

# Betrachtungen über die Heißlufttrocknung

Unter Trocknen versteht man ganz allgemein den Entzug von Wasser aus irgendeinem Gut, mit dem Ziel, ein trockenes und damit lagerfähiges Gut zu gewinnen. Bei der künstlichen Trocknung mit Heißluft kommt es darauf an, das Wasser im Gut in dampfförmigen Zustand zu überführen und dieses Dampf Luftgemisch abzuleiten.

Den zuerst genannten Zustand erreicht man durch Wärmezufuhr, die bei den in der Landwirtschaft üblichen Trocknern in der Hauptsache durch Wärmeübergang von dem Trockenmittel Luft an das Gut erfolgt (Konvektionstrocknung). Als Wärmequelle dient vorwiegend die Kohle (als Sammelbegriff gesehen) und neuerdings auch das Heizöl. Beide sind jedoch in ihrer Ausnutzung, ihren Betriebskosten und ihrem Heizwert sehr unterschiedlich.

Die bei der Heißlufttrocknung erfolgte Lufttemperaturerhöhung soll vor allem das Wasseraufnahmevermögen der Luft steigern, um dadurch einen größeren Trocknungseffekt zu erzielen. Für die Berechnung des Wasseraufnahmevermögens ist neben der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit noch zu beachten, daß die Luft sich mit der Feuchtigkeitsaufnahme gleichzeitig abkühlt und damit nicht ihr volles Sättigungsgefälle aufrechterhalten kann. Diese Wechselbeziehungen zwischen Temperatur und Luftfeuchtigkeit sind in ihrer Gesetzmäßigkeit im  $i-x$ -Diagramm wiedergegeben<sup>1)</sup>.

Der Erwärmung des zu trocknenden Gutes sind Temperaturgrenzen gesetzt, die unbedingt beachtet werden müssen, wenn z. B. bei Getreide die Keim- und Backfähigkeit erhalten bleiben soll. Getreide trocknet man bei Temperaturen von 30 bis 80° C.

\*) Institut für Landmaschinen- und Traktorenbau, Leipzig (Direktor: Dr.-Ing. E. FOLTINI).  
<sup>1)</sup> Siehe a. Beitrag HLAWITSCHKA, S. 203.

Schluß von S. 219

Verkrusten des Gutes verhindert wird. Der Trocknungsverlauf läßt sich so in einem durchaus günstigen Sinne beeinflussen, weil der innere Kern der Gutsteile ungehindert, d. h. schneller, das Zellwasser nach außen abgeben kann.

Bei der Trocknung von Saatgut, Maiskolben usw. sind Trocknungslufttemperaturen von 40 bis 50° C angebracht, um jede Schädigung der Keime zu vermeiden.

Der Gesamtwärmeaufwand beim Schrägrost-Allestrockner beläuft sich je nach den herrschenden atmosphärischen Verhältnissen je kg zu verdunstenden Wassers bei der Trocknung von Grünmasse und Kartoffeln auf 800 bis 900 kcal; umgerechnet auf 100 kg Frischgut mit einem Wassergehalt von 80 bis 85% bedeutet das einen Rohkohleverbrauch von etwa 35 kg.

Der Kraftverbrauch für den Trockner einschließlich Aufbereitungsanlage für das Frischgut und aller Fördereinrichtungen bis zur Absackung bzw. Bodenlagerung des Trockengutes beträgt etwa 1,5 kW/dz Frischgut.

An Bedienungspersonal werden für die Anlage in der bisherigen Ausführung je Schicht im Durchschnitt zwei Arbeitskräfte benötigt, wenn die Entladearbeit des Frischgutes in die Zerkleinerungsanlage vom Anlieferer selbst vorgenommen wird oder mechanisch erfolgt.

Durch eine einfache, weitgehend mechanisierte Stapelung und Aufgabevorrichtung für das Frischgut, die während der letzten Jahre entwickelt wurde, kann der manuelle Bedienungsaufwand und somit auch der Lohnkostenanteil künftig noch erheblich gesenkt werden.

Die Ergebnisse der bisherigen Arbeiten mit dem Schrägrost-Allestrockner berechtigen zu der Auffassung, daß schon in naher Zukunft ein landwirtschaftlicher Allestrockner als Einmannbetrieb verfügbar sein wird.

