

Abschlussbericht zum Projekt

Projektnummer:

3526

Titel des Projekts:

Rundballenpressen mit variabler Presskammer - Futterqualität bei Silage und Heutrocknung



Projektleiter:	Dipl.Ing. Alfred Pöllinger, Abteilung für Innenwirtschaft und Ökolometrie
Projektmitarbeiter:	Ing. Reinhard Resch, Dipl.Ing. Franz Handler, Dipl.-HLFL-Ing. Manfred Nadlinger, Dipl.-HLFL-Ing. Emil Blumauer, Ao. Univ.Prof.Dr. Herbert Weingartmann, Ing. Johannes Paar, Dr. Max Dobretsberger, Ing. Stefan Flecker
Kooperationspartner:	BLT Wieselburg, ILT Universität für Bodenkultur, Wien, Bundesgestüt Piber, Der Fortschrittliche Landwirt, Graz
Stichworte:	Rundballenpressen, Rundballentrocknung, Futterqualität
Laufzeit:	2008

IMPRESSUM

Herausgeber:	Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein A-8952 Irdning des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
Direktor:	HR. Mag. Dr. Albert Sonnleitner
Forschung und Innovation: für den Inhalt verantwortlich:	Ing. Mag. Dr. Anton Hausleitner die Autoren
Gestaltung:	Brigitte Krimberger
Druck, Verlag und © :	Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irdning 2008

Abschlussbericht

über das Projekt

Rundballenpressen mit variabler Presskammer - Futterqualität bei Silage und Heutrocknung

A. PÖLLINGER¹⁾, R. RESCH¹⁾, F. HANDLER²⁾, M. NADLINGER²⁾, E. BLUMAUER²⁾,
H. WEINGARTMANN³⁾, J. PAAR⁴⁾, M. DOBRETSBERGER⁵⁾, S. FLECKER⁵⁾

Zusammenfassung:

Im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes der BLT Wieselburg, der Universität für Bodenkultur, des Bundesgestüts Piber, des Fachmagazins „Der Fortschrittliche Landwirt“ und des LFZ Raumberg-Gumpenstein wurden verschiedene Rundballenpressen mit variablem Presssystem für die Erzeugung von Grassilage- Heurundballen für die Heutrocknung und Strohballen eingesetzt.

Das Projektteam des LFZ Raumberg-Gumpenstein konzentrierte seine Untersuchungen darauf, den Einfluss der Technik auf die Futterqualität erfassen und quantifizieren zu können. Dazu wurden zum 1. und 2. Schnitt auf einer Dauerwiese Silagerundballen mit unterschiedlichen Pressen (Systeme mit Stabketten und Gurten) und unterschiedlichen Einstellungen (Dichte, Anzahl Schneidmesser) hergestellt. Zur Beurteilung der Beeinflussung der Trocknungseigenschaften auf einer Trocknungsanlage wurden die Rundballen mit unterschiedlichen Systemen und Dichten bei einem TM-Gehalt von ca. 70 % gepresst. Auf einer Kleinanlage wurden die Durchströmungsverhältnisse und damit die Trocknungseigenschaften gemessen und anschließend auf der großen Trocknungsanlage des Bundesgestüts Piber fertig getrocknet. Die Futterqualität wurde sensorisch beurteilt.

Die Ergebnisse der Futterwertuntersuchungen zeigten keine Unterschiede zwischen den einzelnen Systemen, allerdings auch keine Unterschiede zwischen

den unterschiedlichen Pressdichten (130 zu 180 kg TM/m³). Auch während der Silierung (dynamischer Silierverlauf) konnten keine Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Pressdichten festgestellt werden. Der Ascheanteil war mit rund 9 % sehr niedrig und wies auf saubere Erntebedingungen hin. Der Buttersäuregehalt stieg aufgrund der hohen Rohfasergehaltswerte (über 30 %) in allen untersuchten Futterpartien auf über 10 mg/kg TM an.

Bei der Rundballentrocknung zeigte sich eindeutig der Vorteil der lockeren Rundballenpressung (110 bis 120 kg TM/m³). Dichter gepresste Ballen (150 kg TM/m³) mussten 3x länger auf der Anlage stehen als die locker gepressten Ballen. Die elektronisch geregelte Weichkerneinstellung erwies sich als Komforteinrichtung in der Bedienung, ist allerdings nicht entscheidend für das Pressen eines gut trocknungsfähigen Rundballens. Der richtige Schwad (breit, locker, steile Flanken), die richtige Fahrweise, der Pflanzenbestand und die richtige Einstellung des Pressdruckes sind wesentliche Einflussfaktoren auf die Abtrocknungseigenschaften des Futters.

Die sensorische Beurteilung zeigte keine Unterschiede zwischen den Pressen und deren Einstellung, jedoch deutliche Unterschiede zwischen 1. (obergrasdominierte Dauerwiese) und 2. Schnitt (rotkleereiche Wechselwiese). Die gemessenen Bröckelverluste sind zwar in der Menge - unter 1 % der Gesamterntemenge - nicht bedeutend, allerdings sind insbesondere die energiereichen Blattteile davon betroffen.

Der richtige Umgang (Einstellungen, Fahrweise) mit der Erntetechnik über die gesamte Erntekette hinweg ist der entscheidende Faktor in der Beeinflussung der Grundfutterqualität.

1. Einleitung

Das Rundballenverfahren findet aufgrund der guten überbetrieblichen Mechanisierbarkeit, der vereinfachten Logistik, des verdichteten Transportes und der weitestgehend baulichen Unabhängigkeit große Verbreitung in der Praxis. Silage wird bereits zu ca. 30 % in Form von Rundballen konserviert (BUCHGRABER, 2008, RESCH, 2008). Die einzelnen Parameter der Futterqualität weisen vermutlich aufgrund der raschen Konservierung (Pressen-Wickeln) im Mittel sehr gute Bewertungen auf.

Die Verdichtung ist bei Festkammerpressen mit 157 kg TM/m³ allerdings am geringsten im Vergleich zwischen den untersuchten Siliersystemen (Fahrsilo, Haufensilo und Hochsilo). Ein Zusammenhang mit der Futterqualität konnte allerdings nicht hergestellt werden (RESCH, 2008).

Neben Silage wird auch Dürrfutter (Heu und Grummeternte) in Rundballenform gepresst. Allerdings gelingt es kaum von Bodenheu schimmelfreies Futter zu gewinnen. Von 10 Rundballen beinhalten 8-9 Ballen mehr oder weniger große Schimmelnester. Um dieser Tatsache entgegen zu arbeiten und gleichzeitig eine höhere Flexibilität bei der Ernte zu erreichen, werden immer mehr Rundballen auf Rundballenbelüftungsanlagen lagerfähig getrocknet.

¹⁾ LFZ Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 IRDNING

²⁾ BLT Wieselburg, Rottenhauser Straße 1, A-3250 WIESELBURG

³⁾ Institut für Landtechnik, Universität für Bodenkultur, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 WIEN

⁴⁾ Der Fortschrittliche Landwirt, Hofgasse 5, 8011 GRAZ

⁵⁾ Bundesgestüt Piber, Piber 1, A-8580 KÖFLACH

2. Problemstellung

2.1. Silagegewinnung

Seitens der Industrie werden laufend technische Verbesserungen und Verbesserungen in der Bedienung (Komfort) durchgeführt. Der Landwirt oder Lohnunternehmer hat damit die Möglichkeit auf die unterschiedlichen Anforderungen in der Praxis zu reagieren. So werden die Rundballenpressen bereits mit bis zu 25 Schneidmessern ausgerüstet. Die verschiedensten Einstellungen wie Ballengröße, Pressdichte, Anzahl Bindungen und die Kontrollfunktionen dazu (Kammerfüllung, Bindungen) sind mittlerweile größtenteils über das Bedienterminal möglich. In welchen Zusammenhängen und wie diese verschiedenen Einstellungen sich auf die Futterqualität auswirken, ist sehr oft „Gefühlssache“. Beispielsweise wird die volle Messerbestückung ausschließlich als Funktion der Zerkleinerung bei der Handverteilung oder im Einsatz mit dem Futtermischwagen gesehen. Das Erreichen hoher Pressdichten ist ein deutliches Qualitätsmerkmal bei Pressen für die Silageerzeugung. In der Praxis ist dieses Merkmal seitens des Auftraggebers allerdings in erster Linie für die Abrechnung wichtig, seitens des Auftragnehmers sind wiederum die Langlebigkeit, geringer Wartungs- und Reparaturaufwand und die einfache und gleichzeitig prozessüberwachte Bedienbarkeit wichtige Entscheidungskriterien. D.h. es gibt keine objektiven und fachlich kontrollierten Bewertungskriterien der Qualitätsüberwachung. Immer öfter entstehen Konfliktsituationen im Hinblick auf Pressdichte und Wickellagen im Zusammenhang mit Futterverderb, die einer objektiven Klärung bedürfen.

2.2. Heutrocknung

Die Konservierung von Grundfutter in Form von Heu und Grummet erfordert unter österreichischen und allgemein unter atlantisch beeinflussten Klimagebieten einen hohen zeitlichen und vor allem technischen Aufwand, um mit den hohen Qualitätsanforderungen an die Grundfutterqualität Schritt halten zu können. Jene Betriebe, die beim Grundfutter ausschließlich auf die Heugewinnung angewiesen sind, werden entweder mit hohen Investitionskosten für die künstliche Heutrocknung konfrontiert

oder müssen sich aufgrund des hohen Witterungsrisikos mit oft in der Energiedichte mangelhaften und teilweise verschimmelten Futterpartien zufriedengeben. Bei der Konservierung und Lagerung in Form von Heurundballen ist die Gefahr der Schimmelbildung aufgrund der Dichtlagerung noch wesentlich höher im Vergleich zur reinen Stapellagerung von Loseheu. Deshalb ist bei dieser Form der Konservierungstechnik bei gleichzeitig hohem Anspruch an die Grundfutterqualität (hohe Energiedichte und Schimmelfreiheit) die Nachrocknung auf einer Belüftungsanlage unverzichtbar. Diese Konservierungstechnik weist zum einen einen mehr oder weniger hohen Energieinput auf (HOLPP, 2004), zum anderen sind die Auswirkungen verschieden hoher Pressdichten auf die Futterqualität noch zu wenig bekannt. Weiters ist das Erreichen geringer Pressdichten technisch nicht immer einfach gelöst. Inwieweit dabei neueste Landtechnik verbessernd wirken kann, ist noch unklar.

