



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

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



**Erstellt von:**

**Dr. Hansjörg Nußbaum**

## 1. Versuchsfrage

Wie werden Verdichtung, Silagetemperatur und Gärqualität von Maissilage 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:** Bioenergie Pfullendorf  
Dorfstr. 10  
88630 Pfullendorf  
Tel.: 07552/5078

### **2.2 Erntetechnik:**

#### Exakthäcksler:

Claas Jaguar 950

Lohnunternehmer Markus Wahl  
Ortsstr. 28  
88630 Pfullendorf-Zell am Andelsbach  
Tel.: 07552/938743

#### Transport:

3 Muldenkipper Brandner TA 20053 (ca. 30 m<sup>3</sup>)

### **2.3 Siliergut:**

Auf dem Betrieb Bioenergie Pfullendorf wurde nach der Ernte des Grünroggens im Mai Silomais gesät (20. - 25. Mai 2009). Die Maisernte erfolgte mittels Exakthäcksler am 07. Oktober 2009 bei sommerlichen Temperaturen. Das kurz gehäckselte (theoretische Häcksellänge 6-8 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.

Laut DLG e.V. wurden in rund 8 Arbeitstunden (netto) 871 Tonnen Erntegut (FM) in 1.270 m<sup>3</sup> Siloraum eingebaut. Daraus resultiert rechnerisch eine mittlere Verdichtung von 686 kg FM/m<sup>3</sup> bzw. 213 kg TM/m<sup>3</sup> und eine mittlere Bergeleistung von 108 t FM bzw. 33,6 t TM/h. Der gehäckselte Silomais wies bei der Ernte im Mittel aller 80 Kipperladungen einen Trockensubstanzgehalt von 31,1 % auf (Spanne 23,8 bis 37,6 % TM). Von 15 der 80 Proben wurden die Inhaltsstoffe untersucht (Tabelle 1). Mit im Mittel 31,7 % TM und einer Spanne von 27,0 bis 34,9 % TM repräsentieren diese Proben gut das gesamte Erntegut. Der Silo-

mais wies in der Trockensubstanz im Mittel 6,2 % Rohprotein, 21,7 % Rohfaser und 3,6 % Rohasche auf. Der Stärkegehalt betrug bei der Ernte 32,5 % i.TM, die Verdaulichkeit (Elos) 72,3 %. Aus den Rohnährstoffen resultiert eine Energiekonzentration von 6,4 MJ NEL/kg TM. In den Spannen der einzelnen Gehalte kommen die unterschiedlichen Ackerschläge und Silomaisarten zum Ausdruck, die bei der Ernte unterschiedliche Reifestadien aufwiesen. Mit einem Vergärbarkeitskoeffizienten von 38,1 war das Erntegut mittel bis leicht silierbar.

**Tabelle 1:** Inhaltstoffe des Ernteguts (analysiert wurden 15 von 80 Proben)

Nr.	TM %	Roh- protein	Roh- faser	Roh- asche % i.TM	NDForg	Stärke	Elos %	ME MJ/kg TM	NEL	Zucker % i.TM	PK	Z/PK	VK
1	27,0	7,2	24,3	4,2	47,3	28,1	68,0	10,2	6,1	3,0	6,6	0,5	30,7
2	32,4	5,7	21,8	4,2	43,6	33,2	72,3	10,6	6,3	4,1	4,5	0,9	39,7
3	33,2	7,2	21,9	3,3	45,6	30,2	69,9	10,7	6,4	1,7	7,0	0,2	35,1
4	31,5	6,7	20,3	3,7	41,8	33,3	74,0	10,9	6,5	4,6	5,2	0,9	38,5
5	32,5	5,8	22,0	3,9	43,5	31,4	71,9	10,6	6,3	4,1	6,5	0,6	37,5
6	29,6	5,8	21,3	2,7	45,5	31,7	72,0	10,8	6,5	8,4	7,5	1,1	38,6
7	34,1	6,1	19,6	3,6	41,8	34,9	73,9	11,0	6,6	7,7	8,8	0,9	41,1
8	34,6	5,9	21,1	3,5	40,9	35,9	74,6	10,8	6,4	7,5	7,7	1,0	42,4
9	31,6	6,4	21,2	2,9	43,9	31,0	72,0	10,8	6,5	6,6	6,9	1,0	39,2
10	31,5	6,4	21,6	3,4	42,7	33,9	74,2	10,7	6,4	5,1	8,5	0,6	36,3
11	28,0	5,6	22,3	4,0	47,9	29,6	68,3	10,5	6,3	8,6	7,5	1,2	37,2
12	28,4	5,5	22,5	4,2	44,6	31,5	71,2	10,5	6,3	4,8	9,2	0,5	32,5
13	34,9	6,5	21,4	3,8	42,5	34,0	73,0	10,7	6,4	4,3	10,5	0,4	38,2
14	33,4	5,9	22,2	3,1	41,7	35,0	75,5	10,6	6,4	7,3	7,4	1,0	41,3
15	32,5	6,2	22,0	3,7	42,1	33,4	74,0	10,6	6,3	8,4	6,8	1,2	42,5
<b>Mittel</b>	<b>31,7</b>	<b>6,2</b>	<b>21,7</b>	<b>3,6</b>	<b>43,7</b>	<b>32,5</b>	<b>72,3</b>	<b>10,7</b>	<b>6,4</b>	<b>5,7</b>	<b>7,4</b>	<b>0,8</b>	<b>38,1</b>
<b>min</b>	<b>27,0</b>	<b>5,5</b>	<b>19,6</b>	<b>2,7</b>	<b>40,9</b>	<b>28,1</b>	<b>68,0</b>	<b>10,2</b>	<b>6,1</b>	<b>1,7</b>	<b>4,5</b>	<b>0,2</b>	<b>30,7</b>
<b>max</b>	<b>34,9</b>	<b>7,2</b>	<b>24,3</b>	<b>4,2</b>	<b>47,9</b>	<b>35,9</b>	<b>75,5</b>	<b>11,0</b>	<b>6,6</b>	<b>8,6</b>	<b>10,5</b>	<b>1,2</b>	<b>42,5</b>

VK = 8 x Z/PK + TM

**2.4 Siloart:** Fahrsilo mit festen Seitenwänden, mit Silofolie abgedeckt

Höhe: 2,60 m

Breite: an der Straße 13,05 m, zur Biogasanlage 8,20 m

Länge: linke Seite 46,40 m (zur Trocknung), rechte Seite 54,20 m

**2.5 Probenahmeterminale vor Ort:**

1. **T1** 20. Oktober 2009 bei ca. 30,0 m von hinten aus (Markierung links)

2. **T2** 08. Januar 2010 bei ca. 20,0 m von hinten aus

3. **T3** 28. Januar 2010 bei ca. 10,0 m von hinten aus

**2.6 Probenahmeort:**

1. **O1** an der Flanke ca. 0,50 m von der Seitenwand entfernt (**Rand 1**)

2. **O2** an der Flanke ca. 1,00 m von der Seitenwand entfernt (**Rand 2**)

3. **O3** in der Mitte des Silohaufens 5,5 m von der linken Seitenwand entfernt (**Mitte**)

**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-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 Maissilage 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

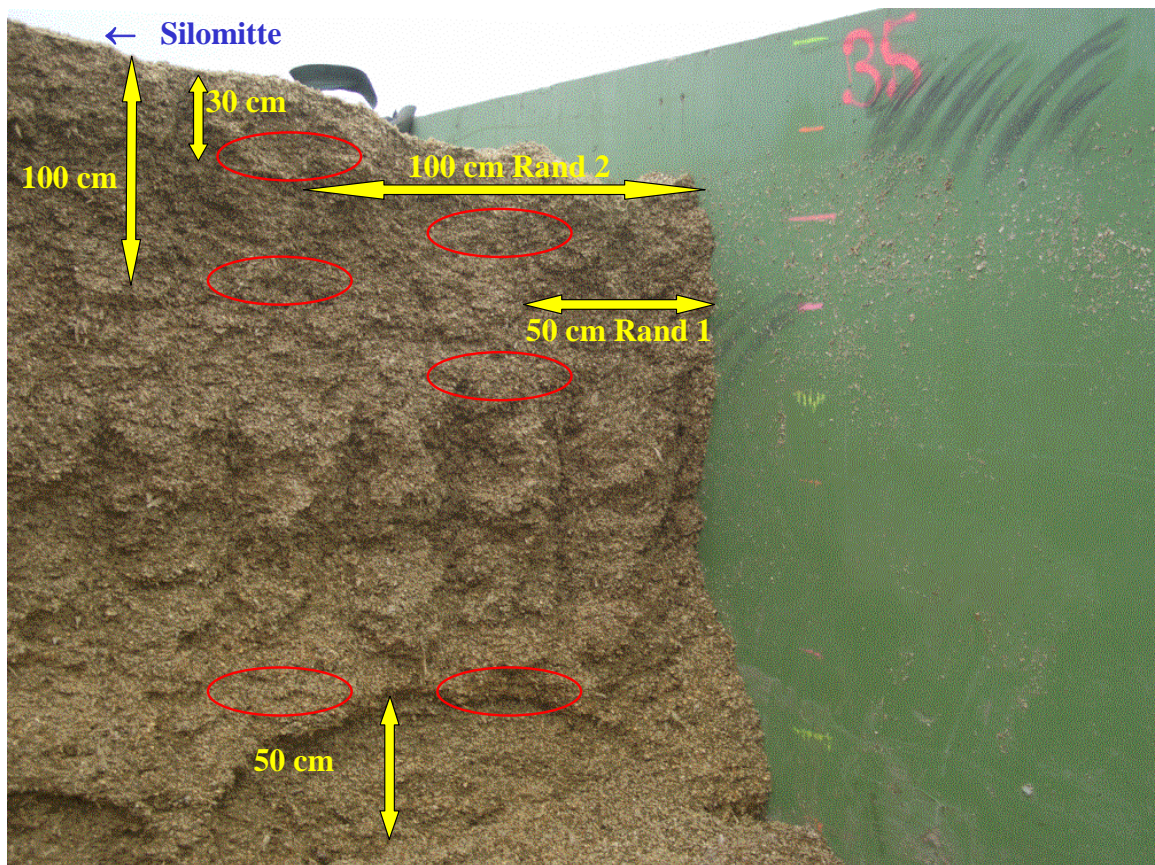
## 2.9 Vorgehen

Das Silo wurde am 8. Oktober 2009 vormittags mit Silofolie abgedeckt. Die erste Futterentnahme erfolgte allerdings unmittelbar danach. Demnach war keine komplett anaerobe Phase gegeben. Der mittlere Entnahmevorschub betrug rund 3,5 Meter pro Woche. Die erste Probenahme fand bei einer Anschnitthöhe von rund 2 Metern am 20. Oktober 2009 statt. Die Umgebungstemperatur lag an diesem Tag bei 2,1 °C. Bis Mitte Dezember wurde regelmäßig Silage aus dem Silo entnommen. Danach lagerte der Betrieb vor dem offenen Anschnitt Putenmist, so dass erst am 8. Januar 2010 nach Wiederaufnahme der Verfütterung und einer erneuten Entnahme von rund 5 Metern die nächsten Proben gewonnen werden konnten. Anfang Januar betrug die Umgebungstemperatur -3,7 °C. Die letzte Beprobung erfolgte am 28. Januar 2010, als noch etwa 10 Meter im Silo befüllt waren. Die Temperatur betrug an diesem Tag -2,1 °C.

