

# Die Landarbeit

MITTEILUNGEN DER STUDIENGESellschaft FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE ARBEITSWIRTSCHAFT

Versand erfolgt kostenlos an Mitglieder · Postverlagsort Bad Kreuznach

Folge 10/11, Oktober/November 1960

STUTT GART

11. Jahrgang

## Untersuchungen über Ernte und Einlagerung von Belüftungshheu

Von Walter G. Brenner, Horst Eichhorn und R. v. Ow  
Institut für Landtechnik, Weihenstephan

Die Ernte von Belüftungshheu zeigt im Vergleich zur Bodentrocknung und Grassilagegewinnung eine Reihe von technischen Problemen, die nicht nur den Einsatz der Lade- und Fördermaschinen am Feld und Hof sondern auch den Betrieb der Heubelüftungsanlagen betreffen. Die Aufgabe der im folgenden beschriebenen Untersuchungen war es, zweckdienliche Arbeitsverfahren für die Einbringung von Belüftungshheu zu beobachten und weiter zu entwickeln, das Verhalten des verschiedenartig erworbenen Heues in den Anlagen festzustellen, sowie die entstehenden Verluste zu messen.

Da neben den technischen auch betriebswirtschaftliche Probleme auftraten, wurden die Untersuchungen in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Wirtschaftslehre des Landbaues (Dir. Prof. Dr. Dr. Rintelen) in Weihenstephan durchgeführt. Die Finanzierung der Arbeiten erfolgte durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft mit Unterstützung des Kuratoriums für Technik in der Landwirtschaft.
























Im folgenden soll über den technischen Teil der Ergebnisse auszuweise berichtet werden. Der vollständige achtzigseitige Bericht kann Interessenten auf Wunsch vom Institut für Landtechnik, Weihenstephan, zugestellt werden.

### Durchführung der Versuche




















Die für die Untersuchungen gewählten Arbeitskettensind aus den Abbildungen 1 und 2 zu ersehen. Danach wurden jeweils einzelne Parzellen nach etwa gleicher Feldwerbung mit verschiedenen Arbeitsverfahren eingebracht. Diese ordnen sich für das Laden um den Feldhäcksler, die Feldpresse, den Fuder- und Frontlader, während zum Abladen Zangengreifer, Gebläse und Höhenförderer eingesetzt waren.

Es wurde ermittelt, welche Leistungen und welcher Arbeitsaufwand sich für die einzelnen Verfahren ergeben, aber auch wie sich im besonderen das Erntegut in Form von Langheu, Häckselheu oder Ballen in den Belüftungsanlagen verhält.

























Heu-Untersuchungen — Arbeitsplan für den 1. Schnitt 1958

Arbeitsgang	Siloparzelle 1,53 ha	Nullparzelle 0,84 ha	Heubelüftung 1,14 ha	Heubelüftung 2,97 ha	Heubelüftung 2,33 ha
Mähen	 mit Schleppermäherwerk				
Zelten	 in einem Arbeitsgang mit dem Mähen Rüttelzelter oder Schnellheuer				
Wenden	entfällt	 mit Schnellheuer oder Sternrechwender			
Schwaden	 entsprechend dem Wenden, mit Schnellheuer u. Sternrechwender				
Tracknung	auf 60 % H <sub>2</sub> O	auf 20-14% H <sub>2</sub> O	auf 40-35 % H <sub>2</sub> O		
Laden	Fahr FH <sub>2</sub> 	Handgabel 	Fahr FH <sub>2</sub> 	HD-Feldpresse Glas 	Fahr FH <sub>2</sub> 
Abladen	Abziehgertriebe 	Handgabel 	Abziehgertriebe 	Zange oder Höhenförderer 	Abziehgertriebe 
Fördern	Gehl Wurf- gebläse 	entfällt (erdlastig)	Gehl Wurf- gebläse 	Zange oder Höhenförderer 	mit Ablade- band Weiger S 61 
Lagern	Silo Schafhof 	Straßschneue Dörnst 	Ver- suchs- Heu- turm 	Anlage Braunschweig 	Anlage Aulendorf 

Heu-Untersuchungen — Arbeitsplan für den 2. Schnitt 1958

Arbeitsgang	Nullparzelle 0,84 ha	Heubelüftung 1,94 ha	Heubelüftung 3,29 ha	Heubelüftung 2,73 ha
Mähen	 mit Schleppermäherwerk			
Zelten	 in einem Arbeitsgang mit dem Mähen Rüttelzelter oder Schnellheuer			
Wenden	 mit Schnellheuer oder Sternrechwender			
Schwaden	 entsprechend dem Wenden, mit Schnellheuer u. Sternrechwender			
Tracknung	auf 20-14% H <sub>2</sub> O	auf 40-35 % H <sub>2</sub> O		
Laden	Heckfuderlader 	Fahr FH <sub>2</sub> 	HD-Feldpresse Glas 	Seltenfuderlader 
Abladen	Handgabel 	Abziehgertriebe 	Zange oder Höhenförderer 	Handgabel 
Fördern	entfällt (erdlastig)	Gehl Wurf- gebläse 	Zange oder Höhenförderer 	mit Einwurf- wanne Weiger S 61 
Lagern	Straßschneue Dörnst 	Ver- suchs- Heu- turm 	Anlage Braunschweig 	Anlage Aulendorf 

Heu-Untersuchungen — Arbeitsplan für den 1. Schnitt 1959

Arbeitsgang	Siloparzelle 1,47 ha	Nullparzelle 0,84 ha	Heubelüftung 0,81 ha	Heubelüftung 3,05 ha	Heubelüftung 3,20 ha
Mähen	 mit Schleppermäherwerk				
Zetten	 in einem Arbeitsgang mit dem Mähen Rüttelzetter oder Schneltheuer				
Wenden	entfällt	 mit Schnelltheuer oder Sternrechwender			
Schwaden	 entsprechend dem Wenden, mit Schnelltheuer u. Sternrechwender				
Fröcknung	auf 60% H <sub>2</sub> O	auf 20-14% H <sub>2</sub> O	auf 40-35 % H <sub>2</sub> O		
Laden	 FH-Case	 Kapfluderlader	 FH-Case	 Kapfluderlader od. Frontlader	 HD-Feldpresse Claas
Abladen	 Abziehgetriebe	 Handgabel	 Abziehgetriebe	 Greiferzange	 Abziehgetriebe
Fördern	 Gehl- Wurf- gelasse	 Höhenförderer	 Gehl- Wurf- gelasse	 Greiferzange	 Flur- u. Höhenförderer
Lagern	 Silo Dürnast	 Vor- suchs Heu- turm	 Anlage Braunschweig	 Anlage Aulendorf	 Anlage Aulendorf

Heu-Untersuchungen — Arbeitsplan für den 2. Schnitt 1959




















Arbeitsgang	Nullparzelle 0,84 ha	Heubelüftung 1,47 ha	Heubelüftung 2,20 ha	Heubelüftung 4,14 ha
Mähen	 mit Schleppermäherwerk			
Zetten	 in einem Arbeitsgang mit dem Mähen Rüttelzetter oder Schneltheuer			
Wenden	 mit Schnelltheuer oder Sternrechwender			
Schwaden	 entsprechend dem Wenden, mit Schnelltheuer u. Sternrechwender			
Fröcknung	auf 20-14% H <sub>2</sub> O	auf 40-35 % H <sub>2</sub> O		
Laden	 HD-Feldpresse Claas	 FH-Case	 Frontlader	 HD-Feldpresse Claas
Abladen	 Handgabel	 Abziehgetriebe	 Greiferzange	 Abziehgetriebe
Fördern	entfällt (erdlastig)	 Gehl- Wurf- gelasse	 Greiferzange	 Flur- u. Höhenförderer
Lagern	 Strohschne Dürnast	 Vor- suchs Heu- turm	 Anlage Braunschweig	 Anlage Aulendorf

Abb. 2

Um einen exakten Vergleich zu ermöglichen, wurde ferner eine Nullparzelle für die übliche Bodentrocknung von Heu und jeweils für den ersten Schnitt eine Siloparzelle neben den Parzellen für Belüftungsheu in den Arbeitsplan einbezogen. Da die Arbeitsgänge der Heuerte bekanntlich vielgestaltig sind und aus Grasmähen, Heuwerben am Feld, Heu-Laden, Einfahren, Abladen und Verteilen im Stock bestehen, verfolgten die Untersuchungen nebeneinander die Verfahren der Langgut-, Häcksel- und Ballenlinie, um ihre unterschiedlichen Merkmale getrennt herauszustellen.