3. Material und Methoden

3.1. Die Flächen und die Pflanzenbestände

Die Messungen wurden bei Anwelksilage (Dauerwiese) zum 1. und 4. Schnitt und für das Belüftungsheu zum 1. (Dauerwiese) und 2. (Klee gras) Schnitt durchgeführt.

Die Artengruppenverhältnisse und die einzelnen Pflanzenarten wurden mittels Gewichts- und Flächenprozent schätzung nach Braun & Blanque bestimmt.

Die Nettoertragsermittlung erfolgte am stehenden Bestand. Dazu wurden 6 x 1 m² Felder aus dem Bestand geschnitten und daraus die Trockenmasse bestimmt.

3.2. Ernteverfahren - Vorarbeiten

Die Vorarbeiten Mähen und Zetten wurden vom jeweiligen Landwirt mit den betriebseigenen Maschinen und Geräten durchgeführt. Die für die Heuwerbung durchgeführten Arbeitsschritte zum 1. und 2. Schnitt sind in *Tabelle 1* angeführt.

3.3. Rundballenpressen Einstellung und Versuchsbedingungen

Für die Ernte standen 7 verschiedene Pressen mit einem variablen Kammer-

system zur Verfügung. Die technischen Daten der verwendeten Pressen sind in *Tabelle 2* zusammengefasst. Bei allen Versuchen wurden die Pressen von einem Fendt 712 Vario (92 kW) betrieben. Die Einstellung der Pressen erfolgte jeweils durch den Vertreter der Herstellerfirma nach den jeweils geforderten Kriterien (Silage, Belüftungstrocknung).

Die Bindung der Ballen erfolgte mit Netz bei Anwelksilage 2,5-lagig und bei Belüftungsheu 4-lagig.

Beim Pressen von Anwelksilage waren alle Pressen auf den maximalen Pressdruck eingestellt. Für das Pressen von Belüftungsheu wurde eine mittlere Dichte von 110 bis 120 kg TM/m³ gefordert.

In *Tabelle 3* sind die Einstelldaten für die Heubereitung 1. und 2. Schnitt dargestellt

Die Pressen wurden so eingestellt, dass die Rundballen einen Durchmesser von 125 cm erreichten und die Ballen „kernweich“ gepresst wurden. Die Presse von Krone VarioPack 1500 und von New Holland BR 740A hatten keine Weichkernausrüstung. Alle anderen Pressen wurden mit der Weichkerneinstellung gefahren (siehe *Tabelle 5*). D.h. bis zu einem Durchmesser von 80 bis 110 cm wurde mit einem reduzierten Druck verdichtet und erst dann der Pressdruck auf 80 bis 100 bar erhöht. Das vorgegebene Ziel lautete 110 bis 120 kg TM/m³.

3.4. Messtechnik am Feld

Die Schwadmasse und Schwadform (Breite und Höhe) wurde bei allen Versuchen erfasst. Die Länge der Versuchsflächen wurde so gewählt, dass alle Messungen bei Ballen durchgeführt werden konnten, die innerhalb einer Schwadlänge fertig gestellt wurden. Bei jedem Ballen wurde die Länge des aufgenommenen Schwades, die Zeit für die Schwadaufnahme, die Bindung und Ablage des Ballens erfasst. Aus der Schwadlänge und der Zeit für die Schwadaufnahme wurde die mittlere Fahrgeschwindigkeit errechnet.

Die Leistungsmessungen an der Zapfwelle wurden vom Messteam der BLT Wieselburg durchgeführt. Das Gewicht der Ballen wurde durch an einem Frontlader montierte Wiegezellen, und die Homogenität der Ballendichte über die Eindringkraft eines Penetrometers (Ke-

Tabelle 1: Zeitlicher Ablauf der Arbeitsgänge bei der Heuwerbung 2007 auf dem Lindenacker im Gestüt Piber

Datum	Uhrzeit	Arbeitsschritt	Maschinen	U/min	km/h	Zapfwelle	
30.05.2007	15:15 - 17:15	Mähen	John Deere 6310, 100 PS				
			Pöttinger Frontmäherwerk Nova Cat 306 F	3000	9,5	540	
			Pöttinger Heckmäherwerk Nova Cat 265 H	3000	9,7	540	
31.05.2007	10:00 - 11:30	Zetten	John Deere 6310, 100 PS	540	9,6	540	
	13:15 - 14:45	Wenden	Kuhn Wender GF 6401 MHO Digidrive	490	9,2	540	
	19:00 - 21:00	Schwaden	Pöttinger Eurotop 771A	470	9,2	540	
01.06.2007	09:15 - 10:30	Wenden	John Deere 6310, 100 PS				
			Kuhn Wender GF 6401 MHO Digidrive	490	9,7	540	
				Steyr 9078a mit			
				Kuhn Wender GF 6301 MHO Digidrive	480	9,4	540
	13:00	Schwaden	Pöttinger Eurotop 771A	470	9,2	540	
	14:00 - 14:45	Pressen	siehe Tabelle 2				
20.09.2007	16:30 - 18:30	Mähen	John Deere 6310, 100 PS				
			Frontmäherwerk Pöttinger Nova Cat 306	3000	k.A.	1000	
			Heckmäherwerk Pöttinger Nova Cat 265	3000	k.A.	540	
		Zetten	Steyr 9078 A, 78 PS				
			Wender Kuhn GF 6301 MH Digidrive	k.A.	8,0	540	
			John Deere 6310, 100 PS				
			Wender Kuhn GF 6401 MHO Digidrive	k.A.	10,4	540	
21.09.2007	15:00 - 15:30	Wenden	John Deere 6310, 100 PS				
			Wender Kuhn GF 6401 MHO Digidrive	470	11,2	540	
			John Deere 6330, 120 PS				
			Wender Pöttinger Eurohit 69 NZ	420	11,0	540	
22.09.2007	12:00 - 12:50	Wenden	John Deere 6310, 100 PS				
			Wender Kuhn GF 6401 MOH Digidrive	430	12,0	540	
23.09.2007	11:30 - 12:30	Wenden	John Deere 6310, 100 PS				
			Wender Kuhn GF 6401 MOH Digidrive	430	12,0	540	
24.09.2007	11:40 - 12:50	Schwaden	John Deere 6310, 100 PS				
			Schwader Pöttinger Euro Top 771 A, Multitast	450	12,2	540	

Tabelle 2: Technische Daten der verwendeten Pressen

	Deutz Fahr RB 490-OC	Deutz Fahr Varimaster 560	John Deere 592 Premium	Krone VarioPack Multicut 1500	Krone Comprima V 150 XC	New Holland BR 740A ⁶⁾	Welger RP 435 Master
Ballendurchmesser [m]	0,80 - 1,85	0,80 - 1,65	0,6 - 1,80	1,00 - 1,50	1,00 - 1,50	0,90 - 1,50	0,90 - 1,60
Presskammerbreite [m]	1,20	1,20	1,17	1,20	1,20	1,18	1,23
Presssystem	5 Endlosriemen	5 Endlosriemen	6 Pressriemen mit Verbindern	Stabketten- Elelevator	Stabgurten- Elelevator	6 Endlosriemen	4 Endlosriemen
Pick-up Arbeitsbreite nach DIN 11220 [m]	1,98	1,98	2,13	1,95	2,15	2,30	1,80
Spur außen / Bereifung	2,50 m / 15.0/55-17/10 PR	2,69 m / 500/50-17/10 PR	2,74 m / 500/45-22.5	2,70 m / 500/50-17/10 PR	2,89 m / 600/50- 22.5/12 PR	2,59 m / 480/45 - 17 /MP	2,56 m / 19.0/45-17
Schneidwerk Messeranzahl	14	14	14	17	17	15	25
Zulässige Stützlast [kN]	7,5	7,5	8,0	5,5	6,8	6,5	7,0
Eigenmasse (inkl. 1 Netz- rolle) [kg]	3.070	3.030	3.530	3.360	4.240	3.150	3.860

⁶⁾ Entspricht BR 7060

gelspitze) bestimmt. Zur Bestimmung der Homogenität der Ballendichte wurde radial in den Ballen bis zur Ballenmitte eingestochen. Die Messungen erfolgten an drei Stellen über die Ballenbreite verteilt und zwar 25 cm vom linken bzw. rechten Rand und in der Mitte.

Unmittelbar nach der Fertigstellung der Ballen wurde ihr Umfang an fünf Stellen gemessen. Daraus und aus der Ballenbreite wurde das Volumen der Ballen errechnet. Die mittlere Dichte der Ballen wurde aus dem Volumen und der Masse der Ballen errechnet.

3.5. Bröckelverluste

Die Bröckelverluste aus der Erntegutaufnahme und Verpressung (Aufnahme- und Pressverluste) wurden bei Anweilsilage und Belüftungsheu durch das Anbringen von Planen an der Unter- und Rückseite der Pressen erfasst. Die Ballen wurden auf die Plane abgelegt, damit die Verluste beim Öffnen der Presse miterfasst wurden. Neben der Masse der Ballen und der Bröckelverluste wurde auch ihr Nährstoffgehalt (Weender Analyse) bestimmt.

Die Bröckelverluste über das gesamte Ernteverfahren (Mähen bis Ernten) hinweg wurden parallel dazu mit der Saugmethode bestimmt.