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).



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



**Abbildung 2:** Temperaturmessungen in den Bohrlöchern

### **3. Ergebnisse**

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

Die 27 Silageproben wiesen bei einer Spanne von 19,6 % TM bis 34,9 % TM im Mittel 30,8 % TM auf (Tabelle 3). Das entspricht ziemlich genau dem Mittelwert von 31,1 % TM bei der Einlagerung der 80 Kipper. Der mittlere TM-Gehalt liegt im Zielbereich guter Maissilagen von 30 bis 35 % TM. Der mittlere TM-Gehalt betrug bei der ersten Probenahme (Siloanfang) 32,3 % TM, in der Silomitte 30,8 % TM und am Siloende 29,3 % TM.

Im Randbereich 1, also direkt neben der Silowand, wurden mit im Mittel 29,6 % TM geringfügig niedrigere TM-Gehalte als im Randbereich 2 (1 Meter neben der Wand) mit 30,9 % TM und in der Silomitte mit 31,9 % TM gefunden (Tabelle 3). 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 32,1 % TM über 31,6 % TM nach unten mit im Mittel 28,8 % TM ab (Tabelle 5).

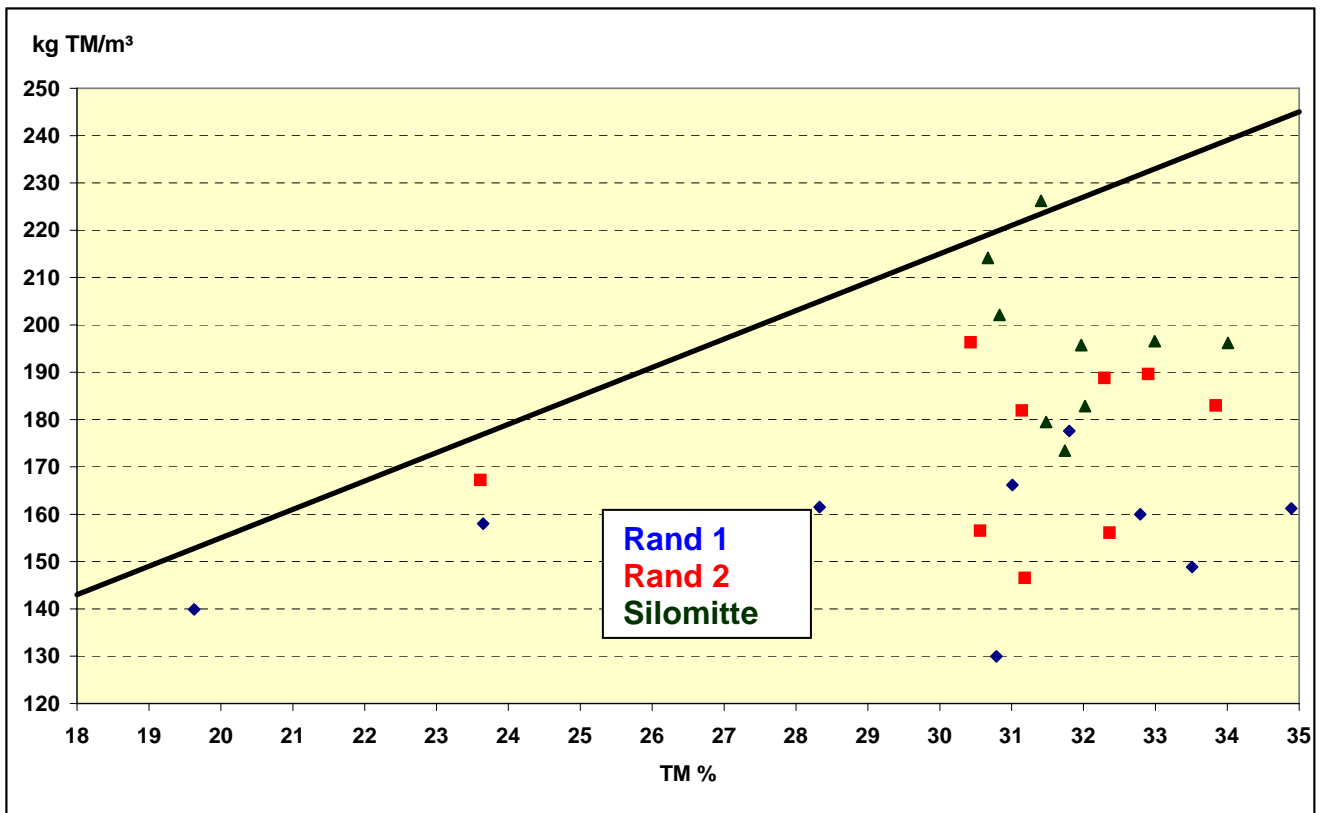
Aus den Untersuchungsergebnissen ist erwartungsgemäß kein Effekt des PistenBully auf den TM-Gehalt der Silagen abzuleiten.

#### **3.2 Raumgewicht**

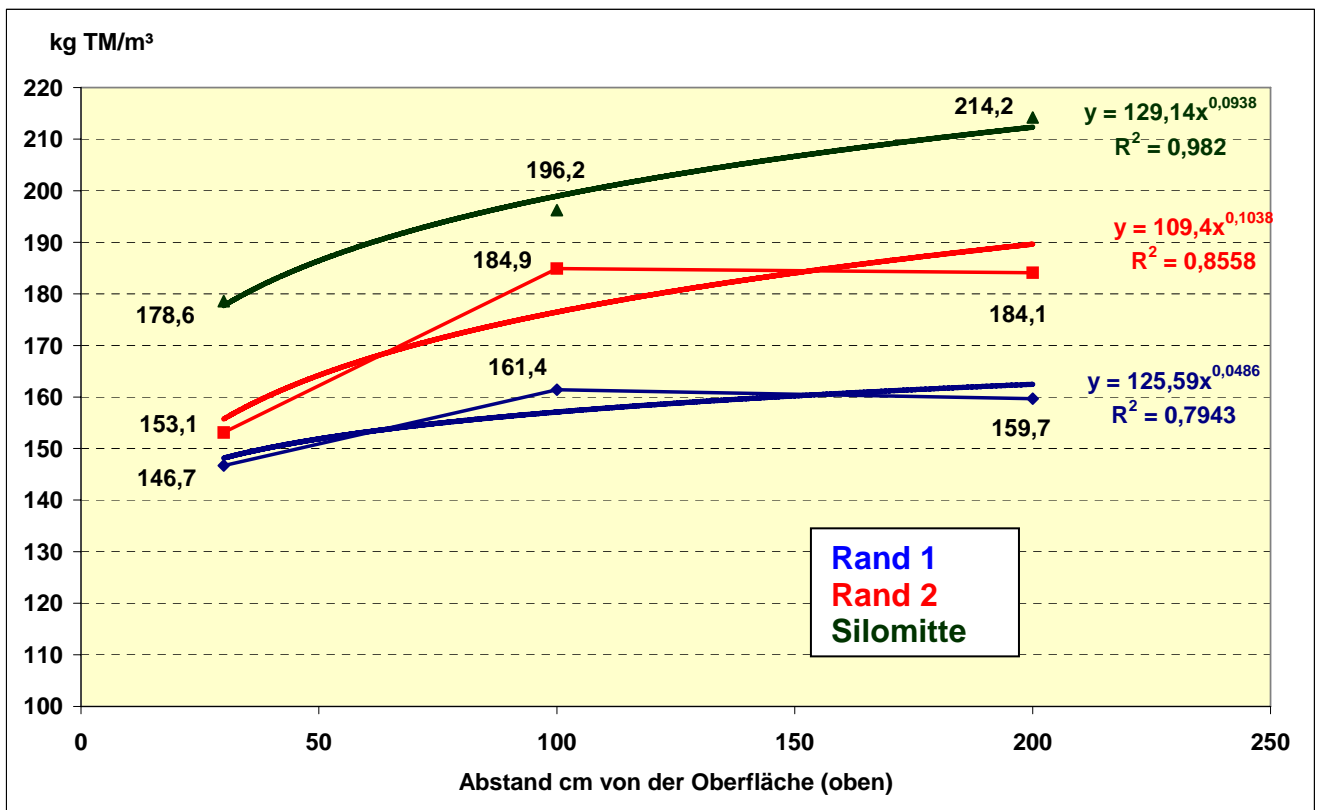
Maissilagen mit rund 31 % TM sollten nach RICHTER (2009) ein Raumgewicht von mindestens 225 kg TM/m<sup>3</sup> bzw. rund 720 kg FM/m<sup>3</sup> aufweisen. Die mit dem PistenBully eingebrachte Maissilage wies im arithmetischen Mittel 175,4 kg TM/m<sup>3</sup> (bzw. 574,5 kg FM/m<sup>3</sup>) eine niedrigere Verdichtung auf (Tabelle 3). Sie lag rund 22,1 % unter dem Ziel von 225 kg TM/m<sup>3</sup>. Die Spanne innerhalb des Silos war mit 130 bis 226 kg TM/m<sup>3</sup> bzw. 422 bis 720 kg FM/m<sup>3</sup> groß (Abbildung 3). Effekte zwischen den Schichten und Orten sind zu erkennen (Tabellen 4 und 5). Das mittlere Raumgewicht lag vorne (Termin 1) mit 177 kg TM/m<sup>3</sup>, in der Silomitte (Termin 2) mit 174 kg TM/m<sup>3</sup> und hinten (Termin 3) mit 175 kg TM/m<sup>3</sup> auf annähernd gleichem Niveau. 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 neun Messwerten gemittelte Verdichtung die tatsächlichen Verhältnisse im Silo nicht ausreichend wider. Deshalb wurde über die Messwerte der Silomitte eine Trendlinie ( $R^2= 0,98$ ) gelegt (Abbildung 4) und aus diesen weitere Verdichtungen für jeweils Schichten von 50-60 cm berechnet. Da bei den Messwerten für die Ränder (Rand 1, Rand 2) ab einem Wandabstand von 100 cm eine fast gleichbleibende Verdichtung gemessen wurde (Abbildung 4), wurde für Verdichtung der jeweiligen Schichten (Abbildung 5) für die Ränder jeweils das arithmetische Mittel der tatsächlichen Messwerte herangezogen.

Aus den Volumenanteilen der einzelnen Schichten und Bereiche (Abbildung 5) resultiert somit ein gewogenes Mittel von 194,5 kg TM/m<sup>3</sup>. Dieses Mittel liegt rund 13,6 % unter dem Zielbereich von 225 kg TM/m<sup>3</sup>.



**Abbildung 3:** Der Zielbereich gut verdichteter Silagen in Abhängigkeit des TM-Gehaltes und tatsächlich gemessene Werte von Maissilage in unterschiedlichen Bereichen des Silos.



**Abbildung 4:** Raumgewicht (kg TM/m<sup>3</sup>) in Abhängigkeit von Ort (Rand, Mitte) und Lage (Abstand in cm von der Silageoberfläche). Dargestellt sind die Messwerte (Punkte) sowie Trendlinien der Randbereiche.

50 cm	100 cm	760 cm	100 cm	50 cm	
147	160	182	160	147	50 cm
157	177	194	177	157	50 cm
160	185	205	185	160	50 cm
160	185	214	185	160	50 cm
160	185	220	185	160	60 cm

**Abbildung 5:** Aus den Messwerten und den Trendlinien berechnete Verdichtung (kg TM/m<sup>3</sup>) einzelner Schichten (jeweils 50-60 cm) und Bereiche (Breite der Schichten) im Silo.