Zwischenbearbeitungsgeräte

Die Feldwerbung war bei allen Varianten gleich (Abbildungen 1 und 2). Im Laufe der zweijährigen Versuche konnten jedoch eine Reihe von Feststellungen gemacht werden, wie sich die Maschinen hinsichtlich ihres Leistungsvermögens, Kraftbedarfs und sonstiger Eignung für halbtrocknetes Futter von 45 bis 30 % Feuchtigkeit unter Berücksichtigung des Arbeits- und Zugkraftaufwandes verhalten.

Tabelle 1

Arbeits- und Zugkraftaufwand einschließlich Rüst- und Wegezeit beim Mähen und den Zwischenbearbeitungsgängen

Arbeitsgang	Maschine	Gesamtarbeitszeit	
		AKh/ha	Sh/ha
Mähen	Anbaumähbalken	2,5	2,0
Mähen u. Zetten	Anbaumähbalken u. Rüttelzetter od. Kettenrechwender	3,0	2,4
Wenden	Sternrechwender	0,8	0,7
Wenden	Kettenrechwender	0,9	0,7
Schwaden	Sternrechwender	1,1	0,9
Schwaden	Kettenrechwender	1,1	0,9
Schwad anstreuen	Sternrechwender	0,8	0,7
Schwad anstreuen	Kettenrechwender	1,0	0,9
Nachrechen	Sternrechwender	1,0	0,8

Der Arbeits- und Zugkraftaufwand für Mähen und Zwischenbearbeitung (Heuwerbegeräte) ist aus Tabelle 1 zu ersehen. Mit einem Anbaumähbalken am Schlepper kann in zweieinhalb Stunden Gesamtarbeitszeit 1 Hektar bewältigt werden. Im Interesse einer schnelleren und insbesondere gleichmäßigeren Abtrocknung ist das Zetten der Schwaden jedoch unbedingt erforderlich. Auch die vorliegenden Untersuchungen haben wiederum bestätigt, daß grüne Zöpfe bei Hochdruckballen oder Langheu schnell zu Schimmelbildung führen.

Die Zwischenbearbeitungsgänge Wenden, Schwaden, Schwaden ausstreuen und Nachrechen beanspruchen bei Einsatz von Sternrechwendern nur 0,8 bis 1,1 AKh/ha gesamte Arbeitszeit je Arbeitsgang. Die beste Arbeit lieferten diese Geräte, wenn sie mit 10 bis 12 km pro Stunde zügig gefahren wurden. Im Vergleich dazu konnten mit dem Kettenrechwender (Schneltheuer) durchaus ebenbürtige Arbeitsleistungen erzielt werden.

Das Auseinanderstreuen der Schwaden mit Sternrechwendern läßt sich durchführen, wenn die Schwaden nicht zu dick sind, entgegengesetzt der Schwadenrichtung gefahren und anschließend sofort gewendet wird. Bessere Anstreuarbeit leistet zweifellos der Kettenrechwender, aber auch nur unter der in der Praxis gegebenen Voraussetzung, daß vorher mit ihm geschwaden wurde.

Lademaschinen

In Tabelle 2 ist der Arbeits- und Zugkraftaufwand der in den Versuchsperioden 1958 und 1959 geprüften Lademaschinen aufgezeichnet. Beim Silieren benötigte der Scheibenradfeldhäcksler mit Abziehwagen den niedrigsten Arbeits- und Zugkraftaufwand. Einen etwas höheren wies der Trommel-feldhäcksler auf, wie das auch im Parallelbetrieb der Fall ist, weil zwei Schlepper und zwei Schlepperräder vorhanden sein müssen.

Als Lademaschinen mit dem niedrigsten Arbeitsaufwand überhaupt erwiesen sich der Seitenfuderlader, sofern ein mit Rundumladegatter ausgerüsteter Erntewagen vorhanden ist, der Scheibenradfeldhäcksler mit Abziehwagen im Anhängetrieb und der Frontlader; den höchsten Arbeitsaufwand benötigten außer der Bodentrocknung der Kopffuderlader mit normalem Erntewagen sowie der Seitenfuderlader. Eine Mittelstellung in der Höhe des Arbeitsaufwandes nahmen der Trommelfeldhäcksler mit Abziehwagen im Anhängetrieb, der Scheibenradfeldhäcksler mit Selbstentladewagen im Parallelverfahren und die Hochdruckpresse ein. Werden dagegen die Flächenleistungen der Lademaschinen verglichen, wie sie aus dem Schlepperaufwand (Sh/ha) zu ersehen sind, dann ergibt sich eine etwas andere Reihenfolge. Hier weisen die Hochdruckpresse, beide Ladermodelle und der Scheibenradfeldhäcksler sowohl im Parallelverfahren als auch im Anhängetrieb sehr günstige Leistungsverhältnisse auf, während Frontlader und mit Abstand der Trommelfeldhäcksler an letzter Stelle stehen.

Die Arbeitsweise der Presse im Belüftungsheu war bei einer Ballengröße  $54 \times 35 \times 52$  bis 80 cm und lockerster Pressung einwandfrei.

Der Frontlader hat zwar von allen geprüften Maschinen das geringste Leistungsvermögen. Es muß aber berücksichtigt werden, daß die Ladearbeit von einer Person allein durchgeführt werden kann, und daß dieses Gerät sehr vielseitig verwendbar ist. Nachteilig hinsichtlich der Ladeleistung wirkte sich das Fehlen von Zangen am Frontlader aus, die inzwischen entwickelt wurden um das Futter auf der Gabel beim Hochheben und während des Transportes zum Wagen festzuhalten. Damit bei der Frontladerarbeit die Packperson auf dem Erntewagen eingespart werden kann, wird dieser am besten mit senkrecht stehenden Rungen oder einem einfachen vierteiligen Rundumladegatter ausgerüstet.

Ebenfalls sehr unterschiedlich verhalten sich die erforderlichen Schlepper-PS. Beide hier genannten Feldhäcksler typen benötigen in der Regel im Anhängetrieb als Zug- und Antriebskraft 35 PS. Wird dagegen im Parallelbetrieb gearbeitet, so genügen 30 PS, um die Leistungen zu erzielen, die im

## Aus dem Inhalt

Untersuchungen über Ernte und Einlagerung von Belüftungsheu  
Walter G. Brenner,  
Horst Eichhorn und R. v. Ow

Ludwig Wilhelm Ries — 70 Jahre Dr. Röhner

Praktische Arbeitsverfahren:  
Arbeitsverfahren und Arbeitszeitbedarf für das Melken in Anbindeställen  
Dr. J. Hesselbach, M.P.I.

20 Jahre Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik, Bad Kreuznach

Mitteilungen

Buchbesprechungen

Anhängerverfahren mit einem 35-PS-Schlepper erreicht werden. Versuche, den hier verwendeten Trommelfeldhäcksler auch mit 24 PS zu betreiben, befriedigten wegen starker Leistungsabnahme nicht. Zum Betrieb der Hochdruckpresse sind einschließlich Erntewagen etwa 28 bis 30 PS notwendig. Die Ladermodelle kommen vergleichsweise mit leichteren Schleppern aus. Um die in den Tabellen 3 und 4 angegebenen Leistungen annähernd zu erfüllen, dürften 20 bis 24 PS angebracht sein. Die für die verschiedenen Frontladertypen ermittelten Leistungsangaben beziehen sich nur auf Schlepper mit 24 PS.

## Fördermaschinen

Eine Betrachtung der Tabelle 5 zeigt sehr deutlich, daß auch die Förderergebnisse in ihrem Leistungsvermögen auf unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehalt des Futters reagieren. Beim Wurfgebläse sinkt für Langhäcksel (Schnittlänge 6 bis 12 cm) in der ursprünglichen Substanz mit abnehmendem Wassergehalt die Leistung stark ab.

In Abb. 3 ist die Reaktion der beiden Gebläsetypen auf Futter mit verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt graphisch dargestellt.

