

Zu Problemen der Produktion von Trockengrün- gut, insbesondere der Trocknung gewelkten Grünfutters

Dipl. agr. F. TACK*

Ziel der nachfolgenden Ausführungen zum Verfahren der Heißlufttrocknung ist es, die bei der Gestaltung der Teilverfahren auftretenden Probleme darzulegen und in ihrer Auswirkung auf das Gesamtverfahren zu behandeln.

1. Zur Problematik des Konservierungsverfahrens „Heißlufttrocknung“

Die Zielstellung der Landwirtschaft, höhere verwertbare Erträge je Flächeneinheit zu erzielen, weist dem Konservierungsverfahren „Heißlufttrocknung“ einen besonderen Platz im System der Futterproduktion zu.

Die Heißlufttrocknung hat gegenüber anderen Konservierungsverfahren den Vorteil geringster Nährstoff- und Masseverluste. Die Rohnährstoffzusammensetzung der Futterstoffe sowie die Verluste an Rohnährstoffen werden durch den Trocknungsvorgang nicht wesentlich beeinflusst [1/ 2/]. Die Verdaulichkeit des Rohproteins wird nur bei unsachgemäßer Trocknung, d. h. bei Überhitzung des Gutes, stark verändert.

Ein entscheidender Nachteil der Heißlufttrocknung ist in den hohen Verfahrenskosten zu sehen. In Tafel 1 sind die Verluste und die Verfahrenskosten der wichtigsten Konservierungsverfahren gegenübergestellt [3/].

Die Produktion von Trockengut erhöhte sich in der DDR von $\approx 17\ 000$ t im Jahr 1957 auf 362 000 t im Jahr 1969 (Bild 1).

Tafel 1. Verluste und Verfahrenskosten bei verschiedenen Konservierungsverfahren (nach THURM)

Konservierungsverfahren	Verluste %	Verfahrenskosten	
		M/ha	M/St W
Silierung, Horizontalsilo	25	202	0,18
Silierung, Hochsilo	17	295	0,24
Bodentrocknung	50	248	0,33
Kaltlufttrocknung	25	297	0,26
Heißlufttrocknung	7	542	0,39

Bis zum Jahre 1980 wird sich der Anteil des Trockengrün- gutes an der Futterproduktion auf ≈ 5 Prozent (Frisch- gutmenge) erhöhen.

Die aufgezeigte Entwicklung ist Anlaß, nach Wegen zu suchen, um die vergleichsweise hohen Verfahrenskosten je Nährstoffeinheit von etwa 0,39 M zu vermindern:

- Da die Trocknungskosten maßgeblich von der jährlichen Ausnutzung der Trocknungsanlage beeinflusst werden, ist die Trocknungskampagne auf einen möglichst langen Zeitraum im Jahr bei maximaler täglicher Betriebszeit auszuweiten. Dabei spielen die Senkung der Ausfallzeiten der Anlage und die kontinuierliche Auslieferung von Trocknungsgut eine besondere Rolle. Das wird nur möglich, wenn eine entsprechende Abstimmung in der Maschinenkette zwischen mobilen Mechanisierungsmitteln und stationärer Anlage erfolgt.
- Die Qualität des zu trocknenden Materials beeinflusst die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens erheblich. Grundsätzlich wird auf die Verwendung von eiweißreichem und rohfaserarmerem Pflanzenmaterial für die Trocknung orientiert.

- Das Vermindern der Energiekosten — eines bedeutenden Anteils der Verfahrenskosten — zwingt zu Maßnahmen, die je Masseinheit zu verdampfende Wassermenge zu verringern. Das wird durch die Trocknung von trocken- massereichem Pflanzenmaterial erreicht.
- Unter Berücksichtigung der Forderung, nur proteinreiches, d. h. aber meistens relativ trockenmassearmes Futter durch die Heißlufttrocknung zu konservieren, gewinnt das Vorwelken auf dem Felde auch im Verfahren der Heißlufttrocknung an Bedeutung.

