

# Belüftungstrocknung von Getreidegarben

Institut für Landtechnik, Bonn

Der Mähdrusch konzentriert sich bisher hauptsächlich auf die Betriebe mit stärkerem Getreidebau. Demgegenüber ist seine Anwendung in der Masse der Betriebe mit kleinerer Getreidefläche oft noch nicht zwingend notwendig. In diesen Betrieben bringt die Getreideernte gewöhnlich keine Arbeitsspitze, und durch die Weiterbenutzung vorhandener Erntemaschinen sind größere Kapitalaufwendungen vorerst nicht notwendig. Jedoch besteht auch hier der Wunsch, das dem Binderernteverfahren anhaftende Wetterrisiko zu beseitigen. Hier bot die Trocknung von Getreidegarben unter Dach sich von selbst an, nachdem mit dem gleichartigen Verfahren der Unterdach Trocknung von Heu vorwiegend gute Ergebnisse erzielt worden waren [1]. Bei dem Unterdach Trocknungsverfahren werden die Garben ebenso wie Heu nur zum Teil auf dem Felde getrocknet, während man den schwierigeren Entzug der Restfeuchtigkeit der Trocknungsanlage überträgt. In der Praxis werden Heu und Garben oft in derselben Anlage oder zumindest mit demselben Lüfter getrocknet. Daher ist die Garbentrocknung besonders dort anzutreffen, wo auch die Unterdach Trocknung von Heu verbreitet ist, nämlich in Gebieten mit häufig feuchter Erntewitterung.

Außer der Verminderung des Wetterrisikos soll das Garbentrocknungsverfahren im Vergleich mit der landläufigen Binderernte eine Arbeitersparnis durch den Wegfall des Aufstiegs und auch eine frühzeitigere Räumung der Felder für die Zwischenfruchtbestellung bringen [2].

## 1. Versuchsplanung

Die Untersuchungen über die Garbentrocknung waren ausnahmslos in praktischen Betrieben durchzuführen. Daher mußte durch entsprechende Auswahl der Versuchsbetriebe und ihrer Trocknungsanlagen die interessierende Variationsbreite an Versuchsbedingungen erreicht werden. Die Variationsmöglichkeiten sollten durch die Wahl eines Früherntegebietes im Raum Hannover und eines Späterntegebietes in der Eifel wirkungsvoll ausgeschöpft werden<sup>1)</sup>.

Zuerst war die Frage zu klären, inwieweit mit Hilfe von Unterdach Trocknungsanlagen feuchte Garben getrocknet werden können, die unmittelbar nach dem Mähen eingelagert wurden. Als Vergleich dazu sollte die Trocknung von mehr oder weniger auf dem Felde vorgetrockneten Garben dienen. Innerhalb dieses Problemkreises waren die von verschiedenen Seiten auf den Trocknungserfolg einwirkenden Faktoren zu untersuchen wie Reifegrad beim Mähen, Grünbesatz, Getreideart, Temperatur und Feuchtigkeitsgrad der Trocknungsluft, Intensität der Belüftung und Temperatur im Garbenstapel. Weiterhin war der Einfluß der verschiedenartig ausgebildeten Anlagen festzustellen wie Ausführung und Lage des Luftkanals, der Bodenroste und der Ziehstöpsel, Art der Umwandung, Größenverhältnis zwischen Lüfterleistung und Fassungsvermögen der Anlagen sowie Luftströmung und Luftwiderstand an den verschiedenen Stellen des Stapels.

Als Maßstäbe für den Erfolg der Trocknung wurden der Wassergehalt von Körnern und Stroh, die Keimeigenschaften und die Korntrockensubstanz sowohl beim Mähen als auch beim Einlagern und beim Auslagern festgehalten.

## 2. Trocknungsverfahren

Die zur Trocknung von Garben und Heu verwendeten Anlagen unterscheiden sich im wesentlichen durch die verschiedenartige Anordnung der Luftverteilsysteme [3]. In den weitaus meisten Anlagen wird die Trocknungsluft mittels eines waagrecht verlegten Kanals und anschließender Bodenroste unter das Trocknungsgut geführt. Bei allseitig luftdichter Umwandung des Stapels strömt die Luft senkrecht nach oben. Fehlt die Umwandung ganz oder teilweise, so strömt die Luft sowohl senkrecht als auch zu den offenen Seiten hin waagrecht und schräg nach oben. Bei hohen Stapeln werden zuweilen Ziehstöpsel zur Luftleitung nach oben benutzt. Ein weiteres Luftverteilsystem besteht lediglich aus einem waagerechten Mittelkanal, von dem aus die Luft radial durch den halbzylinderförmigen Stapel strömt.

Für die Untersuchungen wurden sechs Trocknungsanlagen ausgewählt. Von diesen Anlagen, die alle mit Bodenrosten und Ziehstöpseln versehen waren, hatten zwei Anlagen rundum offene Seiten; zwei Anlagen hatten je zwei offene und zwei geschlossene Seiten, und zwei Anlagen waren mehr oder weniger allseitig geschlossen.

Die Garbentrocknung diente den Betrieben in erster Linie zur Umgehung von Schlechtwetterperioden und weniger zur Trocknung der Gesamternte. Die Anlagen hatten ein Fassungsvermögen von etwa drei bis zehn Hektar Getreide bei einer Getreidefläche der Betriebe zwischen 14 und 26 ha. Die Getreideernte brachte den Betrieben keine Arbeitsspitze, da noch genügend Arbeitskräfte verfügbar waren. Die Durchführung des Trocknungsverfahrens blieb den einzelnen Betriebsleitern überlassen. Die Garben wurden zum größten Teil in der Binderreife gemäht und mehr oder weniger auf dem Felde vorgetrocknet. Der geringere Teil wurde unmittelbar nach dem Mähen eingelagert. Der Vorteil der frühzeitigen Räumung der Felder wurde nur in geringem Umfang durch die Bestellung von Zwischenfrüchten genutzt. Das Belüften der Garben begann bei allen Anlagen mit dem Einlagern. Der weitere Verlauf der Belüftung hing von den Betriebsleitern ab und war dementsprechend unterschiedlich. Die Belüftungstunden der sechs Anlagen sind in Tafel I in Verbindung mit weiteren Daten zusammengestellt.

In den Anlagen I, II und VI lagerten zum Teil nicht vorgetrocknete Garben mit einem Anfangswassergehalt von etwa 45% (im Stroh), während die Anlagen III, IV und V vorgetrocknete Garben mit einem Wassergehalt von rund 30% enthielten.

Das Wetter war während der Versuchszeit zunächst regnerisch. Vom 1. bis 26. August fielen an 21 Regentagen 113 mm Regen. Vom 27. August an herrschte sommerliches Wetter mit Temperaturen bis zu 27° C. Nach dem 8. September war das Wetter wieder wechselhaft.

### 2.1 Erforderliche und gemessene Luftmengen

Der zur Trocknung feuchter Erntegüter erforderliche Luftbedarf wird in erster Linie durch den Wassergehalt des eingelagerten

<sup>1)</sup> Die Untersuchungen wurden durchgeführt am Institut für Landtechnik der Universität Bonn (Dir.: Prof. Dr. Dr. h. c. H. DESCKER).

