

# Stand der Technik zur Heubereitung in Westdeutschland

Prof. Dr. T. Jungbluth/Dipl.-Ing. agr. (FH) H. Wandel, Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik

In den westdeutschen Bundesländern wird etwa die Hälfte des erzeugten Halmfutters von fast drei Millionen Hektar konserviert. Der Heuanteil beträgt schätzungsweise 45 bis 50 %, wovon 70 % auf dem Feld und 30 % unter Dach getrocknet werden.

Die Heubereitung setzt sich aus den Arbeitsschritten Mähen, Bergen, Einlagern und Lagern bzw. Trocknen unter Dach zusammen. Die Vielfalt der dabei eingesetzten Verfahren kennzeichnet eine noch nicht abgeschlossene Entwicklung.

## Feldtechnik

Beim Mähen herrscht der freie Schnitt (Umfangsgeschwindigkeit 80 bis 100 m/s) mit einem Leistungsbedarf von 7 bis 15 kW/m Arbeitsbreite (A) gegenüber dem Schnitt mit Gegenschneide (2 bis 3 kW/m A) vor. Dabei überwiegen die Trommelmäher mit 95 % eindeutig gegenüber den Scheibenmähern. Priorität bei Neu- oder Weiterentwicklungen hat die Arbeitsqualität. Drehbare Gleitteller und stufenlos verstellbare Schnitthöhe, ggf. geschützt in der Trommel, entsprechen beim Trommelmäher dem Trend zum höheren Schnitt ( $\geq 5$  cm), der den schnelleren Nachwuchs und den schonenderen Einsatz der Folgemaschinen unterstützt. Die Bodenanpassung quer und längs ist vor allem bei Frontmähern, aber auch bei Heckmähern von Bedeutung. Bedingt durch die zunehmende Sommerstallfütterung haben Frontmäherwerke (Arbeitsbreite 2,10 m) zunehmende Bedeutung. Die Kombination mit Heckmäherwerk ist die Ausnahme, ermöglicht aber eine Arbeitsbreite bis zu 5 m und damit Flächenleistungen bis 2,8 ha/h. Die erzielbaren Flächenleistungen betragen beim Normalmäherwerk 0,8 bis 1,2 ha/m A (s. a. Tafel 1). Um die Feldtrocknung zu beschleunigen, werden am Mäherwerk angebaute Aufbereiter eingesetzt. Ihr Anteil an der Mäherwerkstückzahl liegt schätzungsweise unter 10 % (zum Vergleich: in der Schweiz und in den Niederlanden beträgt dieser Anteil über 50 %). Zum Einsatz kommen Fliehkraft- bzw. Schlegel-, Bürsten- und Walzenaufbereiter. Während Walzenaufbereiter in stengelreichem Gut effektiv sind, bleibt die Wirkung der Rotoraufbereiter (Umfangsgeschwindigkeit 15 bis 25 m/s) in grasreicheren Beständen umstritten. Sie ist mit der eines Mähzetters vergleichbar, dessen Einsatz zu einem Trocknungsvorsprung von zwei bis drei Stunden führt. Aufbereiter erreichen in jedem Fall einen Ausgleich des Trocknungsverlaufs von Stengel- und Blattanteilen (s. a. Tafel 1).

Das Zetten und Wenden wird fast ausschließlich mit dem Kreiselheuer erledigt. Möglich sind Arbeitsbreiten bis 7,8 m. Die stabilere Bauform entspricht den Erfordernissen durch höhere Erträge und stärkere Traktoren. Während die unterschiedliche Kreiselneigungsstellung – steil bei viel Futter, flach bei wenig Futter – mehr als Verkaufsargument dient, ist der Komfort beim hydraulischen Umstellen von Arbeits- in Transportstellung und umgekehrt nützlich. Die Sicherung vor abbrechenden Zinken hat sich bewährt, ist jedoch nicht Standardausrüstung. Einrichtungen zur besseren Bodenanpassung

gehören heute zur Standardausrüstung. Die Flächenleistung beträgt 3 bis 8 ha/h. Die Zinkengeschwindigkeit sollte beim Zetten an die Gutfeuchte angepaßt werden können (s. a. Tafel 2).