Die Proben dazu wurden direkt nach jedem Arbeitsgang (Mähen, Zetten, Schwaden) auf 1 m² großen und an zehn gleichmäßig auf der Erntefläche verteilten Stellen genommen. Dabei wurde ein Quadratmeter-Stahlrahmen aufgelegt und die Bröckelverluste innerhalb des Rahmens aufgesaugt. Die Grünmasse wurde nach dem Zetten oberflächlich mit einem Rechen zur Seite gezogen, um lediglich die entstandenen Bröckelverluste und nicht die Rechverluste aufzusaugen. Nach dem Schwaden wurden die Proben zwischen den bereits gezogenen Schwad genommen. Nach dem Pressen ohne Auffangeinrichtung wurden die Bröckelverluste auf der Fläche bestimmt, auf der der Schwad gelegen war (Aufnahmeverluste). Das Absaugen der Bröckelverluste erfolgte mit einem Industriestaubsauger, das eingesaugte Material wurde in Papiertüten gefüllt, lufttrocken auf Heugewicht bezogen gewogen und die Trockenmasse bestimmt. Danach wurde das gesamte Erntegut durch einen

Tabelle 3: Versuchsbedingungen⁷⁾

	Anweilsilage - Dauergrünland		Belüftungsheu - Klee gras	
	1. Schnitt	4. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt
Schwadstärke [kg TM ⁸⁾ /m]	2,0 – 3,5 (2,8)	1,8 – 2,2 (2,0)	1,8 – 3,6 (2,8)	1,5 – 2,2 (1,8)
Fahrgeschwindigkeit [km/h]	3,3 – 6,5 (5,0)	6,3 – 7,4 (6,9)	6,3 – 7,9 (7,1)	6,2 – 10,6 (9,9)
Trockenmassegehalt [%]	35,3 – 48,6 (41,0)	35,0 – 48,8 (40,9)	68,0 – 78,7 (75,9)	74,7 – 78,2 (76,9)
Massenstrom [t TM/h]	9,3 – 18,5 (13,9)	13,0 – 14,0 (13,8)	14,2 – 28,7 (19,0)	10,7 – 22,4 (17,6)
Ballendurchmesser [cm]	125	125	125	125

⁷⁾ Werte in Klammer sind Mittelwerte

⁸⁾ TM = Trockenmasse

Tabelle 4: Messerausstattung bei den Versuchen

	Deutz Fahr RP 490- OC	Deutz Fahr Variomaster 560	John Deere RB 592 Premium	Krone Vario Pack 1500	Krone Comprima V 150 XC	New Holland BR740A	Welger RP 435 Master
Anweilsilage 1. Schnitt	14	-	14	15	-	15	13
Anweilsilage 4. Schnitt	7	7	7	7	7	7	12
Weizen- und Roggenstroh	7	-	7	7	7	7	7
Belüftungsheu	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 5: Einstelldaten der eingesetzten Pressen

	1. Schnitt - Fahrgeschwindigkeit 8 km/h	2. Schnitt - Fahrgeschwindigkeit 10 km/h
Krone VarioPack 1500	80 bar keine Weichkerneinstellung	60 bar keine Weichkerneinstellung
Krone Comprima V 150 XC		2 Ballen mit 50 bis 55 bar, Rest mit 40 bar, bis 85 cm Weichkern
Deutz Fahr RB 4.90-OC	90 % des Ballen als Weichkern mit 30 bar, Rest mit 100 bar	90 % des Ballen als Weichkern mit 60 bar, Rest mit 90 bar
Deutz Fahr Variomaster 560		60 bar bis 1,1 m Durchmesser dann mit 80 bar
New Holland BR740A	70 bar	ca. 70 bar, Pressfeder um 10 cm nachgelassen, ca. 100 bar Druck außen
Welger RP 435 Master	Weichkern Stufe 4	Weichkern Stufe 2, 90 % Weichkern
John Deere 592 Premium	Weichkern Stufe 0	Weichkernstufe ein, Schraube für Druckverstellung ganz offen (bei festen Ballen – Weichkernstufe ein und voller Druck außen)

Windsichter von Erde getrennt sortiert und das Nettogewicht (Bröckelverluste auf Heubasis exklusive Verschmutzung) gewogen.

3.6. Probenziehung und statistische Auswertung

Die Probenziehung für die Trockenmassebestimmung und Nährstoffanalyse erfolgte durch eine radiale Kernbohrung nach Abschluss der Vermessung, der Verwiegung und der Penetrometermessungen.

Die Ergebnisse aus der Futterwertuntersuchung wurden einer multivariaten Regressionsanalyse unterzogen.

Der Vergleich der Pressen hinsichtlich Ballendichte, Leistungsbedarf, spezifischer Energiebedarf und Bröckelverluste erfolgte auf der Basis eines univariaten allgemeinen linearen Modells. Die Varianzhomogenität wurde mit dem Levene-Test überprüft.

Für Paarvergleiche wurde der t-Test verwendet. Für die multiplen Mittelwertvergleiche wurde bei Varianzhomogenität der Test nach Bonferroni und ansonsten der Test nach Tamhane-T2 verwendet.

Die Variationsbreiten der Einflussfaktoren Schwadstärke, Fahrgeschwindigkeit beim Pressen, Trockenmassegehalt des

Pressgutes, Massenstrom in die Presse und Ballendurchmesser sind in *Tabelle 3* zusammengefasst.

3.7. Strömungswiderstandsmessung bei der Rundballentrocknung (WEINGARTMANN)

Ein Teilbereich der Vergleichsuntersuchung von Rundballenpressen im Jahre 2007 war die Untersuchung des belüftungstechnischen Parameters Strömungswiderstand der Trocknungsluft bei der Durchströmung des Ballens. Je höher dieser ist, um so niedriger ist der Trocknungsluftstrom bei gegebenem Gebläse und um so niedriger auch die Trocknungsleistung unter sonst gleichen Bedingungen.

Zur Untersuchung dieses Teilaspektes stand eine Belüftungsanlage für die Untenbelüftung von 6 Rundballen der Fa. LASCO zur Verfügung. Während der Untersuchungen des 1. Schnittes wurde die Anlage mit Kaltluft betrieben, während des 2. Schnittes war ein Luftentfeuchter mit eigenem Gebläse vorgezsetzt. Aus versuchstechnischen Gründen standen von jeder Presse nur 4 Ballen für diesen Versuch zur Verfügung, die letzten zwei Löcher der 6-Loch-Anlage blieben daher verschlossen.

Die Versuchsdauer je Presse betrug ca. 20 bis 30 Minuten. In dieser Zeit wurden die Ballen von unten belüftet, wobei unter den Ballen der statische Druck (= Strömungswiderstand) kontinuierlich gemessen wurde, sowie auch der Luftdurchsatz, die Temperatur und die Feuchte der Trocknungsluft. Während des 2. Schnittes wurde auch die Entfeuchtungs- und Anwärmwirkung der Wärmepumpe miterfasst.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1. Flächen, Pflanzenbestände und Klimabedingungen

Flächen für die Silagenutzung

Der Pflanzenbestand des 1. Schnittes war ein ausgewogener Dauergrünlandbestand mit einem guten Gräsergerüst. Hauptbestandbildner war mit 26 Fl. % der für die Höhenlage (ca. 1000 hm) typische Goldhafer. Das Knaulgras und der Weißklee waren mit 10 bzw. 25 Fl. %

weitere wichtige Hauptbestandbildner. Das Verhältnis Gräser/Kräuter/Leguminosen betrug 61/15/24 Gewichtsprozent (*Tabelle 6*).

Der Pflanzenbestand befand sich beim ersten Schnitt in einem mittelspäten Erntestadium. Der Goldhafer war bereits mitten in der Blüte, damit waren im Hinblick auf die energetische Bewertung keine Spitzensilagen - unabhängig von der Behandlungsvariante - zu erwarten.

Flächen für die Heu und Grummeternte

Der 1. Schnitt wurde von einer 6,5 ha großen 2-schnittigen Dauerwiese mit Nachweide geerntet. Die Pflanzensammensetzung zeigte mit dem Artengruppenverhältnis Gräser/Kräuter/Leguminosen von 74/11/15 einen stark gräserdominierten Bestand. Knaulgras, Glatthafer, Wiesen-Lieschgras und ein relativ hoher Anteil an Gemeiner Rispe bestimmen im Wesentlichen das Gräsergerüst. Der mit 10 % Flächendeckung relativ hohe Glatthaferanteil deutet auf ein extensives Nutzungsregime hin. Der Erntezeitpunkt mit 30. Mai ist für die Region um das Bundesgestüt Piber auch für die Heuproduktion schon eher spät. Damit ist auch der hohe Anteil an grobstängeligem Futter erklärbar. Der mögliche Ernteertrag wurde an 10 Punkten im Versuchsfeld mittels 1-Quadratmeter-Messungen erhoben und wurde mit knapp 3.300 kg errechnet.

Zum 2. Schnitt wurde eine rotkleereiche Wechselwiese geerntet. Der Rotklee erreichte beim 2. Aufwuchs einen geschätzten Gewichtsanteil von über 25 %, der Gräseranteil lag bei 65 % und die Kräuter bei 10 %. Der Rotklee befand sich beim Schnitt in der Vollblüte. Die geschlossene Wuchshöhe wurde mit 40 bis 50 cm gemessen.

4.2 Silage und Futterqualität

Die Futterqualität von Silagen wird von mehreren Faktoren bestimmt. Die wich-

Tabelle 6: Artengruppenverhältnis des Pflanzenbestandes, Dauerwiese, 1.Schnitt, 2007

	Gräser	Leguminosen	Kräuter
Gewichtsprozent	61	24	15
Flächenprozent	67	26	21

tigsten Faktoren sind das Ausgangsmaterial (die Bestandeszusammensetzung, das physiologische Reifestadium), die Sauberkeit der Futterernte, die Dichte der Futterpressung und die Dichtheit der Wickelung (Luftabschluss).

Die pro Ballen in dreifacher Wiederholung durchgeführte statistische Auswertung hinsichtlich des Einflusses der Pressen auf die Inhaltsstoffe nach Weender, erbrachte keine Differenzierung zwischen den eingesetzten Maschinen. Deshalb werden die Ergebnisse gemeinsam besprochen und nicht zwischen den einzelnen Fabrikaten differenziert (siehe *Tabelle 7*).

Die Silage wurde bei einem mittleren Trockenmassegehalt von 38,7 (31,0 bis 47,6) % geerntet.

Der Rohfasergehalt des Ausgangsfutterbestandes, ein wichtiger Hinweis zum physiologischen Erntezeitpunkt, lag im Mittel bei 30,0 (27,0 bis 35,1) %. Das ist für den 1. Schnitt ein hoher Wert und erklärt damit den nur mittleren Energiegehalt des Futters in der Höhe von 5,5 (4,9 bis 6,0) MJ NEL. Das Futter wird für die Mutterkuhhaltung verwendet und passt genau in dieses Fütterungssegment. Für die Milchviehfütterung mit hoher Grundfutterleistung wäre dieses Futter nur bedingt geeignet.

Die Untersuchungsergebnisse auf Rohasche lassen auf einen sauberen Ernteverlauf schließen. Die Werte liegen deutlich unter 10 %, damit wurde keine Verschmutzung gemessen. Das stellt den verwendeten Ballenpressen und vor allem dem Bedienungspersonal ein

Tabelle 7: Inhaltsstoffe des geernteten Futters am Bestand, vor und nach der Konservierung und der Bröckelverluste in g/kg TM

	TM	RP	RFA	RA	MJ NEL	MJ NEL/10 ⁹
Bestand (vor der Mahd)	168	128	284	80	5,9	
Anweilksilage frisch	387	119	299	80	5,5	
Silage konserviert	391	130	321	89	5,5	
Bröckelverluste		131	250	151	4,6	5,3

⁹⁾ bereinigt gerechnet auf 10 % Rohaschegehalt; TM=Trockenmasse, RP=Rohprotein

gutes Zeugnis aus. Die dichte Grasnarbe und die Einhaltung der Schnitthöhe von 5 bis 7 cm waren ebenfalls für das gute Abschneiden der Pressen mit verantwortlich.