Tabelle 2

Gesamter Arbeits- und Zugkraftaufwand einschließlich Rüst- und Wegezeit verschiedener Lademaschinen bei Silierung, Heubelüftung und Bodentrocknung (Ertrag: 50 t/ha Heu mit 14 % Feuchte)

Werbungsverfahren Maschine	Wagertart	Auf- bereitungs- form	Wasser- gehalt %	Aufwand AKh/ha	Sh/ha	AK- Besatz
<i>Silierung:</i>						
Trommelfeldhäcksler	Abziehwagen	Langhäcksel <sup>1)</sup>	60	3,7	3,0	1
Scheibenradfeldhäcksler	Abziehwagen	Kurzhäcksel <sup>2)</sup>	60	2,9	2,4	1
Scheibenradfeldhäcksler	Selbstentladewagen (Parallelbetrieb)	Kurzhäcksel	60	4,1	3,6	2
<i>Heubelüftung:</i>						
Trommelfeldhäcksler	Abziehwagen	Langhäcksel	35	4,8	4,2	1
Scheibenradfeldhäcksler	Abziehwagen	Kurzhäcksel	35	3,2	2,7	1
Scheibenradfeldhäcksler	Selbstentladewagen (Parallelbetrieb)	Kurzhäcksel	35	4,8	4,3	2
Hochdruckpresse	Normaler Erntewagen	Ballenheu	35	5,5	1,9	3
Hochdruckpresse	Abziehwagen mit Aufbau	Ballenheu	35	5,7	2,0	3
Hochdruckpresse	Abziehwagen ohne Aufbau	Ballenheu	35	5,6	1,9	3
Seitenfuderlader	Wagen u. Rundumladegatter	Langheu	35	2,1	1,8	1
Seitenfuderlader	Normaler Erntewagen	Langheu	35	6,4	1,8	4
Kopffuderlader	Normaler Erntewagen	Langheu	35	6,8	2,4	3
Frontlader	Wagen mit Stangenaufbau	Langheu	35	3,7	3,5	1
<i>Bodentrocknung:</i>						
von Hand	Normaler Erntewagen	Langheu	14	11,0	2,4	5
Heckfuderlader	Normaler Erntewagen	Langheu	14	9,0	2,6	4
Kopffuderlader	Normaler Erntewagen	Langheu	14	7,8	2,7	3
Hochdruckpresse	Normaler Erntewagen	Ballenheu	14	6,5	2,2	3

<sup>1)</sup> Langhäcksel = 6 bis 12 cm. <sup>2)</sup> Kurzhäcksel = 2 bis 6 cm.

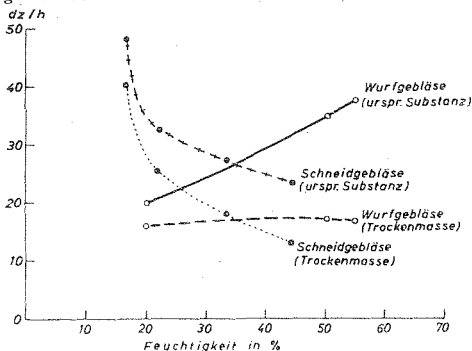
Tabelle 3

Stundenleistungen der im Versuchsjahr 1958 eingesetzten Lademaschinen (reine Arbeitszeit ohne Rüstzeiten)

Werbungsverfahren und Schnitt	Arbeitsverfahren	Wagenart	Aufbereitungsform	Wassergehalt %	Leistung dz/h urspr. Substanz	Trockenmasse	AK-Besatz
<b>Silierung:</b>							
1. Schnitt	Trommelfeldhäcksler	Abziehwagen	Langhäcksel <sup>1)</sup>	55,05	33,4	15,0	1
<b>Heubelüftung:</b>							
1. Schnitt	Trommelfeldhäcksler	Abziehwagen	Langhäcksel	50,30	35,4	17,6	1
1. Schnitt	Trommelfeldhäcksler	Abziehwagen	Langhäcksel	44,51	23,0	12,8	1
1. Schnitt	Trommelfeldhäcksler	Abziehwagen	Langhäcksel	33,28	19,0	12,7	1
2. Schnitt	Trommelfeldhäcksler	Abziehwagen	Langhäcksel	28,19	33,4	26,0	1
2. Schnitt	Trommelfeldhäcksler	Abziehwagen	Langhäcksel	20,10	27,9	22,3	1
1. Schnitt	Hochdruckpresse	Abziehwagen	Ballenheu	26,15	26,7	19,7	2
2. Schnitt	Hochdruckpresse	Normaler Erntewagen	Ballenheu	28,14	33,0	25,7	3
2. Schnitt	Seitenfuderlader	Wagen mit Rundumladegatter	Langheu	21,94	40,0	31,2	1
2. Schnitt	Seitenfuderlader	Normaler Erntewagen	Langheu	21,94	40,8	31,8	4
<b>Bodentrocknung:</b>							
1. Schnitt	Heckfuderlader	Normaler Erntewagen	Langheu	26,52	29,1	21,4	4
1. Schnitt	von Hand	Normaler Erntewagen	Langheu	26,52	28,1	20,6	5
2. Schnitt	von Hand	Normaler Erntewagen	Langheu	14,31	24,2	20,7	5

<sup>1)</sup> Langhäcksel = 6 bis 12 cm.

Abb. 3. Stundenleistung eines Wurfgebläses und eines Schneidgebläses bei unterschiedlicher Feuchte



Das unterschiedliche Verhalten der Gebläse beruht auf deren Arbeitsprinzip. Der Wurförderer eignet sich auf Grund seiner Konstruktion mehr für schweres Naßgut, während das Schneidgebläse wegen seiner mehr pneumatischen Arbeitsweise besser leichtes Trockengut fördert. Die Einlagerung von Belüftungsheu mit 45 bis 30 % Feuchtigkeit fällt demnach für beide Gebläsetypen nicht in den Bereich des höchsten Wirkungsgrades. Es ist daher bei Belüftungsheu von 45 bis 30 % Feuchte zur Erzielung befriedigender Leistungen die gleichmäßige Beschickung der Gebläse von besonderer Bedeutung.

Neben der Häcksellänge beeinflusst auch das Abladefahren stark die gleichmäßige Beschickung der Gebläse. Das von Ketten gezogene Abzugsschild preßt während des Abladens die Wagenladung zusammen und befriedigt bei Belüftungsheuhäcksel nicht in gleicher Weise wie bei Silagematerial. Eine Erleichterung tritt ein, wenn an Stelle des Abzugsschildes Rollböden oder Kratzerketten zum Abziehen

Tabelle 4

Stundenleistungen der im Versuchsjahr 1959 eingesetzten Lademaschinen (reine Arbeitszeit ohne Rüstzeiten)

Werbungsverfahren und Schnitt	Arbeitsverfahren	Wagenart	Aufbereitungsform	Wassergehalt %	Leistung dz/h urspr. Substanz	Trockenmasse	AK-Besatz
<b>Silierung:</b>							
1. Schnitt	Scheibenradfeldhäcksler	Abziehwagen	Kurzhäcksel <sup>2)</sup>	59,73	55,3	22,3	1
1. Schnitt	Scheibenradfeldhäcksler	Selbstentladewagen	Kurzhäcksel	58,00	68,7	28,9	2
<b>Heubelüftung:</b>							
1. Schnitt	Scheibenradfeldhäcksler	Abziehwagen	Kurzhäcksel	24,31	27,5	20,8	1
2. Schnitt	Scheibenradfeldhäcksler	Abziehwagen	Kurzhäcksel	25,74	28,3	21,0	1
1. Schnitt	Hochdruckpresse	Normaler Erntewagen	Ballenheu	31,84	39,5	26,9	3
2. Schnitt	Hochdruckpresse	Normaler Erntewagen	Ballenheu	32,53	42,6	28,7	3
1. Schnitt	Hochdruckpresse	Abziehwagen mit Aufbau	Ballenheu	30,69	35,1	24,3	3
2. Schnitt	Hochdruckpresse	Abziehwagen ohne Aufbau	Ballenheu	28,06	39,8	28,6	3
1. Schnitt	Kopffuderlader	Normaler Erntewagen	Langheu	33,13	32,9	22,0	3
1. Schnitt	Frontlader Typ a <sup>3)</sup>	Wagen mit Stangenaufbau	Langheu	40,35	22,8	13,6	1
2. Schnitt	Frontlader Typ a <sup>3)</sup>	Wagen mit Stangenaufbau	Langheu	30,41	19,8	13,8	1
2. Schnitt	Frontlader Typ b <sup>3)</sup>	Wagen mit Stangenaufbau	Langheu	25,97	20,5	15,2	1
2. Schnitt	Frontlader Typ c <sup>3)</sup>	Wagen mit Stangenaufbau	Langheu	25,43	14,8	11,0	1
2. Schnitt	Frontlader Typ d <sup>3)</sup>	Wagen mit Stangenaufbau	Langheu	26,10	14,8	10,9	1
<b>Bodentrocknung:</b>							
1. Schnitt	Kopffuderlader	Normaler Erntewagen	Langheu	15,00	21,8	18,5	3
2. Schnitt	Hochdruckpresse	Normaler Erntewagen	Ballenheu	13,78	26,9	23,2	3

<sup>1)</sup> Frontlader mit einfacher Gabel und Zange. <sup>2)</sup> Frontlader mit Siloschwanz und Zange. <sup>3)</sup> Frontlader mit einfacher Gabel und Zange.

