

- mit Hilfe eines gut organisierten Transports die gleichmäßige Anlieferung über die gesamte Trocknungszeit zu erreichen
- die technischen, technologischen und regelungstechnischen Voraussetzungen zu schaffen, die eine hohe Durchsatzleistung, besonders bei Welkgut, ermöglichen
- die Trocknung von Welkgut materiell zu stimulieren.

Zusammenfassung

Die dargelegten Untersuchungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- a) Die relativ hohen Kosten der Heißlufttrocknung erfordern, Mittel und Wege zu finden, um eine Senkung der Kosten je konservierter Nährstoffeinheit zu erreichen.
- b) Der Trockenmassegehalt des Trocknungsgutes beeinflusst wesentlich die Kostenentwicklung der Heißlufttrocknung.
- c) Der Trockenmassegehalt im Grünfutter ist durch das Vorwelken zu beeinflussen. Durch das Vorwelken werden gesenkt

- die Transportkosten je t Trockenmasse
- die Heizungsenergiekosten je t Trockenmasse
- die Festkosten je t Trockenmasse.

- d) Die höhere Auslastung der Anlagen ist erreichbar durch
 - die Ausdehnung der Trocknungszeit
 - Erhöhung der Durchsatzleistung je Trocknungsstunde.

Die maximale Kostensenkung wird nur erreicht, wenn bei einer möglichst langen Trocknungszeit eine hohe Durchsatzleistung realisiert wird.

Literatur

- 1/ Ewald, G.: Referat auf dem Erfahrungsaustausch zu Problemen der technischen Trocknung auf der „agra“ am 23. März 1973.
- 2/ Rümcker, P. / W. Wohlleben: Ökonomisch-mathematische Untersuchungen zur Eingliederung der Heißlufttrocknung in die Organisation der Pflanzenproduktion sozialistischer Landwirtschaftsbetriebe und ihrer kooperativen Einrichtungen. Dissertation, Universität Rostock 1972.
- 3/ Tack, F.: Zu Problemen der Produktion von Trockengrün, insbesondere der Trocknung gewellten Grünfutters. Dt. Agrartechnik 21 (1971) H. 3, S. 123—125.
- 4/ Hübner, D.: Zur Ermittlung des möglichen Aufwandes an vergegenständlichter Arbeit für die tierische Produktion. Dt. Agrartechnik (1969) H. 6, S. 276—277. A 9467

Technologische Fragen der Trocknung von gewelktem Grünfutter

Dr. agr. F. Tack, Universität Rostock, Sektion Landtechnik

1. Problemstellung

Gemäß den Beschlüssen des VIII. Parteitagess der SED erfolgt der schrittweise Übergang zu industriemäßigen Methoden in der Pflanzenproduktion in der DDR unter den Bedingungen der weiteren sozialistischen Intensivierung. Eine Hauptaufgabe besteht dabei in dem Erreichen höherer und stabiler Erträge. Das gilt insbesondere für die Zweige des Futterbaus, um die notwendige Steigerung der Leistungen in der tierischen Produktion durch die Bereitstellung qualitativ hochwertiger Futterstoffe in ausreichender Menge zu sichern.

Die vergleichsweise hohen Verluste bei der Ente und Konservierung von Futterpflanzen erfordern die Entwicklung neuer Verfahren und die Verbesserung vorhandener.

Die Heißlufttrocknung nimmt unter den gegenwärtig angewandten Konservierungsverfahren eine besondere Stellung ein. Verschiedene Merkmale weisen auf ihre besondere Eignung im Rahmen einer industriemäßigen Futter- und Tierproduktion hin /1/.

Gegenüber anderen bekannten Konservierungsverfahren besitzt die Heißlufttrocknung den Vorzug geringer Masse- und Nährstoffverluste /2/. Vor allem die hohen Kosten für die Konservierung stehen diesem Vorteil gegenüber.

Komplexe Rationalisierungsmaßnahmen müssen darum insbesondere auf die Verbesserung der Qualität des Produktes und die Verminderung der energetischen Aufwendungen gerichtet werden.

Da die Brennstoff- und Energiekosten mit 25 bis 35 Prozent einen entscheidenden Anteil der Kosten der Heißlufttrocknung /3/ ausmachen, sind Maßnahmen zu ihrer Verminderung besonders wirkungsvoll im Hinblick auf die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.