A 3054

wegen Grüngut Temperaturen bis 700° C kurzzeitig vertragen kann. Die Erklärung hierfür liegt in dem völlig verschiedenen Wassergehalt dieser landwirtschaftlichen Produkte. Grüngut enthält etwa 80%, Getreide nur etwa 20% Wasser, je nach den Witterungsverhältnissen und dem Reifegrad.

Im allgemeinen werden an einen landwirtschaftlichen Trockner folgende Anforderungen gestellt:

1. Ein bestimmter stündlicher Durchsatz von Trocknungsgut muß eingehalten werden können;
2. für das Trocknungsgut ist die Anfangs- und Endfeuchtigkeit vorgeschrieben;
3. der zulässige Temperaturbereich für das betreffende Gut muß eingehalten werden können und
4. der Wärmeverbrauch je kg verdampfte Flüssigkeit muß sich in wirtschaftlichen Grenzen bewegen.

Die heute in der Landwirtschaft vorhandenen Trockner sind mehr oder weniger auf ein bestimmtes Produkt spezialisiert. Es gibt noch keinen Trockner, der wirtschaftlich eine Reihe von Gütern, die sich in ihrer Struktur erheblich unterscheiden, trocknet.

## Getreidetrocknung

Durch die Schnelltrocknung mit Heißluft in besonderen Trocknungsapparaten erhält man ein lagerfähiges Gut. Bei der Heißlufttrocknung ist zu beachten, daß das zu trocknende Gut nicht überhitzt wird. Die nachstehend wiedergegebenen Versuchsergebnisse von SPRENGER in Tabelle 1 zeigen, daß sich die Grenzen bei Getreide in Richtung niedriger Temperatur verlagern, je höher der Anfangsfeuchtigkeitsgehalt des Gutes ist.

Tabelle 1. Getreidehöchsttemperaturen bei der Trocknung (nach SPRENGER)

Ausgangsfeuchtigkeit [%]	Konsumgetreide			Saatgetreide Braugerste [° C]
	Weizen [° C]	Roggen Hafer [° C]	Mais [° C]	
16	55	65	75	49
20	43	53	58	38
24	35	40	44	30

Bei der Heißlufttrocknung unterscheidet man Quer-, Gleich- und Gegenstromverfahren. Die bisher am meisten verwendeten Getreidetrockner sind Durchlauftrockner, die nach dem Querstromverfahren mit gegenstromähnlicher Beblasung arbeiten, d. h., der Trockner ist in mehrere hintereinandergeschaltete Zonen geteilt, so daß die Luftführung in den einzelnen Zonen zwar im Querstrom erfolgt, über den ganzen Trockner betrachtet jedoch Gegenstromcharakter erhält. Das Gleichstromverfahren hat sich bei der Getreidetrocknung nicht durchsetzen können, weil bei diesem Verfahren die warme Trocknungsluft mit dem feuchten Gut unmittelbar zusammentrifft und dadurch zu Schädigungen führt.

Ein günstiger Trocknungsverlauf wird im Gegenstrom mit Wirbelschichtcharakter erreicht, da hierbei das einlaufende feuchte Getreide zuerst mit der etwas abgekühlten feuchten Luft zusammentrifft und dadurch eine Verhärtung der Kornschale verhindert wird. Die Trocknung erfolgt deshalb viel intensiver und gleichzeitig schonender. Das Charakteristische bei Getreidetrocknern ist, daß diese mit Wärmeaustauschern arbeiten. Das zu trocknende Getreide kommt also nicht unmittelbar mit den Feuerungsgasen in Berührung, sondern die zum Trocknen verwendete Frischluft wird über einen Wärmeaustauscher geleitet, dort erhitzt und dann dem Gut zugeführt. Damit wird verhindert, daß der bei der Verbrennung auftretende SO<sub>2</sub>-Gehalt mit dem Getreide in Verbindung kommt.

Die nachfolgende Aufstellung gibt einen Überblick über die gebräuchlichsten Trocknertypen und ihre Wirkungsweise wieder (Tabelle 2).