Die Wertung und Einstufung der Silagen erfolgte nach Tabelle 2. Folglich wurden in Abbildung 5 die mittel verdichteten (150-180 kg TM/m<sup>3</sup>) hellblau und die gut verdichtetet (180-225 kg TM/m<sup>3</sup>) hellgrün dargestellt. Demnach sind rund 15 % der Maissilage im Versuch als mittel und 83 % als gut verdichtet einzustufen. Rund 2 % der Silage (obere Ecken) wies weniger als 150 kg TM/m<sup>3</sup> auf und wurde in Abbildung 5 rot hinterlegt. Sehr hoch verdichtete (über 225 kg TM/m<sup>3</sup>) sowie schlecht verdichtete (unter 112,5 kg TM/m<sup>3</sup>) Silage wurden bei den Probenahmen nicht vorgefunden.

**Tabelle 2:** Wertung der Verdichtung (kg TM/m<sup>3</sup>) im Vergleich zur Mindestverdichtung von 225 kg TM/m<sup>3</sup>.

kg TM/m <sup>3</sup>	Ziel (225 kg TM/m <sup>3</sup> ) erreicht zu	Wertung der Verdichtung	
< 112,5	< 50 %	schlecht	- -
112,5 -150	50 - 66,6 %	weniger gut	-
150 - 180	66,6 - 80 %	mittel	±
180 - 225	80 - 100 %	gut	+
> 225	>100 %	sehr gut	++

An der Silowand (Rand 1) wurde mit im Mittel 155,9 kg TM/m<sup>3</sup> die geringste Verdichtung ermittelt (Tabelle 4). Die Spanne reicht dort von 130 (-42 %) bis 178 kg TM/m<sup>3</sup> (-21 %). Im Vergleich zu den Zielvorgaben von 225 kg TM/m<sup>3</sup> bedeutet das eine um rund 31 % geringere Verdichtung. Bereits rund ein Meter neben der Silowand (Rand 2) betrug das mittlere Raumgewicht 174,0 kg TM/m<sup>3</sup> und lag somit rund 23 % unter dem Ziel. Die Spanne reichte im Bereich „Rand 2“ von 146,5 kg TM/m<sup>3</sup> (-35 %) bis 196,3 kg TM/m<sup>3</sup> (-13 %). Die beste Verdichtung mit im Mittel 196,3 kg TM/m<sup>3</sup> wurde in der Silomitte ermittelt. Dort liegt die Verdichtung nur rund 12,5 % unter der Zielvorgabe von 225 kg TM/m<sup>3</sup>. In der Silomitte wurde die Zielvorgabe teilweise knapp (+ 1%) übertroffen.

Im Silo nimmt von oben nach unten die Verdichtung von 159,4 kg TM/m<sup>3</sup> über 180,8 kg TM/m<sup>3</sup> nach unten mit im Mittel 186,0 kg TM/m<sup>3</sup> zu (Tabelle 5). Die oberste Schicht (50 cm von oben) liegt demnach rund 29 %, Schicht 2 (100 cm von oben) knapp 20 % und die untere Schicht (50 cm von unten) rund 17 % unter der Zielvorgabe von 225 kg TM/m<sup>3</sup>. Dabei ist anzumerken, dass auch in der obersten Schicht mit 182,8 kg TM/m<sup>3</sup> bzw. in der zweiten Schicht mit 196,5 kg TM/m<sup>3</sup> 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 Temperaturmessungen wurden 28,0 °C ermittelt. Die Maximaltemperatur wurde Ende Januar 2010 im oberen Randbereich (Abbildung 6) mit 45,0 °C gemessen. Die niedrigste Temperatur wurde am 8. Januar 2010 oben in der Silomitte festgestellt (Tabelle 3).



**Abbildung 6:** Durch die Ausbildung einer „Rinne“ entlang der Seitenwand war am 28. Januar 2010 der obere Messpunkt „Rand 2“ an zwei Seiten von einer quasi offenen Flanke umgeben.

Die mittlere Temperatur nahm vom ersten Termin Ende Oktober mit 31,0 °C zum zweiten Termin Anfang Januar auf 24,8 °C ab. Ende Januar wurden wiederum im Mittel 28,2 °C gemessen. Während im Oktober fast alle Bereiche gleichmäßig warm (25 - 30 °C) waren, konnte Anfang Januar in den oberen Schichten aufgrund der niedrigen Außentemperaturen ein Auskühlen bis unter 20 °C festgestellt werden. Zu diesem Zeitpunkt lagen jedoch die Temperaturen unten im Silo bei über 30 °C (Randbereiche) bzw. um 25 °C (Silomitte). Ende Januar waren die mittleren und unteren Schichten auf rund 25 °C erwärmt, die oberen Partien wiesen zu diesem Zeitpunkt über 30 °C auf mit Maximaltemperaturen bis 45 °C.

Die Silagetemperaturen nahmen von den Randbereichen mit rund 28-29 °C zur Silomitte hin auf im Mittel knapp 27 °C etwas ab. Demgegenüber nahmen die Temperaturen von den oberen beiden Schichten mit im Mittel rund 27 °C nach unten hin mit im Mittel fast 30 °C zu. Die Temperaturspannen sind jedoch zwischen den Terminen größer als zwischen den Orten bzw. Schichten. Demnach hat der Entnahmeterrn und demnach die Praxis der Siloentnahme am meisten Einfluss auf die Silageerwärmung ausgeübt.

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

Datum	Ort	Lage	TM %	Raumgewicht		Temp. °C bei Meßtiefe		
				kg FM/m <sup>2</sup>	kg TM/m <sup>3</sup>	15 cm	50 cm	150 cm
<b>20.10.2009</b>	Rand 1	30 cm von oben	33,5	331,4	148,9	28,4	27,3	28,7
	Rand 1	100 cm von oben	32,8	390,2	160,0	33,1	32,6	33,2
	Rand 1	50 cm von unten	31,8	486,2	177,6	34,9	33,9	34,8
	Rand 2	30 cm von oben	30,6	401,4	156,5	27,5	26,5	25,9
	Rand 2	100 cm von oben	33,8	481,1	183,0	33,7	32,5	33,0
	Rand 2	50 cm von unten	32,3	531,4	188,8	32,1	31,1	31,6
	Silomitte	30 cm von oben	31,5	500,2	179,5	30,3	30,2	32,7
	Silomitte	100 cm von oben	34,0	537,5	196,2	33,5	33,0	33,5
	Silomitte	50 cm von unten	30,8	621,9	202,1	28,3	27,4	26,7
<b>Termin 1</b>	<b>n=9</b>	<b>Mittel</b>	<b>32,3</b>	<b>475,7</b>	<b>177,0</b>	<b>31,3</b>	<b>30,5</b>	<b>31,1</b>
		<b>min</b>	<b>30,6</b>	<b>331,4</b>	<b>148,9</b>	<b>27,5</b>	<b>26,5</b>	<b>25,9</b>
		<b>max</b>	<b>34,0</b>	<b>621,9</b>	<b>202,1</b>	<b>34,9</b>	<b>33,9</b>	<b>34,8</b>
<b>08.01.2010</b>	Rand 1	30 cm von oben	30,8	267,8	130,0	22,0	18,4	14,0
	Rand 1	100 cm von oben	31,0	442,9	166,2	23,9	24,8	23,7
	Rand 1	50 cm von unten	28,3	459,6	161,5	31,6	34,4	34,8
	Rand 2	30 cm von oben	31,2	345,0	146,5	17,9	20,3	20,0
	Rand 2	100 cm von oben	31,1	517,4	181,9	28,0	27,7	27,4
	Rand 2	50 cm von unten	30,4	601,4	196,3	31,9	32,7	33,3
	Silomitte	30 cm von oben	31,7	467,1	173,4	20,4	15,7	12,2
	Silomitte	100 cm von oben	32,0	569,7	195,8	26,6	25,3	24,4
	Silomitte	50 cm von unten	30,7	684,8	214,2	25,5	26,3	26,2
<b>Termin 2</b>	<b>n=9</b>	<b>Mittel</b>	<b>30,8</b>	<b>484,0</b>	<b>174,0</b>	<b>25,3</b>	<b>25,1</b>	<b>24,0</b>
		<b>min</b>	<b>28,3</b>	<b>267,8</b>	<b>130,0</b>	<b>17,9</b>	<b>15,7</b>	<b>12,2</b>
		<b>max</b>	<b>32,0</b>	<b>684,8</b>	<b>214,2</b>	<b>31,9</b>	<b>34,4</b>	<b>34,8</b>
<b>28.01.2010</b>	Rand 1	30 cm von oben	34,9	372,0	161,2	27,7	31,8	32,3
	Rand 1	100 cm von oben	23,7	528,2	158,0	19,2	20,7	22,5
	Rand 1	50 cm von unten	19,6	496,5	139,9	28,6	29,4	32,9
	Rand 2	30 cm von oben	32,4	377,1	156,1	45,0	39,6	39,4
	Rand 2	100 cm von oben	32,9	525,4	189,6	20,5	20,9	21,3
	Rand 2	50 cm von unten	23,6	588,3	167,2	25,9	28,5	30,3
	Silomitte	30 cm von oben	32,0	507,7	182,8	31,6	31,0	29,2
	Silomitte	100 cm von oben	33,0	555,7	196,5	25,8	26,5	27,1
	Silomitte	50 cm von unten	31,4	726,8	226,2	24,5	24,7	24,2
<b>Termin 3</b>	<b>n=9</b>	<b>Mittel</b>	<b>29,3</b>	<b>519,7</b>	<b>175,3</b>	<b>27,7</b>	<b>28,1</b>	<b>28,8</b>
		<b>min</b>	<b>19,6</b>	<b>372,0</b>	<b>139,9</b>	<b>19,2</b>	<b>20,7</b>	<b>21,3</b>
		<b>max</b>	<b>34,9</b>	<b>726,8</b>	<b>226,2</b>	<b>45,0</b>	<b>39,6</b>	<b>39,4</b>
<b>Gesamt</b>	<b>n=27</b>	<b>Mittel</b>	<b>30,8</b>	<b>574,5</b>	<b>175,4</b>	<b>28,1</b>	<b>27,9</b>	<b>28,0</b>
		<b>min</b>	<b>19,6</b>	<b>422,2</b>	<b>130,0</b>	<b>17,9</b>	<b>15,7</b>	<b>12,2</b>
		<b>max</b>	<b>34,9</b>	<b>720,2</b>	<b>226,2</b>	<b>45,0</b>	<b>39,6</b>	<b>39,4</b>