Beim Schwaden hat der Kreiselschwader den

Trommelschwader abgelöst. Kurvenradsteuerung und 10 bis 11 Zinkenarme gegenüber bisher sieben Zinkenarmen sowie ggf. eine Erhöhung der Zinkenzahl je Arm ermöglichen ein schnelleres Fahren (10 bis 12 km/h) und damit eine Flächenleistung, die an

Tafel 1. Übersicht über Kenndaten von Mähwerken und Mähaufbereitern nach Herstellerangaben [1]

	Doppel- messer- mäherwerk	Trommelmäher Front	Heck	Scheiben- mäher Heck	gezogene Scheiben- und Trommelmäher mit Aufbereiter	
mögliche Arbeitsbreite	m	2,4	2,8	2,1	2,6	3,2
Leistungsbedarf	kW/m A	4,5	22	22	20	26
Masse	kg/m A	100	200	235	190	400
Flächenleistung	ha/m A	0,7	0,9	0,9	0,9	1,0
Listenpreis <sup>1)</sup>	DM/m A	3 200	4 050	3 700	3 800	8 600

1) einschließlich Mehrwertsteuer

Tafel 2. Übersicht über Kenndaten von Kreiselheuern nach Herstellerangaben [1]

	Kreiselheuer gezogen	Dreipunktbau mit Nachlauf- einrichtung	Dreipunktbau mit hydraulischer Hochstellung	
mögliche Arbeitsbreite	m	2,6...7,6	2,6...7,4	4,0...6,6
Masse	kg/m A	62...98	75...107	84...120
Listenpreis <sup>1)</sup>	DM/m A	1 300	1 400	1 700
Leistungsbedarf	kW/m A		3,5...4	
Arbeitsgeschwindigkeit				
nach DLG	km/h		6...9	
nach Hersteller	km/h		...12	
Flächenleistung				
nach DLG	ha/m A		0,6...0,75	
nach Hersteller	ha/m A		...1,1	
Aufpreis Schwad- getriebe	DM		630...720	
Aufpreis Zinken- verlustsicherung	DM/St.		5...9,1	

1) einschließlich Mehrwertsteuer

Tafel 3. Übersicht über Kenndaten von Schwadern nach Herstellerangaben [1]

	Kreiselschwader	Schubrechwender	Trommel-/ Scheibenband- schwader	
mögliche Arbeitsbreite	m	2,90...6,20	3,40...7,20	3,50...5,70
Leistungsbedarf	kW/m A	2,5...4,8	2,5...3,0	2,8...6,0
Masse	kg/m A	86...135	116...187	89...184
Flächenleistung	ha/m A	1,0...1,4	1,0...1,1	1,25
Listenpreis <sup>1)</sup>	DM/m A	1 300...2 780 <sup>2)</sup>	–	1 500...2 650

1) einschließlich Mehrwertsteuer

2) Geräte mit Dreipunktbau und Nachlaufeinrichtung

Tafel 4. Trocknungsverlauf in Abhängigkeit von der Tageszeit beim Schnitt; Mittelwerte aus 12 Versuchen [2]

Schnittzeitpunkt und Zeitpunkt der Probenahme	Trockenmassegehalt in %				Anzahl der Wendevorgänge	
	a	b	c	d		
1. Tag	8.00 Uhr	17,3			2	
	11.00 Uhr	↓	18,8		1	
	14.00 Uhr		↓	20,2	1	
	17.00 Uhr	31,3	28,7	23,3	20,4	0
2. Tag	17.00 Uhr	45,5	43,2	38,6	34,1	2

Trocknungs- system	Lager-trocknung				Satz-trocknung		
	Scheune	Heuturm	Heuberg	Heu-Silo	Kasten	Grube	Rundtrockner
Trocknungs- verfahren							
Einlagerung							
Luftführung							
Auslagerung							

Bild 1. Übersicht über Verfahren der Belüftungstrocknung von Halmgut

die vorangegangenen Geräte angepaßt ist. Eine bessere Bodenanpassung, z. B. mit Tandemfahrwerk, reduziert die negative Wirkung von Unebenheiten. Doppelschwader mit mittiger Ablage erreichen Arbeitsbreiten zwischen 5 m und 7 m und Flächenleistungen bis zu 8 ha/h. Zusammen mit geringeren Wendezeiten stellt das Schwaden mit solchen Großmaschinen keinen Engpaß mehr dar (Tafel 3).

#### Bodentrocknung

Die Bodentrocknung ist relativ effizient, weil in Bodennähe die Temperatur um rd. 10 K über der Temperatur der darüber befindlichen Luftschichten liegt. Neben meteorolo-

gischen Daten, die die Trocknungsleistung bestimmen (Strahlungsmenge der Sonne, Temperatur, relative Luftfeuchte, ggf. Windgeschwindigkeit) hat natürlich auch das Futter einen Einfluß auf den Trocknungsverlauf:

- physiologischer Reifegrad; junges Futter trocknet relativ schneller als altes, verholztes
- Ertrag; steigende Erträge senken die Trocknungsrate durch zunehmende Flächenbedeckung
- Tageszeit beim Schnitt; wird frühmorgens gemäht, kann der erste Trocknungstag ganz genutzt werden (s. a. Tafel 4).