2. Die Verfahrensvarianten bei der Heißlufttrocknung

Für das Konservierungsverfahren „Heißlufttrocknung“ ergeben sich die Verfahrensvarianten:

„Trocknung mähfrischen Futters“ und „Trocknung gewelkten Futters“. Die Trocknung wird in der DDR überwiegend in Trommel- trocknungsanlagen durchgeführt.

Die Abgabe des Trockengrün- gutes erfolgt als Häcksel, in Mehlform oder als Preßling.

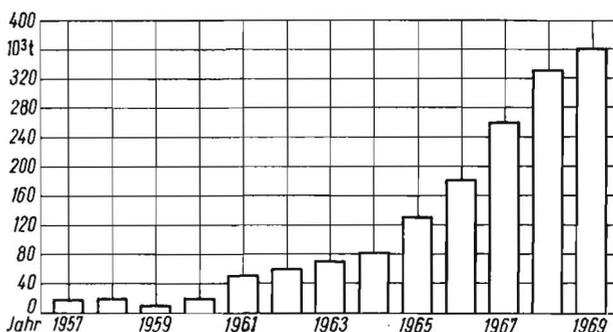


Bild 1. Entwicklung der Trockengutproduktion in der DDR von 1957 bis 1969 (nach SCHNEIDER)

2.1. Trocknung mähfrischen Futters

Gegenwärtig dominiert die Variante „Trocknung mähfrischen Gutes“. Sie wird in den Teilverfahren „Mähhäckselladen“, „Transportieren“, „Trocknen“ und „Nachbereiten“ realisiert. Zur Ernte des Grünfutters werden Anhängenhäcksler eingesetzt. Da deren Häckselqualität nicht den Anforderungen der Heißlufttrocknung genügt, erfolgt ein Nachhäckseln an der Trocknungsanlage.

2.2. Trocknung gewelkten Futters

Die Variante „Trocknung gewelkten Futters“ besteht aus den Teilverfahren „Schwadmähen“, „Schwadhäckselladen“, „Transportieren“ sowie „Trocknen“ und „Nachbereiten“ des Trockengrün- gutes.

Die Einführung des neuen Maschinensystems für die Futter- ernte schafft die Voraussetzungen für die breitere Anwendung des Vorwelkens für die Heißlufttrocknung. Gegen den Einsatz der herkömmlichen Maschinen — Mähbalken und Radrechwender — sprechen aus technologischer Sicht neben dem erhöhten Aufwand die zusätzliche Verschmutzung des Futters sowie die Gefahr des Einschlusses von Fremdkörpern, die Zopf- bildung beim Schwaden und die damit verbundenen möglichen Havarien beim Schwadhäckseln.

* Sektion Landtechnik der Universität Rostock (Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. CHR. EICHLER)

2.2.1. Schwadmähen

Schwadmäher mit Knickeinrichtung haben die Aufgabe, Grünfütter bei minimalen Verlusten (1 bis 2 Prozent TM) und geringster Verschmutzung zu mähen, aufzubereiten und in lockeren, gleichmäßigen Schwaden abzulegen. Durch Aufbereitung des Grüngutes ist der Welkverlauf so zu beschleunigen, daß der für die Heißlufttrocknung angestrebte Trockensubstanzgehalt (TS) von maximal 30 bis 35 Prozent in 1 bis 2 Tagen erreicht wird. Bei günstiger Witterung ist dieser Anwelkgrad, wie in Bild 2 dargestellt, sehr rasch erreichbar. Bei Gräsern ist im Gegensatz zu Leguminosen nur ein geringer Aufbereitungseffekt zu verzeichnen, eine Tatsache, die auch bei Erträgen über 250 dt/ha eintritt. In Bild 3 wird die Tendenz erkennbar, daß aufbereitetes Futter bei Niederschlägen schnell wieder Feuchtigkeit aufnimmt, während nicht aufbereitetes Futter nur benetzt wird. Bei größeren Schwadmassen ist ein ungleichmäßiges Abwelken im Schwadquerschnitt zu beobachten. Die evtl. eintretenden Schwierigkeiten bei der Trocknung können unter solchen Ertragsverhältnissen den Einsatz von Schwadlüftern rechtfertigen. Das kurzzeitige Vorwelken verursacht keine nennenswerten Nährstoffverluste [4/ 5/].

