2,3	4,9	4,9
Apr 09	Rand 2	30 cm von oben	19,5	67	344	3,8	13,9	13,9	14,4
Jan 09	Rand 2	100 cm von oben	16,8	69	409	4,4	5,6	7,8	7,3
Mrz 09	Rand 2	100 cm von oben	17,5	80	459	3,8	5,4	7,6	7,7
Apr 09	Rand 2	100 cm von oben	16,9	74	440	3,8	12,4	12,6	12,5
Jan 09	Rand 2	50 cm von unten	16,8	78	461	4,4	6,6	7,6	4,8
Mrz 09	Rand 2	50 cm von unten	14,7	66	449	3,8	3,9	2,6	7,0
Apr 09	Rand 2	50 cm von unten	15,9	74	465	4,7	14,4	14,6	13,2
<b>Mittelwert</b>			<b>17,0</b>	<b>69</b>	<b>411</b>	<b>4,1</b>	<b>7,1</b>	<b>8,6</b>	<b>8,6</b>
Jan 09	Mitte	30 cm von oben	17,4	62	358	4,2	1,6	1,6	5,1
Mrz 09	Mitte	30 cm von oben	18,1	66	363	3,8	6,5	9,2	7,6
Apr 09	Mitte	30 cm von oben	18,1	72	400	3,8	12,6	15,5	16,0
Jan 09	Mitte	100 cm von oben	16,5	79	479	4,6	12,6	12,6	18,1
Mrz 09	Mitte	100 cm von oben	17,3	76	439	3,8	14,5	15,1	15,9
Apr 09	Mitte	100 cm von oben	16,8	69	409	4,3	15,4	17,8	17,7
Jan 09	Mitte	50 cm von unten	14,8	75	506	4,6	13,9	13,9	19,8
Mrz 09	Mitte	50 cm von unten	15,9	79	497	4,7	10,8	19,6	20,0
Apr 09	Mitte	50 cm von unten	16,9	91	537	4,9	15,8	19,4	19,4
<b>Mittelwert</b>			<b>16,9</b>	<b>74</b>	<b>443</b>	<b>4,3</b>	<b>11,5</b>	<b>13,8</b>	<b>15,5</b>

**Tabelle 3:** Untersuchungsergebnisse, geordnet nach den Schichten der Probenahme

Termin	Ort	Schicht	TM %	Raumgewicht		pH	Temperatur °C		
				kg TM/m <sup>3</sup>	kg FM/m <sup>3</sup>		15 cm	50 cm	150 cm
Jan 09	Rand 1	30 cm von oben	18,0	54	299	4,4	-0,8	3,2	4,8
Mrz 09	Rand 1	30 cm von oben	12,2	46	376	3,8	1,1	2,2	4,3
Apr 09	Rand 1	30 cm von oben	19,4	66	340	3,8	14,7	14,8	15,0
Jan 09	Rand 2	30 cm von oben	18,3	53	288	4,3	-0,1	5,8	5,5
Mrz 09	Rand 2	30 cm von oben	16,7	64	384	3,8	2,3	4,9	4,9
Apr 09	Rand 2	30 cm von oben	19,5	67	344	3,8	13,9	13,9	14,4
Jan 09	Mitte	30 cm von oben	17,4	62	358	4,2	1,6	1,6	5,1
Mrz 09	Mitte	30 cm von oben	18,1	66	363	3,8	6,5	9,2	7,6
Apr 09	Mitte	30 cm von oben	18,1	72	400	3,8	12,6	15,5	16,0
<b>Mittelwert</b>			<b>17,5</b>	<b>61</b>	<b>350</b>	<b>4,0</b>	<b>5,7</b>	<b>7,9</b>	<b>8,6</b>
Jan 09	Rand 1	100 cm von oben	14,9	68	456	4,3	2,2	5,0	5,0
Mrz 09	Rand 1	100 cm von oben	13,7	65	476	4,0	1,3	2,1	6,0
Apr 09	Rand 1	100 cm von oben	16,3	73	446	4,1	13,9	14,3	14,4
Jan 09	Rand 2	100 cm von oben	16,8	69	409	4,4	5,6	7,8	7,3
Mrz 09	Rand 2	100 cm von oben	17,5	80	459	3,8	5,4	7,6	7,7
Apr 09	Rand 2	100 cm von oben	16,9	74	440	3,8	12,4	12,6	12,5
Jan 09	Mitte	100 cm von oben	16,5	79	479	4,6	12,6	12,6	18,1
Mrz 09	Mitte	100 cm von oben	17,3	76	439	3,8	14,5	15,1	15,9
Apr 09	Mitte	100 cm von oben	16,8	69	409	4,3	15,4	17,8	17,7
<b>Mittelwert</b>			<b>16,3</b>	<b>73</b>	<b>446</b>	<b>4,1</b>	<b>9,3</b>	<b>10,5</b>	<b>11,6</b>
Jan 09	Rand 1	50 cm von unten	14,3	63	439	4,4	3,5	5,2	5,3
Mrz 09	Rand 1	50 cm von unten	11,4	55	479	4,8	1,7	1,4	4,4
Apr 09	Rand 1	50 cm von unten	15,7	73	464	4,5	15,0	13,9	12,7
Jan 09	Rand 2	50 cm von unten	16,8	78	461	4,4	6,6	7,6	4,8
Mrz 09	Rand 2	50 cm von unten	14,7	66	449	3,8	3,9	2,6	7,0
Apr 09	Rand 2	50 cm von unten	15,9	74	465	4,7	14,4	14,6	13,2
Jan 09	Mitte	50 cm von unten	14,8	75	506	4,6	13,9	13,9	19,8
Mrz 09	Mitte	50 cm von unten	15,9	79	497	4,7	10,8	19,6	20,0
Apr 09	Mitte	50 cm von unten	16,9	91	537	4,9	15,8	19,4	19,4
<b>Mittelwert</b>			<b>15,2</b>	<b>73</b>	<b>478</b>	<b>4,5</b>	<b>9,5</b>	<b>10,9</b>	<b>11,8</b>