Tafel 1: Belüftungstunden, Lüfterleistung, Leistungsaufnahme, statischer Druck im Kanal und Maße der Anlagen

Anlage	Getreideart*)	Stapel		Lüfterleistung [m³/h]	Leistungs- aufnahme [KW]	statischer Druck im Kanal [mm WS]	Belüftungs- stunden [h]
		Fläche [m²]	Höhe [m]				
I	R	162	5,5	45 100	5,19	12,3	402,7
II	R	112	4,5	37 300	4,17	7,6	302,8
III	R, H	26	6,5	34 600	4,96	14,4	46,3
IV	G, H	81	7,0	20 300	3,26	14,9	161,4
V	R, W, H	132	4,5	21 800	4,04	29,0	94,2
VI	H	60	5,0	19 800	3,21	15,9	105,2

\*) R = Roggen, H = Hafer, G = Sommergerste, W = Weizen

**Tafel 2: Trocknungsleistung an Garben für verschiedene Lüfterleistungen**

Lüfterleistung [m³/h]	Trocknungsleistung in 150 Stunden	
	nicht vorgetrocknete Garben [m³]	vorgetrocknete Garben [m³]
20000	60	175
30000	90	265
40000	120	350
50000	150	440

Die Garbenmenge je Hektar beträgt 85 bis 130 m³ [7].

Gutes und durch das Wasseraufnahmevermögen der Trocknungsluft bestimmt. Zur Berechnung der für eine verlustlose Trocknung notwendigen Luftmengen sind im folgenden Werte unterstellt, die weitgehend den praktischen Gegebenheiten entsprechen:

Wassergehalt der nicht vorgetrockneten Garben im Stroh 45% und in den Körnern 25%;

Wassergehalt der vorgetrockneten Garben im Stroh 30% und in den Körnern 20%;

Trocknung bis zur Lagerfähigkeit des Strohes auf etwa 20% [4] und der Körner auf 14% [5];

Wasserentzug aus nicht vorgetrockneten Garben 48,5 kg/m³ und aus vorgetrockneten Garben 19 kg/m³;

Wasseraufnahmevermögen der Trocknungsluft 1,1 g/m³ im langjährigen Mittel der Wetterwarten Langenhagen und Nürburg; Abzug von 20% wegen erfahrungsgemäß unvollständiger Ausnutzung des tatsächlichen Aufnahmevermögens in der Praxis [4; 5];

aus dem Wassergehalt der Garben und dem tatsächlichen Wasseraufnahmevermögen der Trocknungsluft ergibt sich ein Gesamtluftbedarf je m³ nicht vorgetrockneter Garben von etwa 50000 m³ und je m³ vorgetrockneter Garben von rund 17000 m³.

Zur Berechnung des stündlich notwendigen Luftbedarfs ist weiterhin unterstellt:

Zulässige Belüftungszeitspanne bis zum Schadensbeginn 21 Tage [4]; in dieser Zeitspanne 150 belüftungsfähige Stunden (täglich etwa sieben Stunden nach langjährigem Mittel);

stündlicher Luftbedarf demnach je m³ nicht vorgetrockneter Garben etwa 330 m³ Luft und je m³ vorgetrockneter Garben rund 110 m³ Luft.

In diesem Zusammenhang ist erwähnenswert, daß schwedische Untersuchungen bei gleich großen Luftmengen einen zufriedenstellenden Trocknungserfolg brachten [6].

Der ermittelte stündliche Luftbedarf gestattet die Berechnung der bei bestimmter Lüfterleistung zu trocknenden Garbenmenge. Tafel 2 zeigt, daß die Trocknungsleistung der heute üblichen Heulüfter bei Garben eng begrenzt ist. Ferner wird deutlich, daß eine Vortrocknung der Garben auf dem Felde von etwa 45% auf 30%,

die schon in zwei bis drei Tagen erreicht werden kann, die Leistung einer Anlage um fast das Dreifache zu steigern vermag.

Zum Vergleich mit den für eine einwandfreie Trocknung notwendigen Luftmengen sind in Tafel 3 die in den sechs Anlagen gemessenen Trocknungsdaten wiedergegeben. Bemerkenswert sind die in allen Anlagen zu geringen stündlichen und auch Gesamtluftmengen. Auch die Belüftungszeitspannen sind außer in den Anlagen III und VI zu lang.

## 2.2 Luftwiderstand und Luftströmung

Der beim Hindurchdrücken von Luft durch einen Garbenstapel entstehende Luftwiderstand ist vornehmlich von der Länge des Luftweges und von der Größe des zusammenhängenden Hohlraumvolumens abhängig. Bei Erhöhung des Stapels steigt der Widerstand durch Verlängerung des Luftweges und durch Pressung der Garben. Druckerhöhend wirken auch hoher Wassergehalt, Grünbesatz und, wie insbesondere bei Hafer und Gerste, labile Struktur des Garbenstrohes. Infolge der Druckerhöhung kann die Lüfterleistung von Niederdruckgebläsen entsprechend den Gebläsekennlinien erheblich sinken. So wurde in der allseitig mit luftdichten Wänden umgebenen und mit feuchten Hafergarben gefüllten Anlage VI bei Erhöhung des Stapels ein deutlicher Abfall der Lüfterleistung festgestellt (Tafel 4).

**Tafel 4: Statischer Druck im Kanal und Lüfterleistung bei Erhöhung des Stapels in allseitig luftdichter Anlage**

Datum der Messung	Stapelhöhe [m]	stat. Druck [mm WS]	Lüfterleistung [m³/h]
3. 9.	1,5	8,5	24624
6. 9.	2,6	15,2	20011
22. 9.	5,0	18,4	19120

Außer dem statischen Druck im Kanal wurde die im Stapel herrschende Druckverteilung gemessen. Die Druckverteilung vermittelt ein Bild von der Luftströmung innerhalb eines Stapels. Sie bietet auch gute Anhaltspunkte über den Einfluß der Konstruktion einer Anlage auf die Luftströmung. Zunächst sind in Bild 1 die Linien gleichen Druckes (Isobaren) von Anlagen mit ideal gleichmäßiger Luftströmung im Prinzip dargestellt. Bild 1a (oben) zeigt eine allseitig geschlossene Anlage, in der die Isobaren waagrecht und parallel zueinander verlaufen. Die Stromlinien der Luft stehen senkrecht zu den Isobaren. Zwischen den einzelnen Pfeilen strömen etwa gleich große Luftmengen. Bei halbzylinderförmig um einen Mittelkanal geschichteten Stapeln bilden die Isobaren parallel zueinander verlaufende Halbkreise, die senkrecht zu den radialen Stromlinien stehen (Bild 1b, unten).