2.2.2. Schwadhäckselladen und Transportieren

Bei der Heißlufttrocknung sind hohe Anforderungen an die Qualität des Häckselgutes zu stellen. Die für die optimale Gestaltung der Durchsatzverhältnisse günstigste Häcksellänge liegt bei 20 bis 30 mm. Dabei muß ein glatter Schnitt des Gutes garantiert sein.

Die angestrebten Durchsatzleistungen von 25 t/h_{T1} Welkgut beim Schwadhäckseln machen bei Erträgen unter 150 dt/ha die Zusammenführung mehrerer Schwade mit dem Schwadverleger notwendig [4/].

Beim Transport von Welkgut ergibt sich aufgrund der geringeren Schüttdichten gegenüber Frischgut die Forderung nach großvolumigeren Aufbauten, um die zulässige Nutzmasse annähernd auszulasten. Bei den Aufbauten SHA 5 zum Anhänger THK 5 sind beim Transport von gewelktem Klee- und Gras nur Auslastungen der Nutzmasse von 50 bis 75 Prozent bzw. sogar 20 bis 40 Prozent erreicht worden.

Die Lösung dieses Problems ist gerade bei der Heißlufttrocknung wegen der relativ großen Transportentfernungen im Einzugsbereich der Trockenwerke dringend erforderlich.

Bild 2. Welkverlauf aufbereiteten Gutes bei trocken-heißer Witterung. Versuch Nr. 5: 17. bis 18. Juni 1969 Gutart Rotklee mit Gras, Trockenwerk Sandau

	17. Juni					18. Juni				
Uhrzeit	9 ⁰⁰	11 ⁰⁰	14 ⁰⁰	16 ⁰⁰	18 ⁰⁰	6 ⁰⁰	8 ⁰⁰	10 ⁰⁰	14 ⁰⁰	17 ⁰⁰
Windgeschw. [m/s]	1,3	1,3	1,9	1,6	0,5	0,9	2,02	2,4	2,2	1,3
Wittrg.	b	b	s	s	s	s	s	lb	lb	lb