Der Energieaufwand wird vor allem durch die je Produkteinheit Trockengrün zu verdampfende Wassermenge bestimmt. Der vermehrte Einsatz von gewelktem Grünfutter ist damit eine wesentliche Voraussetzung für die Verminderung

der energetischen Aufwendungen und für die Erhöhung der Durchsatzleistungen in den landwirtschaftlichen Trocknungsanlagen.

2. Durchführung der Untersuchungen

Im folgenden wird über die Ergebnisse der unter Produktionsbedingungen durchgeführten mehrjährigen Untersuchungen zur Möglichkeit der Welkgutverarbeitung in Heißlufttrocknungsanlagen berichtet /1/.

Die Aufgabe der experimentellen Untersuchungen, für die eine Trommeltrocknungsanlage UT 66/1 ausgewählt wurde, bestand darin, die Veränderungen in den Durchsatzleistungen sowie in den energetischen Aufwendungen bei der Trocknung gewellten Futters gegenüber der Verarbeitung mähfrischen Gutes zu bestimmen. Weiterhin waren Aussagen über das Trocknungsverhalten von Welkgut sowie über leistungsbegrenzende Faktoren und Baugruppen der Trocknungsanlage zu treffen, die bei den veränderten technologischen Eigenschaften des Welkgutes auftreten können. Es war das Ziel, die Möglichkeiten und Grenzen der Trocknung von Welkgut in Mehrfrucht-trocknungsanlagen aufzuzeigen und den Trocknungsbetrieben Hinweise für die Anwendung dieses Verfahrens zu geben.

Bei der komplexen Betrachtung des Gesamtverfahrens war dabei auch der Einfluß technologisch-technischer Maßnahmen auf den Welkverlauf und die Möglichkeit der Sicherung einer kontinuierlichen Bereitstellung von Welkgut zu beachten.

3. Einfluß des Welkens auf die Durchsatzleistungen

Von verschiedenen Autoren wurde darauf hingewiesen, daß durch das Welken des Grünfutters auf dem Feld eine Senkung des Energieaufwandes bei der Trocknung bei gleichzeitiger Steigerung der Trocknerleistung möglich sein müßte /4/ /5/ /6/.

Nach dem Welken des Grünfutters von 85 Prozent Feuchtegehalt auf 75 Prozent sind bei der Erzeugung von 1 dt

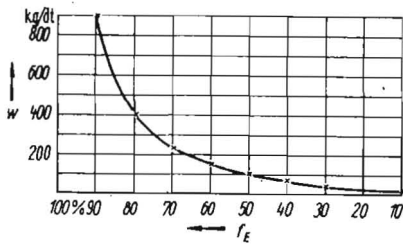


Bild 1
Wasserentzug je dt
Trockenmasse bei
unterschiedlichem
Feuchtegehalt des
Trocknungsgutes:
W Wasserentzug,
 f_E Feuchtegehalt
des Trocknungs-
gutes

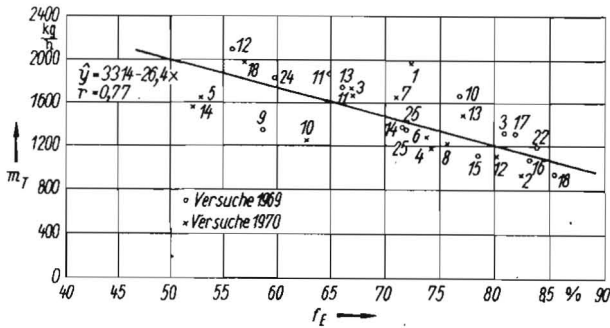


Bild 2. Darstellung des Durchsatzes an Trockengut in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt des Trocknungsgutes bei Versuchen am Trommeltröckner UT 66/1;
 m_T Durchsatz an Trockengut,
 f_E Feuchtegehalt des Trocknungsgutes

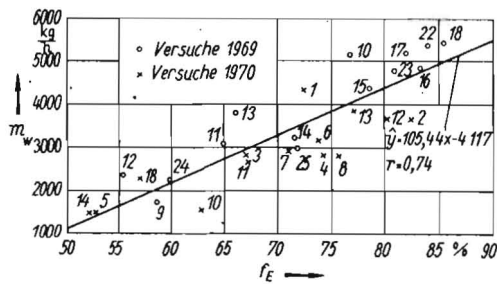


Bild 3. Darstellung der Wasserverdampfung in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt des Trocknungsgutes bei Versuchen am Trommeltröckner UT 66/1;
 m_W Wasserverdampfung je Stunde,
 f_E Feuchtegehalt des Trocknungsgutes

Trockengrüntgut (10 Prozent Feuchtegehalt) 240 kg Wasser weniger zu verdampfen. Das ist gleichbedeutend mit einer Verminderung der abzuführenden Wassermenge um die Hälfte. Bei einer weiteren Senkung des Feuchtegehaltes auf 65 Prozent braucht nur noch etwa ein Drittel der ursprünglich vorhandenen Wassermenge verdampft zu werden (Bild 1).