Im Vergleich zu diesen Idealformen lassen die in der Praxis untersuchten Anlagen mehr oder weniger große Unregelmäßigkeiten erkennen. Bild 2 zeigt die Isobaren einer Anlage mit offener Vorderseite und luftdurchlässiger Rückseite. Die Luft entweicht zum großen Teil auf dem kürzesten Wege unten aus dem Stapel, während die höher liegenden Schichten und hier besonders die Außenkanten wenig Luft erhalten. Der Ziehstöpsel leitet die Luft nur in die unmittelbar anliegenden Garben (Bild 2a). In einer anderen

**Tafel 3: Gemessene Luftmengen, Wasseraufnahme der Luft und Dauer der Trocknung (siehe auch Tafel 1)**

Anlage	Gesamtluftmenge	Stapelinhalt	Luftmenge je m³ Garben	Luftmenge je m³ Garben und Stunde	Belüftungszeitspanne	Wasseraufnahme der Luft	
	[Mio. m³]					[m³]	Aufnahmevermögen*)
		[m³]	[m³]	[m³]	[Tage]	[g/m³]	[g/m³]
I**)	18,165	800	38000	94	50	0,90	0,50
II	11,304	410	27560	91	42	1,00	0,88
III	1,600	490	1530	33	7	1,10	0,60
IV	3,289	550	5970	37	43	1,20	1,07
V	2,052	250	9200	97	31	1,40	1,18
VI	2,083	270	7710	73	18	1,30	1,35

\*) nach ix-Diagramm von MOLLER  
 \*\*) Inhalt des Versuchsstapels betrug 250 m³, die hindurchgeblasene Luftmenge 9,499 Mio. m³ (als Anteil errechnet)

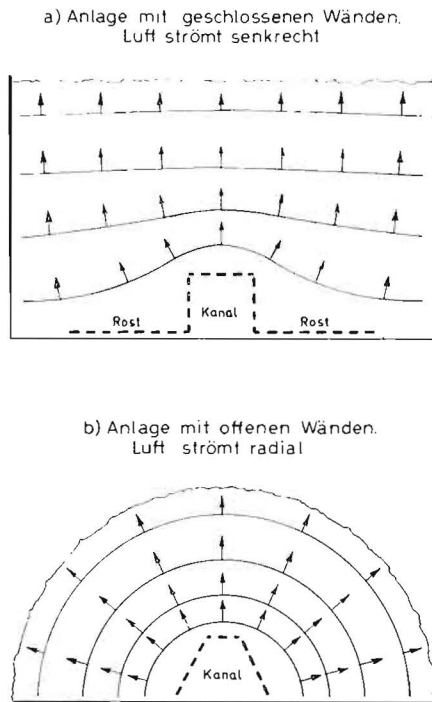


Bild 1: Linien gleichen Druckes in Anlagen mit gleichmäßiger Luftführung (im Prinzip)

Anlage mit offener Vorderseite aber geschlossener Rückseite wurde ein starkes Entweichen der Luft an der offenen Vorderseite festgestellt. Die höhergelegenen Stapelschichten erhielten auch in diesem Fall nur wenig Luft.

Eine weitgehend gleichmäßige Luftströmung wurde dagegen in einer allseitig luftdicht geschlossenen Anlage festgestellt (Bild 3). Obgleich hier der Luftkanal aus baulichen Gründen seitlich versetzt war, strömte die Luft auch durch die entfernteren Stapelschichten. Die Ziehstöpsel haben an der Gleichmäßigkeit der Luftströmung keinen sichtbaren Anteil.

Die Ergebnisse der Druckverteilung im Stapel wurden durch Siebtarmachen der Belüftungsluft mittels praktisch schwerelosen Paraffinnebels anschaulich bestätigt. So trat an der offenen Seite eines Stapels im unteren Teil dichter Nebel aus, während er nach oben zu sehr viel dünner und mit erheblicher zeitlicher Verzögerung sichtbar wurde (Bild 4).

### 2.3 Temperatur im Stapel

Die während der Trocknungszeit mit Hilfe von Widerstands-Fernthermometern und Sechsfarbenschreibern an verschiedenen Stellen im Stapel gemessene Temperatur zeigte eine deutliche Abhängigkeit von der Luftströmung. In den (meist oberen) Stapelschichten mit geringer Luftströmung stieg die Temperatur während der Belüftungspausen erheblich stärker an als in den stark durchströmten (meist unteren) Schichten. Die mit einsetzender Belüftung beginnende Abkühlung war in den wenig durchströmten Schichten sehr viel geringer.

Die Bedeutung der im Stapelinnern herrschenden Temperatur wurde durch die Untersuchung der Keimeigenschaften und der Kornsubstanz veranschaulicht. An den Stellen mit geringer Durchlüftung und hoher Durchschnittstemperatur hatten sowohl die Keimschnelligkeit als auch die Trockensubstanzmenge der Körner während der Trocknungszeit merklich abgenommen. Dagegen waren sie an den Stellen mit niedriger Temperatur ebenso deutlich angestiegen.

## 3. Trocknungsergebnis

### 3.1 Trocknung von Körnern und Stroh

Bei der Garbentrocknung werden zwei verschiedene Erntegüter gleichzeitig getrocknet, nämlich Körner und Stroh. Durch deren gleichzeitige Berührung mit der Trocknungsluft entsteht ein bestimmtes Gleichgewicht des Feuchtigkeitsgehaltes der Körner und

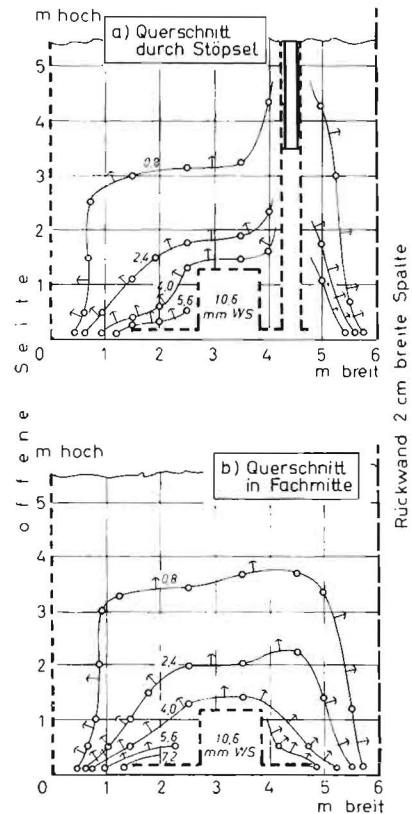


Bild 2: Linien gleichen Druckes in Anlage I mit offener Vorderseite und luftdurchlässiger Rückseite

des Strohes sowohl gegenüber dem Feuchtigkeitsgehalt der Trocknungsluft als auch untereinander. Die Gleichgewichtswerte der Feuchtigkeit von Körnern und Luft sind bekannt [8]. Dagegen liegen über das wechselseitige Verhalten von Stroh- und Luftfeuchtigkeit bisher keine exakten Ergebnisse vor. Jedoch lassen die im Verlauf dieser Versuche gewonnenen Anhaltswerte erkennen, daß bei feuchten, nicht auf dem Felde vorgetrockneten Garben die Feuchtigkeit im Stroh weit höher ist als in den Körnern. Daraus ist zu folgern, daß bei der Trocknung feuchter Garben zu-