**Tabelle 4:** Untersuchungsergebnisse, geordnet nach den Orten der Probenahme

Datum	Ort	Lage	TM %	Raumgewicht		Temp. °C bei Messtiefe		
				kg FM/m <sup>2</sup>	kg TM/m <sup>3</sup>	15 cm	50 cm	150 cm
<b>20.10.2009</b>	Rand 1	30 cm von oben	33,5	444,2	148,9	28,4	27,3	28,7
	Rand 1	100 cm von oben	32,8	488,0	160,0	33,1	32,6	33,2
	Rand 1	50 cm von unten	31,8	558,5	177,6	34,9	33,9	34,8
<b>08.01.2010</b>	Rand 1	30 cm von oben	30,8	422,2	130,0	22,0	18,4	14,0
	Rand 1	100 cm von oben	31,0	536,0	166,2	23,9	24,8	23,7
	Rand 1	50 cm von unten	28,3	570,1	161,5	31,6	34,4	34,8
<b>28.01.2010</b>	Rand 1	30 cm von oben	34,9	462,1	161,2	27,7	31,8	32,3
	Rand 1	100 cm von oben	23,7	668,1	158,0	19,2	20,7	22,5
	Rand 1	50 cm von unten	19,6	712,6	139,9	28,6	29,4	32,9
<b>n=9</b>	<b>Rand 1</b>	<b>Mittel</b>	<b>29,6</b>	<b>540,2</b>	<b>155,9</b>	<b>27,7</b>	<b>28,1</b>	<b>28,5</b>
		<b>min</b>	<b>19,6</b>	<b>422,2</b>	<b>130,0</b>	<b>19,2</b>	<b>18,4</b>	<b>14,0</b>
		<b>max</b>	<b>34,9</b>	<b>712,6</b>	<b>177,6</b>	<b>34,9</b>	<b>34,4</b>	<b>34,8</b>
<b>20.10.2009</b>	Rand 2	30 cm von oben	30,6	512,2	156,5	27,5	26,5	25,9
	Rand 2	100 cm von oben	33,8	540,8	183,0	33,7	32,5	33,0
	Rand 2	50 cm von unten	32,3	584,7	188,8	32,1	31,1	31,6
<b>08.01.2010</b>	Rand 2	30 cm von oben	31,2	470,0	146,5	17,9	20,3	20,0
	Rand 2	100 cm von oben	31,1	584,2	181,9	28,0	27,7	27,4
	Rand 2	50 cm von unten	30,4	645,2	196,3	31,9	32,7	33,3
<b>28.01.2010</b>	Rand 2	30 cm von oben	32,4	482,4	156,1	45,0	39,6	39,4
	Rand 2	100 cm von oben	32,9	576,4	189,6	20,5	20,9	21,3
	Rand 2	50 cm von unten	23,6	708,3	167,2	25,9	28,5	30,3
<b>n=9</b>	<b>Rand 2</b>	<b>Mittel</b>	<b>30,9</b>	<b>567,1</b>	<b>174,0</b>	<b>29,2</b>	<b>28,9</b>	<b>29,1</b>
		<b>min</b>	<b>23,6</b>	<b>470,0</b>	<b>146,5</b>	<b>17,9</b>	<b>20,3</b>	<b>20,0</b>
		<b>max</b>	<b>33,8</b>	<b>708,3</b>	<b>196,3</b>	<b>45,0</b>	<b>39,6</b>	<b>39,4</b>
<b>20.10.2009</b>	Silomitte	30 cm von oben	31,5	570,2	179,5	30,3	30,2	32,7
	Silomitte	100 cm von oben	34,0	576,9	196,2	33,5	33,0	33,5
	Silomitte	50 cm von unten	30,8	655,5	202,1	28,3	27,4	26,7
<b>08.01.2010</b>	Silomitte	30 cm von oben	31,7	546,3	173,4	20,4	15,7	12,2
	Silomitte	100 cm von oben	32,0	612,3	195,8	26,6	25,3	24,4
	Silomitte	50 cm von unten	30,7	698,3	214,2	25,5	26,3	26,2
<b>28.01.2010</b>	Silomitte	30 cm von oben	32,0	571,0	182,8	31,6	31,0	29,2
	Silomitte	100 cm von oben	33,0	595,8	196,5	25,8	26,5	27,1
	Silomitte	50 cm von unten	31,4	720,2	226,2	24,5	24,7	24,2
<b>n=9</b>	<b>Silomitte</b>	<b>Mittel</b>	<b>31,9</b>	<b>616,3</b>	<b>196,3</b>	<b>27,4</b>	<b>26,7</b>	<b>26,3</b>
		<b>min</b>	<b>30,7</b>	<b>546,3</b>	<b>173,4</b>	<b>20,4</b>	<b>15,7</b>	<b>12,2</b>
		<b>max</b>	<b>34,0</b>	<b>720,2</b>	<b>226,2</b>	<b>33,5</b>	<b>33,0</b>	<b>33,5</b>

**Tabelle 5:** Untersuchungsergebnisse, geordnet nach den Schichten der Probenahme

Datum	Ort	Lage	TM %	Raumgewicht		Temp.°C bei Messtiefe		
				kg FM/m <sup>2</sup>	kg TM/m <sup>3</sup>	15 cm	50 cm	150 cm
20.10.2009	Rand 1	30 cm von oben	33,5	444,2	148,9	28,4	27,3	28,7
	Rand 2	30 cm von oben	30,6	512,2	156,5	27,5	26,5	25,9
	Silomitte	30 cm von oben	31,5	570,2	179,5	30,3	30,2	32,7
08.01.2010	Rand 1	30 cm von oben	30,8	422,2	130,0	22,0	18,4	14,0
	Rand 2	30 cm von oben	31,2	470,0	146,5	17,9	20,3	20,0
	Silomitte	30 cm von oben	31,7	546,3	173,4	20,4	15,7	12,2
28.01.2010	Rand 1	30 cm von oben	34,9	462,1	161,2	27,7	31,8	32,3
	Rand 2	30 cm von oben	32,4	482,4	156,1	45,0	39,6	39,4
	Silomitte	30 cm von oben	32,0	571,0	182,8	31,6	31,0	29,2
n=9	<b>Mittel</b>	<b>30 cm von oben</b>	<b>32,1</b>	<b>497,8</b>	<b>159,4</b>	<b>27,9</b>	<b>26,7</b>	<b>26,0</b>
	<b>min</b>		<b>30,6</b>	<b>422,2</b>	<b>130,0</b>	<b>17,9</b>	<b>15,7</b>	<b>12,2</b>
	<b>max</b>		<b>34,9</b>	<b>571,0</b>	<b>182,8</b>	<b>45,0</b>	<b>39,6</b>	<b>39,4</b>
20.10.2009	Rand 1	100 cm von oben	32,8	488,0	160,0	33,1	32,6	33,2
	Rand 2	100 cm von oben	33,8	540,8	183,0	33,7	32,5	33,0
	Silomitte	100 cm von oben	34,0	576,9	196,2	33,5	33,0	33,5
08.01.2010	Rand 1	100 cm von oben	31,0	536,0	166,2	23,9	24,8	23,7
	Rand 2	100 cm von oben	31,1	584,2	181,9	28,0	27,7	27,4
	Silomitte	100 cm von oben	32,0	612,3	195,8	26,6	25,3	24,4
28.01.2010	Rand 1	100 cm von oben	23,7	668,1	158,0	19,2	20,7	22,5
	Rand 2	100 cm von oben	32,9	576,4	189,6	20,5	20,9	21,3
	Silomitte	100 cm von oben	33,0	595,8	196,5	25,8	26,5	27,1
n=9	<b>Mittel</b>	<b>100 cm von oben</b>	<b>31,6</b>	<b>575,4</b>	<b>180,8</b>	<b>27,2</b>	<b>27,1</b>	<b>27,3</b>
	<b>min</b>		<b>23,7</b>	<b>488,0</b>	<b>158,0</b>	<b>19,2</b>	<b>20,7</b>	<b>21,3</b>
	<b>max</b>		<b>34,0</b>	<b>668,1</b>	<b>196,5</b>	<b>33,7</b>	<b>33,0</b>	<b>33,5</b>
20.10.2009	Rand 1	50 cm von unten	31,8	558,5	177,6	34,9	33,9	34,8
	Rand 2	50 cm von unten	32,3	584,7	188,8	32,1	31,1	31,6
	Silomitte	50 cm von unten	30,8	655,5	202,1	28,3	27,4	26,7
08.01.2010	Rand 1	50 cm von unten	28,3	570,1	161,5	31,6	34,4	34,8
	Rand 2	50 cm von unten	30,4	645,2	196,3	31,9	32,7	33,3
	Silomitte	50 cm von unten	30,7	698,3	214,2	25,5	26,3	26,2
28.01.2010	Rand 1	50 cm von unten	19,6	712,6	139,9	28,6	29,4	32,9
	Rand 2	50 cm von unten	23,6	708,3	167,2	25,9	28,5	30,3
	Silomitte	50 cm von unten	31,4	720,2	226,2	24,5	24,7	24,2
n=9	<b>Mittel</b>	<b>50 cm von unten</b>	<b>28,8</b>	<b>650,4</b>	<b>186,0</b>	<b>29,3</b>	<b>29,8</b>	<b>30,5</b>
	<b>min</b>		<b>19,6</b>	<b>558,5</b>	<b>139,9</b>	<b>24,5</b>	<b>24,7</b>	<b>24,2</b>
	<b>max</b>		<b>32,3</b>	<b>720,2</b>	<b>226,2</b>	<b>34,9</b>	<b>34,4</b>	<b>34,8</b>

### 3.4. Futterwert

Der Futterwert der Maissilagen nahm im Laufe der Verfütterung von Termin 1 nach Termin 3 ab (Tabelle 6). Dabei wiesen die Gehalte an Rohasche fast unabhängig von Termin, Ort und Lage immer ähnliche Werte auf. Demgegenüber nahmen die Gehalte an Rohfaser zu und die Gehalte an Rohprotein und Energie ab. So nahm der Rohfasergehalt von der Einlagerung (Tabelle 1) mit im Mittel 21,7 % i.TM über 23,0 % i.TMk bei Termin 1 nach 24,9 % i.TMk bei Termin 2 und vor allem nach Termin 3 mit 26,3 % i.TMk deutlich zu. Entsprechend ging der Energiegehalt von 6,4 bei der Einlagerung über 6,2 (Termin 1) nach 6,0 (Termin 2) und 5,9 MJ NEL/kg TM (Termin 3) zurück. Die Gehalte an Rohprotein gingen im gleichen Zeitraum von im Mittel 6,6 geringfügig auf 5,7 % i.TMk zurück. In diesem Zusammenhang ist auf die zunehmenden Ammoniakgehalte hinzuweisen, die in Teilbereichen einen Eiweißabbau signalisieren.

Neben dem Haupteffekt „Termin“ ist auch ein Einfluss der Schichtung auf den Futterwert zu erkennen. So nehmen die Gehalte an Rohprotein und Energie von oben nach unten ab und gegenläufig die Gehalte an Rohfaser zu (Tabelle 6).

Der Einfluss der Orte (Rand, Mitte) auf den Futterwert ist unbedeutend. So liegen die Rohfasergehalte bei allen Orten im Mittel immer bei rund 25 % i.TMk. Die Gehalte an Rohprotein bewegen sich zwischen 6,2 (Rand 1) und 6,5 % i.TMk in der Silomitte. Der mittlere Energiegehalt liegt bei allen Orten immer bei genau 6,0 MJ NEL/kg TM.

Aus der Aulendorfer Datenbank „Grundfutterreport“ können aus dem Jahr 2009 zum Vergleich 16 Maissilagen aus dem Naturraum „Westlicher Bodensee“ herangezogen werden. Diese wiesen im Mittel knapp 5 % höhere TM-Gehalte, weniger Rohfaser (18,4 % gegenüber 24,7 % i.TM) und höhere Energiegehalte (6,6 gegenüber 6,0 MJ NEL/kg TM) auf (Tabelle 7).