### 3.3. Gärqualität

Wenn Silage nicht optimal verdichtet und mit Silofolie abgedeckt ist, treten Schimmelbildung und Erwärmung auf. Beide aeroben Fehlgärungen waren bei keiner Probenahme zu beobachten. Demnach hatte die geringe Verdichtung in Verbindung mit wassergefüllten Poren keine negativen Effekte auf die Gärqualität.

Bei der Probenahme im Januar und März waren alle Silagen unabhängig vom Ort der Probenahme und Lage im Silo gut vergoren und frei von Schimmel, Fäulnis und Fehlgärungen, insbesondere ohne Buttersäure und Nacherwärmung.

Im April waren alle Silagen unabhängig vom Ort der Probenahme und Lage im Silo gut vergoren und frei von Schimmel, Fäulnis und Nacherwärmung. Die unteren Schichten wiesen jedoch, insbesondere in der Silomitte, etwas Buttersäure auf. Buttersäuregärung ist ein anaerober Prozess, der durch Clostridien verursacht wird. Diese sind nur durch eine intensive Gärung und gute Ansäuerung zu unterbinden. Bei TM-Gehalten von unter 20 % sollte deshalb der pH-Wert einen Grenzwert von 4,0 nicht überschreiten.

Im Mittel der Silagen wurde bei einer Spanne von 3,8 bis 4,9 ein pH-Wert von 4,2 ermittelt (Tabelle 1). Im Vergleich der Orte weisen die Sudangrasssilagen der Randbereiche mit 4,2 (Rand 1) bzw. 4,1 (Rand 2) einen geringfügig niedrigeren pH-Wert als die Silagen der Silomitte mit 4,3 auf (Tabelle 2). Im Silo nimmt von oben mit im Mittel 4,0 (Schicht 1) über 4,1 (Schicht 2) nach unten mit im Mittel 4,5 der pH-Wert ab (Tabelle 3). Das stimmt gut mit der sensorischen Beurteilung überein, die bei der letzten Probenahme vor allem im unteren Bereich der Silomitte etwas Buttersäure wahrnahm. Buttersäure hat jedoch als anaerobes Gärungsprodukt nichts mit der Verdichtung der Sudangrassilage zu tun. In ebenso feuchten Grassilagen wäre vermutlich mit deutlich höheren Gehalten an Buttersäure zu rechnen gewesen. Aus anderen Versuchen des Landwirtschaftlichen Zentrums ist jedoch bekannt, dass Sudangras meist einen hohen Gehalt an Nitrat aufweist und dieses in der Abbauf orm Nitrit in der Silage als Hemmstoff gegenüber Clostridien wirkt. Deshalb ist auch im vorliegenden Versuch davon auszugehen, dass natürliches Nitrat quasi als chemischer Silierzusatz die Clostridien trotz nicht ganz optimaler Ansäuerung über weite Strecken gehemmt hat. Anzumerken ist, dass Buttersäure mehr über geruchliche Belastungen ein Problem für die Umwelt und weniger ein Problem für die Biogasanlage darstellt.

### 3.4 Temperaturen

Die sensorische Beurteilung der Gärqualität deckt sich gut mit den Ergebnissen der Temperaturmessungen. Schimmelbildung und Nacherwärmung traten unabhängig von Zeitpunkt der Probenahme sowie Ort und Schicht im Silo nicht auf. Auch an anderen Stellen im Silo wie direkt unter der Silofolie, die nicht beprobt wurden, konnten Schimmel und Nacherwärmung nicht festgestellt werden. Nacherwärmung, die durch Hefepilze verursacht wird, bewirkt in der Silage Temperaturen von über 20 °C. In weiteren Versuchen des Landwirtschaftlichen Zentrums konnten in schlecht verdichteten und nicht mit Folie abgedeckten Silagen bis über 50 °C gemessen werden.