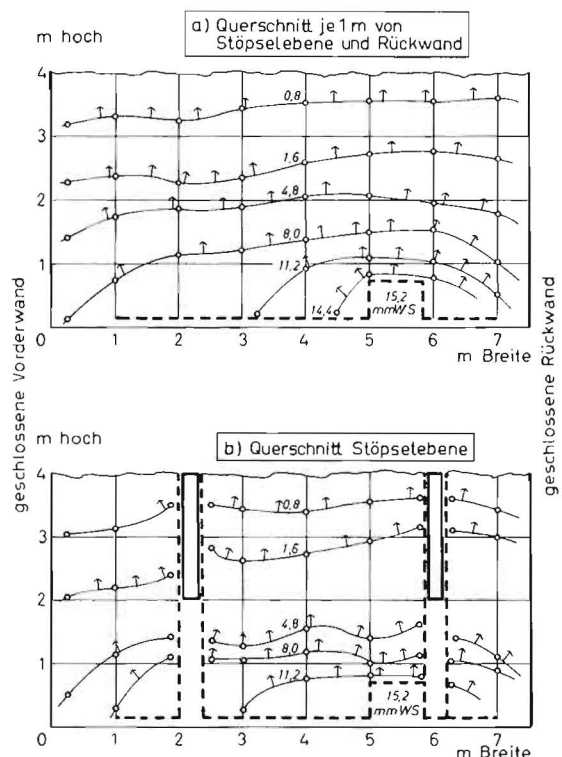


Bild 3: Linien gleichen Druckes in Anlage VI mit allseitig luftdichter Umwandung



Bild 4: Ungleichmäßiger Luftaustritt an offener Stapelseite

nächst nur dem Stroh Wasser entzogen wird, während die Körner vorerst noch nicht trocknen. Demnach sind die Körner längere Zeit empfindlich gegen Schadenseinflüsse. Der hohe Wassergehalt des Garbenstrohes begünstigt in starkem Maße das Wachstum von Schimmelpilzen, die die Qualität von Körnern und Stroh erheblich beeinträchtigen können.

Von den einzelnen Getreidearten besitzen Hafer und Gerste eine verhältnismäßig höhere Strohfeuchtigkeit als Weizen und Roggen. Grünbesatz wirkt stark feuchtigkeitserhöhend und ist daher sehr nachteilig.

Infolge des hohen Wassergehaltes hatte die Qualität des Strohes nicht vorgetrockneter Garben bis zum Ende der Lagerzeit bei fast allen Proben mehr oder weniger stark gelitten.

Im Verlauf der Versuche war eine exakte Ermittlung des Trocknungsvorganges im Stapel nicht möglich. Der deshalb zu Beginn und am Ende der Lagerzeit gemessene Wassergehalt war bei feucht eingelagerten Garben meist erheblich gesunken. Genügend getrocknet waren jedoch nur die unteren Stapelschichten, während der Endwassergehalt nach oben hin zunahm. Als Beispiel der innerhalb eines Stapels durch ungleichmäßige Luftführung verursachten uneinheitlichen Trocknung dienen die in Tafel 5 angeführten Ergebnisse. Der Endwassergehalt von Körnern und Stroh stieg unabhängig vom Anfangswassergehalt mit zunehmender Lagerhöhe. Das gleiche unterschiedliche Trocknungsergebnis brachten Garben mit mittlerer Einlagerungsfeuchtigkeit; natürlich war hier das Gesamtbild erheblich günstiger. Bei fast trocken eingelagerten Garben war der Wassergehalt teils weiter gesunken, teils unverändert und teils aber auch gestiegen.

### 3.2 Keimeigenschaften

Während der Wassergehalt der Garben sich fast ausschließlich unter dem Einfluß der Luftführung im Stapel entwickelte, zeigten die Keimeigenschaften außerdem auch arteigene Unterschiede. Hafer und Gerste erwiesen sich als relativ widerstandsfähig gegen ungünstige Trocknungsverhältnisse. Dagegen reagierten Roggen und Weizen empfindlicher. Die starke Abhängigkeit des Keimverhaltens von der Trocknung wird am Beispiel von Roggen garben deutlich, die zwischen Gelbreife und Binde reife gemäht und in Anlage II belüftet wurden (Tafel 6). Die gut getrockneten Körner

Tafel 5: Anfangs- und Endwassergehalt einiger Roggenproben aus Anlage II

Probe-Nr.	Lagerhöhe [m]	Wassergehalt			
		in Körnern		im Stroh	
		Einlagern [%]	Auslagern [%]	Einlagern [%]	Auslagern [%]
20	1,5	23,6	13,8	52,1	11,4
32	2,0	20,7	15,0	48,6	12,9
38	3,5	22,5	21,2	46,7	21,8

verzeichneten nur eine geringe Abnahme der Keimschnelligkeit, während die schlechter getrockneten starke Keimschäden erlitten hatten. In diesem Roggenstapel war in den schlecht getrockneten Schichten ein erheblicher Befall von Mikroorganismen eingetreten, die die Keimeigenschaften ungünstig beeinflussten.

Das Verhalten der Keimeigenschaften der Körner verdeutlicht nicht nur die schon erwähnte Abhängigkeit von der Trocknung im Stapel, sondern auch den Vorteil einer Vortrocknung auf dem Felde. Besonders früh gemähtes Getreide besitzt noch nicht die volle Keimkraft; diese kann sich während der Vortrocknung weiter entwickeln und somit an Widerstandsfähigkeit gegen ungünstige Trocknungsverhältnisse gewinnen.

Das Keimverhalten der Körner brachte wertvolle Anhaltspunkte über die zulässige Trocknungsdauer. Bei feucht eingelagerten Garben begann die Keimschnelligkeit nach etwa drei Wochen Schaden zu leiden. Nach den wenigen möglichen Versuchsergebnissen kann mit Vorbehalt angenommen werden, daß die Trocknung eines feuchten Garbenstapels spätestens nach drei Wochen beendet sein muß. Die zulässige Trocknungsdauer sehr feuchter und obendrein mit Grünteilen durchsetzter Garben wird wesentlich kürzer sein als drei Wochen, während andererseits vorgetrocknete Garben eine längere Trocknungszeitspanne ohne Schaden überstehen können.

Die ermittelte zulässige Trocknungsdauer von etwa drei Wochen läßt auf eine günstige Wirkung der geschützten Lage der Körner in den Ähren schließen, da gedroschene Körner bei vergleichbarem Wassergehalt schon nach etwa zehn Tagen getrocknet sein müssen [5].

### 3.3 Korntrockensubstanz

Die Korntrockensubstanz ungedroschener Körner wird während der Lagerung durch zwei gegenläufig wirksame Faktoren quantitativ beeinflusst, nämlich durch die nachträgliche Substanzeinlagerung vom Stroh in die Körner einerseits und durch die Substanzveratmung andererseits. Die Substanzeinlagerung in die Körner endet bei reifendem Getreide mit dem Zeitpunkt der morphologischen Reife [9]. Sie setzt sich auch nach dem Mähen fort, wenn die Mahd vor diesem Zeitpunkt stattfand. Die nach dem Mähen in die Körner eingelagerte Substanzmenge wird um so größer sein, je niedriger der Reifegrad beim Mähen war.