Die Konstruktion der Trommel und die Wärmeleistung der Feuerung, die Leistungsfähigkeit der aufbereitenden und nachbereitenden Baugruppen, Maschinen und Fördereinrichtungen sowie die technologischen Eigenschaften des Trocknungsgutes (Trockensubstanzgehalt, Gutart, Häcksellänge, mögliche Trocknungstemperaturen) bestimmen maßgeblich die Durchsatzleistungen.

Es konnte festgestellt werden, daß die Trommel und die Feuerung der Anlage UT 66/1 bei der Welkguttrocknung nicht leistungsbegrenzend wirken.

Der erreichte Durchsatz an Trockengut ist im Bild 2 in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt des Trocknungsgutes dargestellt. Mit abnehmendem Feuchtegehalt steigt die stündliche Trockengutproduktion.

Eine Verminderung des Feuchtegehaltes im zu trocknenden Gut von 85 Prozent auf 65 Prozent ist gleichbedeutend mit

einer Erhöhung des Durchsatzes um etwa 60 Prozent von etwa 1,0 t/h auf 1,6 t/h.

Bei übermäßig gewelktem — aus technologischen Gründen sollte der Feuchtegehalt im Verlaufe des Welkprozesses möglichst nicht unter 65 Prozent gesenkt werden — waren Maximaldurchsätze von etwa 2,0 t/h zu verzeichnen.

Beim Durchsatz an Trocknungsgut — auf diese Größe wird die Maschinenkette für die Ernte und Aufbereitung abgestimmt — war mit abnehmendem Feuchtegehalt eine sinkende Tendenz zu erkennen. Das ist z. T. in den veränderten technologischen Eigenschaften des Gutes und den damit im Zusammenhang auftretenden Schwierigkeiten bei der Förderung und Bearbeitung im Aufbereitungsteil der Trocknungsanlage (Stapelband, Förderer, Häcksler) begründet. Dabei ist der Einfluß der Häcksellänge auf den Durchsatz bei gewelktem Gut ungleich größer als bei Frischgut. Mit einer Vergrößerung der Häcksellänge — erstrebenswert ist eine Länge von 20 bis 30 mm — kommt es zu einer erheblichen Verminderung des Durchsatzes.

Als Kriterium für die Beurteilung der Leistung des Trockners kann auch die stündliche Wasserverdampfung herangezogen werden.

Bei einer Verminderung des Feuchtegehaltes von 85 Prozent auf 65 Prozent im Trocknungsgut geht die Wasserverdampfung von etwa 5000 kg/h auf etwa 3000 kg/h zurück (Bild 3).

Bezüglich der Durchsatzleistungen der Trocknungsanlage UT 66 bei der Welkguttrocknung wird zusammenfassend festgestellt:

- Die Verarbeitung von Welkgut führt zu einer Steigerung des Trockengutausstoßes um etwa 50 Prozent.
- Die Leistung wird bei gewelktem Gut durch die Baugruppen im Aufbereitungsteil der Anlage begrenzt (Stapelband, Förderer, Häcksler).
- Bei stark gewelktem Gut werden die abführenden Organe (Ausziehschnecke, Staubschnecke) sowie die Mechanisierungsmittel für die Nachbereitung (Presse, Mühlen) durch Erreichen der Stopfgrenze zum leistungsbegrenzenden Faktor.
- Bei der Verarbeitung gewelkten Gutes ist das Erreichen eines kurzen Exakthäcksels noch bedeutungsvoller als bei der Trocknung mähfrischen Gutes (Verbesserung der Rieselfähigkeit und der Fördereigenschaften, Verhinderung von Zopfbildungen als Ursache für Trommelbrände).

4. Einfluß des Welkens auf die energetischen Aufwendungen

Die Aufwendungen an Brennstoffen und Elektroenergie werden vornehmlich durch die benötigte Wärmeenergie für die Wasserverdampfung bestimmt. Der Wärmeenergiebedarf hängt somit vor allem von der zu verdampfenden Wassermenge und dem spezifischen Wärmebedarf ab, der weitgehend durch die technologischen Eigenschaften des Trocknungsgutes mit bestimmt wird.