Voraussetzung für einen guten Trocknungsverlauf ist der planmäßige Einsatz der ange-

wendeten Technik. Nach dem Mähen und dem damit verbundenen Zetten oder Aufbereiten ist noch am selben Tag zu wenden und abends zu schwaden. Am zweiten Tag wird möglichst früh breitgestreut und ein- bis zweimal gewendet, rechtzeitig geschwadet und eingefahren. Bei Bodentrocknung ist ein dritter Tag notwendig.

Das Heuladen bzw. -bergen nach der Feldtrocknung wird vorwiegend mit Ladewagen durchgeführt. Für diesen Einsatz reicht der Normalladewagen mit 10 Messern, zwei bis drei Förderschwingen und einer zulässigen Gesamtmasse von 4 t bei 2 min Entladezeit aus. Moderne Ladewagen haben verschiedene hydraulische Funktionen (z. B. Heckaufbau, Pick-up, Kratzbodenkette), die sowohl vom Traktorsitz als auch vom Ladewagenheck aus zu bedienen sein müssen. Die Tendenz geht beim Ladewagen zu weniger beweglichen Teilen im Förderbereich. Hier zeigt die Lenkersteuerung eine größere Laufruhe und weniger Verschleiß.

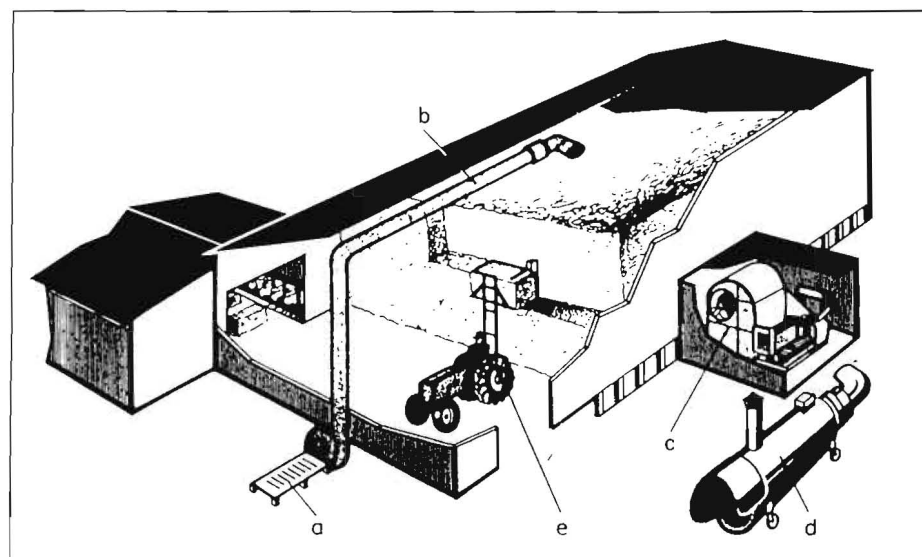
Die Alternative zum Ladewagen stellt bei der Bodenheutrocknung die Großballenpresse dar. Zugunsten der Packenpresse ist die Anwendung der Rundballenpresse etwas rückläufig. Allerdings ist der Qualität des geborgenen Gutes bei Verwendung von Großpressen größere Aufmerksamkeit zu widmen.

#### Unterdachtrocknung

Mit der Einführung der Belüftungstrocknung durch Segler (1949/52) konnte eine Verkürzung der Feldtrocknungszeit erreicht werden. Der wirtschaftliche Erfolg, die bessere Qualität, läßt sich je nach Einlagerungsfeuchte und Lüftungsverfahren bei geringem Arbeitsaufwand erzielen. Die verschiedenen Verfahren der Belüftungstrocknung von Halmgut sind im Bild 1 zusammengestellt. Gegenüber anderen Verfahren hat sich die Trocknung im Lager in der Form der Belüftungstrocknung durchgesetzt. Diese Unter-

Bild 2. Verfahrensprinzip der Unterdachtrocknung;

Abmessungen der Futterhalle: Breite 12,50 m (max. 15 m), Länge 20 bis 50 m, Traufhöhe 5 bis 7 m  
a Abladen und Dosieren, b Verteilen, c Trocknungsgebläse, d Warmluftgerät, e Heuentnahme und -transport