Der gegenläufige Prozeß der Substanzveratmung wird in starkem Maße durch Temperatur und Wassergehalt der Garben gesteuert. Die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten des Einflusses von Temperatur und Wassergehalt auf die Veratmung wurden von mehreren Autoren eingehend beschrieben [10; 11; 12]. Für die Garbentrocknung ist besonders die Tatsache bedeutungsvoll, daß die Veratmungsintensität sehr schnell mit hohem Wassergehalt und hoher Temperatur steigt. Diese nachteiligen Voraussetzungen für eine starke Veratmung an Korntrockensubstanz sind bei feucht eingelagerten Garben wegen des hohen Wassergehaltes und der dadurch begünstigten Wärmebildung vorhanden. In feuchten und erwärmten Garbenstapeln wird außerdem das Wachstum von Mikroorganismen gefördert, die durch Zersetzung ihres Nährbodens die Korntrockensubstanzmenge ebenfalls negativ beeinflussen.

Über die im einzelnen auf die Korntrockensubstanzmenge einwirkenden Faktoren ist anhand der Versuchsergebnisse kein eindeutiges Bild zu gewinnen, da ein komplexes Zusammenspiel von Reifegrad, Wassergehalt, örtlicher Belüftungsstärke, Trocknungsdauer, Temperatur im Stapel wirksam war. Die Ergebnisse lassen in ihrer Gesamtheit jedoch in den günstigen Fällen einen Substanzzuwachs während der Lagerung von etwa zwei bis fünf Prozent und in den

Tafel 6: Wassergehalt und Keimschnelligkeit von Roggenkörnern aus Anlage II

Probe-Nr.	Wassergehalt		Keimschnelligkeit	
	Einlagern [%]	Auslagern [%]	Einlagern [%]	Auslagern [%]
20	23,6	13,8	55,3	52,5
33	20,7	20,3	43,3	13,3
36	20,7	14,4	66,0	61,8
41	17,1	19,2	66,0	15,0



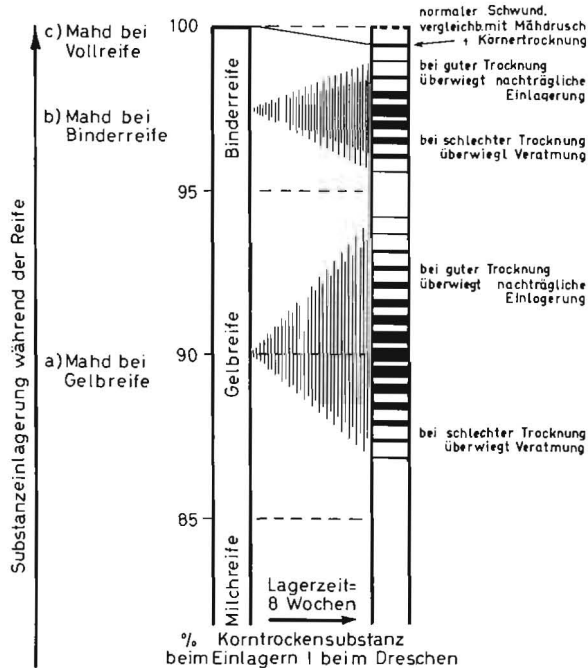


Bild 5: Veränderung der Korntrockensubstanz bei guter oder schlechter Trocknung von gelbreif, binderreif und vollreif gemähtem Getreide

ungünstigen Fällen eine Abnahme von etwa zwei bis drei Prozent erkennen. Bild 5 veranschaulicht den Einfluß guter und schlechter Trocknung auf die am Ende der Trocknungszeit zu erwartende Menge an Korntrockensubstanz, wenn das Getreide in der Gelbreife, Binderreife und Vollreife gemäht wurde. Als Ausgangswerte der beim Einlagern vorhandenen Korntrockensubstanz wurde für gelbreifes Getreide der Wert von 90% des endgültigen Substanzertrages eingesetzt [13], für die Binderreife 97,5% [4] und für die Vollreife 100%. Zur oberen Grenze der dargestellten Streubreite hin überwiegt der bei guter Trocknung entstehende Substanzzuwachs, während bei schlechter Trocknung die im unteren Bereich dargestellte Veratmung stärker zur Geltung kommt. Der Einfluß der Trocknung war um so geringer, je reifer das Getreide beim Mähen war.

Neben den erläuterten unsichtbaren Verlusten an Korntrockensubstanz entstehen bei dem Verfahren der Garbentrocknung weitere Verluste durch Kornausfall auf dem Halm und bei der Bergung. Bei dem Versuch, diese möglichen Verluste in Zahlen zu fassen, wurden neben den eigenen Ergebnissen viele weitere in der Binderernte ermittelte Verlustwerte berücksichtigt [13 . . . 19]. Zunächst wird in Bild 6 das Verhältnis der einzelnen Verlustarten gezeigt, das bei gelbreif, binderreif und vollreif gemähtem Getreide entstehen kann. Mit steigendem Reifegrad sinken die unsichtbaren Verluste durch frühen Schnitt (vergleiche Bild 5), während die Verluste auf dem Halm und bei der Bergung steigen.

Die endgültig zu erwartenden Gesamtverluste sind bei verschiedenem Reifegrad fast gleich groß (Bild 7). Jedoch ist der unter dem Einfluß guter oder schlechter Trocknung entstehende Schwankungsbereich der Korntrockensubstanz, wie oben erläutert, bei gelbreif gemähtem Getreide sehr viel größer als bei später gemähtem. Die Höhe der Gesamtverluste ist zahlenmäßig nicht exakt zu messen, weil der Schwankungsbereich des Trocknungseinflusses nicht genau festzulegen war. Mit diesem Vorbehalt kann der Bereich der beim Garbentrocknungsverfahren zu erwartenden Verluste an Korntrockensubstanz angegeben werden für die Mahd in der Gelbreife mit 8 bis 16%, in der Binderreife mit 11 bis 14% und in der Vollreife mit etwa 13%.

Die Verluste des Garbentrocknungsverfahrens sind demnach nicht geringer als die bereits erwähnten Verluste der landläufigen Binderernte, die mit 8 bis 16% angegeben werden.

#### 4. Folgerungen für die Praxis

Der Erfolg der Garbentrocknung ist sehr stark vom Einlagerungswassergehalt der Garben abhängig. Feuchte, unmittelbar nach dem Mähen eingelagerte Garben enthalten große Mengen Wasser;

sie sind deshalb nur schwer ohne Schaden zu trocknen. Erschwerend wirken grünes Unkraut und Untersaaten. Die Durchlüftung ist infolge starker Pressung im Stapel behindert. In feuchten Garbenstapeln finden Mikroorganismen günstige Lebensverhältnisse. Eine gute Trocknung feuchter Garben ist nur bei intensiver Belüftung und geringer Garbenmenge möglich.

Eine Vortrocknung der Garben auf dem Felde ist bei trockenem Wetter außerordentlich wirksam. Den Garben wird schon in kurzer Zeit ein großer Teil des Wassers entzogen. Sie sind dadurch weitgehend unempfindlich gegen eine längere Trocknungsdauer. Von den untersuchten vorgetrockneten Garben hatten weder die Keimeigenschaften noch die Korntrockensubstanz größere Einbußen erlitten. Auch das Stroh war hier zufriedenstellend getrocknet. Neben der Vortrocknung ist die Unkrautbekämpfung im Getreide wichtig für das Gelingen der Trocknung.