<sup>4)</sup> Frontlader mit einfacher Gabel ohne Zange. <sup>5)</sup> Kurzhäcksel = 2 bis 6 cm.

Tabelle 5

Stundenleistungen der im Versuchsjahr 1958 eingesetzten Fördermaschinen (reine Arbeitszeit ohne Rüstzeiten)

Werbungsverfahren und Schnitt	Arbeitsverfahren	Wagenart	Aufberei- tungs- form	Wasser- gehalt %	Leistung dz/h urspr. Substanz	Trocken- masse	AK- Besatz
<i>Silierung:</i>							
1. Schnitt	Wurfgebläse	Abziehwagen	Langhäcksel <sup>1)</sup>	55,05	37,3	16,8	2
<i>Heubelüftung:</i>							
1. Schnitt	Wurfgebläse	Abziehwagen	Langhäcksel	50,30	34,8	17,3	1
2. Schnitt	Wurfgebläse	Abziehwagen	Langhäcksel	20,10	19,8	15,8	1
1. Schnitt	Schneidgebläse ohne Messer	Abziehwagen	Langhäcksel	44,51	23,4	13,0	2
1. Schnitt	Schneidgebläse ohne Messer	Abziehwagen	Langhäcksel	33,28	27,2	18,1	2
2. Schnitt	Schneidgebläse mit Messer	Normaler Erntewagen	Langheu	21,94	32,4	25,3	3
2. Schnitt	Schneidgebläse mit Messer	Normaler Erntewagen	Langheu	16,48	48,2	40,3	3
1. Schnitt	Heuzange	Normaler Erntewagen	Ballenheu	26,15	42,2	31,2	4
2. Schnitt	Heuzange	Normaler Erntewagen	Ballenheu	22,24	36,5	28,4	4
1. Schnitt	Höhenförderer	Normaler Erntewagen	Ballenheu	26,15	73,4	54,2	4
2. Schnitt	Höhenförderer	Normaler Erntewagen	Ballenheu	22,24	81,8	63,6	4
<i>Bodentrocknung:</i>							
1. Schnitt	von Hand (erdlastig)	Normaler Erntewagen	Langheu	26,52	34,9	25,6	4
2. Schnitt	von Hand (erdlastig)	Normaler Erntewagen	Langheu	14,31	32,6	27,9	4

<sup>1)</sup> Langhäcksel = 6 bis 12 cm.

verwendet werden, die die Ladung nicht so stark zusammenpressen. Dagegen erlaubt der Selbstentladewagen mit Verteilerwalzen eine völlig mechanische Beschickung der Fördergebläse mit Häcksel ohne jegliche Handarbeit. Sein Einsatz kann wegen der gleichmäßigeren Beschickung des Gebläses eine nennenswerte Steigerung der Gebläseförderleistung bewirken (Tabelle 6).

Mit der Heuzange oder dem Greifer konnte im Rahmen der Untersuchungen die Einlagerung von Ballen- und Langheu geprüft werden (Tabellen 5 und 6). Ein Vergleich der Ergebnisse zeigt, daß das Leistungsvermögen der Heuzange durchaus den Höchstleistungen der Gebläse entspricht. Bemerkenswert ist aber bei Langheu im 2. Schnitt ein starker Abfall der Fördermenge je Stunde wegen der geringeren Futterlänge. Für die Einlagerung von Belüftungshau dürften sich dünne, verchromte Zinken mit rundem Querschnitt oder solche mit quadratischem Querschnitt (Schneidwirkung) am besten eignen.

Die absolut höchsten Stundenleistungen wurden mit dem stationären Höhenförderer (verbunden mit Querförderer) bei der Ballenheueinlagerung erzielt. Gegenüber dem direkten Einwerfen der Ballen vom Wagen in den Höhenförderer (Tabelle 5) kann bei gleichbleibender Leistung am Abladeort von zwei Personen eine Arbeitskraft eingespart werden, wenn dem Höhenförderer ein überfahrbarer Flurförderer vorgeschaltet wird (Tabelle 6).

Nachteilig waren beim Höhenförderer die etwas zu kurzen Zinken an der Förderkette zu beurteilen. Auf halber Höhe lösten sich im relativ steilen Förderschacht (55°) häufig Ballen von den Zinken und fielen wieder zum Schachtanfang hinunter. Den besten Erfolg brachte hier die Verminderung der Kettengeschwindigkeit des Höhenförderers auf 0,66 m/s.

Wurf- und Schneidgebläse wurden zur Feststellung des Kraftbedarfes von einem 28-kW-Elektromotor angetrieben. Die Messungen ergaben, daß für das Wurfgebläse bei Grassilierung 11,5 kW und bei Belüftungshau 7 kW er-

Tabelle 6

Stundenleistungen der im Versuchsjahr 1959 eingesetzten Fördermaschinen (reine Arbeitszeit ohne Rüstzeiten)

Werbungsverfahren und Schnitt	Arbeitsverfahren	Wagenart	Aufberei- tungs- form	Wasser- gehalt %	Leistung dz/h urspr. Substanz	Trocken- masse	AK- Besatz
<i>Silierung:</i>							
1. Schnitt	Wurfgebläse	Abziehwagen	Kurzhäcksel <sup>2)</sup>	59,73	51,4	20,7	1
1. Schnitt	Wurfgebläse	Selbstentladewagen	Kurzhäcksel	57,38	59,9	25,5	1
1. Schnitt	Schneidgebläse ohne Messer	Abziehwagen	Kurzhäcksel	55,86	44,6	19,7	1
1. Schnitt	Schneidgebläse ohne Messer	Selbstentladewagen	Kurzhäcksel	60,82	49,1	19,2	1
<i>Heubelüftung:</i>							
1. Schnitt	Wurfgebläse	Abziehwagen	Kurzhäcksel	22,75	36,3	28,0	1
2. Schnitt	Wurfgebläse	Abziehwagen	Kurzhäcksel	25,74	31,6	23,5	1
1. Schnitt	Wurfgebläse	Selbstentladewagen	Kurzhäcksel	31,29	33,4	22,9	1
1. Schnitt	Heuzange	Normaler Erntewagen	Langheu	33,13	53,6	35,8	4
2. Schnitt	Heuzange	Normaler Erntewagen	Langheu	26,43	35,1	25,8	4
1. Schnitt	Flur- und Höhenförderer	Normaler Erntewagen	Ballenheu	31,84	78,0	53,2	3
2. Schnitt	Flur- und Höhenförderer	Normaler Erntewagen	Ballenheu	31,04	99,1	68,3	3
1. Schnitt	Flur- und Höhenförderer	Abziehwagen mit Aufbau	Ballenheu	30,69	70,4	48,8	3
2. Schnitt	Flur- und Höhenförderer	Abziehwagen ohne Aufbau	Ballenheu	27,70	90,7	65,6	3
2. Schnitt	„Bolas“ Heuverteiler	Abziehwagen	Langhäcksel <sup>3)</sup>	31,22	48,5	33,4	2
<i>Bodentrocknung:</i>							
1. Schnitt	Höhenförderer	Normaler Erntewagen	Langheu	15,00	42,0	35,7	3
2. Schnitt	von Hand (erdlastig)	Normaler Erntewagen	Ballenheu	13,78	67,7	58,4	3

<sup>1)</sup> Kurzhäcksel = 2 bis 6 cm. <sup>2)</sup> Langhäcksel = 6 bis 12 cm.