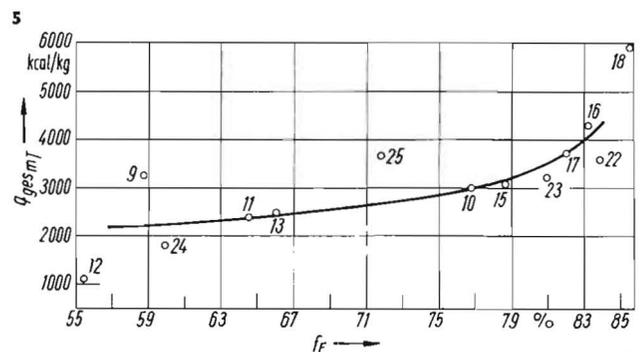
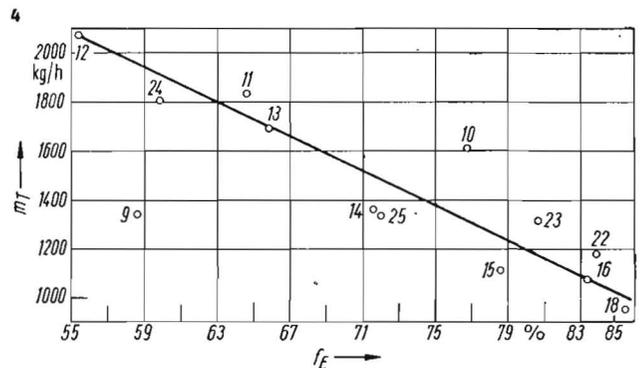
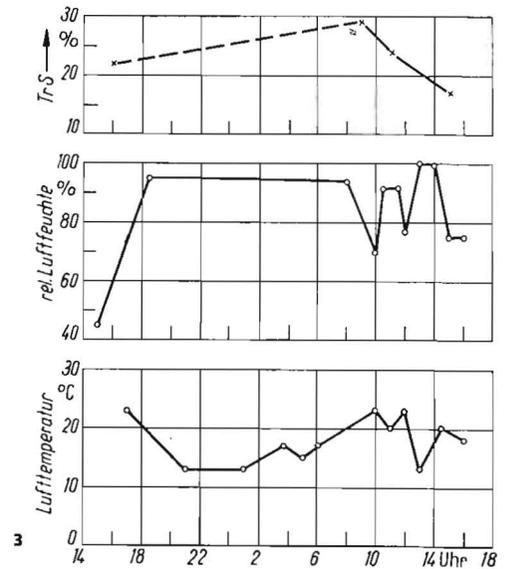
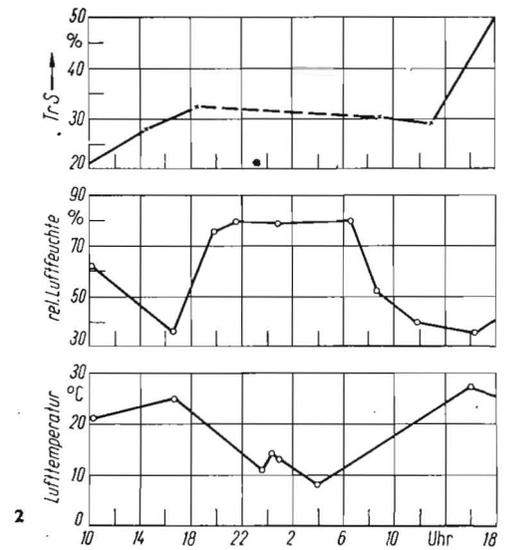
b = bedeckt, s = sonnig, lb = leicht bedeckt

Bild 3. Welkverlauf aufbereiteten Gutes bei Niederschlägen. Versuch Nr. 22: 19. und 20. August 1969

	19. August			20. August	
Uhrzeit	18 ⁰⁰		9 ⁰⁰	11 ⁰⁰	13 ⁰⁰
Windgeschw. [m/s]	0,70		3,10	1,26	0,70
Wittrg.	sonnig		leicht bew.	bedeckt	Gewitter
				Gew.-Sch.	

Bild 4. Darstellung des Trockengutdurchsatzes m_T in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt f_E des Trocknungsgutes bei Versuchen am Trommelrockner UT 66-1 in Rhinow

Bild 5. Darstellung des Gesamtenergieaufwandes q_{gesmT} in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt f_E des Trocknungsgutes bei Versuchen am Trommelrockner UT 66-1 in Rhinow



2.2.3. Trocknen und Nachbereiten

Den Hauptanteil der hohen Trocknungskosten bilden die Festkosten und die Brennstoffkosten. Eine Erhöhung des Trockengutausstoßes reduziert die spezifischen Festkosten. Das Vorwelken vermindert die je kg Trockengut zu verdampfende Wassermenge und beeinflusst über die Senkung des Wärmeaufwands die spezifischen Brennstoffkosten.

Bei einer Verminderung der Eingangsfeuchte von 80 auf 65 Prozent sinkt die Wasserverdampfung je kg Trockengut auf 45 Prozent. Im gleichen Maße verändert sich damit der spezifische Wärmebedarf je kg Trockengut. Bild 4 stellt den Zusammenhang zwischen Trockengutdurchsatz und Eintrittsfeuchte dar, wie er sich aufgrund praktischer Messungen am Trommeltrockner UT 66 in Rhinow ergab /5/.