Die Rohproteinwerte bestätigen mit knapp 13 % den etwas späteren Schnitzeitpunkt. Für Silagen des 1. Schnittes auf Dauergrünland sind Werte um 14 % häufig. Zwischen den einzelnen Pressen konnte ebenfalls keine Differenzierung festgestellt werden. Zum 4. Schnitt wurde nur die Trockenmasse der einzelnen Ballen bestimmt. Es erfolgte keine Analyse auf die wertbestimmenden Inhaltsstoffe, da sich bereits im ersten Durchgang keine Unterschiede gezeigt hatten.

Einfluss der Pressdichte auf die Futterqualität

Die Pressdichte ist ein wichtiger Einflussfaktor auf den Gärverlauf und damit auch auf die Futterqualität. Silageballen sollten eine mittlere Dichte von 160 kg TM/m³ nicht unterschreiten. Im durchgeführten Pressenvergleich liegt der Mittelwert der Dichtemessungen mit 178 kg TM/m³, gemessen über alle Pressen, deutlich über diesem Wert (1. Schnitt zwischen 151 und 202 kg TM/m³). Vor allem beim 4. Schnitt konnten wesentlich höhere Dichtewerte gemessen werden (bis 228 kg TM/m³). Die Fragestellung lautete zusätzlich: „Ist beim Gärverlauf bei deutlichen Dichteunterschieden eine Differenzierung zu erkennen“?

Eine durchgeführte statistische Auswertung der Ergebnisse zeigte beim pH-Wert und der Gärsäurezusammensetzung trotz deutlicher Dichteunterschiede (Tabellen 8 und 9) keine Unterschiede. Auch im speziellen Vergleich zu den hohen Ballendichten von New Holland BR 740A und der Welger RP 435 konnten keine Unterschiede festgestellt werden.

In einer erweiterten zusätzlichen Versuchsdurchführung wurden mit einem Fabrikat bewusst lockere Ballen gepresst. Die Ballendichte betrug im Mittel 125 kg TM/m³, also deutlich weniger als im Mittel der auf maximalen Pressdruck eingestellten Rundballenpressen. Weder hinsichtlich der einzelnen Gär Säuren, noch bezogen auf den pH-Wert konnte eine schlechtere Vergärung festgestellt werden. Der relativ hohe Buttersäure-

gehalt von 10,5 g/kg TM über alle Varianten, egal ob fest oder locker gepresst, weist auf suboptimale Silierbedingungen hin. Eine eindeutige Ursachenzuweisung kann nicht durchgeführt werden. In einer groß angelegten Praxisuntersuchung des LFZ wird neben einem hohen Rohaschegehalt (Verschmutzung) der hohe Rohfaseranteil im Futter als ein wesentlicher Einflussparameter auf die Buttersäurebildung nachgewiesen (RESCH, 2008). In dem durchgeführten Versuch wurde ausschließlich sauberes Futter konserviert, womit der hohe Rohfasergehaltswert als Hauptursache feststeht.

In einem dynamischen Vergleich von fest und locker gepressten Rundballen konnte bei beiden Varianten eine rasche pH-Wert-Absenkung bereits nach 3 Tagen auf 4,3 gemessen werden (siehe *Abbildung 1*). Das deutet auf einen rasch ablaufenden Silierprozess hin. Die Milchsäuregärung erreichte mit 23 bzw. 25 g MS/kg TM gute Werte. Nach weiteren drei Wochen wurden allerdings höhere pH-Werte von 4,9 gemessen.

Tabelle 8: Gär säurezusammensetzung nach ca. 10 Wochen in g/kg TM

Milchsäure	Essigsäure	Buttersäure	Propionsäure	ph-Wert
19,4	3,8	10,5	0,1	4,7

Tabelle 9: pH-Wert, Milch- (MS) und Buttersäuregehalte (BS) in g/kg TM bei locker und dicht gepressten Rundballen im Siliiverlauf

	Wert	Beginn Silierung	3 Tage	3 Wochen	10 Wochen
Hohe Pressdichte (180 kg TM/m ³)	pH-Wert MS / BS	6,0	4,2 22,7 / 0,6	4,9 17,2 / 8,4	4,7 17,9 / 10,4
Geringe Pressdichte (125 kg TM/m ³)	pH-Wert MS / BS	6,0	4,2 25,3 / 0,4	4,9 16,5 / 6,3	4,6 19,5 / 12,1

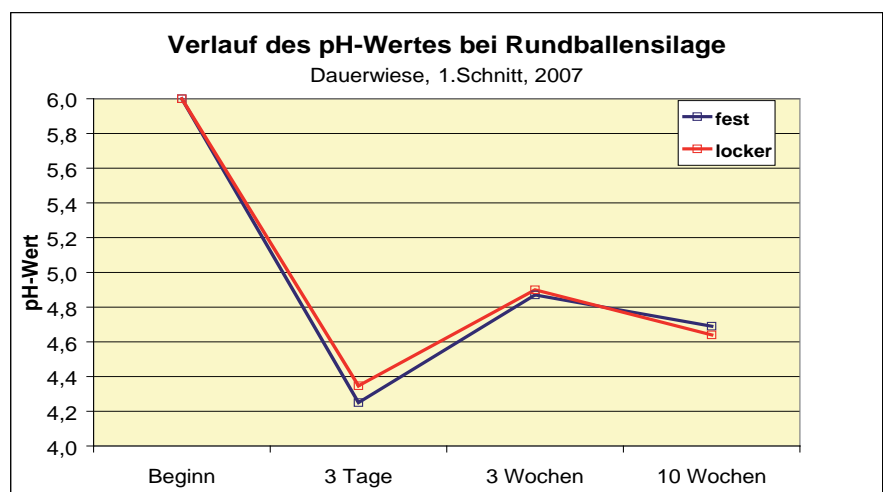


Abbildung 1: pH-Wert Verlauf in locker (125 kg TM/m³) und dicht (178 kg TM/m³) gepressten Rundballen

Zudem wurde mit 6,3 bzw. 8,4 g/kg TM Buttersäure festgestellt. Diese Tendenz setzte sich bis zum fertigen Konservierungsprozess fort. Nach 10 Wochen lag der pH-Wert bei 4,6 bzw. 4,7, also genau zwischen den nach 3 und 21 Tagen gemessenen Werten. Die Buttersäuregehalte stiegen auf über 10 g/kg TM an.

Fazit: bei nur mäßiger Verpressung der Anwelksilage lassen sich keine negativen Auswirkungen auf die Grundfutterqualität und Konservierungsstabilität feststellen. Vorausgesetzt, es handelt sich um eine saubere Futterernte und einen optimalen Luftabschluss. Im Hinblick auf eine vorsorgende Lagerstabilität sollte allerdings die bereits angesprochene Pressdichte von 160 kg TM/m³ nicht wesentlich unterschritten werden.

4.3. Ballendichte

Die Ballendichte wird als wesentlicher Einflussfaktor auf den Gärverlauf und damit auf die Grundfutterqualität gesehen. Die Auswertung dazu wurde von HANDLER, F. 2008 durchgeführt.

Die Auswertung der Einflussfaktoren auf der Basis eines univariaten allgemeinen linearen Modells zeigte bei den Anwelksilagen einen signifikanten positiven Einfluss des Trockenmassegehaltes (% TM) auf die Ballendichte (kg TM/m³). Die Regressionskoeffizienten betragen beim 1. Schnitt 1,7 (P = 0,004) und beim 4. Schnitt 3,3 (P=0,037). Ein steigender Massenstrom in die Presse bewirkte in beiden Fällen tendenziell eine Abnahme der Dichte. Der Einfluss war aber nicht signifikant. Der feste Faktor Presse hatte in beiden Fällen einen signifikanten Einfluss auf die Ballendichte (1. Schnitt P = 0,002, 4. Schnitt P = 0,008). Der feste Faktor Presse und die Covariate Trockenmassegehalt des Anwelkgutes erklärten beim 1. Schnitt 51 % und beim 4. Schnitt 82 % der Varianz der Ballendichte. Die auf Basis des univariaten allgemeinen linearen Modells berechneten mittleren Dichten für den mittleren Trockenmassegehalt schwankten beim 1. Schnitt zwischen 166 und 188 kg TM/m³. Ein multipler Mittelwertvergleich ergab teilweise signifikante Unterschiede zwischen den Pressen. Beim 4. Schnitt bewegten sich die für den mittleren Trockenmassegehalt berechneten mittleren Ballendichten der Pressen zwischen 190 und 214 kg TM/m³. Die mittlere Ballendichte war beim 1. Schnitt signifikant niedriger als beim 4. Schnitt (*Tabelle 10*). Ursache dürfte die geringere Sperrigkeit des Anwelkgutes beim 4. Schnitt gewesen sein. Hinsichtlich des mittleren Trockenmassegehaltes und des mittleren Massenstromes in die Presse unterschieden sich die beiden Schnitte nicht signifikant voneinander. Die Ballendichte der Ballen von derselben Presse schwankte beim 4. Schnitt stärker, weshalb durch den multiplen Mittelwertvergleich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Pressen festgestellt werden konnten.

Die beim Belüftungsheu geforderte Dichte von 110 – 120 kg TM/m³ konnte mit allen Pressen erreicht werden. Hinsichtlich der Einstellung des gewünschten Pressdruckes gab es zwischen den Pressen große Komfortunterschiede und die Einstellung war bei einigen Pressen schwer reproduzierbar, da entsprechende Anzeigen fehlten.