Tabelle 2. Gebräuchliche Trocknertypen und ihre Wirkungsweise (nach BUNGARTZ)

Bezeichnung	Transport des Gutes im Trockner	Umschichtung des Gutes im Trockner
Schacchtrockner Trockner mit jalosie- förmigen Schachtwan- dungen	Schwerkraft	beim Abwärtsgleiten an den Jalosiewänden
Trockner mit dächer- förmigen Luftkanälen mit Getreideschacht	Schwerkraft	beim Abwärtsgleiten an versetzt angeordneten Kanälen
Trockner mit senkrecht stehenden oder schwach geneigten Siebwandun- gen	Schwerkraft	beim Abwärtsgleiten an eingebauten Wende- blechen
Trockner mit stehen- dem Siebboden Darre	von Hand	von Hand
Siebbodentrockner mit mechanischer Trans- port- und Wendein- richtung	mechanisch durch besondere Trans- porteinrichtung	durch besonderes Transportgerät
Wirbelschicht-, Schwebeschicht- trockner	pneumatisch durch gerichteten Luft- strom	pneumatisch
Trockner mit beweg- lichem Siebboden Bandtrockner	mechanisch durch Handbewegung	durch besonderes Wendegerät oder durch Schwerkraft bei Über- gang von einem Band zum anderen
Schwingsiebtrockner	mechanisch durch Schwingbewegung des Siebes (pneu- matisch durch gerich- teten Luft- strom)	durch Schwing- bewegung

### Grünfütterttrocknung

Auch bei der künstlichen Grünfütterttrocknung wird die Heißlufttrocknung angewendet. Seit mehreren Jahrzehnten ist man bestrebt, bei der Konservierung von Grünfütter Nährstoffverluste zu reduzieren, indem man künstlich trocknet. Bekanntlich bringt aber auch jede Konservierung Nährstoffverluste mit sich. Sie betragen bei den einzelnen Konservierungsarten:

Bodentrocknung	20 bis 50 %
Gerüstrocknung	15 bis 20 %
Gärfütterbereitung	10 %
Kaltbelüftungsanlagen	5 bis 10 %
künstliche Trocknung (Heißluft)	5 %

Durch den schnellen Wasserentzug bei der Heißlufttrocknung wird eine sofortige Unterbrechung der Atmung des zu trocknenden Gutes erreicht und damit der Abbau von Kohlehydraten verhindert. Außerdem wird den eiweißabbauenden Bakterien

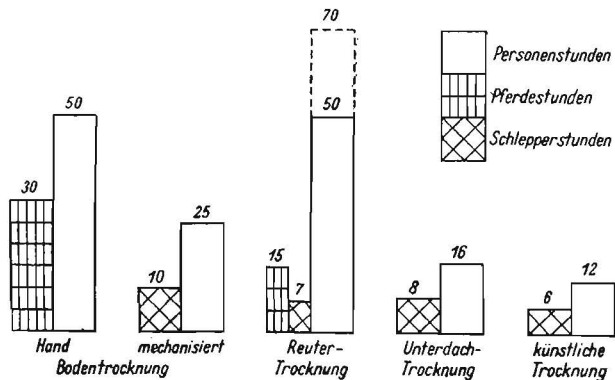


Bild 1. Arbeitsaufwand für die Trocknung eines Hektarertrages bei den verschiedenen Trocknungsverfahren (die Zahlen geben die Stunden an)

die Lebensgrundlage genommen und der Eiweißbestand erhalten. Diese wesentlichen Vorteile des mit Heißluft konservierten Grünfutters müssen aber mit höheren Unkosten erkauft werden. Es ist deshalb ratsam, nur junges eiweißreiches Futter mit geringem Rohfasergehalt künstlich zu trocknen. Durch die künstliche Trocknung soll ein Trockengut gewonnen werden, das in seinem Nährwert dem Kraftfutter gleich- oder mindestens nahekomm.

Interessant ist die Feststellung, daß die künstliche Trocknung in ihrem Arbeitsaufwand am günstigsten liegt. Nach Dr. G. SOMMERKAMP verhält sich der Arbeitsaufwand der einzelnen Trocknungsarten wie in Bild 1 dargestellt.

Die einzelnen Trocknersysteme, die bei der Grünfütterttrocknung in Anwendung kommen, zeigt in einer schematischen Übersicht Bild 2.