Bei angewelktem Gras erhöhte sich dabei der Trockengutdurchsatz um 22 bis 35 Prozent gegenüber der Variante Frischfütterrocknung, er betrug maximal 2 080 kg/h.

Bei diesen Messungen verminderte sich der Brennstoffaufwand je kg Trockengut auf 44 bis 80 Prozent des Aufwands bei der Trocknung mähfrischen Gutes.

Der Zusammenhang zwischen Eintrittsfeuchte und Gesamtenergieaufwand je kg Trockengut geht aus Bild 5 hervor. Eine Verallgemeinerung der Ergebnisse läßt erwarten, daß ein Vorwelken des Grünfutters auf einen Trockensubstanzgehalt von 30 bis 35 Prozent eine Steigerung des Trockengutdurchsatzes um 50 bis 70 Prozent sowie eine Reduzierung des spezifischen Wärmebedarfs um 40 bis 55 Prozent ermöglicht.

Bei der Nachbereitung des Trockengutes setzt sich das Pelletieren von Trockenguthäcksel durch. Pelletiertes Trockengut hat Schüttgutcharakter. Diese Tatsache und die höhere Schüttdichte gegenüber Häcksel lassen diese Nachbereitungsform als günstig für den Transport, die Lagerung und den Umschlag von Trockengut erscheinen /6/.

3. Technisch-technologische sowie organisatorische Probleme bei der Trocknung gewelkten Gutes

Bei der Trocknung gewelkten Gutes zeigt sich, daß Trommel und Feuerung der Anlage UT 66 ausreichend über Reserven verfügen, um höhere Durchsatzleistungen zu realisieren. Leistungsbegrenzend wirkten die zuführenden und abführenden Organe. Ungenügende Häckselqualität wirkt sich bei der

Tafel 2. Ermittlung des Schwankungsbereiches der täglichen Trocknungszeit in den Trockenwerken Sandau, Rhinow und Friedland 1969

Tägl. Trocknungszeit h	TW Sandau Häufigkeit		TW Rhinow Häufigkeit		TW Friedland Häufigkeit	
	abs. d	rel. %	abs. d	rel. %	abs. d	rel. %
1...2	—	—	—	—	—	—
2...3	1	1,02	2	2,41	—	—
3...4	1	1,02	—	—	—	—
4...5	1	1,02	2	2,41	3	2,52
5...6	5	5,10	4	4,82	4	3,36
6...7	1	1,02	2	2,41	7	5,88
7...8	4	4,08	3	3,61	12	10,08
8...9	3	3,06	5	6,02	12	10,08
9...10	5	5,10	4	4,82	11	9,24
10...11	2	2,04	1	1,21	9	7,56
11...12	4	4,08	5	6,02	9	7,56
12...13	2	2,04	1	1,21	3	2,52
13...14	6	6,12	14	16,87	7	5,88
14...15	6	6,12	10	12,05	6	5,04
15...16	7	7,14	5	6,02	2	1,68
16...17	5	5,10	3	3,61	1	0,84
17...18	7	7,14	4	4,82	6	5,04
18...19	3	3,06	7	8,43	1	0,84
19...20	6	6,12	8	9,64	22	18,49
20...21	10	10,20	1	1,21	1	0,84
21...22	8	8,16	—	—	1	0,84
22...23	3	3,06	1	1,21	2	1,68
23...24	8	8,16	1	1,21	—	—
Trocknungstage	98	100	83	100	119	100
Schwankungsbereich in h	3...24		2...24		5...23	

Verarbeitung gewelkten Gutes ungleich leistungssenkender aus als bei Frischguttrocknung und führt im Extrem zu Störungen bei der Zuführung des Trocknungsgutes. Leistungsfähigere Baugruppen lassen annähernd gleiche Durchsätze gewelkten Gutes im Vergleich zum mähfrischen Gut erwarten.