In den *Abbildungen 2* und *3* ist die relative Eindringkraft eines Penetro-

mers beim radialen Einstechen in den Rundballen dargestellt. Es handelt sich um Mittelwerte aus vier Ballen, wobei jeweils in einem Abstand von 25 cm vom linken und rechten Rand des Ballens eingestochen wurde. Die Eindringkraft soll den Dichteverlauf im Ballen von außen nach innen widerspiegeln. Die mittlere Eindringkraft wurde als 100

% unterstellt. Bei der Anwelksilage 1. Schnitt (*Abbildung 2*) waren die Ballendichteverläufe bei den Pressen 2 – 5 durch einen steilen Anstieg der Verdichtung bis zu einer Tiefe von 5 – 10 cm gekennzeichnet. Danach sank die Dichte leicht ab und stieg wieder bis in eine Tiefe von rund 30 cm an. Bei den Pressen 5 und 3 fällt die Dichte danach

Tabelle 10: Vergleich der Ballendichten zwischen Anwelksilage 1. Schnitt und Anwelksilage 4. Schnitt

Anwelksilage	n ¹⁰⁾	Mittelwert [kg TM/m ³]	Standardabweichung [kg TM/m ³]	P (t-Test)
1. Schnitt	30	178	13	0,000
4. Schnitt	18	205	17	0,000

¹ P>0,05

¹ Einfluss, der durch die verschiedenen Rundballenpressen verursacht wird

¹ Korrigiertes Bestimmtheitsmaß

¹ P<0,05

¹⁰⁾ Anzahl Ballen

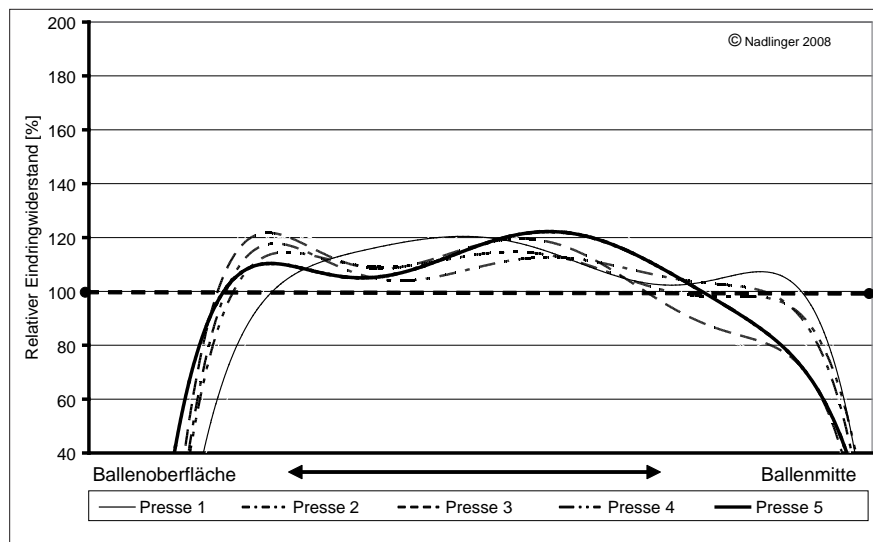


Abbildung 2: Relativer Eindringwiderstand des Penetrometers in den Rundballen aus Anwelksilage 1. Schnitt (NADLINGER, 2008)

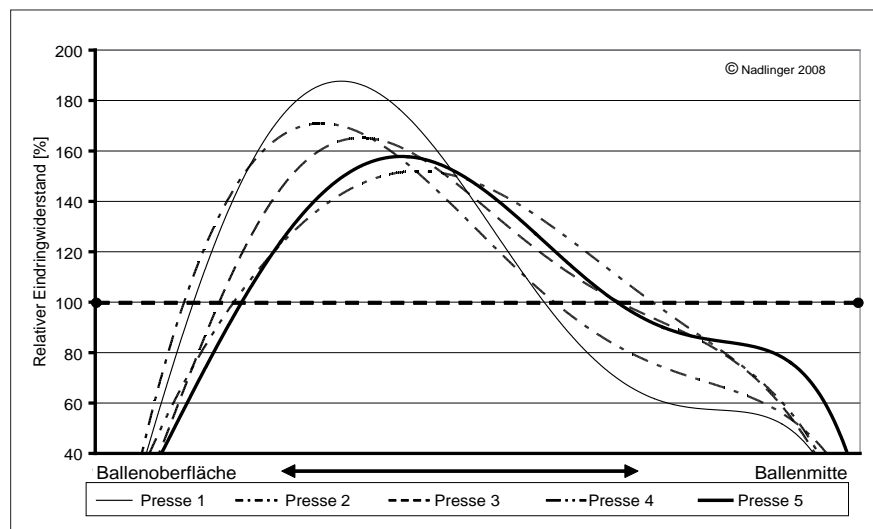


Abbildung 3: Relativer Eindringwiderstand des Penetrometers in den Rundballen aus Belüftungsheu 1. Schnitt (NADLINGER, 2008)

kontinuierlich bis zur Ballenmitte ab. Bei den anderen Pressen blieb die Dichte bis zur Ballenmitte annähernd konstant. Der Dichteanstieg der Ballen von Presse 1 begann im Vergleich zu den anderen einige Zentimeter tiefer, etwas flacher und stieg kontinuierlich bis in ca. 30 cm Tiefe an. Die Belüftungsheuballen (Abbildung 3) wiesen eine relativ hohe Dichte in Außenbereich des Ballens auf. Wobei die Ballen der Pressen 1 und 5 die beiden Extreme bei den Verläufen darstellten. Hinsichtlich des Abtrocknungsverlaufes der Rundballen, konnte nur ein deutlicher Zusammenhang zur Pressdichte hergestellt werden. Grundsätzlich kann aus den Messungen des Eindringwiderstandes abgelesen werden, dass ein möglichst gleichmäßiger Dichteverlauf nach innen den Abtrocknungsverlauf positiv beeinflusst (siehe auch Kapitel Abtrocknungsverlauf).

4.4 Bröckelverluste

Bröckelverluste bei der Aufnahme und beim Pressvorgang

Die Bröckelverluste waren im Vergleich zu den anderen Verlustquellen in der Erntekette relativ niedrig (SAUTER und DÜRR 2006, THAYSEN et al. 1999).

Beim 1. Schnitt Anwelksilage und beim 1. Schnitt Belüftungsheu zeigten sich signifikante Einflüsse des festen Faktors Presse ($P=0,001$ bzw. $P=0,010$) und der Covariate Schwadstärke (kg TM/m) auf die Bröckelverluste (% TM). Das korrigierte Bestimmtheitsmaß der Modelle betrug 0,53 bzw. 0,64. Im Mittel aller Pressen verringerten sich die Bröckelverluste bei der Anwelksilage um 0,22 % TM ($P=0,028$), wenn die Schwadmasse um 1 kg TM/m stieg. Beim Belüftungsheu war der Regressionskoeffizient mit -0,26 ($P=0,003$) ähnlich hoch. Bei einer mittleren Schwadmasse von 2,8 kg TM/m bewegten sich die mit dem linearen Modell berechneten mittleren Bröckelverluste der Pressen bei der Anwelksilage zwischen 0,40 und 0,85 % TM. Beim Belüftungsheu lagen sie bei einer mittleren Schwadmasse von 2,8 kg TM/m zwischen 0,35 und 0,72 % TM. Es gab in beiden Fällen signifikante Unterschiede zwischen den Pressen. Beim 4. Schnitt Anwelksilage hatte nur der feste Faktor Presse ($P=0,000$) einen signifikanten Einfluss auf die Bröckelverluste. Beim 3. Schnitt Belüftungsheu

hatte keiner der beiden Einflussfaktoren einen signifikanten Einfluss.

Auf Grund des höheren Trockenmassehaltes wurden bei Belüftungsheu im Vergleich zur Anwelksilage höhere Bröckelverluste erwartet. Entgegen den Erwartungen unterschieden sich die Mittelwerte der Bröckelverluste bei Anwelksilage 1. Schnitt und Belüftungsheu nicht signifikant von einander (Tabelle 11). Eine Erklärung könnte sein, dass beim Belüftungsheu im Gegensatz zur Anwelksilage keine Messer in den Pressen verwendet wurden. Ein Einfluss der Schnitlänge auf die Bröckelverluste wird auch durch den signifikant niedrigeren Wert beim 4. Schnitt und durch die in Tabelle 11 dargestellten Ergebnisse bestätigt. Die beim Belüftungsheu 3. Schnitt tendenziell höheren Bröckelverluste können durch die signifikant niedrigere Schwadmasse erklärt werden.

In Tabelle 12 sind die Inhaltsstoffe des geernteten Futters im Ballen und in den Bröckelverlusten zusammengefasst. Im Gegensatz zu den Untersuchungen von SAUTER und DÜRR (2006) war der Energieinhalt auf Grund des höheren Rohaschegehaltes in den Bröckelverlusten nicht höher als im Ballen. Der höhere Rohaschegehalt deutet darauf hin, dass aufgenommene Bodenteile vermehrt in den Bröckelverlusten landeten. Der höhere Rohproteingehalt und der niedrigere Rohfasergehalt stammten von einem erhöhten Blattanteil.

Tabelle 11: Vergleich der Bröckelverluste bei Anwelksilage 1. Schnitt und 4. Schnitt sowie Belüftungsheu 1. und 3. Schnitt

	n	Mittelwert [% TM]	Standardabweichung [% TM]	Ergebnis Tamhane-T2-Test ¹⁰
Anwelksilage 1. Schnitt	30	0,58	0,23	a
Anwelksilage 4. Schnitt	15	0,35	0,11	b
Belüftungsheu 1. Schnitt	18	0,54	0,20	a
Belüftungsheu 3. Schnitt	20	0,75	0,26	a

Tabelle 12: Inhaltsstoffe des geernteten Futters im Ballen und in den Bröckelverlusten (PÖLLINGER et al. 2008 und eigene Auswertungen)

		Trockenmasse [%]	Rohprotein [g/kg TM]	Rohfaser [g/kg TM]	Rohasche [g/kg TM]	MJ NEL/kg TM
Anwelksilage	Ballen	38,7	119	299	80	5,5
	Bröckel	45,1	131	250	151	4,6
	Signifikanz t-Test	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
Belüftungsheu	Ballen	69,9	69	371	71	4,9
	Bröckel	78,1	112	206	237	4,7
	Signifikanz t-Test	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41

Bröckelverluste über die gesamte Erntekette

Die Bröckelverluste über die gesamte Erntekette wurden nur bei der Heuernte zum ersten Schnitt bestimmt.