Tabelle 7

Gesamter Arbeits- und Zugkraftaufwand einschließlich Rüst- und Wegezeit verschiedener Fördermaschinen bei Silierung, Heubelüftung und Bodentrocknung (Ertrag: 50 dz/ha Heu mit 14 % Feuchte)

Werbungsverfahren Maschine	Wagenart	Auf- bereitungs- form	Wasser- gehalt %	Aufwand AKh/ha	Sh/ha	AK- Besatz
<b>Silierung:</b>						
Wurfgebläse	Abziehwagen	Langhäcksel <sup>1)</sup>	60	7,4	0,6	2
Wurfgebläse	Abziehwagen	Kurzhäcksel <sup>2)</sup>	60	6,3	0,6	2
Wurfgebläse	Selbstentladewagen	Kurzhäcksel	60	4,5	2,1	2
Schneidegebläse ohne Messer	Abziehwagen	Kurzhäcksel	60	6,6	0,6	2
Schneidegebläse ohne Messer	Selbstentladewagen	Kurzhäcksel	60	5,6	2,6	2
<b>Heubelüftung:</b>						
Wurfgebläse	Abziehwagen	Langhäcksel	35	4,5	0,5	1
Wurfgebläse	Abziehwagen	Kurzhäcksel	35	3,8	0,5	1
Wurfgebläse	Selbstentladewagen	Kurzhäcksel	35	3,0	2,3	1
Schneidegebläse ohne Messer	Abziehwagen	Langhäcksel	35	6,7	0,5	2
Schneidegebläse mit Messer	Normaler Erntewagen	Langheu	35	8,1	0,3	3
Heuzange	Normaler Erntewagen	Langheu	35	5,3	0,3	4
Heuzange	Normaler Erntewagen	Ballenheu	35	6,1	0,2	4
Höhenförderer	Normaler Erntewagen	Ballenheu	35	3,5	0,2	4
Flurförderer u. Höhenförderer	Normaler Erntewagen	Ballenheu	35	2,5	0,2	3
Flurförderer u. Höhenförderer	Abziehwagen mit Aufbau	Ballenheu	35	3,3	0,3	3
Flurförderer u. Höhenförderer	Abziehwagen ohne Aufbau	Ballenheu	35	3,0	0,2	3
„Bolas“ Heuverteiler	Abziehwagen	Langhäcksel	35	4,1	0,5	2
<b>Bodentrocknung:</b>						
von Hand (erdlastig)	Normaler Erntewagen	Langheu	14	6,6	0,2	4
Höhenförderer	Normaler Erntewagen	Langheu	14	4,2	0,2	3
von Hand (erdlastig)	Normaler Erntewagen	Ballenheu	14	2,4	0,2	3

<sup>1)</sup> Langhäcksel = 6 bis 12 cm. <sup>2)</sup> Kurzhäcksel = 2 bis 6 cm.

forderlich sind, während das Schneidegebläse 7 kW benötigt. Demgegenüber weisen Heuzange und Höhenförderer trotz oft wesentlich höherer Leistungen einen geringeren Kraftbedarf auf. Bei der Heuzange sind etwa 2,5 kW angebracht, der Höhenförderer einschließlich Querförderer beansprucht einen 4-kW-Motor.

In der Tabelle 7 ist der Arbeitsaufwand für die Ablade- und Einlagerungsarbeiten dargestellt. Bei der Einlagerung von Belüftungsheu wird der Arbeitsaufwand durch Gebläseart, Häcksellänge und Erntewagenform beeinflusst. Den niedrigsten Arbeitsaufwand wies von allen Maschinen der Höhenförderer auf. Wie die Tabelle 7 zeigt, konnte gegenüber dem direkten Einwerfen der Ballen in den Höhenförderer durch Vorschalten eines Flurförderers und gleichzeitiger Einsparung einer Abladeperson der niedrige Arbeitsaufwand noch um 1 AKh/ha gedrückt werden. Der Einsatz von Abziehwagen mit und ohne Häckselaufbau, die das Abwälzen der Ballen nach hinten ermöglichten, ergab ebenfalls eine Arbeitszeitverkürzung.

#### Transportzeit und Wagenauslastung

Die Transportzeit ist abhängig von der Länge des Weges, vom Fassungsvermögen der Erntewagen sowie von der Aufbereitungsform des Futters. Den Berechnungen wurden einheitlich 1 km Schlagentfernung und eine durchschnittliche Schleppergeschwindigkeit von 12 km/h unterstellt.

Ein Vergleich der in Tabelle 8 angegebenen Werte zeigt, daß die vorhandene Ladefläche am besten durch den Ballen ausgelastet ist, wenn zur Ladearbeit normale Erntewagen oder Abziehwagen ohne Häckselaufbau eingesetzt werden, bei denen sich die Ladung über die Bordkante hinausbauen läßt.

Die geringste Wagenauslastung weist auf Grund seines Gefüges das Häckselheu auf.

Mit welchen Raumgewichten an Häckselgut im Häckselwagen bei unterschiedlicher Feuchte gerechnet werden kann, zeigt Tabelle 9. Die hier verwendeten Häckselwagen hatten einen Bruttoladeraum von 14 bis 21,9 m<sup>3</sup>.

#### Einlagerung von Belüftungsheu

Um eine möglichst gleichmäßige Durchlüftung des Heues und damit eine günstige Belüftungsdauer zu erreichen, ist eine Einlagerung ohne Verdichtungen notwendig. Diese Forderung ist um so dringender, je feuchter das Heu ist. Verdichtungen bilden sich vor allem an den Abwurfstellen der Förder-

Tabelle 8

Wagenauslastung unter Berücksichtigung verschiedener Aufbereitungsformen

Werbungsverfahren	Wagenart	Aufberei- tungsform	Wagenauslastung Naß- <sup>1)</sup> Trocken- gewicht masse
Silierung	Abziehwagen	Langhäcksel <sup>1)</sup>	1 033 464
	Abziehwagen	Kurzhäcksel <sup>2)</sup>	1 092 451
	Selbstentladewagen	Kurzhäcksel	1 420 596
Heubelüftung	Abziehwagen	Langhäcksel	845 498
	Abziehwagen	Kurzhäcksel	761 570
	Selbstentladewagen	Kurzhäcksel	835 574
	Erntewagen mit einfach. Ladegatter	Langheu	1 532 1 043
	normaler Erntewagen	Ballen	2 165 1 534
Bodentrocknung	Abziehwagen mit Aufbau	Ballen	1 039 747
	Abziehwagen ohne Aufbau	Ballen	2 116 1 530
	normaler Erntewagen	Langheu	1 347 1 083
	normaler Erntewagen	Ballen	2 000 1 723

<sup>1)</sup> Langhäcksel = 6 bis 12 cm

<sup>2)</sup> Kurzhäcksel = 2 bis 6 cm

Tabelle 9  
Raumgewichte von Häckselgut in Häckselwagen bei unterschiedlicher Feuchte

Versuch	A	B	C	D	E	Arithmet. Mittel
Mittel aus n — Wagen	11	8	22	3	6	
Schnitt	1	1	1	2	2	
Feuchtigkeitsgehalt in %	54,9	50,3	37,1	23,0	17,7	36,6
Raumgewicht kg/m <sup>3</sup>	84	85	56	46	34	51
Raumgewicht der Trockenmasse kg/m <sup>3</sup>	38	43	35	36	28	36
Gewicht der Wagenladung kg	1033	1136	713	849	664	

maschinen und dort, wo die zum Verteilen im Stock eingesetzten Personen stehen [2].

In vielen Fällen ist die Form der Belüftungsanlage, bedingt durch die Gebäudeverhältnisse und die Ausblashöhe der Gebläserohrleitung so ungünstig, daß mindestens eine Arbeitskraft zum Verteilen im Stock eingesetzt werden muß.

Eine wesentliche Verbesserung kann hier mit einem rotierenden Ausblaskrümmen erreicht werden, welcher entweder durch Rückstoß oder durch einen kleinen E-Motor angetrieben wird. Mit seiner Hilfe können runde Behälter beziehungsweise Heutürme ohne jede Handarbeit gleichmäßig besetzt werden. In Anlagen mit rechteckiger Grundfläche erleichtert er nur die Handarbeit, weil nach jeder Fuhre das Häcksel noch in die Ecken zu verteilen ist.

Zum Anbau an den stationären Osterrieder Höhenförderer wurde ein Spezialhäckselverteiler entwickelt. Der Verteiler arbeitet nach einem ähnlichen Prinzip wie der Schleuderstreuer für Handelsdünger. Von dem unter dem First längs laufenden Querförderer wird das Häcksel auf eine rotierende Scheibe von ungefähr 1,5 m Durchmesser abgeworfen, die schwach geneigt und mit strahlenförmigen Rippen besetzt ist. Durch die Zentrifugalbeschleunigung wird das Häcksel zur

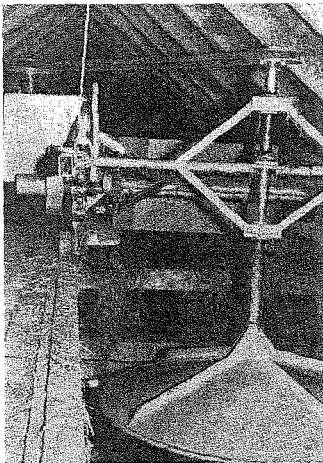


Abb. 4

Verteilereinrichtung für Häckselheu, welches über Höhen- und Querförderer eingelagert werden soll

Seite geschleudert, wobei die Umkehrung der Drehrichtung der Scheibe die Befüllung eines Raumes rechts und links unterhalb des Querförderers in einer Gesamtbreite von etwa 8 m ermöglicht. Gelegentliches Verschieben des Querförderers führt zu einer gleichmäßigen Beschickung von rechteckigen Anlagen (Abb. 4).