Das Gemeinsame dieser einzelnen Trocknersysteme ist die Verdampfung von Wasser aus einem Naßgut, das von 70 bis 90 % auf 14 bis 20 % Feuchtigkeit heruntergetrocknet werden soll. Bei der künstlichen Trocknung ist es zweckmäßig, das zu

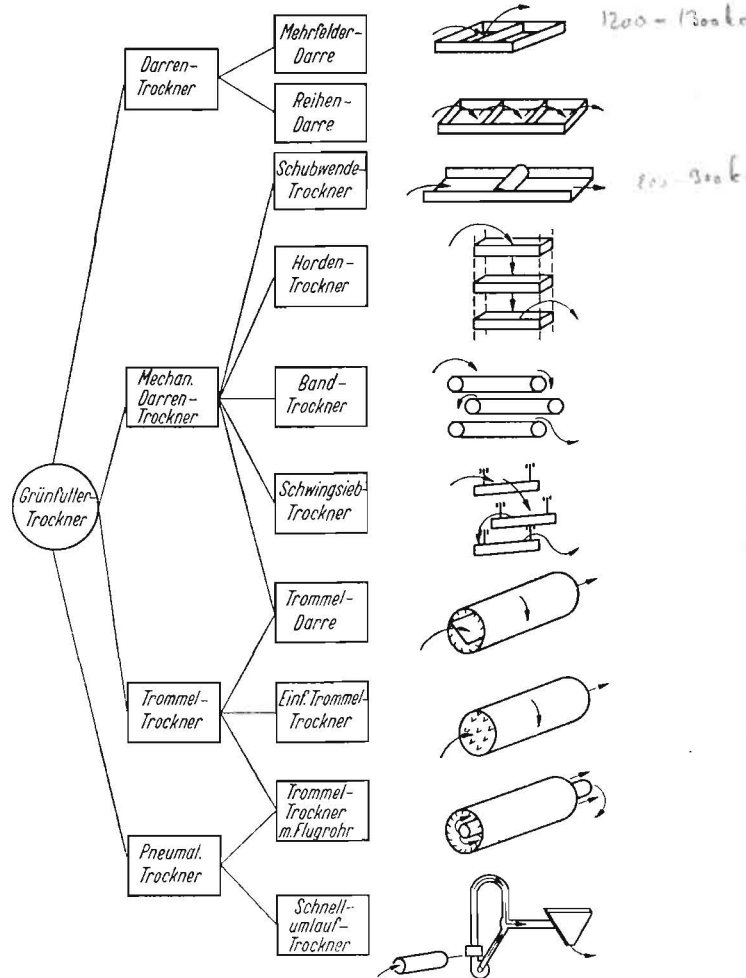


Bild 2. Trocknersysteme für die Grünfütterttrocknung

trocknende Gut zu zerkleinern, um durch die Freilegung feuchter Teile die Trocknung zu begünstigen. Das so aufbereitete Gut kommt mit den Heizgasen unmittelbar in Berührung. Je nach System treten dabei Temperaturen von 150 bis 700° C auf, der spezifische Wärmeverbrauch beträgt 850 bis 1200 kcal/kg verdampftes Wasser.

Besondere Bedeutung wird die Heißlufttrocknung in Verbindung mit dem Vorwelken erlangen. Durch das Vorwelken wird dem zu trocknenden Gut auf natürlichem Wege Feuchtigkeit entzogen, die in dem anschließenden Heißlufttrocknungsvorgang nicht mehr verdampft zu werden braucht. Um größere Nährstoffverluste zu vermeiden, ist es ratsam, die Vorwelkzeit nicht über zwei Tage auszudehnen. Welchen Vorteil das Vorwelken mit sich bringt, soll am folgenden Beispiel dargelegt werden.

Die zu verdampfende Wassermenge berechnet sich nach folgender Formel

$$W = Q_e \frac{f_e - f_a}{100 - f_e} \quad [\text{kg}].$$

Es bedeuten

$W$  zu verdampfendes Wasser [kg]

$Q_e$  eingeführtes Naßgut [kg]

$f_e$  Feuchtigkeitsgehalt des Naßgutes [%]

$f_a$  Feuchtigkeitsgehalt des getrockneten Gutes [%].

Es wird angenommen, daß  $Q_e = 2000$  [kg],  $f_e = 80$  [%] und  $f_a = 20$  [%] ist. Die zu verdampfende Wassermenge beträgt demnach

$$W = 2000 \text{ kg} \frac{80 - 20}{100 - 20} = 1500 \quad [\text{kg}].$$

Beträgt der Anfangswassergehalt des Gutes aber nur noch 50%, so beläuft sich die verdampfende Wassermenge auf

$$W = 2000 \text{ kg} \frac{50 - 20}{100 - 20} = 750 \quad [\text{kg}].$$

Ing. H. GÖRNER, Dresden

Also sinkt der erforderliche Kalorienaufwand ebenfalls um die Hälfte, und die Kosten je dz Trockengut werden entsprechend niedriger.