Abbildung 4 zeigt die Bröckelverluste, welche mittels der Staubsaugermethode erfasst wurden. Die Werte wurden durch die Ausreißerbereinigung mittels einer einfachen Standardabweichung von 68,3% korrigiert. Die gewogenen Proben sind ins Verhältnis zur jeweils erreichten Trockenmasse gesetzt worden und somit vergleichbar, es handelt sich um Prozentwerte vom Gesamtertrag. Dieser wurde mittels der Grünmasseerhebung von 10 x 1 m² festgestellt und mit der entsprechenden Trockenmasse nach den Arbeitsgängen ins Verhältnis gesetzt. Es muss zudem berücksichtigt werden, dass die Bröckelverluste zu den einzelnen Probenahmeterminen als kumulative Verluste zu verstehen sind, somit als Gesamtverluste bis zum jeweiligen Arbeitsgang.

Die Verluste nach den ersten zwei Arbeitsschritten, Mähen und Zetten sind mit 6,9 % noch sehr gering, dies ist durch den hohen Feuchtigkeitsgehalt des Futters erklärbar. Beim anschließenden Wenden, mit 44,5 % TM des Futters, wurde durch diesen Arbeitsschritt eine Verdoppelung der Verluste verursacht. Danach traten beim Schwaden und Zetten bei diesem gräserreichen Futter nur noch geringe

Bröckelverluste auf. Nach dem letzten Schwaden, also direkt vor dem Pressen sinken die Werte massiv bis auf 6,2 % ab. Dieser starke Abfall des Wertes ist im ersten Moment verwunderlich, erklärt sich aber dadurch, dass die 10 Proben alle neben dem Schwad genommen wurden.

Die letzten Proben nach dem Pressen wurden im abgeernteten Schwadbereich gezogen. Die Verluste steigen an dieser Stelle bis auf 17,1 % an, sind jedoch nicht auf die Gesamtfläche zu beziehen, sondern nur auf die Schwadfläche.

In *Abbildung 6* wurde der letzte Wert auf den gesamten Ertrag (3296 kg/TM) bezogen, er wurde als Mittelwert zwischen den drei vorangegangenen Werten angesetzt. Aufgrund des Verlaufes der Kurve, lässt sich sagen, dass die Verluste ab dem Zeitpunkt des Wendens nahezu gleich bleiben. Diese Tatsache deutet auf eine sehr schonende Arbeitsweise hin. Die Bearbeitungsschritte wurden alle bei einer Zapfwelldrehzahl von weniger als 500 U/min getätigt. Das entspricht einer mittleren Umdrehungsgeschwindigkeit.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Pflanzenbestand, welcher durch seinen sehr hohen Gräseranteil von 79 % im Vergleich zu kräuter- oder leguminosenreichen Beständen weniger anfällig für Bröckelverluste ist. HÖHN, 1989 vergleicht in *Abbildung 5* die Bröckelverluste auf Standorten mit unterschiedlicher Vegetation, in seinen Untersuchungen belaufen sich die Verluste auf 300 kg TS/ha in gräserreicher Natur und Kunstwiesen. Im Versuch auf dem Lindenacker belaufen sich die Bröckelverluste durchschnittlich auf 415 kg TM/ha, sind damit zwar etwas höher, bestätigen aber die Schweizer Ergebnisse. Laut Höhn steigen die Verluste bei leguminosenreichen Beständen bis auf 700 kg TM/ha.

Abbildungen 6 und *7* verdeutlichen den Zusammenhang der entstanden Bröckelverluste mit dem Trocknungsverlauf. Hier wird deutlich, dass bei der größten Zunahme der Trockenmasse zwischen dem Mähen und dem Zetten um 18 % auch die massivste Erhöhung der Bröckelverluste entsteht.

In Abhängigkeit vom Ort der Probenahme schwanken die Verluste deutlich. Zwischen den Schwaden wurden

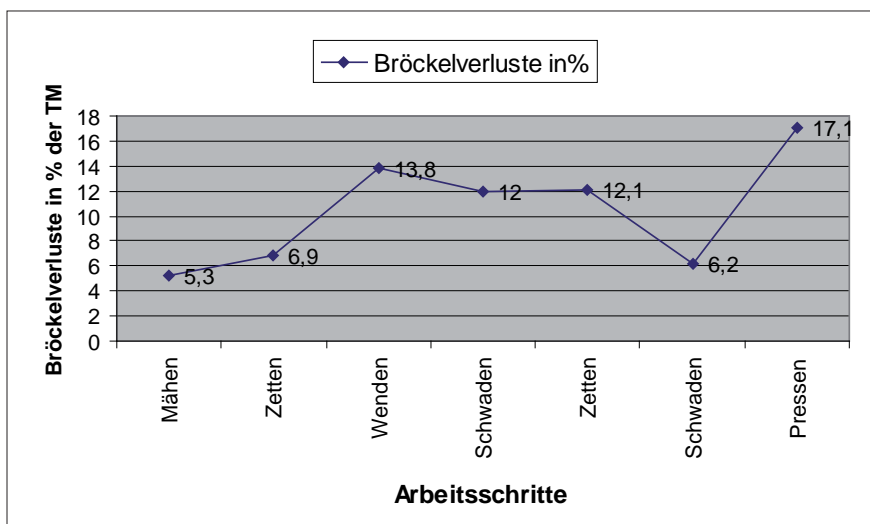


Abbildung 4: Bröckelverluste nach den Arbeitsschritten in % des Ertrages in der Trockenmasse, ab dem Trennungsstrich wurde beim Schwaden zwischen dem Schwad und beim Pressen im Bereich des Schwades gemessen

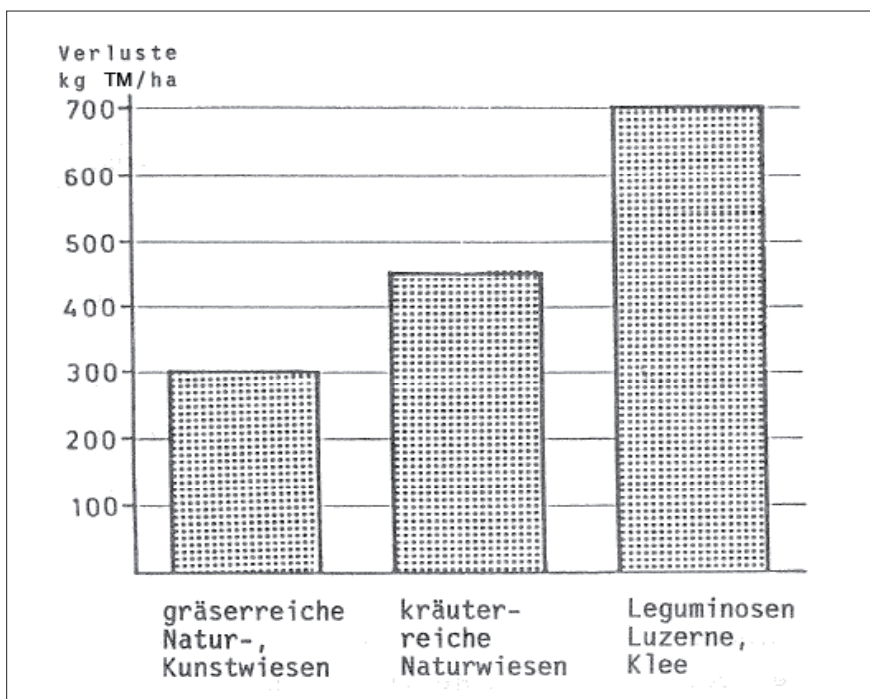


Abbildung 5: Abhängigkeit der Bröckelverluste von der Zusammensetzung des Pflanzenbestandes (HÖHN 1998)

lediglich 6,2 % Bröckelverluste in der Trockenmasse bezogen auf den Gesamtertrages gemessen, im Schwadbereich steigen die Verluste auf 17,1 % an (siehe *Abbildung 8*).

Die in der *Tabelle 13* angegebenen Bröckelverluste sind Durchschnittswerte gemessen unmittelbar nach dem jeweiligen Arbeitsgang.

4.5 Einfluss der Messeranzahl

Um einen Hinweis auf den Einfluss der Anzahl der Messer und damit der

Schnittlänge auf die Ballendichte, die Bröckelverluste, den Spitzenleistungs- und den spezifischen Energiebedarf zu erhalten, wurden bei Anwelksilage 4. Schnitt mit einer Presse ein Vergleich ohne Messer und mit 23 Messern durchgeführt (siehe *Tabelle 14*). Die erreichten Dichten waren aufgrund des wenig sperrigen Futters vom 4. Schnitt relativ hoch. Der Einsatz der Messer bewirkte einen Anstieg der mittleren Ballendichte von rund 15 %. Gleichzeitig stiegen der Spitzenleistungsbedarf an der Zapfwelle

um 44 % und der spezifische Energiebedarf um 35 % an. Obwohl sich die Bröckelverluste durch den Messereinsatz mehr als verdoppelten, waren sie mit 0,5 % der Trockenmasse des Ballen im Vergleich zu den anderen Verlustquellen in der Erntekette immer noch niedrig (SAUTER und DÜRR 2006, THAYSEN et al. 1999).

4.6. Strömungswiderstandsmessung bei Heurundballen

Aufgrund der Versuchsanordnung als Vergleichsuntersuchung, welche ein rasches Abarbeiten der Versuche erforderte, konnte je Ballentyp nur ein Betriebspunkt des Gebläses gefahren werden. Die erhaltenen Werte des Strömungswiderstandes sind daher auch von der Charakteristik des verwendeten Gebläses beeinflusst. Dies entspricht aber andererseits genau der Situation der Praxis, wenn eine vorhandene Anlage mit unterschiedlichen Ballentypen fertig werden muss.

Die *Abbildung 9* zeigt die Messergebnisse von Ballen des 1. Schnittes von vier verschiedenen Pressen, geordnet in aufsteigender Reihenfolge der mittleren Durchströmwiderstände (D_{Pm}). Gegenläufig verhalten sich die mittleren Luftdurchsätze je Ballen (VL/B), eine Folge der Gebläsecharakteristik. Insgesamt erscheinen die Widerstandswerte als überraschend niedrig, erklärbar vielleicht mit dem relativ späten Schnitt.

Die *Abbildung 10* zeigt die Ergebnisse von Ballen des 2. Schnittes von acht verschiedenen Pressen bzw. Einstellungen (JD 1 und JD2). Es fällt auf, dass die Durchströmwiderstände wesentlich höher liegen als beim 1. Schnitt. Sehr deutlich zeigt sich der Einfluss der Einstellung am Beispiel der John Deere -Presse (JD1 und JD2), wobei die fest gepressten, feuchten Ballen JD2 das Gebläse schon fast auf die Hälfte der Förderleistung bei locker gepressten Ballen gedrosselt haben. Die sehr hohen Werte des spezifischen Luftdurchsatzes trotz hoher Strömungswiderstände sind wohl damit zu erklären, dass durch das vorgeschaltete Gebläse der Wärmepumpe die Charakteristik des Belüftungsgebläses scheinbar verändert wurde.