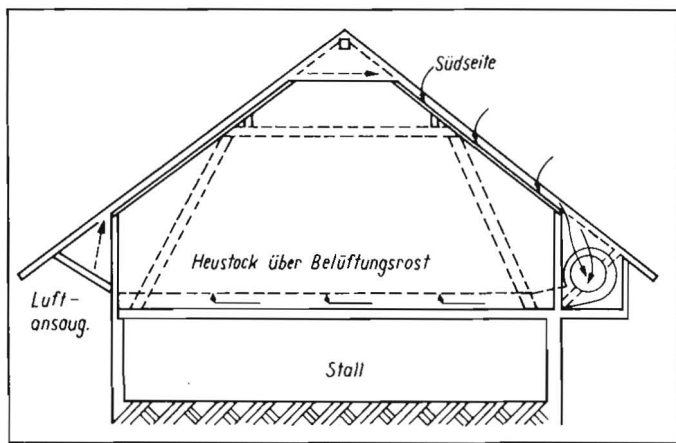


Bild 3. Beispiel für eine solare Lufterwärmung

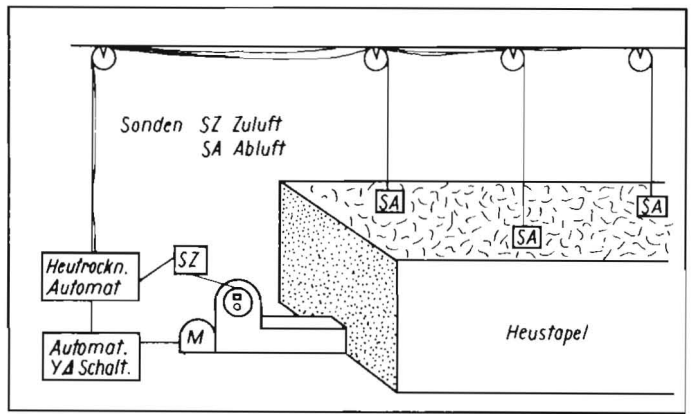


Bild 4. Prinzip der Steuerung der Heutrocknung über die Luftfeuchte

dachrocknung in Flachlagern unterteilt sich in die Arbeitsschritte Einlagern – Konservieren – Auslagern (Bild 2).

Die Anzahl der Flachrostanlagen ist weitaus höher als die der Zentral- und Kanalbelüftungen. Letztere sind nur für stark vorgetrocknetes Gut mit Ausgangsfeuchten unter 45 % geeignet. Flachrostanlagen eignen sich dagegen auch für hohe Feuchtebereiche und zur Qualitätsheubereitung (Trockengrünut). Sie werden als Satz- oder Lager Trocknung betrieben.

Im Hinblick auf einen gleichmäßigen Trocknungsverlauf, eine raumsparende Lagerung und eine gute Auslagerung ist die schichtweise gleichmäßige Lagerung Voraussetzung. Pneumatische Teleskopverteiler erfüllen diese Forderungen. Derartige Anlagen werden mit Rohrlängen bis zu 50 m und Streubreiten von 12 bis 15 m hergestellt. Für eine sichere Förderung sind Antriebsleistungen von 20 kW für eine Förderlänge von 30 m erforderlich und je weitere 3 kW für einen 90°-Krümmer bzw. 10 m zusätzliche Förderlänge. Bei längeren horizontalen Förderstrecken besteht bei Gutfeuchten über 60 % Verstopfungsgefahr. Werden für die Bergung des zu trocknenden Gutes Ladewagen eingesetzt, wird für eine gleichmäßige Beschickung des Gebläses die Zwischenschaltung einer Dosierstation empfohlen. Soll trockenes Gut schonend eingelagert werden, sind das Injektorgebläse oder der Greifer von Vorteil. Während die Leistung von Fördergebläsen mit 20 bis 30 t/h meist ausreichend ist, haben Greifer bei zunehmenden Förderweglängen und Fahrgeschwindigkeiten von 24 bis 60 m/min mit 50 bis 150 dt/h oft zu geringe Leistungen. Der Greifer eignet sich auch für die Entnahme aus dem Gutstapel. Bei pneumatischer Einlagerung werden spezielle Entnahmeräte, die teilweise einen befahrbaren Belüftungsrost voraussetzen, eingesetzt.