Bedingt durch verschiedene Faktoren — Trocknerkonstruktion und -führung sowie technologische Eigenschaften des Trocknungsgutes — liegt der tatsächliche Wärmeeinwand unter Praxisbedingungen mit 765 bis 1200 kcal je kg verdampftes Wasser wesentlich über der theoretisch notwendigen Wärmemenge.

Düwel und Füll [7] weisen auf den Einfluß hoher Trocknungsgastemperaturen auf die Senkung der Wärmeverluste und die Verbesserung des thermischen Wirkungsgrades von Trommeltröcknern infolge eines günstigeren Wärmeübergangs hin. Da sich mit steigenden Gastemperaturen auch die Wasserverdampfung vergrößert, ergibt sich die Forderung, die Trocknung bei den entsprechend den Eigenschaften des Trocknungsgutes höchstmöglichen Temperaturen durchzuführen.

Eine wesentliche Voraussetzung für die Senkung des Energieverbrauchs bei gleichzeitiger Verbesserung der Qualität des produzierten Trockengrüngutes ist das Einhalten optimaler Betriebsparameter des Trockners (Gastemperatur und Gaststrom).

Die möglichen Trocknungstemperaturen werden für das jeweilige Gut vor allem durch den Feuchtegehalt und die spezifische Temperaturempfindlichkeit der Fruchtarten bestimmt. Gewelktes Gut mit geringem Feuchtegehalt verträgt nur niedrige Gastemperaturen. Dabei sind Gräser temperaturempfindlicher als die meisten Feldfutterpflanzen.

Die Untersuchungen am Trommeltrockner UT 66/1 ergaben, daß sich mit sinkendem Feuchtegehalt im Trocknungsgut (Welkgutrocknung) der spezifische Wärmeverbrauch je kg Wasser erhöht. Die Ursachen für diesen Anstieg, der im Mittel etwa 20 Prozent im betrachteten Bereich von 65 Prozent bis 85 Prozent Feuchtegehalt beträgt, liegen begründet in dem relativ höheren Anteil von Zellwasser im Welkgut und den niedrigeren Gastemperaturen, die bei der Welkgutrocknung möglich sind. Insbesondere bei stark gewelktem Gut kann es zu einem extremen Anstieg des spezifischen Wärmeverbrauchs kommen, der auch auf Schwierigkeiten bei der Trocknerführung durch das Bedienungspersonal schließen läßt.

Ein entscheidendes Kriterium für die Beurteilung der Trocknung ist der spezifische Energieverbrauch je kg Trockengut. Im Bild 4 sind die ermittelten Ergebnisse in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt dargestellt. Mit sinkendem Feuchtegehalt vermindert sich sowohl der Wärmeverbrauch als auch der Gesamtenergieverbrauch. Durch das Welken auf 65 Prozent Feuchtegehalt verringert sich der Energieaufwand bei der Trocknung um etwa 50 Prozent gegenüber der Verarbeitung von Trocknungsgut mit 85 Prozent Feuchtegehalt. Das bedeutet für den Brennstoffverbrauch (Braunkohlenbriketts) eine Verminderung von 0,95 kg auf 0,45 kg je kg Trockengut.

Der Einfluß der Trocknungsgastemperatur auf den Durchsatz und den Energieverbrauch einerseits und die Temperaturempfindlichkeit des Gutes andererseits erfordern eine optimale Abstimmung der zur Verdampfung notwendigen mit der tatsächlich zugeführten Wärmemenge.

Die Bewältigung dieser Abstimmung wird bei der Trocknung von Welkgut zu einem technischen Problem, das unbedingt zu lösen ist, da dem Trockner ein Trocknungsgut mit häufiger wechselndem Feuchtegehalt zugeführt wird.

Den möglichen Qualitätsminderungen durch zeitweilige Über- bzw. Untertrocknung muß durch eine Automatisierung der Trocknerführung entgegengewirkt werden.

5. Zur Eingliederung des Naturprozesses „Welken“ in das Gesamtverfahren

Die Vorteile der Verarbeitung von Welkgut — Senkung des Energieverbrauches und Erhöhung des Durchsatzes — konnten nachgewiesen werden.

Aus einer Erweiterung der Welkgutverarbeitung in den Trockenwerken ergibt sich die Forderung nach kontinuierlicher Bereitstellung von Welkgut und nach einer entsprechenden Eingliederung des Naturprozesses „Welken“ in den technologischen Ablauf des Gesamtverfahrens.