### 3.5 Gärqualität

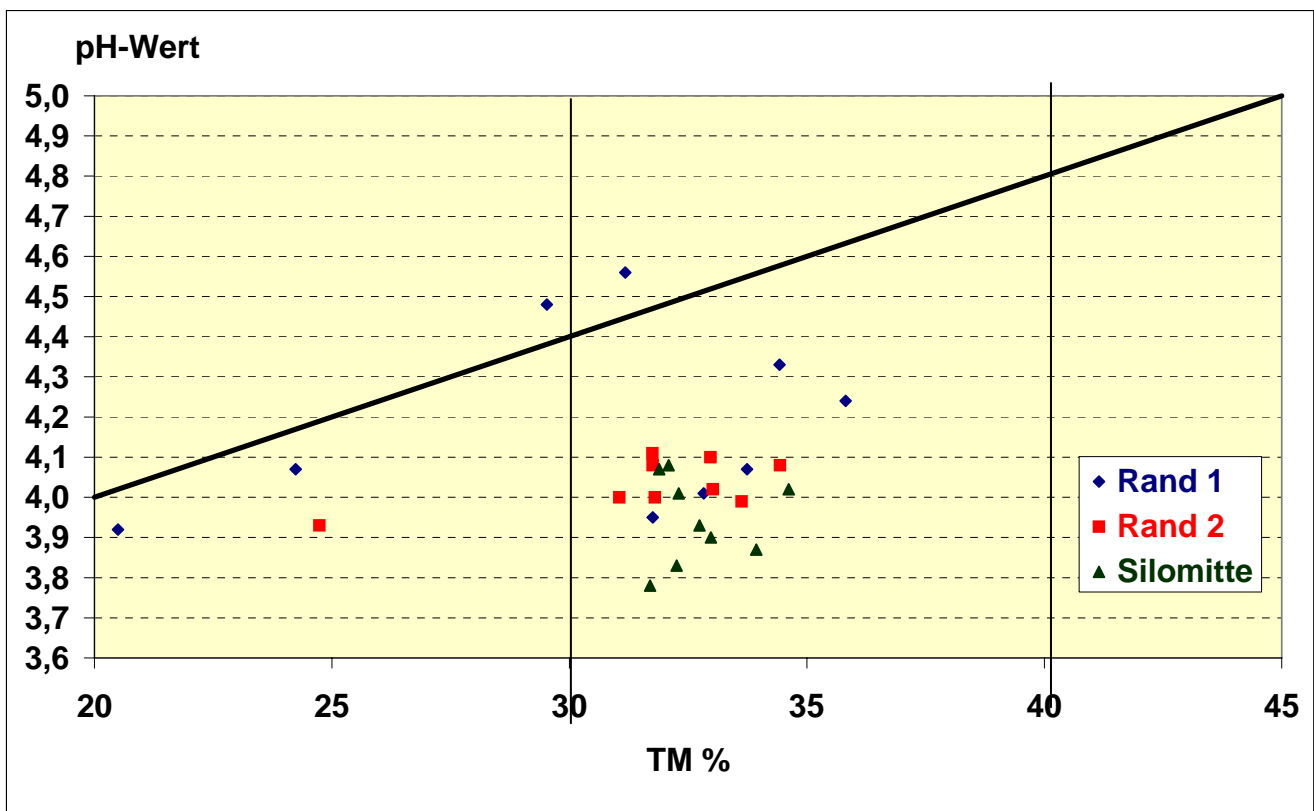
Wenn Silage nicht optimal verdichtet ist, kann Schimmelbildung und Erwärmung auftreten. Am ersten Termin im Oktober wurden sensorisch keine Abstriche gemacht und weder Schimmelbildung noch Fäulnis festgestellt. Anfang Januar trat nach der „Fütterungspause“ im oberen Bereich sowohl am Rand als auch in der Silomitte bis zu 10 cm dicke Schimmelnester auf. Gleichzeitig wurde ein muffiger und „röstartiger“ Geruch bonitiert, der auf Nacherwärmung hindeutet. Bei der letzten Probenahme Ende Januar wurde im Randbereich (Rand 1 und 2) unangenehmer, leicht mistartiger Geruch festgestellt. In der Silomitte war der Geruch überwiegend angenehm. Bei diesem Termin wurden überall in der obersten Schicht Schimmelnester registriert, zudem wies die Maissilage im unteren Bereich eine hellgelbe Färbung auf, die auf eine Zunahme der Feuchtigkeit hindeutet.

Die Maissilagen waren bei einem mittleren pH-Wert von 4,1 gut vergoren. Der höchste pH-Wert wurde Ende Januar (Termin 3) am Rand gemessen (Tabelle 6). Diese Messpunkte liegen folglich auch außerhalb des kritischen pH-Wertes (Abbildung 6). Alle anderen Silagen waren gut vergoren. Die Maissilagen aus der Silomitte wiesen niedrige pH-Werte und optimale TM-Gehalte auf. Innerhalb des Silos ist eine Abnahme von außen mit im Mittel 4,2 (Rand 1) über 4,0 (Rand 2) nach 3,9 in der Silomitte zu beobachten. Von oben nach unten nehmen die pH-Werte geringfügig von 4,2 nach 4,0 ab.

Die Abnahme des pH-Wertes von außen nach innen und von oben nach unten ist an den Milchsäuregehalten nachvollziehbar. Diese nahmen von außen (Rand 1) mit im Mittel 3,0 % i.TMk über 3,7 % i.TMk (Rand 2) nach 4,7 % i.TMk in der Silomitte zu, ebenso von oben mit im Mittel 3,5 % i.TMk über 3,9 % i.TMk nach 4,0 % i.TMk unten im Silo zu. Der größere Effekt

auf die Gehalte an Milchsäure geht jedoch von den Terminen der Probenahme aus. So wiesen die Maissilagen bei den ersten beiden Beprobungen im Mittel noch 4,3 - 4,4 % i.TMk Milchsäure auf. Der mittlere Gehalt ging bis Ende Januar (Termin 3) auf 2,6 % i.TMk zurück.

Demgegenüber nahmen die Gehalte an Essigsäure von Ende Oktober bis Ende Januar von 1,2 auf 1,5 % i.TMk geringfügig zu. Eine Abnahme, die allerdings ebenfalls gering ausfiel, ist vom außen (Rand 1 und 2) mit im Mittel 1,4 bis 1,5 % i.TMk zur Silomitte mit im Mittel 1,1 % i.TMk zu beobachten. Unten im Silo wurde mit im Mittel 1,8 % i.TMk etwas höhere Essigsäuregehalte analysiert als oben mit im Mittel 1,0 bis 1,2 % i.TMk.



**Abbildung 6:** 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.

Buttersäure wurde in geringen Mengen nur bei der letzten Probenahme Ende Januar im Randbereich (Rand 1 und Rand 2) und dort in der untersten Schicht mit 0,3 bis 0,4 % i.TMk festgestellt. Demgegenüber wiesen rund ein Drittel der Silagen erhöhte Gehalte an Ammoniak auf, wobei diese Proben überwiegend vom letzten Termin stammen (Tabelle 6). Der Anteil des Ammoniak-Stickstoffs am gesamten Stickstoff sollte in guten Silagen 10 % nicht überschreiten. Im Mittel aller Silagen wurden 9,9 % erreicht, wobei der Anteil von Termin 1 mit im Mittel 6,0 % („unauffällig“) über 10,0 % (Termin 2) nach im Mittel 13,6 % („erhöht“) bei Termin 3 zunahm. Der höchste Anteil mit 27,2 % wurde am dritten Termin außen (Rand 1) unten im Silo ermittelt, was sich wiederum mit den Gehalten an Buttersäure deckt. Die Ammoniakgehalte nahmen von außen (10,8 %) nach innen (9,0 %) ab und von oben (8,7 %) nach unten (11,1 %) zu.

Folgeseite:

**Tabelle 6:** Futterwert und Gärqualität der Maissilagen, geordnet nach Probenahmetermin

Datum	Ort	Lage	TMK %	XP	XF	XA	Energie MJ/kg TM		pH	NH3N-N <sub>t</sub> %	Milchsäure	Essigsäure	Buttersäure	Ethanol	Zucker
							% i. TMk				% i. TMk				
20.10.09	Rand 1	30 cm von oben	34,4	6,9	19,0	3,5	11,0	6,6	4,3	5,9	3,7	1,0	0,0	1,4	0,3
	Rand 1	100 cm von oben	33,7	6,9	21,9	3,8	10,5	6,3	4,1	6,6	4,4	0,7	0,0	1,8	1,2
	Rand 1	50 cm von unten	32,8	6,6	22,9	3,1	10,4	6,2	4,0	6,1	4,7	1,9	0,0	1,0	1,6
	Rand 2	30 cm von oben	31,8	6,8	23,6	4,2	10,2	6,0	4,1	5,8	5,2	2,4	0,0	1,0	0,5
	Rand 2	100 cm von oben	34,4	6,9	23,0	3,9	10,4	6,2	4,1	6,5	4,3	0,9	0,0	0,6	2,8
	Rand 2	50 cm von unten	33,0	6,3	23,4	3,1	10,4	6,2	4,0	5,6	4,5	1,0	0,0	0,9	2,6
	Silomitte	30 cm von oben	32,1	6,6	24,1	4,1	10,2	6,1	4,1	5,5	3,4	0,7	0,0	0,9	0,9
	Silomitte	100 cm von oben	34,6	6,7	23,8	3,2	10,3	6,1	4,0	5,1	3,5	0,7	0,0	0,8	1,0
	Silomitte	50 cm von unten	31,9	5,8	25,5	4,1	9,9	5,9	4,1	6,5	5,2	1,2	0,0	1,7	1,6
<b>20.10.09</b>	<b>n=9</b>	<b>Mittel</b>	<b>33,2</b>	<b>6,6</b>	<b>23,0</b>	<b>3,6</b>	<b>10,4</b>	<b>6,2</b>	<b>4,1</b>	<b>6,0</b>	<b>4,3</b>	<b>1,2</b>	<b>0,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,4</b>
		<b>min</b>	<b>31,8</b>	<b>5,8</b>	<b>19,0</b>	<b>3,1</b>	<b>9,9</b>	<b>5,9</b>	<b>4,0</b>	<b>5,1</b>	<b>3,4</b>	<b>0,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>
		<b>max</b>	<b>34,6</b>	<b>6,9</b>	<b>25,5</b>	<b>4,2</b>	<b>11,0</b>	<b>6,6</b>	<b>4,3</b>	<b>6,6</b>	<b>5,2</b>	<b>2,4</b>	<b>0,0</b>	<b>1,8</b>	<b>2,8</b>
08.01.10	Rand 1	30 cm von oben	31,2	6,8	25,3	4,2	10,0	5,9	4,6	7,4	2,4	0,5	0,0	0,5	0,6
	Rand 1	100 cm von oben	31,8	7,1	22,6	4,1	10,4	6,2	4,0	10,2	4,9	0,9	0,0	1,0	0,2
	Rand 1	50 cm von unten	29,5	6,2	25,4	4,3	9,9	5,8	4,5	5,9	1,6	3,2	0,0	0,4	0,2
	Rand 2	30 cm von oben	31,8	6,6	23,0	4,0	10,4	6,2	4,1	10,1	4,2	1,0	0,0	0,5	0,3
	Rand 2	100 cm von oben	31,8	6,7	25,5	4,1	10,0	5,9	4,0	11,9	4,9	1,3	0,0	0,4	0,1
	Rand 2	50 cm von unten	31,1	5,8	27,8	3,9	9,7	5,7	4,0	13,8	4,5	1,2	0,0	0,5	0,2
	Silomitte	30 cm von oben	32,3	6,8	23,9	3,4	10,3	6,1	4,0	9,4	3,9	0,9	0,0	0,6	0,2
	Silomitte	100 cm von oben	32,7	6,8	24,9	3,8	10,1	6,0	3,9	10,8	5,6	1,3	0,0	0,4	0,1
	Silomitte	50 cm von unten	31,7	6,6	25,8	3,8	9,9	5,9	3,8	10,7	8,0	1,1	0,0	1,6	1,4
<b>08.01.10</b>	<b>n=9</b>	<b>Mittel</b>	<b>31,5</b>	<b>6,6</b>	<b>24,9</b>	<b>3,9</b>	<b>10,1</b>	<b>6,0</b>	<b>4,1</b>	<b>10,0</b>	<b>4,4</b>	<b>1,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>
		<b>min</b>	<b>29,5</b>	<b>5,8</b>	<b>22,6</b>	<b>3,4</b>	<b>9,7</b>	<b>5,7</b>	<b>3,8</b>	<b>5,9</b>	<b>1,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>0,1</b>
		<b>max</b>	<b>32,7</b>	<b>7,1</b>	<b>27,8</b>	<b>4,3</b>	<b>10,4</b>	<b>6,2</b>	<b>4,6</b>	<b>13,8</b>	<b>8,0</b>	<b>3,2</b>	<b>0,0</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>
28.01.10	Rand 1	30 cm von oben	35,8	6,8	20,3	3,0	10,8	6,5	4,2	10,8	2,7	1,3	0,0	1,0	0,7
	Rand 1	100 cm von oben	24,2	4,5	29,7	2,1	9,6	5,6	4,1	16,8	1,2	1,5	0,1	0,6	0,1
	Rand 1	50 cm von unten	20,5	3,8	36,6	1,5	8,6	4,9	3,9	27,2	1,1	2,5	0,4	0,8	0,1
	Rand 2	30 cm von oben	33,0	6,4	23,3	3,8	10,3	6,1	4,1	10,0	2,0	1,3	0,0	0,4	0,2
	Rand 2	100 cm von oben	33,6	6,2	23,5	3,0	10,4	6,2	4,0	10,7	2,3	0,7	0,0	1,2	0,5
	Rand 2	50 cm von unten	24,7	4,4	30,0	2,4	9,4	5,5	3,9	13,9	1,6	2,7	0,3	1,1	0,1
	Silomitte	30 cm von oben	33,0	6,3	23,2	4,1	10,3	6,1	3,9	13,2	3,8	1,5	0,0	1,2	0,2
	Silomitte	100 cm von oben	33,9	6,6	22,8	3,5	10,4	6,2	3,9	10,0	4,4	1,1	0,0	1,1	0,1
	Silomitte	50 cm von unten	32,3	6,0	27,0	3,8	9,8	5,7	3,8	10,0	4,5	1,2	0,0	1,1	0,6
<b>28.01.10</b>	<b>n=9</b>	<b>Mittel</b>	<b>30,1</b>	<b>5,7</b>	<b>26,3</b>	<b>3,0</b>	<b>10,0</b>	<b>5,9</b>	<b>4,0</b>	<b>13,6</b>	<b>2,6</b>	<b>1,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,9</b>	<b>0,3</b>
		<b>min</b>	<b>20,5</b>	<b>3,8</b>	<b>20,3</b>	<b>1,5</b>	<b>8,6</b>	<b>4,9</b>	<b>3,8</b>	<b>10,0</b>	<b>1,1</b>	<b>0,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>0,1</b>
		<b>max</b>	<b>35,8</b>	<b>6,8</b>	<b>36,6</b>	<b>4,1</b>	<b>10,8</b>	<b>6,5</b>	<b>4,2</b>	<b>27,2</b>	<b>4,5</b>	<b>2,7</b>	<b>0,4</b>	<b>1,2</b>	<b>0,7</b>

**Tabelle 7:** Vergleich von Futterwert und Gärqualität der Maissilagen aus dem Versuch mit Vergleichswerten aus der Datenbank „Grundfutterreport Baden-Württemberg 2009“. Pfullendorf ist dem Naturraum (Vergleichsgebiet) „Westlicher Bodensee“ zugeordnet.

Art	TMK %	XP	XF	XA	Energie MJ/kg TM		pH	NH <sub>3</sub> N:N <sub>t</sub> %	Milchsäure	Essigsäure	Buttersäure	Ethanol	Zucker	
					ME	NEL								% i. TMk
Biogas n=27 silage	Mittel	31,6	6,3	24,7	3,5	10,1	6,0	4,1	9,9	3,8	1,3	0,0	0,9	0,7
	min	20,5	3,8	19,0	1,5	8,6	4,9	3,8	5,1	1,1	0,5	0,0	0,4	0,1
	max	35,8	7,1	36,6	4,3	11,0	6,6	4,6	27,2	8,0	3,2	0,4	1,8	2,8
VGL. „Westl. Bodensee“ (n=16)	35,2	7,4	18,4	3,6	11,1	6,7								



Die Gehalte an Ethanol lagen im Mittel bei 0,9 % i.TMk mit einer Spanne von 0,4 bis 1,8 % i.TMk. Ein Einfluss von Termin, Ort und Lage (Schicht) der Probenahme war nicht zu erkennen. So schwanken die Gehalte zwischen Ende Oktober und Ende Januar nur von 0,7 bis 1,1 % i.TMk, zwischen außen und innen im Silo nur zwischen 0,7 bis 1,0 % i.TMk und von oben nach unten nur zwischen 0,8 bis 1,0 % i.TMk. Der höchste Ethanolgehalt mit 1,8 % i.TMk wurde Ende Oktober im Randbereich festgestellt.

Die Maissilagen wiesen mit im Mittel 0,7 % i.TMk niedrige Gehalte an Restzucker auf. Die Spanne reichte von 0,1 bis 2,8 % i.TMk. Trotzdem waren die Silagen bis auf Ausnahmen (3.Termin im Randbereich) sehr gut vergoren (Abbildung 6). Demnach war kein Mangel an Gärsubstrat zu verzeichnen. Trotzdem ist ein Effekt der Probenahmeterminen zu erkennen. So nahm der Gehalt an Restzucker von Termin 1 mit im Mittel 1,4 % i.TMk über 0,4 % i.TMk (Termin 2) nach 0,3 % i.TMk (Termin 3) ab. Im direkten Randbereich wurden mit im Mittel 0,5 % i.TMk etwas niedrigere Gehalte als bei Rand 2 (100 cm vom Rand) und in der Silomitte mit 0,7 bis 0,8 % i.TMk gefunden. Ebenso ist eine geringfügige Zunahme von oben (0,4 % i.TMk) nach unten (0,7 - 0,9 % i.TMk) zu beobachten.

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

Das Ausgangsmaterial wies mit einem Vergärbarkeitskoeffizienten (VK) von 38,1 zwar eine mittlere bis leichte **Silierbarkeit** auf, trotzdem lag der VK unter den sonst bei Silomais üblichen Werten von über 50 bis 60. Demnach hat sich die verspätete Saat (20. - 25. Mai) nach Ernte der Vorfrucht Grünroggen sowie möglicherweise die Sortenwahl (Siloreifezahl) und der Erntezeitpunkt auf die Qualität des Silomaises ausgewirkt. Zwar wurden mit im Mittel 31,1 % Trockenmasse erreicht, jedoch reichte die Spanne von 23,8 bis 37,6 %. Demnach war die Reife der Maispflanzen sehr unterschiedlich, was auch an den Stärkegehalten von 28,1 bis 35,9 % i.TM zu erkennen ist. So liegt auch der mittlere Stärkegehalt mit 32,5 % i.TM bei der Ernte unter den Stärkegehalten der Maissilagen bei der Verfütterung aus der Region „Westlicher Bodensee“, die in den Silagen 33,9 % i.TM Stärke aufwies. Die niedrigen pH-Werte signalisieren jedoch, dass das Gärsubstrat für eine sehr gute Gärung ausgereicht hat, auch wenn die Gehalte an Restzucker auf einem niedrigen Niveau liegen.

Die Unterschiede der **TM-Gehalte** bei der Ernte sind auch bei den Silagen mit im Mittel 30,8 % TM und einer Spanne 19,6 bis 34,9 % TM zu erkennen, wobei die Spanne nach unten größer war. Durch den unterschiedlichen Reifegrad des Erntegutes entstand teilweise Gär-saft. Deshalb wies auch die Silage im unteren Bereich des Silos niedrigere TM-Gehalte und eine zunehmende hellgelbe Färbung auf, was auf Saftstau in der Silage hindeutet. Am TM-Gehalt ist zu erkennen, dass das Fahrsilo in gleichmäßigen Schichten von hinten nach vorne befüllt wurde. Direkt neben der Silowand wurden mit im Mittel 29,6 % TM geringfügig niedrigere TM-Gehalte als einen Meter neben der Wand (30,9 % TM) und in der Silomitte (31,9 % 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. Dieser Einfluss wurde mit zunehmender Lagerdauer größer. Diese Effekte sind nicht auf den Einsatz des PistenBully zurück zu führen.

Maissilagen mit rund 31 % TM sollten nach RICHTER (2009) ein **Raumgewicht** von mindestens 225 kg TM/m<sup>3</sup> bzw. 715 kg FM/m<sup>3</sup> aufweisen. Die mit dem PistenBully eingebrachte

Maissilage wies mit im gewogenen Mittel 194,5 kg TM/m<sup>3</sup> eine niedrigere Verdichtung auf. Sie lag rund 13,6 % unter dem Ziel von 225 kg TM/m<sup>3</sup>.

Die Spanne innerhalb des Silos war mit 130 bis 226 kg TM/m<sup>3</sup> bzw. 422 bis 720 kg FM/m<sup>3</sup> groß. Effekte zwischen den Schichten sowie Orten und damit Einflüsse des PistenBully sind zu erkennen. Das mittlere Raumgewicht lag vorne (Termin 1) mit 177 kg TM/m<sup>3</sup>, in der Silomitte (Termin 2) mit 174 kg TM/m<sup>3</sup> und hinten (Termin 3) mit 175 kg TM/m<sup>3</sup> auf annähernd gleichem Niveau. Demnach wurde das Erntegut sehr gleichmäßig von hinten nach vorne in das Silo eingebracht und verdichtet.

An der Silowand wurde mit im Mittel 155,9 kg TM/m<sup>3</sup> die geringste Verdichtung ermittelt (-31 %). Bereits rund ein Meter neben der Silowand betrug das mittlere Raumgewicht 174,0 kg TM/m<sup>3</sup> und lag somit rund 23 % unter dem Ziel. Die beste Verdichtung mit im Mittel 196,3 kg TM/m<sup>3</sup> wurde in der Silomitte ermittelt. Dort liegt die Verdichtung nur rund 12,5 % unter der Zielvorgabe von 225 kg TM/m<sup>3</sup>. In der Silomitte wurde die Zielvorgabe teilweise knapp (+ 1%) übertroffen. Demnach war der PistenBully in der Lage, diesen Bereich besser zu verdichten als die Randzone. 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 Heranfahen rückwärts an die Wand verdichtet. Das hat jedoch nicht ausgereicht, um direkt an der Wand optimal zu verdichten. Folglich sollte darüber nachgedacht werden, wie das 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 war.