### Zusammenfassung

Im Streben nach weiterer Verbilligung der gesamten Herstellungskosten der Heißlufttrocknung ist das Augenmerk auf die Mehrzwecktrocknung zu richten. Besonderes Interesse verdient der Mehrzwecktrockner nach dem Wirbelschichtverfahren. Dieser Trocknertyp stellt in Hinsicht auf Verschleiß, Bedienung und Materialaufwand wohl den anspruchslosesten Trockner dar.

Darüber hinaus muß auf jeden Fall angestrebt werden, daß eine Trocknungsanlage von Mai bis Dezember ausgelastet wird; denn je höher die Betriebsstunden sind, um so niedriger liegen die Festkosten und damit die Trocknungskosten. Es ist deshalb vor der Errichtung einer Trocknungsanlage eine sorgfältige Planung des Futteranbaues und dessen Erfassung notwendig.

Der Zweck aller Trocknungsanlagen ist, Verluste und Wetterrisiko weitgehend auszuschalten. Die Heißlufttrocknung gehört somit zu den fortschrittlichsten Verfahren in der Landwirtschaft.

### Literatur

Berichte über Landtechnik, H. 48 (1956), herausgegeben vom KTL. Technik und Landwirtschaft, H. 16 (1957). Trocknungstechnik von O. KRISCHER und K. KRÖLL, Springer-Verlag. A 3055

## Konstruktion und Arbeitsweise moderner Trommeltrockner

### Trommeltrockner Typ QTe mit Umluftführung

Diese Anlage stellt einen Allestrockner für die Landwirtschaft dar und eignet sich für gehäckseltes und ungehäckseltes Gut.

#### Technische Beschreibung

Die Trockenanlage ist stationär. Der Trockner besteht aus einer langsamdrehenden, kontinuierlich arbeitenden Trommel. Sie läuft horizontal in wassergekühlten Lagern, die auf Fundamenten abgestützt sind. Die Trommel ist in Leichtbauweise ausgeführt und zum Durchlassen der Trockenluft mit einem



Bild 1. Trommeltrockner QTe (Pillnitz), Auslaufseite mit Austragschleuse, Tür geöffnet [NAGEMA, Dresden]

Lochblechmantel bespannt. Die eingebauten Gabeln sind kräftig ausgebildet. Außerdem sind zahlreiche Schaufeln und Fördererlemente vorhanden, damit neben Gras auch Getreide und ähnliche Produkte getrocknet werden können. Die rotierende Trommel ist gegenüber dem sie umgebenden Gehäuse sowohl in Längsrichtung als auch an der Ein- und Auslaufseite durch besondere Vorrichtungen abgedichtet. Die Verkleidung der Trommel besteht aus einer eisenarmierten Mauer und aus einer halbkreisförmigen, doppelwandigen, isolierten Verkleidung, die je nach Länge des Trockners unterteilt und mit Absaugstutzen für die Abluft versehen ist. Eine zweiflügelige Tür bildet den Abschluß des Gehäuses an der Trommelauslaufseite (Bild 1), sie kann mit wenigen Handgriffen leicht geöffnet werden. An ihrer Unterseite befindet sich die selbsttätige Austragschleuse, durch die das Trockengut in den Raum gelangt. Die Trocknung des Gutes erfolgt durch Heißluft bzw. durch Feuergase. Je nach Leistungstyp sind seitlich am Trocknungsraum Axiallüfter angebaut; die erwärmte Luft bzw. Umluft wird nicht nur einmal sondern mehrmals durch das laufend in der Trommel gewendete Gut gefördert. Eine Abluftleitung verbindet die Absaugstutzen, mittels Axiallüfter werden die gesättigten Heizgase abgesaugt und ins Freie geblasen.

#### Arbeitsweise

Das Grünfutter gelangt gehäckseltes über das Transportband zur Speisevorrichtung. Der zwischengeschaltete variable Speisemechanismus läßt nur ein bestimmtes Quantum hindurch und sorgt so für einen gleichmäßigen Betrieb. Das Gras kommt dann über den Trocknereinlauf in die Trockentrommel (Bild 2). Auch ungehäckseltes Grünfutter kann mit dieser Anlage getrocknet werden. Die Hubgabeln bzw. Hubbleche erfassen das Trockengut und fördern es über den höchsten