Um zusätzliche Nährstoffverluste, die das Verfahren belasten würden, weitgehend zu vermeiden, ergibt sich die Notwendigkeit, den angestrebten Trockensubstanzgehalt in kürzester Zeit zu erreichen. Alle Prozesse, die das Konservierungsverfahren wieder weitgehend witterungsabhängig gestalten können, wie das Welken des Mähgutes auf einen bestimmten Trockensubstanzgehalt auch unter ungünstigen Witterungsbedingungen, sind der Kontinuität der Produktion abträglich und damit mit einer industriemäßigen Organisation unvereinbar.

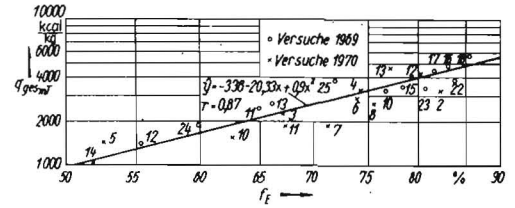


Bild 4. Darstellung des Energieverbrauches in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt des Trocknungsgutes bei Versuchen am Trommeltrockner UT 66/1;

q_{ges} mT Gesamtenergieverbrauch je kg Trockengut.
 f_f Feuchtegehalt des Trocknungsgutes

Das bringt bestimmte Konsequenzen hinsichtlich der technologisch-organisatorischen Gestaltung und Abstimmung der Prozesse „Welken auf dem Feld“ und „Trocknen“ mit sich. So muß die Liegezeit des Mähgutes auf dem Felde zeitlich begrenzt werden. Schwankungen im Trockensubstanzgehalt sind durch geeignete technische Maßnahmen (Automatisierung) am Trockner auszugleichen, ohne daß die Qualität des Trockengutes beeinträchtigt wird.

Der Welkeffekt wird wesentlich von der Witterung und dem unterschiedlichen Verhalten der zu welkenden Futterpflanzen beeinflusst. Ziel technischer Maßnahmen, z. B. der „Aufbereitung“ des Pflanzenmaterials, ist es daher, den Naturprozeß „Welken“ zu begünstigen und durch Verkürzen der Welkzeit die Witterungsabhängigkeit des Prozesses einzuschränken und Verlustquellen auszuschließen.

6. Zusammenfassung

Die relativ hohen Kosten der Heißlufttrocknung erfordern Maßnahmen zur Senkung der Kosten je Nährstoffeinheit. Es wird über technologische Untersuchungen zur Trocknung gewelkten Grünfutters berichtet.

Bei der Verarbeitung von Welkgut erhöht sich der Trockengutdurchsatz um etwa 50 Prozent. Der Energieverbrauch je kg Trockengut kann bei der Welkgutverarbeitung gegenüber der Frischgutrocknung um die Hälfte vermindert werden.

Die notwendige kontinuierliche Gestaltung der industriemäßigen Produktion von Trockengrüngut erfordert eine entsprechende Eingliederung des Naturprozesses „Welken“ in das Gesamtverfahren.

Literatur

- 1/ Prüfer, S. / F. Tack: Technologische Untersuchungen zur Produktion, Lagerung und Fütterung von Trockengrüngut-Preßlingen. Dissertation Universität Rostock 1971.
- 2/ Thurm, R.: Die Entwicklung der Verfahren der Futterernte und der Rinderhaltung. Dt. Agrartechnik 19 (1969) H. 2, S. 60.
- 3/ Rümcker, P. / W. Wohlleben: Ökonomisch-mathematische Untersuchungen zur Eingliederung der Heißlufttrocknung in die Organisation der Pflanzenproduktion sozialistischer Landwirtschaftsbetriebe und ihrer kooperativen Einrichtungen. Dissertation Universität Rostock 1972.
- 4/ Reumshüssel, G.: Einige Hinweise für die Steigerung der Wirtschaftlichkeit der künstlichen Grünfütterrocknung. Dt. Agrartechnik 12 (1962) H. 4, S. 179–180.
- 5/ Nielebock, W.: Zur Rationalisierung der Trockengrüngutproduktion. Dt. Agrartechnik 18 (1968) H. 5, S. 219–221.
- 6/ Schneider, B., u. a.: Heißlufttrocknung von Grünfütter und Hackfrüchten. Berlin: VEB Verlag Technik 1970.
- 7/ Düwel, P. / Chr. Füll: Technische und ökonomische Untersuchungen der Heißlufttrocknung. Forschungsbericht Universität Rostock. Institut für Landtechnik 1968. A 9502