Der Trocknungserfolg kann auch durch den Schnitzeitpunkt insofern etwas beeinflußt werden, als mit steigendem Reifegrad der Wassergehalt des Getreides sinkt, während die Keimqualität und die Korntrockensubstanz steigen und damit unempfindlicher gegen ungünstige Trocknungsverhältnisse werden. Ein Hinauszögern der Mahd über die Binderreife hinaus ist jedoch wegen des dann drohenden Kornausfalls nicht ratsam.

Da zwischen der Trocknung und dem Verderben der Garben ein Wettlauf stattfindet, ist eine rechtzeitige Trocknung notwendig. Die Schädigungen treten bei feuchten Garben früher ein als bei vorgetrockneten. Als Richtzahlen für die zulässige Trocknungsdauer können mit einigem Vorbehalt angegeben werden für

- vorgetrocknete Garben (Wassergehalt etwa 30%)      rund 30 Tage,
- nicht vorgetrocknete Garben (Wassergehalt etwa 45%)      rund 20 Tage,
- nicht vorgetrocknete Garben mit starkem Grünbesatz (Wassergehalt über 50%)      rund 10 Tage.

Zur rechtzeitigen Trocknung von Garben ist ein stündlicher Luftbedarf von 110 m<sup>3</sup> je m<sup>3</sup> vorgetrockneter Garben und von 330 m<sup>3</sup> je m<sup>3</sup> nicht vorgetrockneter Garben erforderlich. Um allen in der Praxis auftretenden Zwischenstufen im Wassergehalt gerecht zu werden, ist die Menge an einzulagernden Garben jeweils nach ihrem Wassergehalt zu begrenzen.

Für die Garbentrocknung kommen bei den üblichen Trocknungsanlagen nur kleinere Getreideflächen in Betracht. Die häufig in der Praxis anzutreffenden geringen Lüfterleistungen sind nämlich

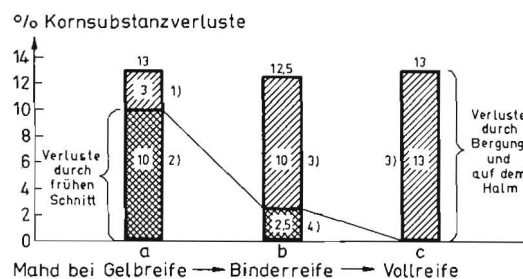


Bild 6: Verluste an Korntrockensubstanz durch Bergung und durch frühen Schnitt bei gelbreif, binderreif und vollreif gemähtem Getreide

1. geschätzt nach [16]
2. nach [13] und eigenen Messungen
3. Anlehnung an Mittelwert von [14; 15; 17; 18; 19]
4. eigene Messungen

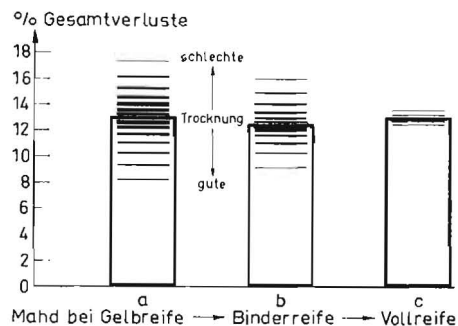


Bild 7: Gesamtverluste an Korntrockensubstanz unter dem Einfluß guter oder schlechter Trocknung von gelbreif, binderreif und vollreif gemähtem Getreide

meist nach dem für die Heutrocknung geringeren Gesamtluftbedarf bemessen. Durch eine Vortrocknung der Garben auf dem Felde wird die Trocknungsleistung der Anlagen um ein Mehrfaches gesteigert (vergleiche Tafel 2).

Garbenstapel verursachen einen verhältnismäßig hohen Luftwiderstand, und zwar vornehmlich bei feuchten Garben oder gar bei Grünbesatz. In einem nur 2,5 m hohen aber sehr feuchten Garbenstapel wurde bereits ein Widerstand von 30 mm WS gemessen bei einer Luftmenge von 333 m<sup>3</sup> je Stunde und je m<sup>2</sup> Bodenfläche. In größeren Stapeln trat ein erheblicher Druckanstieg bis über 40 mm WS auf. Es wäre zu empfehlen, feuchte Garben zunächst nicht höher als etwa 2,5 m zu schichten und erst nach ihrer Trocknung weitere aufzupacken. Da Garbenstapel aber wegen der plötzlich anfallenden großen Garbenmengen meist in einem Zuge hoch aufgeschichtet werden müssen, sind entsprechend leistungsfähige Lüfter notwendig, die bei einem statischen Gegendruck von etwa 40 mm WS eine Luftleistung von 330 m<sup>3</sup> je Stunde und je m<sup>3</sup> Garben nicht unterschreiten. Die Zuhilfenahme von Ziehstöpseln zur Verminderung des Luftwiderstandes befriedigt nicht.

Eine gleichmäßige Trocknung im Garbenstapel kann nur bei zweckentsprechender Anordnung des Luftverteilsystems erreicht werden. Da die Trocknungsluft den Weg des geringsten Widerstandes durch den Stapel sucht, ist die Luftführung dann gleichmäßig, wenn der Widerstand auf allen Wegen von der Luftquelle zur Stapeloberfläche gleich groß ist. Dieses Ziel ist zu erreichen einmal bei Anlagen mit Bodenbelüftung und allseitig luftdichten Wänden und zum andern bei Anlagen mit einem Mittelkanal und halbzylinderförmigen Stapel (vergleiche Bilder 1a und 1b). Dagegen ist eine gleichmäßige Luftströmung in Anlagen mit einer oder mehreren offenen Seiten nicht zu erzielen, auch nicht mit Hilfe von Ziehstöpseln. Falls jedoch Anlagen mit ungleichmäßiger Luftströmung behelfsmäßig aus baulichen Gründen verwendet werden müssen, ist zu beachten, daß der Luftbedarf weit über den ermittelten Werten liegen kann. Die Stapelhöhe muß bei diesen Anlagen geringer sein als die Breite, damit auch die oberen Schichten Luft erhalten. Ferner dürfen zu offenen Seiten hin Bodenroste nicht oder aber nur schmal verlegt werden, damit Luftverluste vermieden werden. Dagegen sollen die Roste zu den geschlossenen Seiten hin bis zur Wand reichen.

Die Wahl der günstigsten Belüftungszeiten hat sich nach dem Einlagerungswassergehalt der Garben und der Witterung zu richten. Eine auf verschiedene Verhältnisse abgestimmte Belüftung wird ähnlich wie bei der Heubelüftung [1] durchgeführt, und zwar bei nicht vorgetrockneten und mit Grünteilen durchsetzten Garben bei jedem Wetter ununterbrochen, bei vorgetrockneten Garben während einer relativen Luftfeuchtigkeit unter 80% und bei fast trockenen Garben nur bei trockener Luft (Sonnenschein). An Schlechtwettertagen mit andauernd hoher Luftfeuchtigkeit werden vorgetrocknete und fast trockene Garben je nach Wassergehalt ein- oder zweimal täglich eine halbe bis eine Stunde lang belüftet.

### Zusammenfassung

Zur Frage der Unterdachrocknung feuchter Getreidegarben wurde in sechs Trocknungsanlagen untersucht, wie groß der Einfluß belüftungstechnischer Merkmale und des Zustandes der Garben beim Einlagern auf den Trocknungserfolg sein kann.