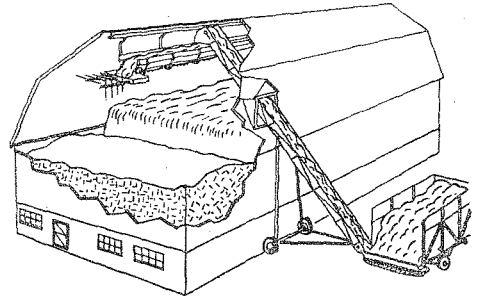


Abb. 5

Häckseleinlagerung mit Selbstentladewagen (mit Querförderband über Höhenförderer und Verteilereinrichtung) („Bolas“ hay conveyor and spreader)

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde auch eine aus den USA eingeführte Maschine eingebaut und beobachtet („Bolas“ hay conveyor and spreader) (Abb. 5). Die Funktion ist folgende:

Durch einen Schrägaufzug wird das Häcksel nach oben gebracht und fällt dort in eine Längsfördermulde. Diese Fördermulde ist an einer am Firstbalken befestigten Heugreiferschiene fahrbar aufgehängt. An beiden Enden der Mulde befinden sich rotierende Wurfabeln, die das herunterfallende Häcksel etwa 11 m breit auseinanderschleudern. Je nach der Laufrichtung der Förderkette wird entweder das vordere oder hintere Wurfabelpaar besetzt. Ein elektrisch angetriebener Drahtseilmechanismus zieht die Fördermulde an der Heugreiferschiene langsam hin und her, wobei versetzbare Nocken am Seilzug die Amplitude der Bewegung regeln. Durch den Vorschub der Mulde wandert die Abwurfstelle über der Belüftungsanlage hin und her. Das gleichzeitige Breitstreuen ergibt dann eine sehr gleichmäßige und lockere Befüllung der Anlage. Voraussetzung für den Einbau des „Bolas“-Heuverteilers ist allerdings ein Raum mit wenig Balkenwerk und ausreichender Höhe. Die Breite der Belüftungsanlage sollte 11 m nicht überschreiten.

Abbildung 6 zeigt eine Schemaskizze des Häckselförderers und Verteilers. Bemerkenswert ist die schmale, nur für Häcksel geeignete Fördermulde aus Aluminium sowie ferner der Antrieb von Förderkette und Verteilern durch jeweils eigene E-Motoren.

In der Anlage sind 5 E-Motoren (Schrägaufzug 3 kW, Querförderer 0,5 kW, Verteiler 2mal 0,37 kW, Drahtseilzug 0,3 kW) mit einer gemeinsamen Leistung von 4,54 kW installiert.

Der Betrieb des Häckselverteilers ergab mit 48,5 dz/h Belüftungsheu (31,2 % Feuchte) bzw. 33,4 dz/h Trockenmasse eine befriedigende Leistung (siehe auch Tabelle 6). Im Stock war keine Handarbeit mehr erforderlich.

Im Vergleich zum Häcksel ist beim Langheu immer Handarbeit im Stock notwendig. Bei der Einlagerung von Langheu mit dem Höhenförderer oder der Heuzange haben sich Prallrutschen und Prallstangen bewährt. Dennoch kann beim Grei-

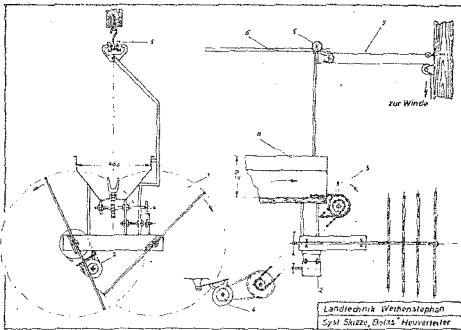


Abb. 6

„Bolas“-Heuverteiler für Häckselgut

fer die Wucht der herabstürzenden Zangenladung nicht so stark abgebremst werden, wie das für die Heubelüftung wünschenswert ist. Eine wesentliche Verbesserungsmöglichkeit besteht darin, die Heuzange als sogenannten Aufsatzgreifer auszubilden.

Wiederum etwas anders verhält sich die Einlagerung von Fiedruckballen. Ein Betreten des Stockes ist im Gegensatz zu Häcksel- oder Langheu möglich, da auf Grund der Ballendichte keine weiteren Verdichtungen zu befürchten sind.

Beim ersten Schnitt 1959 wurden die Ballen mit durchschnittlich 31,5 % Wassergehalt eingelagert. Dies war der höchste während des Versuches erprobte Feuchtigkeitsgrad für die Balleneinlagerung.

Für die Belüftung sind locker gepresste Ballen günstiger. Um den Belüftungserfolg nicht zu beeinträchtigen, muß daher eher eine geringere Raumausnutzung in Kauf genommen werden. Beides, Feuchtigkeitsgehalt und Ballendichte beeinflussen den Trocknungserfolg. Hopkins [3] stellte diesen Zusammenhang für Ballen, die ohne künstliche Belüftung eingelagert wurden, in einem Diagramm dar (Abb. 7). Soll mit Sicherheit ein Schimmel der Ballen vermieden werden, so dürfen nur Ballen eingelagert werden, deren Trocknungs- und Dichtezustand dem Gebiet links der unteren Grenze entspricht. Zwischen den beiden Grenzen wird ein Teil der Ballen angeschimmelt sein, rechts der oberen Grenze ist nur noch mit verschimmeltem Heu zu rechnen. Durch Anwendung der künstlichen Belüftung verschieben sich diese Grenzen. Nach unseren Feststellungen kann bei Belüftung das gesamte Gebiet links der oberen Grenze als schimmelfrei betrachtet werden, wenn die Einlagerung sorgfältig erfolgt. Rechts der oberen Grenze schließt sich dann ein Gebiet mit teilweise verschimmelten Ballen an.

In Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen in den USA bleibt festzustellen, daß möglichst dicht und gleichmäßig gepackte Ballen die besten Verhältnisse für die Belüftung ergeben. Bei unregelmäßiger Einlagerung entweicht der größte Teil der Trocknungsluft durch einige zwischen den Ballen entstehenden Hohlräume, während andere Stellen nur ungenügend belüftet werden.

Zusammenfassend haben die Untersuchungen gezeigt, daß bei einer nicht zu starken Pressung, Heuballen mit Erfolg zu belüften sind, wenn die Einlagerungsfeuchtigkeit nicht über 35 % Wassergehalt liegt.

*Die Belüftungsanlagen und die Belüftung des eingelagerten feuchten Heues*

Zur Nachtrocknung des von der Versuchsfläche gewonnenen Heues wurden drei Belüftungsanlagen erstellt. Es handelt sich

um zwei Flanchanlagen und um einen Heuturm (siehe auch Abb. 1 und 2). Bei der Flanchanlage nach dem System „Braunschweig“ wurden neben dem zentralen Hauptluftkanal beiderseitig Roste zur Luftverteilung angelegt. Die Stockbegrenzung besteht aus 3 m hohen Bretterwänden, bei einer Grundfläche von 55,8 m<sup>2</sup> beträgt der Lagerraum 159,3 m<sup>3</sup>. Die Beschickung der Anlage ist wahlweise durch einen Osterrieder-Höhenförderer — 2 Querförderer im Dachfirst —, durch eine Greiferzange oder durch ein Gebläse möglich. Die Entleerung erfolgt durch eine 1,80 m breite zweiflügelige Tür in der Längsseite der Anlagenwand.

Die 2. Flanchanlage System „Aulendorf“ hat ebenfalls einen zentral liegenden Hauptkanal und zusätzlich eine Anordnung von 6 Stöpseln. Die Stockbegrenzung besteht an allen 4 Seiten aus aufgetrennten Rundstangen mit einem lichten Abstand von ca. 10 cm, um die Häckseleinlagerung zu ermöglichen. Entsprechend der Grundfläche von 55,8 m<sup>2</sup> und einer Wandhöhe von 5,50 m beträgt der Lagerraum 299 m<sup>3</sup>. Wahlweise ist die Anlage mit Höhenförderer oder Gebläse zu beschicken.