Bei der Einlagerung wurden alle Kipper durch die DLG-Prüfstelle gewogen und das Volumen des fertig befüllten Silos durch einen unabhängigen Vermessungstechniker gemessen. Aus der Gesamttonnage von 871 Tonnen Frischmasse und dem Gesamtvolumen von 1.270 m<sup>3</sup> sowie den jeweiligen TM-Gehalten der einzelnen Kipperladungen (Mittelwert 31,1 % TM) resultiert rechnerisch eine mittlere Verdichtung von 213 kg TM/m<sup>3</sup>. Dieses Raumgewicht liegt rund 5 % unter dem angestrebten Zielbereich von 225 kg TM/m<sup>3</sup>. Es wurde bei der Beprobung der Maissilagen in der Silomitte ab einer Tiefe von rund einem Meter, jedoch nicht im gewogenen Mittel des gesamten Silos mit 194,5 kg TM/m<sup>3</sup> 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. Wenn methodenbedingt von einer Schwankungsbreite von 5 bis 10 % ausgegangen wird, so kommen die ermittelten Raumgewichte in die Größenordnung der ermittelten Gesamtverdichtung. Hinzu kommen unvermeidbaren Gärverluste, die selbst unter Optimalbedingungen mindestens 7,5 % betragen und unter Praxisbedingungen auch über 10 % liegen können. Zudem sind auch Gärstoffverluste aus den Partien mit weniger als 28 % TM aufgetreten. Bei 11 der 80 Ladungen (14 %) lag der TM-Gehalt unter 28 % bzw. bei 31 von 80 (38 %) unter 30 % TM.

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. Trotzdem nehmen die weniger gut verdichteten Bereiche (weniger als 150 kg TM/m<sup>3</sup>) maximal 2 % des Silovolumens (oberer Randbereich) ein. Rund 15 % des Silos wiesen eine mittlere (150 - 180 kg TM/m<sup>3</sup>) und rund 83 % eine gut verdichtete Silage (180 - 225

kg TM/m<sup>3</sup>) auf. Sehr hoch verdichtete (über 225 kg TM/m<sup>3</sup>) sowie schlecht verdichtete (unter 112,5 kg TM/m<sup>3</sup>) Silage wurden bei den Probenahmen nicht vorgefunden.

Die Zunahme der Verdichtung von oben mit im Mittel 159,4 kg TM/m<sup>3</sup> (minus 29 %) über 180,8 kg TM/m<sup>3</sup> (minus 20 %) nach unten mit im Mittel 186,0 kg TM/m<sup>3</sup> (minus 17 %) ist in jedem Silo in ähnliche Weise zu finden. Gründe dafür sind zum einen das häufigere Überfahren der unteren Schichten. Dem kann in der Praxis durch ein längeres Nachwalzen entgegen gewirkt werden. Zudem wäre zu überlegen, ob zukünftig beim Einbringen großer Bergeleistungen im oberen Silodrittel ein weiteres Walzfahrzeug (z.B. Radlader) eingesetzt wird.

**Fäulnis** trat in der Maissilage ab der zweiten Probenahme im Randbereich auf. **Schimmelbildung** wurde ab Anfang Januar überall in der obersten Schicht nesterweise (bis 10 cm Stärke) beobachtet. Gleichzeitig wurde ein muffiger und „röstartiger“ Geruch bonitiert, der auf Nacherwärmung hindeutet. In tieferen Schichten wurde kein Schimmel beobachtet. Die **Temperatur** von Silagen sollte außer im Bereich direkter Sonneneinstrahlung (Siloanschnitt) bzw. direkt unter der erwärmten Silofolie (im Sommer) 20 °C nicht überschreiten. Im Mittel aller Temperaturmessungen wurden mit 28,0 °C zu hohe Temperaturen und damit Nacherwärmung ermittelt. Die Maximaltemperatur wurde Ende Januar 2010 trotz Minusgraden in der umgebenden Luft im oberen Randbereich mit 45,0 °C gemessen. Die niedrigste Temperatur wurde am 8. Januar 2010 oben in der Silomitte festgestellt. Nur rund 23% aller Messwerte lagen unter 25 °C bzw. nur 8,6 % im erwünschten Bereich von weniger als 20 °C. Knapp die Hälfte (44,7 %) aller gemessenen Temperaturen lagen über 30 °C, rund ein Drittel im Bereich zwischen 25 und 30 °C, obwohl die mittlere Verdichtung nur 13,6 % unter dem Zielbereich lag. Demnach haben weitere Einflüsse zur Nacherwärmung der Silagen beigetragen.

Negativ hat sich auf jeden Fall das sofortige Öffnen des Silos bemerkbar gemacht. Ein luftdichtes Verschließen von mindestens 4 bis 6 Wochen hätte die aerobe Stabilität auf jeden Fall verbessert. Das ist daran zu erkennen, dass bereits nach drei Wochen (Ende Oktober) beim ersten Termin mit 31,0 °C die höchste mittlere Temperatur und diese fast gleichmäßig bei allen Messpunkten gemessen wurde. Danach hat sich die abnehmende Außentemperatur sowie der gute Vorschub von drei bis vier Metern pro Woche (je nach Füllstand) positiv bemerkbar. Leider wurde die Entnahme von Mitte Dezember bis Anfang Januar durch das Lagern von Putenmist direkt vor dem offenen Anschnitt unterbrochen. Diese Pause hat sich vor allem in den oberen, weniger verdichteten Zonen negativ ausgewirkt. Anfang Januar wurden im Mittel 24,8 °C, Ende Januar dann 28,2 °C gemessen. Die etwas niedrigere Temperatur Anfang Januar ist durch Wärmeabstrahlung aus den oberen Schichten zu erklären. Dort wurden teilweise weniger als 20 °C festgestellt werden. Zu diesem Zeitpunkt lagen jedoch die Temperaturen unten im Silo bei über 30 °C. Die Erwärmung setzte sich dann bis Ende Januar fort und erreichte im Mittel über 30 °C und Maximalwerte in Teilbereichen von bis zu 45 °C. Ende Januar wurde im Randbereich zudem eine tief ausgebildete Rinne entlang der Seitenwand beobachtet. Damit war der obere Messpunkt „Rand 2“ an zwei Seiten von einer quasi offenen Flanke umgeben.

Demnach ist die Nacherwärmung in der Maissilage durch die geringere Verdichtung im Randbereich sicherlich mit begünstigt worden, die Hauptursache für die unerwünschte Zunahme der Temperaturen sind jedoch im sofortigen Öffnen sowie in der Entnahmepause zu suchen. Das ungünstige Entnahmeregime ist folglich nicht dem PistenBully anzulasten.

Der **Futterwert** der Maissilagen nahm im Laufe der Verfütterung von Termin 1 nach Termin 3 ab. Dabei wiesen die Gehalte an Rohasche fast unabhängig von Termin, Ort und Lage immer ähnliche Werte auf. Demgegenüber nahmen die Gehalte an Rohfaser zu und die Gehal-

te an Rohprotein und Energie ab. Der Energiegehalt ging von 6,4 bei der Einlagerung über 6,2 (Termin 1) nach 6,0 (Termin 2) und 5,9 MJ NEL/kg TM (Termin 3) zurück. Neben dem Haupteffekt „Termin“ ist auch ein Einfluss der Schichtung auf den Futterwert zu erkennen. So nahmen die Gehalte an Rohprotein und Energie von oben nach unten ab und gegenläufig die Gehalte an Rohfaser zu. Der Rückgang des Futterwertes ist auf zwei Effekte zurück zu führen. Zum einen sind durch die Erwärmung leichtverfügbare Kohlenhydrate veratmet worden, was sehr gut am Rückgang der Restzuckergehalte und am abnehmenden Energiegehalt zu erkennen ist. Gleichzeitig fand eine Anreicherung der Strukturkohlenhydrate (Rohfaser) statt. Diese Effekte sind durch die höheren Temperaturen im Randbereich zu erkennen. Zum anderen fand in den unteren Schichten, insbesondere dort, wo Wasser am Rand eingedrungen war und im Bereich des Saftstaus (hellgelbe Maissilage) ein Abbau der Milchsäure statt. Teilweise wurden Partien mit weniger als 20 % TM beprobt. Dieser Prozess fand teilweise im unteren Randbereich statt und ist an zunehmenden Ammoniakgehalten sowie am Auftreten von Buttersäure zu erkennen. Ammoniak entsteht beim Eiweißabbau und erklärt somit auch den Rückgang der Rohproteingehalte. Demnach sind die Effekte auf den Futterwert weniger auf den Einsatz des PistenBully, sondern auf das Entnahmeregime zurück zu führen.

Trotz der rückläufigen Gehalte an Milchsäure war die **Gärqualität** der Maissilage fast überwiegend sehr gut. Bis auf einzelne Randproben im Januar wurde der kritische pH-Wert immer unterschritten. Bei längerer Lagerdauer hätte sich jedoch, insbesondere bei ansteigenden Außentemperaturen, die zunehmende Bildung von Buttersäure und damit einhergehend von Ammoniak, negativ bemerkbar gemacht. Die Bildung von Buttersäure und Ammoniak wird durch steigende pH-Werte infolge des Abbaus von Milchsäure infolge Nacherwärmung begünstigt. Sie ist insbesondere in feuchteren Partien anzutreffen, aber normalerweise selten in Maissilage. Im DLG-Schlüssel werden Buttersäuregehalte von mehr als 0,3 % i.TMk negativ bewertet. Ebenso sind Anteile von mehr als 10% Ammoniakstickstoff am Gehalt an Gesamtstickstoff unerwünscht. Beide Grenzwerte wurden Ende Januar in den unteren feuchten Partien überschritten. Deshalb ist zukünftig darauf zu achten, dass der Silomais gleichmäßig reif (über 30 % TM) geerntet und mindestens vier bis sechs Wochen luftdicht abgedeckt wird. Ein Saftstau ist möglichst zu vermeiden. Diese Effekte und ihre Auswirkungen auf die Qualität der Maissilage sind nicht dem PistenBully anzulasten.

Die niedrigen Restzuckergehalte sowie die für Silomais eher niedrige Vergärbarkeit (VK = 38) unterstreichen die obigen Ausführungen hinsichtlich Erntezeitpunkt und Reifegrad. Die Gehalte an Ethanol liegen mit im Mittel von 0,9 % i.TMk in einem unkritischen Bereich. Ein Effekt des PistenBully ist nicht zu erkennen.