Zusammenfassend kann aus diesen Untersuchungen geschlossen werden, dass deutliche Unterschiede zwischen

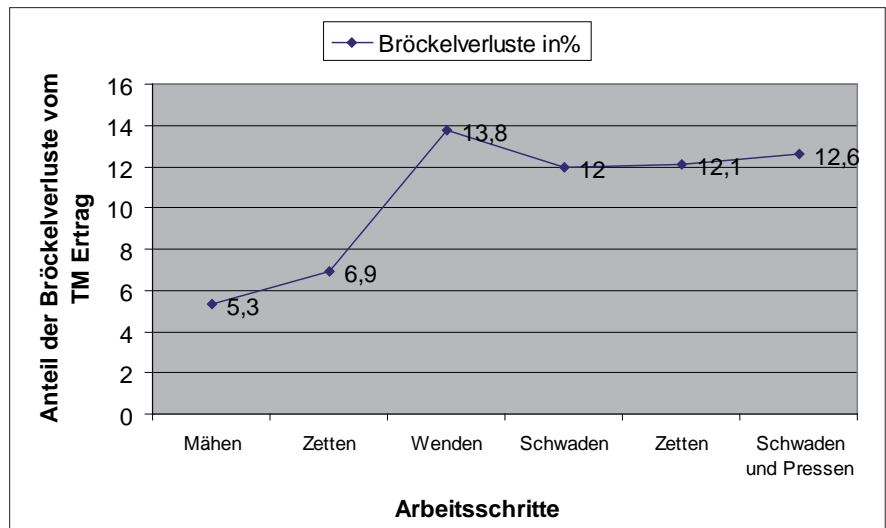


Abbildung 6: Bröckelverluste in % der TM nach den Arbeitsschritten, allgemeiner Verlauf ohne Differenzierung zwischen dem Bereich zwischen und auf dem Schwad beim Pressen

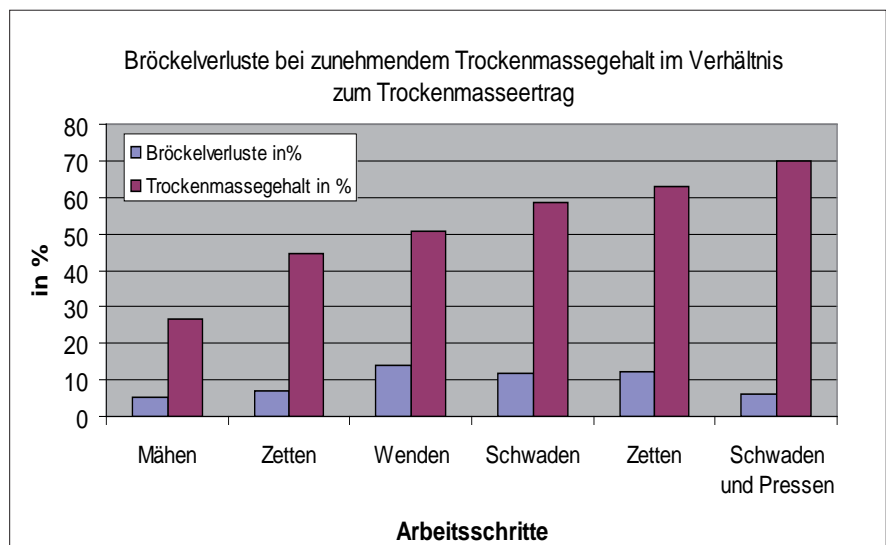


Abbildung 7: Bröckelverluste nach den Arbeitsschritten im Verhältnis zur erreichten Trockenmasse

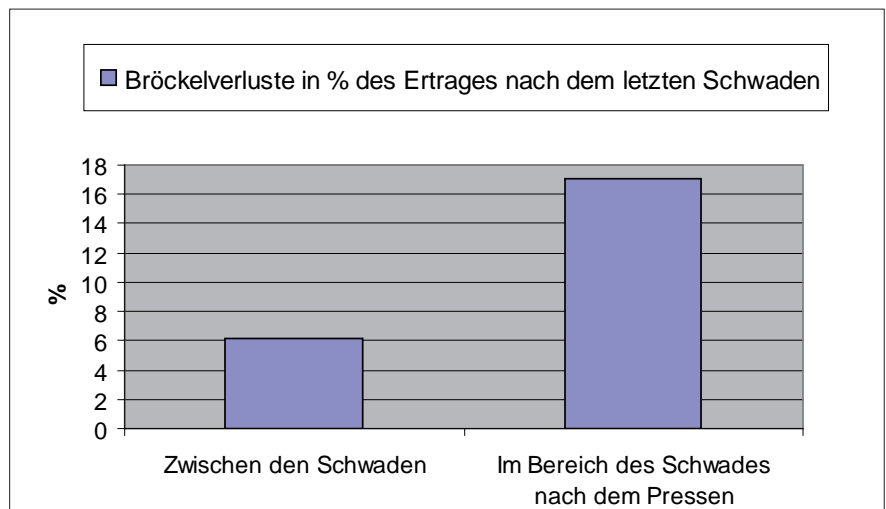


Abbildung 8: Vergleichende Darstellung der Bröckelverluste zwischen den Schwaden und im Bereich des Schwades nach dem Pressen

den Ballentypen bzw. Pressen mit dieser Methodik festgestellt werden können, wobei allerdings die größten Einflüsse dem Material und der Presseneinstellung zuzuordnen sind.

4.7. Abtrocknungsverlauf

Die Abtrocknung der Heuballen wurde mit einem Feuchtemessgerät dokumentiert und ist indirekt ein Ergebnis der gemessenen Strömungswiderstände. Es gilt der Zusammenhang: geringe Ballendichte - geringer Strömungswiderstand - hoher Trocknungsluftdurchsatz - raschere Abtrocknung

Dieser Zusammenhang kommt in der *Abbildung 11* deutlich zum Ausdruck. In dieser *Abbildung* ist die mittlere Abtrocknung der Heurundballen des 1. Schnittes in Abhängigkeit von der Ballendichte (Pressdichte) zu sehen. Die beiden Infrarotbilder zeigen ein deutlich unterschiedliches Abtrocknungsverhalten. Während der Ballen mit geringerer Dichte bereits nach 12 Stunden vollkommen durchgetrocknet ist, zeigt der etwas festere Ballen noch Feuchtester im Außenbereich. Dieser Ballen ist noch nicht lagerfähig getrocknet.

In der *Abbildung 12* ist der Abtrocknungsverlauf der vom 2. Schnitt gepressten Heurundballen zu sehen. Hier ist noch deutlicher der Einfluss der Pressdichte zu erkennen wie beim 1. Schnitt. Zum einen deshalb, weil der Rundballen mit 157 kg TM/m³ deutlich dichter gepresst wurde als der Durchschnitt der anderen Ballen mit 115 kg TM/m³ und zum anderen, weil das Futter des 2. Schnittes feiner ist und leichter zum „Verpacken“ neigt. In der *Abbildung* ist bei der Variante „Dichte 157 kg TM/m³“ sogar ein Feuchteanstieg zu erkennen. Das ist kein Messfehler sondern dadurch erklärbar, dass die Trocknungsluft, welche die Feuchtigkeit von innen nach außen mitnimmt, durch die Abkühlung den Taupunkt unterschreitet und dann rekondensiert.

Vergleicht man die Abtrocknung anhand der Fotos der Wärmebildkamera, die etwa 12 Stunden nach der Inbetriebnahme der Warmlufttrocknung aufgenommen wurden, dann bestätigt sich im Wesentlichen das Bild der gemessenen Werte.

Die locker gepressten Ballen sind durchgängig rot gefärbt, die Trocknungsluft kommt ungekühlt – es wird kein Wasser mehr aufgenommen – durch den Ballen

Tabelle 13: Durchschnittliche Bröckelverluste nach jedem Arbeitsschritt auf dem Lindenacker in Piber im Jahre 2007

Datum:	Uhrzeit:	Arbeitsvorgänge	Bröckelverluste in g	TM in %
31.05.2007	10:00	Nach der Mahd	67,9	26,6
	11:40	Nach dem Zetten	88,0	44,5
	14:00	Nach dem Wenden	174,5	50,6
	19:30	Nach dem Schwaden	152,8	58,6
01.06.2007	09:45	Nach dem Kreiseln	152,6	63,1
	13:00	Nach dem Schwaden	79,2	70,0
	14:30	Nach dem Pressen	216,0	63,9

Tabelle 14: Einfluss der Anzahl der verwendeten Messer auf Ballendichte, Bröckelverluste, Leistungs- und Energiebedarf

	Messer	Mittelwert	Standardabweichung	t-Test Signifikanz 2-seitig
Mittlere Ballendichte [kg TM/m ³]	0	189	11	0,031
	23	218	17	
Bröckelverluste [% TM]	0	0,2	0,07	0,004
	23	0,5	0,07	
Spitzenleistungsbedarf an der Zapfwelle [kW]	0	28,1	1,9	0,002
	23	40,6	4,6	
Spezifischer Energiebedarf [kWh/t TM]	0	1,7	0,1	0,001
	23	2,3	0,2	

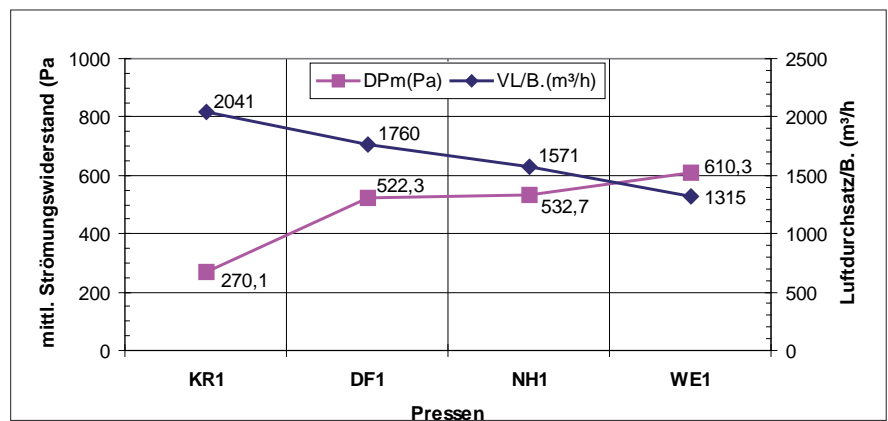


Abbildung 9: 1. Schnitt 2007: Durchströmwiderstand (DPm) und spezifischer Luftdurchsatz je Ballen (VL/B) in Abhängigkeit vom Ballentyp (Presse).