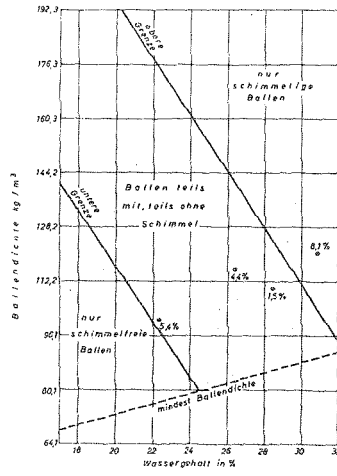
Der Heuturm-Versuchsbehälter wurde nach dem Vorbild des Heuturms „Reute“ gebaut.

Abmessungen: 12eckige Grundfläche,  $\varnothing = 4,10$  m, Höhe = 6 m, zentraler Belüftungskamin mit quadratischem Querschnitt, nutzbarer Lagerraum = 68 m<sup>3</sup>.

Die Luftzuführung zum zentralen Luftkamin erfolgt unterhalb des Behälterbodens. Zur Regulierung des Luftaustrittes bestehen die Wände des Luftkamins aus verschiebbaren Hartfaserplatten. Die Seitenwände des Turmes sind aus getrennten Rundstangen und Drahtgeflecht hergestellt. Der Turm wird durch ein Wurfgebläse beschickt. Am Ende der Rohrleitung befindet sich ein nach dem Reaktionsprinzip arbeitender Ringverteiler. Der Verteiler ermöglicht eine automatische und ziemlich gleichmäßige Beschickung des Turmes mit Heuhäcksel.

Die am Heuturm vorhandene Meßeinrichtung erlaubte eine Mengemessung der vom Gebläse geförderten Luft. Der Vergleich der Aufzeichnungen der Thermohygrographen, welche Temperatur und Feuchte der austretenden Luft registrierten, sollte ein Bild über den in den einzelnen Gebläselaufzeiten erzielten Belüftungserfolg vermitteln. Unter Belüftungserfolg

*Einfluß der Ballendichte und des Feuchtigkeitsgehaltes auf die Heuqualität*



(nach HOPKINS-21- U.S.A.)

Abb. 7



Tabelle 10  
Wichtige Kennwerte der Heubelüftung in Beziehung zu dem Lagerungsverlust an Trockenmasse

Belüftungs- anlage und Schnitt	Feuchtigkeitsgehalt in %		% Lagerungs- verluste an Trocken- masse	Wasserentzug g/m <sup>3</sup> Luft	g/kWh	Strom- verbrauch in kWh/dz Fertigheu mit 14% Wasser
	beim Einlagern	beim Auslagern				
Aulendorf Ballen 2. Schnitt 59	28,5	12,5	1,5	0,62	3 780	5,73
Braunschweig Langheu 2. Schnitt 59	26,4	11,5	3,1	0,83	5 000	4,05
Heuturm Häcksel 2. Schnitt 58	20,2	11,3	3,8	0,62	3 536	3,28
Heuturm Häcksel 2. Schnitt 59	25,7	11,2	4,3	0,68	3 820	5,31
Braunschweig Ballen 1. Schnitt 58	26,4	17,9	4,4	0,96	5 650	2,28
Braunschweig Ballen 2. Schnitt 58	22,2	12,4	5,4	0,78	4 571	3,02
Aulendorf Langheu 2. Schnitt 58	21,6	12,6	5,9	0,80	4 670	2,72
Heuturm Häcksel 1. Schnitt 59	24,3	10,4	6,5	0,94	5 214	3,75
Aulendorf Ballen 1. Schnitt 59	31,5	12,5	8,1	1,07	6 115	5,00
Aulendorf Häcksel 1. Schnitt 58	40,5	14,4	10,0	1,24	7 260	8,05
Braunschweig Langheu 1. Schnitt 59	35,4	11,0	11,2	1,36	8 168	5,20
Heuturm Häcksel 1. Schnitt 58	50,3	10,6	15,0	1,49	8 560	10,77

sind hier die Gramm Wasser je m<sup>3</sup> Luft zu verstehen, die aus dem Heu abgeführt wurden. Die Aufschreibungen der drei Thermohygrographen, welche an der Wand des Heuturmes zur Registrierung der Abluft aufgehängt waren, zeigten vor allem in der zweiten Hälfte jeder Belüftungsperiode starke Abweichungen voneinander. Die Trocknung des Heustapels mußte demnach ungleichmäßig verlaufen.

Hierfür gibt es zwei Gründe: Eine Heumenge, welche mit einem durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt von z. B. 35 % eingelagert wird, kann einzelne Partien mit 45 % Feuchtigkeit enthalten. Des weiteren werden auch bei sorgfältiger Einlagerung einzelne, dichter lagernde Stellen entstehen, durch die verhältnismäßig wenig Luft dringt und deren Belüftung dann noch nicht abgeschlossen ist, wenn der größte Teil des Heues schon längst auf einen lagerfähigen Wassergehalt heruntergetrocknet ist.

Als gesichert können aber die bei der Ein- und Auslagerung mit der Fuhrwerkswaage festgestellten Heugewichte gelten. In Verbindung mit dem jeweils ermittelten Wassergehalt und der durch das Heu geblasenen Luftmenge sowie dem Stromverbrauch ergeben sich für alle drei Belüftungsanlagen gemeinsame Kennzeichen. Auf eine Luftmengenmessung bei den Flanchanlagen mußte wegen baulicher Schwierigkeiten verzichtet werden. Ein Vergleich des spezifischen Stromverbrauches zeigt aber, daß die Werte der Flanchanlagen recht gut mit denen des Heuturmes übereinstimmen:

Heuturm 1,76 · 10<sup>-4</sup> kWh/m<sup>3</sup> Luft;  
Aulendorf 1,71 · 10<sup>-4</sup> kWh/m<sup>3</sup> Luft;  
Braunschweig 1,67 · 10<sup>-4</sup> kWh/m<sup>3</sup> Luft.

Tabelle 10 wurde nach der Höhe der Lagerungsverluste zusammengestellt. Dabei ist zu beachten, daß die Zahlen aus vier Ernten mit unterschiedlichen Witterungsverhältnissen stammen.

In Abbildung 8 ist der theoretisch zu erwartende Stromverbrauch je dz Fertigheu (14 % Wasser) in Abhängigkeit von der Einlagerungsfeuchte dargestellt. Dabei wurde ein Wasserentzug von 1 g/m<sup>3</sup> Luft vorausgesetzt. Neben dem theoretischen Stromverbrauch sind ferner die in den Versuchen ermittelten Werte eingetragen, wobei jede Anlage besonders gekennzeichnet ist. Aus der Darstellung ergibt sich, daß die gemessenen Stromverbrauchswerte vor allem bei niedriger Einlagerungsfeuchte über dem theoretischen, bei hoher Einlagerungsfeuchte dagegen unter dem theoretischen Stromverbrauch liegen. Die Verteilung der gemessenen Stromverbrauchswerte läßt darauf schließen, daß zwischen Einlagerungsfeuchte und Stromverbrauch ein enger Zusammenhang besteht. Zum mathematischen statistischen Nachweis wurde dazu die Korrelationsrechnung (Anderson [4], Fisher [5]) herangezogen, die mit einem Korrelationskoeffizienten vom r = + 0,928 eine hochsignifikante Sicherung ergibt, und das Vorhandensein eines engen Zusammenhanges bestätigt. Der gleichfalls errechnete Regressionskoeffizient besagt, daß der Stromverbrauch je dz Fertigheu um 2,56 kWh ansteigt, wenn die Einlagerungsfeuchte um 10 % zunimmt.

Ist der Wasserentzug höher als 1 g/m<sup>3</sup> Luft, so liegt die Vermutung nahe, daß die Trocknung durch die Eigenerwärmung des Heues unterstützt wird. Eigenerwärmung bedeutet aber immer Verlust an Trockensubstanz. Abbildung 9, in der die Trockenmasselagerungsverluste in Beziehung zum Wasserentzug je m<sup>3</sup> Luft gesetzt sind, zeigt die erwartete Tendenz. Der Regressionskoeffizient gibt an, daß die Verbesserung des Wasserentzuges um 0,1 g/m<sup>3</sup> Luft gleichzeitig einen Lagerungsverlust von 1,26 % zur Folge hat. Ähnliches wie die Abb. 8 und 9 sagt auch Abb. 10 aus, wo der Wasserentzug in Abhängigkeit von der Einlagerungsfeuchte aufgetragen wurde. Mit dem Anstieg der Einlagerungsfeuchte um 10 % errechnet sich hier eine Erhöhung des Wasserentzuges um 0,28 g/m<sup>3</sup> Luft.