Die Luftverteilung in einer Flachrostanlage erfolgt unter einem 40 bis 60 cm hochgestell-

ten Flachrost, von dem aus die Luft die Lagerschichten durchströmt. Voraussetzung für die Durchströmung sind luftdichte Umwandlungen und ein Radialventilator mit einer Förderleistung von 10 bis 45 m<sup>3</sup>/s bei 2 500 Pa Gesamtdruckleistung. Volumenstrom und Förderdruck ergeben oft einen hohen Leistungsbedarf, der den elektrischen Anschlußwert des Betriebs übersteigt und den Einsatz eines Dieselmotors erfordert. Die Trocknungsleistung läßt sich über die Erwärmung der Trocknungsluft steigern. Warmluftöfen machen die Trocknungsanlage witterungsunabhängiger und schlagkräftiger (1 bis 4 l Heizöl je dt Trockengut). Wird das Gebläse mit einem Dieselmotor angetrieben, bietet sich die Nutzung der Motorabwärme an. Sie führt zu einer Erwärmung der Trocknungsluft um rd. 4 K. Zunehmend wird die Solarenergie über eine zweischichtige Dachkonstruktion genutzt (Bild 3). Dabei dient die äußere Schicht, d. h. die Dachhaut, als Kollektor. Die Luft wird mit Geschwindigkeiten von 4 bis 5 m/s durch die Pfettenkanäle und einen Sammelschacht zum Lüfter gesaugt. Die Lufterwärmung beträgt 5 bis 9 K. Bei einer Einstrahlung von 600 W/m<sup>2</sup> (bis zu 1 000 W/m<sup>2</sup> sind möglich) und einem Wirkungsgrad von etwa 20 % stehen je Quadratmeter Dachfläche 120 W zur Verfügung. Bei 400 m<sup>2</sup> Dachfläche und einem Luftdurchsatz von 30 000 m<sup>3</sup>/h beträgt die Lufterwärmung dann bis 9 K. Nachteil dieser Art Lufterwärmung ist die Witterungsabhängigkeit.

Nach wie vor unbefriedigend sind Steuerungs- und Regeleinrichtungen für solche Trocknungsanlagen. Die im Einsatz befindlichen einfachen Anlagen verwenden die Temperatur- bzw. Feuchtedifferenz der Luft vor dem Eintritt in den Heustapel und nach dem Austritt aus dem Heustapel als Führungsgrößen (Bild 4). Unter den Betriebsbedingungen der westdeutschen Bundesländer ist die Verwendung automatischer Steuerungs- und Regelanlagen nicht immer ge-

rechtfertigt. Besser wäre den Landwirten mit einer unkomplizierten Feuchteschnellbestimmung gedient.

#### Ausblick

Bei der Heubereitung wird es künftig darum gehen, bei gleichbleibend hoher Gutqualität das Trocknungspotential der Luft besser zu nutzen. Die wirksamste Maßnahme für alle Verfahren stellt die Verbesserung der Wasserabgabefähigkeit des Gutes, beispielsweise durch Intensivaufschluß, dar.

Bei der Unterdachrocknung ist eine höhere Witterungsunabhängigkeit anzustreben. Dies kann durch eine optimale Ausnutzung der Trocknungsluft und einen gezielteren Energieeinsatz geschehen. Geeignete Maßnahmen wären:

- ein erneutes Abschätzen der ökonomischen Einordnung der Luftanwärmung; Luftanwärmung um 5 bis 10 K gewährleistet bei allen Luftzuständen die Endtrocknung und qualitativ hochwertiges Trockengut. Zusammen mit einer Verlängerung der Trocknungszeit kann dies den Einsatz von Primärenergieträgern rechtfertigen. Die Kombination von Solarenergie und Warmluftöfen deutet in die gleiche Richtung.
- weiterer Übergang von der Satzrocknung zur Lagerrocknung oder eine modifizierte Satzrocknung; wurde die Satzrocknung bisher in Tageschargen betrieben, führt eine Satzrocknung im Ernteperiodenrhythmus zu den o. g. Zielen.
- Weiterentwicklung von Steuerungs- und Regelungseinrichtungen.

#### Literatur

- [1] Becker, C.: Technische Möglichkeiten zur Steigerung der Futterqualität bei Grassilage. Institut für Landtechnik Bonn, Diplomarbeit 1988.
- [2] Beckhoff, J.; von Borstel, U.: Bestimmung der Ernteparameter für Grünfütter- und Konservierung. KTBL-Schrift 318, Münster (1987). A 6090

**Auch Kleinanzeigen haben  
große Werbewirkung!**