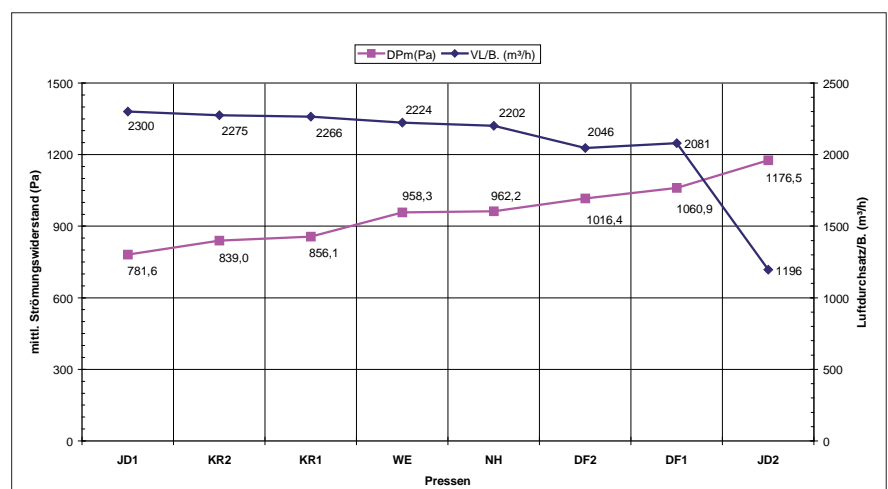


Abbildung 10: 2. Schnitt 2007: Durchströmwiderstände (DPm) und spezifische Luftdurchsätze je Ballen (VL/B) in Abhängigkeit von Ballentyp (Pressen).

nach außen. Sind die Ballen zu dicht gepresst, dann dauert der Trocknungsvorgang gleich wesentlich länger.

Durch die hohe Dichte sinkt zwar der Lagerraumbedarf, allerdings steht ein derartiger Rundballen dreimal so lange auf der Trocknungsanlage.

Sensorische Heubewertung

Die sensorische Heubewertung ermöglicht eine umfassende Beurteilung der Heuqualität. Problembereiche bei der Heutrocknung werden schnell sichtbar oder riechbar. Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede zwischen den beiden Schnitten bzw. Beständen allerdings keine Differenzen zwischen dicht und locker gepressten Rundballen.

Das Heu vom 1. Schnitt wurde in Farbe und Geruch als einwandfreies Heu bewertet. Aufgrund des späten Erntezeitpunktes wurden ein hoher Verbleichungsgrad der Stängel und ein hoher Stängelanteil bonitiert.

Das Futter der Wechselwiese mit hohem Rotkleeanteil wurde mit einem wesentlich günstigerem Stängel-Blattverhältnis beurteilt – 40/60. Die Blätter und Stängel waren zudem farblich noch intensiv grün und kaum verbleichte Pflanzenteile zu finden. Ein etwas stärkerer Schimmeleruch konnte vom Futter der dicht gepressten Variante vom 2. Schnitt festgestellt werden. Das dürfte allerdings eine Funktion des letzten Schnittes kombiniert mit der hohen Verdichtung sein.

Fazit für die Praxis: Zur Vermeidung von Schimmelnestern bei der Rundballentrocknung muss jeder Ballen lagergetrocknet werden, d.h. der Restfeuchtegehalt im Futter darf 14 % nicht übersteigen. Damit das für den gesamten Ballen mit hoher Sicherheit beurteilt werden kann, sind entweder mehrere Messungen (mind. 3) mit einer Feuchtemesssonde in einer Tiefe von etwa 20 cm notwendig oder eine langjährige Erfahrung mit der Rundballentrocknung gegeben sein. Locker gepresste Ballen sind nicht nur in wesentlich kürzerer Zeit lagergetrocknet, sondern es ist auch die Gefahr von Schimmelbildung in Verdichtungszone wesentlich verringert.

Literatur:

BUCHGRABER, K., GRUBER, L., PÖLLINGER, A., PÖTSCH, E.M., RESCH, R., STARZ, W., STEINWIDDER, A. (2008): Futterqualität aus dem Grünland ist wieder mehr wert. Der fortschrittliche Landwirt (6), 16 - 19.

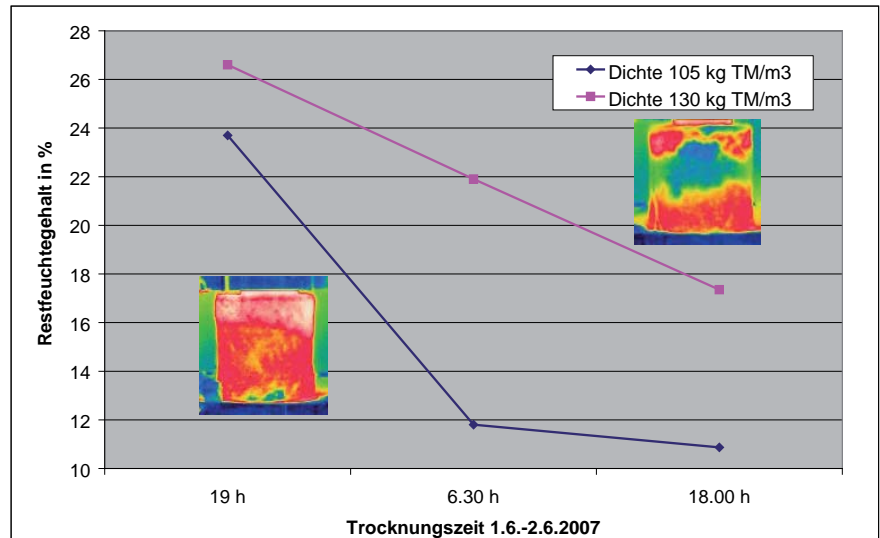


Abbildung 11: Trocknungsverlauf der Heurundballen in Abhängigkeit von der Ballendichte (10 cm Messtiefe; Dauerwiese, 1. Schnitt 2007)

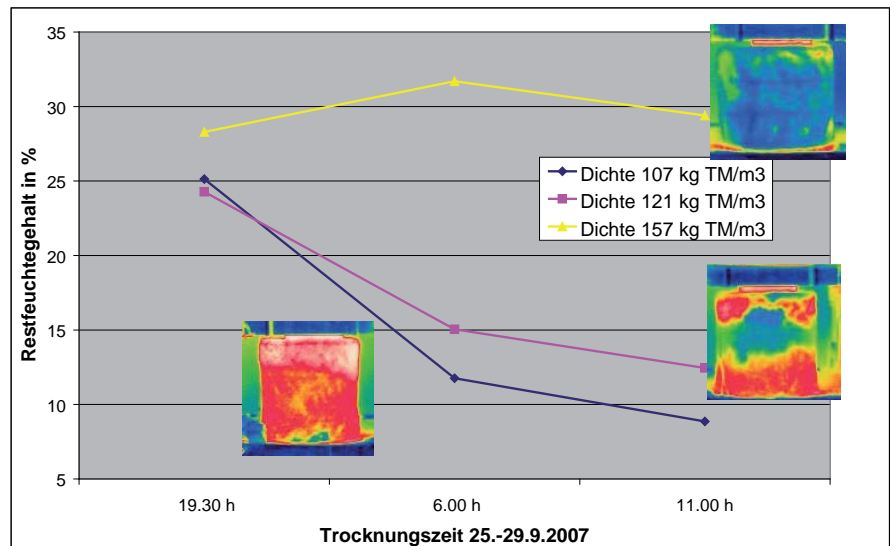


Abbildung 12: Trocknungsverlauf der Heurundballen in Abhängigkeit von der Ballendichte (Rotklee gras, 2. Schnitt, Messtiefe 20 cm)

HOLPP, M. (2004): Trocknung von Rundballen. Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit. FAT Bericht 616, FAT Tänikon, Schweiz.

MUMME, M. und KÖHLER, M. (2007a): DLG-Prüfbericht 5722F. DLG e.V. Max-Eyth-Weg 1, 64823 Groß-Umstadt, 10/2007.

MUMME, M. und KÖHLER, M. (2007b): DLG-Prüfbericht 5717F. DLG e.V. Max-Eyth-Weg 1, 64823 Groß-Umstadt, 10/2007.

PAAR J., HANDLER F., NADLINGER M., BLUMAUER E. und PÖLLINGER A. (2007a): Neuer Grip für Rundballen - Krone VarioPack MultiCut 1500. Der fortschrittliche Landwirt, Heft 22/2007, Seite 38 - 42.

PAAR J., HANDLER F., NADLINGER M., BLUMAUER E. und PÖLLINGER A. (2007b): Varimaster netzt meisterlich. Der fortschrittliche Landwirt, Heft 23/2007, Seite 38 - 41.

PAAR J., HANDLER F., NADLINGER M., BLUMAUER E., PÖLLINGER A., SCHAGERL, W. und KRÄHAN, S. (2007c): Eine Top - keine Flop. 5 variable Rundballenpressen im

Vergleich. Der fortschrittliche Landwirt, Heft 24/2007, Seite 40 - 51.

PÖLLINGER, A., RESCH, R., HANDLER, F., NADLINGER, M. und PAAR J. (2008): Einfluss der Pressdichte auf die Futterqualität. Der fortschrittliche Landwirt, Heft 4/2008, Seite 40 - 43.

RESCH, R. (2008): Abschlussbericht: Praxisorientierte Strategien zur Verbesserung der Qualität von Grassilagen in Österreich. Projektnummer LFZ 073523. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 8952 Irdning.

SAUTER, J. und DÜRR, L. (2006): Rundballen-Presssysteme. FAT-Bericht 655, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, 2006.

THAYSEN, J., BREDSTEDT, A., BOSMA, A.H., FRICK, R., GERIGHAUSEN, H.-G., HONIG, H., HOMER, R., NUSSBAUM, H. J., RAUE, F., und SARREITER, R. (1999): Mäh- und Intensivaufbereiter. Merkblatt 313, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V, Eschborner Landstraße 122, D-60489 Frankfurt, 1999.