Bei allen Messungen wiesen die Sudangrassilagen bis auf einen Messwert mit exakt 20 °C immer Temperaturen von unter 20 °C auf. Die Spanne reichte von -0,8 bis 20 °C, wobei die mittlere Temperatur von der Anschnittfläche aus in den Silagestapel hinein von im Mittel 8,2 °C (15 cm tief) über 9,8 °C (50 cm tief) auf 10,7 °C geringfügig zunahm. Das ist jedoch weniger auf eine Erwärmung zurückzuführen, sondern auf die Auskühlung im Winter der feuchten Silagen an der Oberfläche. Diese Beobachtung wird insbesondere durch die Messungen im Randbereich (15 cm in der Silage ermittelt) gestützt, die eine Abnahme der Temperatur von der Mitte (im Mittel 11,5 °C) über 7,1 °C (Rand 2) auf 5,8 °C (Rand 1) aufwiesen (Tabelle 2). Die Auskühlung ist auch in den einzelnen Schichten von oben mit im Mittel 5,7 °C (15 cm tief gemessen) über 9,3 °C (1m von oben) nach unten mit im Mittel 9,5 °C zu erkennen.



#### **4. Wertung der Ergebnisse**

Die Trockenmassegehalte der Silagen aus Sudangras nehmen im Silo von innen nach außen und von oben nach unten ab. Diese Beobachtungen sind auf die niedrigen TM-Gehalte insgesamt und die Verlagerung von Gärssaft von oben nach unten sowie vermutlich auf das Eindringen von Regenwasser im Randbereich zurückzuführen. Diese Effekte sind typisch in feuchten Silagen und demnach nicht negativ für die Arbeit der Pistenraupe zu bewerten. Gärssaft tritt bei allen Silagen auf, wenn mit weniger als 30 % TM einsiliert wird. Die mittleren TM-Gehalte in den Silagen aus Sudangras lagen bei 16,3 %. Regenwasser kann eindringen, wenn die Silofolie wie im vorliegenden Versuch nicht über die Silowand gezogen werden kann, sondern stumpf an die Wand angelegt werden muss.

In Silagen wird eine hohe Verdichtung und Luftabschluss angestrebt, um eine verlustarme Milchsäuregärung zu fördern und um die Vermehrung luftliebende Gärschädlinge wie Schimmel- und Hefepilze sowie Fäulnisbakterien zu verhindern. Bei der Entnahme von Silagen aus dem Silo führen Luftporen zum Eindringen von Sauerstoff, was bei nicht ausreichendem Vorschub zu Schimmelbildung und Nacherwärmung führt. Der Vorschub sollte deshalb im Winter mindestens 1,5 Meter pro Woche und im Sommer mindestens 2,5 Meter pro Woche betragen. Im vorliegenden Versuch wurden in der Periode von Mitte Januar bis Mitte April ein Vorschub von rund 2,8 Meter pro Woche erreicht.

Das mittlere Raumgewicht lag mit 68,7 kg TM/m<sup>3</sup> nur bei rund einem Drittel der für Gras- und Maissilage erwünschten Verdichtung von über 200 bis 220 kg TM/m<sup>3</sup>. Die Verdichtung lag in der obersten Schicht und im Randbereich mit 62 bzw. 61 kg TM/m<sup>3</sup> rund 16 % unter der Verdichtung von 74 kg TM/m<sup>3</sup> in der Silomitte bzw. in den Schichten ab 100 cm von oben. Somit sollte auf den Randbereich und die oberste Schicht von jeweils einem halben Meter größere Sorgfalt gelegt werden. Das Nachwalzen von einer Stunde sowie ein gezieltes Walzen an die Silowand sind hierbei von Vorteil.

Nach neuen Veröffentlichungen von RICHTER & OSTERTAG (2009), die in Bayern bei Praxis-silagen (Gras und Mais) den Zusammenhang zwischen Verdichtung und dem Besatz unerwünschter Mikroorganismen untersucht haben, müssen die Zielbereiche optimal verdichteter Silagen vor allem im feuchten Bereich nach unten korrigiert werden. Nach diesen Untersuchungen reichen bei Grassilagen mit rund 20 % TM Verdichtungen von 155 bis 165 kg TM/m<sup>3</sup> aus. Diese Werte wurden in der vorliegenden Untersuchung ebenfalls nicht erreicht. Trotzdem ist zu hinterfragen, ob die Zielbereiche, die sich vorwiegend auf Gras- und Maissilagen beziehen, auch auf Sudangrassilagen übertragen werden können. Generell ist natürlich eine hohe Verdichtung für anaerobe Prozesse immer von Vorteil, aber leider liegen keinerlei Vergleichswerte von Sudangrassilagen aus der Praxis vor. Im vorliegenden Fall mit feuchtem Sudangras hat es sich positiv ausgewirkt, dass die Poren in der Silage nicht mit Luft gefüllt waren, die bei der Entnahme Sauerstoff in das Futter leiten, sondern mit Wasser. Positiv war auf jeden Fall der Vorschub von 2,8 Metern in der Woche in der bis Mitte April noch kühlen Jahreszeit.