## **5. Zusammenfassung**

Auf dem Betrieb Bioenergie Pfullendorf wurde am 07. Oktober 2009 mittels Exakthäcksler Silomais geerntet und ausschließlich mittels PistenBully 300 (Fa. Kässbohrer) im Silo eingebaut und verdichtet. Die Erntevorgänge wurden von der DLG-Prüfstelle (Groß-Umstadt) protokolliert und erfasst. Für das Silo-Controlling war das Landwirtschaftliche Zentrum Baden-Württemberg (Aulendorf) zuständig. Laut DLG e.V. wurden in rund 8 Arbeitstunden (netto) 871 Tonnen Erntegut (FM) in 1.270 m<sup>3</sup> Siloraum eingebaut. Daraus resultiert rechnerisch eine mittlere Verdichtung von 686 kg FM/m<sup>3</sup> bzw. 213 kg TM/m<sup>3</sup> und eine mittlere Bergeleistung von 108 t FM bzw. 33,6 t TM/h. Der gehäckselte Silomais wies bei der Ernte im Mittel aller 80 Kipperladungen einen Trockensubstanzgehalt von 31,1 % auf. Von 15 der 80 Proben wurden die Inhaltsstoffe untersucht. Mit im Mittel 31,7 % TM und einer Spanne von 27,0 bis 34,9 % TM repräsentieren diese Proben gut das gesamte Erntegut. Der Silomais wies in der Trockensubstanz im Mittel 6,2 % Rohprotein, 21,7 % Rohfaser und 3,6 % Rohasche auf. Der Stärkegehalt betrug bei der Ernte 32,5 % i.TM, die Verdaulichkeit (Elos) 72,3 %. Aus den Rohnährstoffen resultiert eine Energiekonzentration von 6,4 MJ NEL/kg TM. Mit einem Vergärbarkeitskoeffizienten von 38,1 war das Erntegut mittel bis leicht silierbar. Das Silo wurde an einem Tag befüllt und am Morgen des Folgetages mit Silofolie abgedeckt. Unmittelbar daran schloss sich ab dem Folgetag die Entnahme und Verfütterung in der Biogasanlage an. Zwischen Mitte Dezember bis Anfang Januar wurde die Entnahme aufgrund der Zwischenlagerung von Putenmist unmittelbar vor dem Anschnitt unterbrochen.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Der Silomais wies mit einem Vergärbarkeitskoeffizienten (VK) von 38,1 zwar eine mittlere bis leichte Silierbarkeit auf, trotzdem lag der VK unter den sonst bei Silomais üblichen Werten (> 50 - 60). Demnach haben sich verspätete Saat nach Ernte der Vorfrucht Grünroggen sowie möglicherweise Sortenwahl und Erntezeitpunkt auf die Qualität ausgewirkt.
2. Die 27 Silageproben wiesen im Mittel 30,8 % TM (19,6 - 34,9 %) auf und spiegeln die Gehalte bei der Einlagerung mit im Mittel 31,1 % TM ( 23,8 - 37,6 %) wider. Demnach war die Reife der Maispflanzen sehr unterschiedlich, was auch an den Stärkegehalten (28,1 - 35,9 % i.TM) zu erkennen ist. Der mittlere Stärkegehalt im Erntegut (32,5 % i.TM) lag unter dem von Maissilagen aus der Region (33,9 % i.TM).
3. Die TM-Gehalte nahmen im Silo von oben (32,1 % TM) über 31,6 % TM nach unten (28,8 % TM) ab und ist auf den unterschiedlichen Reifegrad des Erntegutes sowie Gärtsaftbildung zurück zu führen. Teilweise entstand Saftstau im Silo, was an einer hellgelben Silagefärbung erkennbar war.
4. Direkt neben der Silowand wurden geringfügig niedrigere TM-Gehalte (29,6 % TM) als einen Meter neben der Wand (30,9 % TM) und in der Silomitte (31,9 % TM) gefunden. In diesem Bereich war Regenwasser in die Silage eingedrungen, obwohl die Silage mit Silofolie abgedeckt war. Dazu beigetragen hat sicherlich die Tatsache, dass die Silofolie stumpf gegen die Wand gelegt war.
5. Aus den Untersuchungsergebnissen ist erwartungsgemäß kein Effekt des PistenBully auf den TM-Gehalt der Silagen abzuleiten.
6. Die mit dem PistenBully eingebrachte Maissilage wies im Mittel eine Verdichtung von 194,5 kg TM/m<sup>3</sup> auf. Sie lag damit rund 13,6 % unter dem Ziel von 225 kg TM/m<sup>3</sup>.

7. Die mittlere Verdichtung von 194,5 kg TM/m<sup>3</sup> weicht von der durch die DLG bei der Einlagerung ermittelten mittleren Verdichtung von 213 kg TM/m<sup>3</sup> ab. Ursachen dafür sind in unvermeidbaren TM-Verlusten durch Gärssaft (unter 28 - 30 % TM) und den Gärprozess selbst (mindestens 7,5 %) zu suchen. Bei 31 von 80 Ladungen (38 %) 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 auswirken.
8. Die Verdichtung innerhalb des Silos wies mit 130 bis 226 kg TM/m<sup>3</sup> 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 83 % der gesamten Maissilage waren gut (über 180 kg TM/m<sup>3</sup>), weiter 15 % mittel (150 - 180 kg TM/m<sup>3</sup>) und rund 2 % (Randbereiche) weniger gut (unter 150 kg TM/m<sup>3</sup>) verdichtet.
9. An der Silowand wurde mit im Mittel 156 kg TM/m<sup>3</sup> die geringste Verdichtung ermittelt. Im Vergleich zu den Zielvorgaben von 225 kg TM/m<sup>3</sup> bedeutet das eine um rund 31 % geringere Verdichtung. Bereits rund ein Meter neben der Silowand betrug das mittlere Raumgewicht 174 kg TM/m<sup>3</sup> und lag somit rund 23 % unter dem Ziel. Die beste Verdichtung mit im Mittel 196 kg TM/m<sup>3</sup> wurde in der Silomitte ermittelt. Dort liegt die Verdichtung nur rund 13 % unter der Zielvorgabe von 225 kg TM/m<sup>3</sup>.
10. 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 Heranfahren rückwärts an die Wand verdichtet. Das hat jedoch nicht ausgereicht, um direkt an der Wand optimal zu verdichten.
11. Im Silo nahm von oben nach unten die Verdichtung von 159 kg TM/m<sup>3</sup> über 181 kg TM/m<sup>3</sup> nach unten mit im Mittel 186 kg TM/m<sup>3</sup> zu. Derartige Effekte sind unabhängig von der Walztechnik in allen Silos zu beobachten. Dabei ist anzumerken, dass auch in der obersten Schicht mit 182,8 kg TM/m<sup>3</sup> bzw. in der zweiten Schicht mit 196,5 kg TM/m<sup>3</sup> teilweise höhere Raumgewichte erreicht wurden. In der Silomitte wurde die Zielvorgabe mit 226 kg TM/m<sup>3</sup> stellenweise übertroffen.
12. Das Entnahmeregime mit sofortiger Verfütterung der frisch einsiliierten Silage sowie der Entnahmepause von Mitte Dezember bis Anfang Januar hat sich trotz niedriger Außentemperaturen negativ auf die Qualität und Stabilität der Maissilage ausgewirkt.
13. Im Mittel wurden mit 28 °C zu hohe Temperaturen und damit Nacherwärmung ermittelt. Die Maximaltemperatur wurde Ende Januar trotz Minusgraden in der umgebenden Luft mit 45 °C gemessen. Rund 23% aller Messwerte lagen unter 25 °C bzw. 8,6 % im Bereich unter 20 °C. Etwa 45 % aller gemessenen Temperaturen lagen über 30 °C, rund ein Drittel im Bereich zwischen 25 und 30 °C.
14. Zur Erwärmung hat das sofortige Öffnen des Silos beigetragen. Ein luftdichtes Verschießen von mindestens 4 bis 6 Wochen hätte die aerobe Stabilität auf jeden Fall verbessert. Das ist daran zu erkennen, dass bereits nach drei Wochen mit 31 °C die höchste mittlere Temperatur und diese gleichmäßig in der Silage gemessen wurde. Danach machte sich die abnehmende Außentemperatur sowie der gute Vorschub (3-4

m/Woche) positiv bemerkbar.

15. Die Entnahme wurde von Mitte Dezember bis Anfang Januar unterbrochen. Das hat sich vor allem in den oberen, weniger verdichteten Zonen negativ ausgewirkt. Anfang Januar wurden 24,8 °C, Ende Januar 28,2 °C gemessen. Die etwas niedrigere Temperatur Anfang Januar ist durch Wärmeabstrahlung aus den oberen Schichten zu erklären. Gleichzeitig lagen jedoch die Temperaturen unten im Silo bei über 30 °C. Die Erwärmung setzte sich dann bis Ende Januar fort und erreichte im Mittel über 30 °C und Maximalwerte bis zu 45 °C.
16. Demnach ist die Nacherwärmung in der Maissilage durch die geringere Verdichtung im Randbereich sicherlich mit begünstigt worden, die Hauptursache für die unerwünschte Zunahme der Temperaturen sind jedoch im sofortigen Öffnen sowie in der Entnahmepause zu suchen. Das ungünstige Entnahmeregime ist folglich nicht dem PistenBully anzulasten.
17. Fäulnis trat in der Maissilage ab Januar 2010 im Randbereich auf. Zudem wurde überall nesterweise Schimmelbildung in der obersten Schicht beobachtet. In tieferen Schichten trat kein Schimmel auf.
18. Der Energiegehalt der Maissilagen ging von 6,4 bei der Einlagerung über 6,2 (Termin 1) nach 6,0 (Termin 2) und 5,9 MJ NEL/kg TM (Termin 3) infolge Nacherwärmung zurück. Demgegenüber nahmen die Gehalte an Rohfaser von 21,7 % i.TM (Einlagerung) auf 26,3 % i.TMk (Ende Januar) zu.
19. In den unteren, vor allem feuchten Randschichten fand ein Abbau von Milchsäure und Bildung von Ammoniakgehalten und Buttersäure statt. Das erklärt dort auch den Rückgang der Rohproteingehalte. Diese Effekte sind jedoch nicht den Einsatz des PistenBully, sondern auf das Entnahmeregime zurück zu führen.
20. Die Gärqualität der Maissilage war bis auf einzelne Randpartien immer gut. Bei längerer Lagerdauer hätte sich jedoch, insbesondere bei ansteigenden Außentemperaturen, die zunehmende Bildung von Buttersäure und damit einhergehend von Ammoniak, negativ bemerkbar gemacht. Die Bildung von Buttersäure und Ammoniak wird durch steigende pH-Werte infolge des Abbaus von Milchsäure infolge Nacherwärmung begünstigt. Sie ist insbesondere in feuchteren Partien anzutreffen.
21. So wurden die Grenzwerte für Buttersäure und Ammoniak Ende Januar in den unteren feuchten Partien überschritten. Deshalb ist zukünftig darauf zu achten, dass der Silomais gleichmäßig reif geerntet und mindestens vier bis sechs Wochen luftdicht gelagert wird. Ein Saftstau ist möglichst zu vermeiden. Diese Effekte und ihre Auswirkungen auf die Qualität der Maissilage sind nicht dem PistenBully anzulasten.
22. Die Gehalte an Ethanol lagen im Mittel bei 0,9 % i.TMk mit einer Spanne von 0,4 bis 1,8 % i.TMk. Ein Einfluss von Termin, Ort und Lage der Probenahme und damit ein negativer Effekt des PistenBully war nicht zu erkennen.

Aus den vorliegenden Ergebnissen lässt sich ableiten, dass der Einsatz der Pistenraupe (PistenBully 300) beim Einsilieren von Silomais mit Bergeleistungen von rund 100 Tonnen Frischmasse pro Stunde trotz einer gewichteten mittleren Verdichtung von 194,5 kg TM/m<sup>3</sup>, die im Mittel rund 13,6 % unter dem Zielbereich von 225 kg TM/m<sup>3</sup> lag, geeignet ist.

## **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](mailto:hansjoerg.nussbaum@lazbw.bwl.de)**

**Aulendorf, den 22. März 2010**