Die industrieartige Organisation der Trockengutproduktion zwingt bei der Entscheidung für das Vorwelken zu der Konsequenz, auch bei ungünstiger Witterung das auf Schwad liegende Gut unabhängig vom erreichten Trockensubstanzgehalt nach der festgelegten Zeitspanne zu bergen und zu verarbeiten. Die auftretenden Schwankungen im Trockensubstanzgehalt sowohl von Tag zu Tag als auch innerhalb eines Einsatztages stellen größere Anforderungen an die Automatisierung des Trocknungsprozesses, um eine gleichbleibende Qualität des Endproduktes zu garantieren.

4. Zur Abstimmung und Verfügbarkeit der Maschinenkette

Ermittlungen in Trockenwerken zeigten Schwankungsbreiten der täglichen Trocknungszeit von 2 bis 24 h bei jeweils dreischichtigem Betrieb. Die in Tafel 2 dargestellte Auswertung von 3 Anlagen führt die Problematik einer exakten Abstimmung der Maschinenkette „Welkgutbereitung und -ernte für die Heißlufttrocknung“ auf die Schlüsselmaschine „Trockenwerk“ vor Augen. In diesem Zusammenhang spielt die Verfügbarkeit der Maschinenkette als Maß ihrer Einsatzbereitschaft eine besondere Rolle.

- Bei der Maschinenkette für die Heißlufttrocknung handelt es sich mit den 4 Maschinengruppen Schwadmäher, Exakthäcksler, Transporteinheit und Trockner um eine relativ lange Kette. Da sich die Verfügbarkeit der Kette durch die multiplikative Verknüpfung der Gruppenverfügbarkeit ergibt, hat eine nicht genügende Verfügbarkeit einer Maschinengruppe erhebliche Auswirkungen auf die gesamte Kette.
- Die Maschinengruppen der Kette „Heißlufttrocknung“ weisen eine nur geringe Breite auf bzw. es handelt sich um Einzelmaschinen. Geringere Verfügbarkeit der Einzelmaschinen können damit nicht ausgeglichen werden.

Durchgeführte theoretische Untersuchungen zeigen, daß bei einer Verfügbarkeit der Erntemaschinen von je 0,8, der Transportmittel von 0,98 und des Trockners von 0,8 sowie von jeweils 1 Erntemaschine, 2 Transporteinheiten und einem Trockner insgesamt mit einer Verfügbarkeit von nur 0,5 zu rechnen ist.

Es ergibt sich die Forderung nach hoher Zuverlässigkeit der Maschinen und evtl. Teilung der Kette durch Schaffung von Pufferlagern. Diese Möglichkeit ist eingeschränkt, da kurzgehäckselttes Welkgut nur bedingt ohne Verluste zwischengelagert werden kann.

Die offensichtlichen Vorteile der Trocknung gewelkten Gutes lassen sich nur dann ausnutzen, wenn die aufgezeigten Probleme einer Lösung zugeführt werden.

Literatur

- LAUBE, W.: Zum Einsatz von Trockengut in der Tierernährung. 9. Trocknungstagung 1967 der KDT
- HENK, G.: Untersuchungen über die Nährstoff- und Carotinverluste bei der Heißlufttrocknung von Grünfütter und der Lagerung von Trockengrünfütter. Diss. DAL Berlin, 1967
- THURM, R.: Die Entwicklung der Verfahren der Futterernte und der Rinderhaltung. Deutsche Agrartechnik 19 (1969) II. 2, S. 60 bis 62
- SCHWANDT, W. u. a.: Die Technologie der industriemäßigen Graswelksilageproduktion im VEB KIM Ferdinandshof. Teilabschlußbericht zum Forschungsthema (unveröffentl.)
- TACK, F.: Vorwelken zur Heißlufttrocknung. Teilabschlußbericht zur Forschungsarbeit 1970. Sektion Landtechnik, Universität Rostock (unveröffentl.)
- PRÜFER, S. / CHR. FÜLL: Lagerung von Trockengut. Abschlußbericht zur Forschungsarbeit 1969. Sektion Landtechnik, Universität Rostock (unveröffentl.)