Feuchte Garben enthalten große Mengen Wasser; sie sind nur schwer zu trocknen. Die Vortrocknung der Garben auf dem Felde hat deshalb große Bedeutung. Die Trocknungsdauer von feuchten Garben soll etwa zwanzig Tage nicht überschreiten.

Eine gleichmäßige Luftführung war nur in allseitig geschlossenen Anlagen zu erreichen, während an offenen Stapelseiten im unteren Teil viel Luft ungenutzt entwich. Bei gleichmäßiger Luftführung wurde im Stapel ein einheitliches Trocknungsergebnis erzielt, andernfalls zeigten sowohl der Endwassergehalt der Garben als auch die Keimeigenschaften und die Trockensubstanz der Körner recht unterschiedliche Ergebnisse. Die Korntrockensubstanz schwankte unter dem Einfluß der Trocknung bei früh gemähtem Getreide stärker als bei später gemähtem. Die durch frühes Mähen

und bei der Bergung entstehenden Gesamtverluste an Kornsubstanz betragen je nach dem Erfolg der Trocknung etwa 13% des möglichen Höchstertrages. Das Stroh der Garben erlitt sichtbare Schäden als die Körner, besonders bei feucht oder gar mit Grünbesatz eingelagerten Garben.

Das Verfahren der Garbentrocknung bietet gegenüber dem landläufigen Binderernteverfahren bei normalem Erntewetter keine wirtschaftlichen Vorteile; die Körnerverluste sind etwa gleich groß. Die Nachrocknung der Garben verursacht sogar einen zusätzlichen Kostenaufwand. Allerdings kann sie unter ungünstigen Erntebedingungen ein hohes Ansteigen der Verluste verhüten helfen, und darin liegt ihre eigentliche Bedeutung.

### Schrifttum

- [1] HÖVELKAMP, A.: Untersuchungen über die Heubelüftung zur Ermittlung der Gesamtverluste und des Futterwertes von belüfteten Heu. Diss. Bonn 1958
- [2] AGRNA, M. U.: Trocknung von Garben auf Heubelüftungsanlagen? Landtechnik 13 (1958), S. 450—453
- [3] DENCKER, C. H., und G. SEGGER: Verfahren und technische Hilfsmittel für die Gewinnung von Grünfütter, Gärfutter und Heu. In: DENCKER, C. H.: Handbuch der Landtechnik, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg 1961, S. 523—643
- [4] RIEMANN, A.: Untersuchungen über die Unterdachrocknung feuchter Getreidegarben. Diss. Bonn 1961.
- [5] WEXNER, H. L.: Die Voraussetzungen für die Lagerung und Belüftung von feucht getretem Mähreschergetreide. Diss. Bonn 1954
- [6] JACOBSON, E.: Redogörelse för försök med kallluftstorkning av hälsad på Haneström 1956. Examensarb. Utnma/Uppsala 1956
- [7] Faustzahlen für die Landwirtschaft, 3. Auflage, Bochum 1957
- [8] DAIBER-KÜHNKE, U.: Das Feuchtigkeitsgleichgewicht von Luft und Getreide bei der Behälterrocknung. Diss. Bonn 1958.
- [9] THELEBBIN, M., O. FISCHENICH und V. VOIGT: Der Mähdrusch — seine Auswirkung auf das Erntegut (Landwirtschaft — Angewandte Wissenschaft, Nr. 68), Hilfrup 1957
- [10] HOFMANN, J. F., und K. MOHS: Das Getreidekorn, Verlag Paul Parey, Berlin 1931
- [11] KOSINA, N. P.: Organisation und Technik der Getreidelagerung, Deutscher Bauernverlag, Berlin 1956
- [12] SCHOLZ, B.: Atmungsverluste bei Weizen in Abhängigkeit von Temperatur, Lagerzeit und Wassergehalt des Getreides. Diss. Bonn 1960
- [13] ATTHAMMER, G.: Die nachteiligen Folgen des zu frühen Schnittes auf Menge und Güte der Weizenernte. Bildband landwirtschaftlicher Pflanzenzüchter, Bayerische Landesanstalt für Weihenstephan 1938
- [14] BARKER, A.: Mährescher in Holland, Landtechnik 6 (1951), S. 52
- [15] BRENNER, W. u. a.: Untersuchungen über Körnerverluste bei verschiedenen Ernteverfahren. Technik in der Landwirtschaft 11 (1930)
- [16] FRITSCH, K.: Getreideernte ohne Anmähen? Die deutsche Landwirtschaft 6 (1955), S. 293—294
- [17] LÖNNINGMEYER, W.: Verlustermittlung in der Getreideernte im feuchten Klima. Diss. Bonn 1955
- [18] PANSE, K.: Mähdrusch und Ernteverluste bei Weizen, Landtechnik 9 (1954), S. 280—282
- [19] WALLEM, N.: Möglichkeiten und Bedeutung der Mährescheranwendung in Deutschland. Diss. Bonn 1931

### Résumé

Alfons Riemann: "Sheaf Drying by Ventilation"

*In examinations of the question of barn drying of moist sheaves the influence of ventilation-technical characteristics and the condition of the sheaves at storing on the drying success were determined in six drying plants.*

*Moist sheaves contain great quantities of water and are only difficult to dry. Withering of the sheaves on the field is therefore of great importance. The drying period of moist sheaves should not exceed about 20 days.*

*A uniform air current could only be obtained in plants covered in all round, while at open staple sides much air escaped unused from the lower part. With a uniform air current a uniform drying result was obtained in the staple. Otherwise both the final water content of the sheaves as well as the germination capacities and the dry matter of the grains showed fairly different results. As affected by drying, the dry matter content of the grains of early mown grain varied more than with later mown grain. The total loss of grain substance resulting from early mowing and harvesting amounted to about 13% of the possible peak yield, depending on the success of drying. The straw of the sheaves showed more visible damages than the grain, especially with moist sheaves and sheaves with green portions.*

*The method of sheaf drying as compared to the conventional harvesting method by a binder offers with normal harvesting weather no economical advantages, for the grain losses are about equally high. After-drying of the sheaves causes even additional expenses. However, under unfavourable conditions of harvesting it may help avoid higher losses, and this is its actual importance.*

Alfons Riemann: «Le séchage artificiel de gerbes de céréales».

On a examiné le séchage artificiel de gerbes de céréales humides dans six installations de séchage différentes pour connaître l'influence des données techniques et de l'état des gerbes au moment de l'entreposage sur l'effet de séchage.

Les gerbes humides contiennent une grande quantité d'eau et leur séchage est difficile. Il est donc important de les présécher au champ. La durée de séchage des gerbes humides ne doit pas dépasser 20 jours.