Die geringe Verdichtung von knapp 69 kg TM/m<sup>3</sup> hat sich nicht negativ auf die Gärqualität der Silagen ausgewirkt. Zu keinem Zeitpunkt wurden aerobe Verderbereignisse wie Schimmelbildung, Fäulnis oder Nacherwärmung beobachtet. Auch die Temperaturprofile wiesen zu keinem Zeitpunkt zu hohe Temperaturen auf. Demnach ist an den Sudangrassilagen hinsichtlich aerober Fehlgärungen nichts zu bemängeln. Die vor allem in unteren Silobereich höheren pH-Werte sowie die im April sensorisch ermittelte Buttersäure sind auf anaerobe Clostridien zurückzuführen. Dieser Prozess beruht nicht auf der Verdichtung der Silage und wirkt sich nicht negativ auf die Verwertung der Silagen in der Biogasanlage aus.

## **5. Zusammenfassung**

Im Oktober 2008 wurde Sudangras gehäckselt und mittels PistenBully 300 in einem Fahrsilo verteilt und verdichtet. Die Ernte und Einlagerung erfolgte ohne Beteiligung des LAZBW. Laut elektronischer Wiegeprotokolle wurden insgesamt 1.931 Tonnen Frischmasse mit einer mittleren Leistung von 92,8 t FM/h eingebracht.

Die Sudangrassilagen wurden bei der Entnahme im Januar, März und April 2009 (Anfang, Mitte, Ende der Entnahmepériode) durch das LAZBW beprobt 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.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die mittleren TM-Gehalte der Sudangrassilagen lagen bei 16,3 %. Sie nahmen im Silo von innen nach außen und von oben nach unten ab. Diese Effekte sind vor allem auf das feuchte Erntegut und die Verlagerung von Gärstoff zurückzuführen.
2. Das mittlere Raumgewicht betrug 68,7 kg TM/m<sup>3</sup>. Es lag in der obersten Schicht und im Randbereich mit 61 bzw. 62 kg TM/m<sup>3</sup> rund 16 % unter der Verdichtung von 74 kg TM/m<sup>3</sup> in der Silomitte bzw. in den Schichten ab 100 cm.
3. In der Periode zwischen Januar und April 2009 betrug der mittlere Vorschub bei der Entnahme rund 2,8 Meter pro Woche.
4. Die geringe Verdichtung hat sich aufgrund des hohen Entnahmevorschubs nicht negativ auf die Gärqualität der Sudangrassilagen ausgewirkt. Dabei hat sich positiv bemerkbar gemacht, dass die Poren in der feuchten Silage nicht mit Luft, sondern mit Wasser gefüllt waren.
5. Es ist deshalb zu hinterfragen, ob die Zielbereiche von Gras- und Maissilagen mit über 200 kg TM/m<sup>3</sup> auch auf die Verdichtung von feuchten Sudangrassilagen übertragen werden können und sich feuchtes Sudangras überhaupt stärker verdichten lässt. Aus der Literatur liegen keine Vergleichswerte vor.
6. Zu keinem Zeitpunkt wurden irgendwo in der Silage aerobe Verderbprozesse wie Schimmelbildung, Fäulnis oder Nacherwärmung beobachtet.
7. Im April wurden in der Silomitte höhere pH-Werte (bis 4,9) und sensorisch etwas Buttersäure festgestellt. Buttersäurebildung beruht auf der Tätigkeit anaerober Clostridien und ist nicht mit der Silageverdichtung in Verbindung zu bringen.
8. Die Temperatur in den Silagen überschritt zu keinem Zeitpunkt 20 °C. Die Temperaturen nahmen in der Silage von innen nach außen und von unten nach oben ab. Das ist auf Auskühlungsprozesse an der Oberfläche und nicht auf Erwärmung in der Silage zurückzuführen.

Aus den vorliegenden Ergebnissen lässt sich ableiten, dass sich der Einsatz der Pistenraupe (PistenBully 300) beim Einsilieren von feuchtem Sudangras nicht negativ auf die Qualität der Sudangrassilagen und 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 17. Juli 2009**