Es wird jedoch darauf hingewiesen, daß die mit Hilfe statistischer Methoden ermittelten Angaben nur für den Bereich innerhalb der Meßpunkte Gültigkeit haben. Eine Extrapolation ist daher nicht möglich.

Eine zur Steuerung der Gebläse der beiden Flanchanlagen benutzte Schaltautomatik arbeitet mit der relativen Feuchte der Umgebungsluft. Damit bei Tagen mit hoher relativer Luftfeuchte keine starke Erwärmung des Stockes eintreten

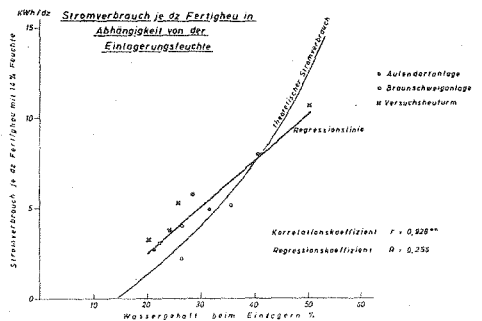


Abb. 8

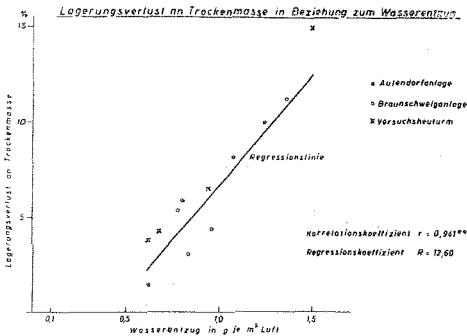


Abb. 9

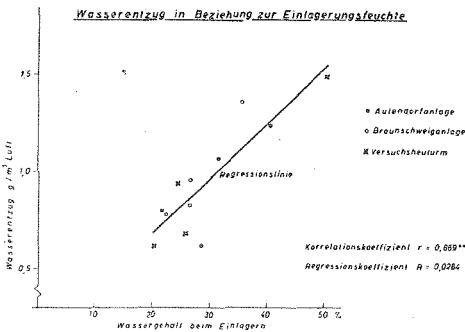


Abb. 10

kann, wird mit Hilfe einer Schaltuhr das Gebläse dreimal innerhalb von 12 Stunden je eine  $\frac{1}{4}$  Stunde eingeschaltet oder bei einer anderen Schalterstellung einmal 1 Stunde. Die Belüftung dient dann in erster Linie zur Abkühlung. Auf diese Weise läßt sich auch leicht eine Erwärmung des frisch eingefahrenen Futters während der Nachtstunden verhindern, bei gleichzeitig sparsamem Stromverbrauch. Andere Automatiksysteme benutzen als Schaltimpuls neben der relativen Luftfeuchte noch die Heustocktemperatur. Die Schwierigkeit dabei ist, daß die Erwärmung innerhalb eines Stockes sehr verschieden sein kann. Es gelingt nicht immer, die den Schaltimpuls gebende Thermometersonde gerade an der wärmsten Stelle des Stockes einzuführen.

Der Einsatz einer weiteren Automatik erbrachte keine merkbare Stromersparnis. Diese Automatik benutzt den Unterschied in der absoluten Feuchte von Zu- und Abluft als Schaltimpuls. Die außerordentlich geringen Lagerungsverluste von 1,5 % der Aulendorfanlage beim zweiten Schnitt 1959 können jedoch auf die Arbeit dieser Automatik zurückgeführt werden. Sobald sich infolge einer leichten Eigenerwärmung des Heues über dem Stock dämpfige Luft ansammelt, schaltet sich das Gebläse ein und läuft so lange, bis die Luft über dem Stock in ihrem absoluten Wassergehalt der Umgebungsluft entspricht. Auf diese Weise wird auch eine leichte Stockerwärmung, auch während der Nacht oder an regnerischen Tagen verhindert. Der elektrische Schaltschutz wird jedoch stark beansprucht. Bei einer Einstellung auf 1 g H<sub>2</sub>O Unterschied in Zu- und Abluft erfolgten innerhalb 24 Stunden 96 Schaltungen.

Die vorliegenden Untersuchungen haben bestätigt, daß die Heubelüftung bei richtiger Handhabung die sichere Gewinnung von Qualitätsheu gewährleistet. Der Vorteil der Heubelüftung wird gegenüber der Bodentrocknung um so größer, je ungünstiger die Witterungsverhältnisse bei der Ernte sind.

Wegen noch besserer Mechanisierbarkeit und geringerem Wetterisiko sollte jedoch künftig noch mehr Futter siliert werden. Für die in Form von Heu benötigte Restfuttermenge bietet aber die Heubelüftung gegenüber der Feldtrocknung: Verminderung der Verluste, Erhöhung der Qualität und Arbeitersparnisse sowie gegenüber der noch aufwendigeren Gerüsttrocknung ganz erhebliche Einsparungen.

### Zusammenfassung

Aus den Untersuchungen über Arbeitsverfahren und Einlagerung von Belüftungsheu sowie über das Verhalten von Ballen-, Häcksel- und Langheu in den Belüftungsanlagen lassen sich folgende Schlusfolgerungen ziehen:

1. Bei den vorbereitenden Arbeitsgängen zur Heubelüftung ist insbesondere der Wendearbeit große Aufmerksamkeit zu schenken, damit eine rasche und gleichmäßige Abtrocknung des Futters erzielt wird. Hier beginnt bereits die Voraussetzung für den späteren Belüftungsvorgang.

2. Hinsichtlich der Ladeleistung in dz/h lag bei Belüftungsheu der Seitenfuderlader eindeutig an der Spitze. Leistungen bis zu 32 dz/h Trockenmasse wurden erreicht.

3. In der weiteren Reihenfolge gruppieren sich hinsichtlich der durchschnittlichen Ladeleistungen bezogen auf Trockenmasse die verwendeten Maschinen wie folgt nacheinander: Hochdruckmählpresse 25,6 dz/h; Kopffuderlader 22,0 dz/h; Scheibenradfeldhäcksler 21,0 dz/h; Trommelfeldhäcksler 18,2 dz/h und Frontlader 12,8 dz/h (siehe Tabelle 3 und 4).

4. Im Gesamtarbeitsbedarf (AKh/ha) lag die Kombination: Hochdruckpresse, normaler Erntewagen, Flurförderer und Höhenförderer mit 8 AKh/ha am niedrigsten. Die Kombination Kopffuderlader, normaler Erntewagen und Schneidgebälde mit Messern hatte mit 15 AKh/ha den höchsten Aufwand.

5. Höhenförderer und Heuzangen zeigten bei der Einlagerung die höchsten Leistungen. Die niedrigsten Leistungen wurden dagegen von Wurf- und Schneidgebläsen erreicht.

6. Häckselverteiler verbessern die Einlagerung von Häckselheu, verhindern Verdichtungen und begünstigen damit die gleichmäßige Durchlüftung.

7. Feuchte Heuballen von Feldpressen können unter bestimmten Voraussetzungen mit Erfolg belüftet werden. Bei der Verwendung von Hochdruckpressen ist eine nicht zu starke Pressung einzustellen und die Ballen sollten mit einer Feuchtigkeit von nicht mehr als 35 % eingelagert werden.

8. In der Belüftungsanlage sind Heuballen zwecks einwandfreier Bebläsung zu stapeln.

9. Zwischen Stromverbrauch und Einlagerungsfeuchte, sowie Lagerungsverlusten und Wasserentzug, ferner zwischen Wasserentzug und Einlagerungsfeuchte konnte das Vorhandensein sehr enger Beziehungen nachgewiesen werden.

### SCHRIFTTUM:

- [1] Rahmann, v. Ow.: Untersuchungen über die Mechanisierungsmöglichkeiten und die betriebs- und arbeitswirtschaftlichen Auswirkungen der Heubelüftung. Forschungsbericht 1960. Unveröffentlichtes Manuskript. Institut für Landtechnik Weihenstephan.
- [2] Birk, G.: Richtlinien für den Einsatz von Heubelüftungsanlagen, Schriftenreihe des AID, Frankfurt a. M., 1959, Heft 107.
- [3] Hopkins R. B.: The relation of moisture content and bale density of hay quality, Quarterly Bulletin, Agr. Exp. St. Michigan State University 1954.
- [4] Anderson, O.: Probleme der statistischen Methodenlehre, Physica Verlag, Würzburg, 1957, 1. Auflage.
- [5] Fisher, R. A.: Statistische Methoden für die Wissenschaft, Verlag Oliver and Boyd, London, 1956, 12. Auflage, Deutsch von Dora Lucka.