Une circulation uniforme de l'air n'a pu être obtenue que dans des installations entièrement fermées, car les côtés ouverts laissent échapper à leur base beaucoup d'air inutilisé. Une circulation régulière permet d'obtenir un résultat très homogène tandis que la teneur en eau, les propriétés de germination et la teneur en substance sèche sont très hétérogènes si la circulation de l'air est irrégulière. La teneur en substance sèche des céréales coupées précocement a varié sous l'influence du séchage plus sensiblement que celle des céréales coupées plus tard. Les pertes totales de grains occasionnées par la coupe précoce et la rentrée de la récolte s'élevaient à environ 13% du rendement optimum suivant l'effet de séchage. La paille a subi des dommages plus visibles que les grains surtout si les gerbes ont été entreposées à un état très humide ou qu'elles comportaient beaucoup d'herbes. Dans des conditions climatiques normales le procédé du séchage artificiel des gerbes de céréales n'offre pas d'avantages économiques par rapport au procédé conventionnel du séchage des gerbes au champ. Les pertes de grains sont environ les mêmes. Le séchage artificiel ultérieur des gerbes exige même des frais supplémentaires. Par contre, dans des conditions climatiques mauvaises, ce procédé peut éviter que les pertes n'accroissent considérablement et dans ce fait réside surtout l'intérêt de ce procédé.

Alfons Riemann: «Secado de gavillas de trigo por ventilación.»

Para aclarar las condiciones de secado de gavillas de trigo húmedas bajo techo, se han hecho ensayos en seis instalaciones distintas, para conocer la influencia que ejercen las características técnicas de la ventilación y el estado de las gavillas al almacenarlas, en el resultado del secado.

Las gavillas húmedas contienen cantidades considerables de agua y son difíciles de secar. Por esto el secado previo en el campo es de mucha importancia. El secado de las gavillas no debía de pasar de veinte días aproximadamente.

La ventilación equilibrada no puede conseguirse sino en instalaciones cerradas por todos los lados, ya que por los lados abiertos de las pilas escapa mucho aire sin aprovechar, especialmente por la parte baja de las pilas. El resultado del secado era uniforme, cuando la conducción del aire lo era también; de otra forma tanto el contenido final de agua en las gavillas como también las condiciones de brote y la sustancia seca de los granos presentaron resultados muy diferentes. Bajo la influencia del secado la sustancia seca variaba más en trigo de cosecha temprana que no en trigo cortado más tarde. Las pérdidas totales de grano, producidas por el corte temprano y por la recogida, llegaron al 13% del rendimiento máximo posible, según el resultado del secado. El daño que sufría la paja de las gavillas era más fácil de apreciar que el de los granos, especialmente cuando se trataba de gavillas almacenadas en estado húmedo y más todavía contenían hierba.

En comparación con el procedimiento corriente de cosechar con agavilladora, él con secado de las gavillas no ofrece ventajas en tiempo normal, ya que las pérdidas de grano son casi iguales. El secado posterior de las gavillas hasta produce un gasto adicional. Sin embargo, puede contribuir a evitar pérdidas mayores, cuando las condiciones de cosecha son desfavorables, y éste es el único punto importante.

## RUNDSCHAU

### Vergleichsversuche von Ackerschleppern mit hydrostatischem und mechanischem Getriebe beim landwirtschaftlichen Einsatz

Auszug aus einer Veröffentlichung von H. J. NATION: "Some Pilot Field Comparisons between Tractors fitted with Hydrostatic or Mechanical Transmission" [1].

Für die Durchsicht dieses Auszuges gebührt den Herren E. HARRIS und H. J. NATION vom NIAE besonderer Dank.

#### 1. Einleitung

In den vergangenen Jahren waren hydrostatisch-stufenlose Triebwerke für Ackerschlepper immer häufiger im Gespräch, liegen doch die Vorteile offen auf der Hand: Die stufenlose Geschwindigkeitsregulierung bei konstanter Drehzahl des Dieselmotors, Änderung der Geschwindigkeit unter Last, das leichte, einfache Ändern der Fahrtrichtung, daraus resultierend ein leicht und schnell durchführbarer Reversierbetrieb, die Freiheit in der Auslegung der Gesamtkonzeption von Ackerschleppern (räumliche Zuordnung von Motor, Getriebe, Fahrerstand usw. ist den Erfordernissen entsprechend frei wählbar) und die Robustheit dieser Einheiten.

Die Ausnutzung des im vorletzten Punkt genannten Vorteils der Freizügigkeit in der Konstruktion muß noch zurückgestellt werden. Es ist einfacher und näherliegend, bei einem herkömmlichen Ackerschlepper anstelle des mechanischen ein hydrostatisches Getriebe zu verwenden, als sofort eine völlige Neukonstruktion zu entwickeln.

Im Jahre 1962 konnte das National Institute of Agricultural Engineering in Silsoe/Großbritannien entsprechende praktische Feldversuche anstellen. In der vorliegenden Arbeit werden vier verschiedene Ackerschlepper mit einem hydrostatischen stufenlosen Getriebe englischen Fabrikats jeweils mit einem Ackerschlepper verglichen, der mit einem herkömmlichen mechanischen Getriebe ausgerüstet ist. Im einzelnen wird der Vergleich geführt bei verschiedenen Arbeiten mit zapfwellengetriebenen Maschinen, bei Frontladerarbeiten und beim Pflügen.

Will man allgemeine Schlüsse aus den folgenden Ergebnissen ziehen, so muß beachtet werden, daß der Ackerschlepper mit mechanischem Getriebe eine ganz bestimmte Gangabstufung hatte. Bei einem Ackerschlepper mit einem Getriebe einer anderen Gangabstufung können sich etwas andere Ergebnisse zeigen, weil der Motor beispielsweise gerade nicht in seinem optimalen Drehzahlbereich arbeiten kann, während der Versuchsschlepper unter Umständen gerade dafür günstig ausgelegt ist.

#### 2. Die Versuchsschlepper

Die vier Versuchsschlepper A bis D sind vom selben Fabrikat mit 50 PS Motorleistung. Ein handelsübliches hydrostatisches Getriebe ist an Stelle des mechanischen eingebaut, ohne daß die Ackerschlepper sonst umkonstruiert sind. Hydropumpe und -motor sind mechanisch so gekoppelt, daß beim Anfahren aus Null heraus der Pumpenförderstrom kontinuierlich bis zum Maximum wächst, bei größtmöglicher Schluckmenge des Motors. Bei weiterer Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit beziehungsweise Vergrößerung der Übersetzung über etwa 8,4 km/h hinaus bleibt die Pumpe auf vollem Förderstrom und die Schluckmenge des Motors wird kontinuierlich bis auf etwa  $\frac{1}{3}$  bei Höchstfahrgeschwindigkeit herabgesetzt.

Bei Rückwärtsfahrt sind die Verhältnisse, bedingt durch die Kinematik, ähnlich; die Geschwindigkeit ist hier jedoch nur bis etwa 10 km/h hinauf regelbar. Bild 1 zeigt die genaue Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit von der Stellung des Fahrhebels am Beispiel des Ackerschleppers A. Die Ackerschlepper B, C und D unterscheiden sich von diesem lediglich dadurch, daß die Funktionen des Bedienungshebels aufgeteilt werden auf einen Handhebel und ein Pedal. Beim Ackerschlepper beispielsweise kann mit beiden Bedienungsorganen jeweils der gesamte Geschwindigkeitsbereich durchfahren werden. Beim Ackerschlepper D wird mit dem Handhebel ein gewisser Geschwindigkeitsbereich vorgewählt, innerhalb dessen dann mit dem Pedal variiert werden kann (Bild 2).