

## Wirtschaftlicher Lüftereinsatz bei der Kaltbelüftung

Dipl.-Ing. H.-J. MÜLLER

### 1. Aufgabe

Der Trocknungserfolg bei der Belüftung von Welkgut hängt wesentlich vom richtigen Lüftereinsatz und von der Einlagerungstechnologie (schichtweise Einlagerung) ab. Die bisherigen Angaben über die Einzelschichthöhen basierten auf Erfahrungswerten. Unter bestimmten Voraussetzungen lassen sich diese Einzelschichthöhen systematisch bestimmen. Deshalb wird ein Diagramm vorgeschlagen, das zum optimalen Lüftereinsatz beitragen soll und aus dem die Schichthöhen der Einzelschichten bestimmt werden können.

### 2. Lösung

#### 2.1. Trocknungstheoretische und strömungstechnische Grundlagen

Bei der Belüftungstrocknung von Langheu und Häcksel kommt es zur Ausbildung einer Trocknungszone. Diese wird begrenzt durch feuchtes Gut, das in Strömungsrichtung vor der Trocknungszone liegt und durch trockenes Gut hinter der Trocknungszone.

Aus diesem Grunde ist es zweckmäßig, das Gut schichtweise zu trocknen, da die noch feuchten Schichten oberhalb der Trocknungszone der Luft lediglich einen Widerstand entgegenzusetzen, ohne daß dabei eine Trocknung eintritt. Die Höhe der Einzelschicht ist so zu wählen, daß sie innerhalb einer bestimmten Zeit getrocknet werden kann. Je nach dem Trocknungspotential der Luft ist dazu eine bestimmte Luftmenge notwendig, die aber vom Druckverlust im Heustapel abhängig ist. Die Untersuchung des Strömungswiderstands von Schüttgutschichten hat deshalb für den optimalen Lüftereinsatz große Bedeutung.

Die allgemeinen Zusammenhänge lassen sich aus der technischen Strömungslehre herleiten. Zur Beurteilung des Strömungswiderstands landwirtschaftlicher Schüttgüter sind jedoch spezielle experimentelle Untersuchungen nötig. Für die Kaltbelüftung von halm- und blattförmigen Gütern hat MATTHIES folgende Formel entwickelt /1/:

$$\Delta p = 2,9 \cdot 10^{-3} \cdot C_4 \cdot h \cdot \rho_s^m \cdot w^{1,55} \quad (1)$$

Darin bedeuten:

$\Delta p$	Druckabfall in $\text{kp/m}^2$
$C_4$	Stoffbeiwert
$h$	Schütthöhe in m
$\rho_s$	Schüttdichte in $\text{kg/m}^3$
$w$	Luftgeschwindigkeit in m/s
$m$	Exponent der Dichte des Gutes

Auch von anderen Autoren wurden ähnliche Untersuchungen angestellt. Ein Vergleich der Ergebnisse zeigt starke Schwankungen. Das ist auf die Vielfalt der Einflußfaktoren zurückzuführen.

Für Häckselgutschüttungen gibt es bisher nur wenige Angaben, so daß hier noch Untersuchungen notwendig sind.

#### 2.2. Entwurf eines Diagramms zum wirtschaftlichen Einsatz von Lüftern

Das zu entwickelnde Diagramm stellt keine endgültige Lösung dar. Es werden Versuchsergebnisse von MATTHIES verwendet, die noch durch neuere Ergebnisse zu ersetzen sind. Hier soll ein möglicher Lösungsweg gezeigt werden.

Der Grundgedanke des Diagramms ist, daß die Kennlinie des Stapels mit der Lüfterkennlinie in Übereinstimmung gebracht werden muß. Das ist bei einer schichtweisen Einlagerung des Gutes möglich.

#### 2.2.1. Voraussetzungen und Annahmen

- Die Luftführung durch die Schüttung erfolgt senkrecht und parallel.
- Der durch das Luftführungssystem zwischen Lüfter und Stapelunterseite entstehende Druckabfall wird vernachlässigt.
- Zur Berechnung des Druckabfalls dient Gleichung (1).
- Die Abhängigkeit der Dichte von der Schüttung wird berücksichtigt. Jedoch bleibt außer Ansatz, daß sich die Dichte der obersten Schicht während der Belüftung ändert.

#### 2.2.2. Rechnerische Lösung

Bild 1 zeigt den Schnitt durch eine Heubelüftungsanlage. Zunächst wird der Druckabfall eines Schichtelementes betrachtet:

$$\Delta p = c \cdot \rho_s^m \cdot w^n \cdot dh \quad \frac{p}{\text{kp/m}^2} \left| \frac{c}{\text{kg/m}^3} \right| \frac{\rho_s}{\text{m/s}} \left| \frac{h}{\text{m}} \right| \quad (2)$$

Die Änderung der Dichte läßt sich nach KLAMKE /2/ durch eine Geradengleichung beschreiben:

$$\rho_s = \rho_0 + r \cdot h \quad \frac{\rho}{\text{kg/m}^3} \left| \frac{r}{\text{kg/m}^4} \right| \frac{h}{\text{m}} \quad (3)$$

Die Schichthöhe  $h$  wird durch die Flächenbelegung  $\mu$  ausgedrückt

$$\mu = \rho_s \cdot h \quad \frac{\mu}{\text{kg/m}^2} \left| \frac{\rho_s}{\text{kg/m}^3} \right| \frac{h}{\text{m}} \quad (4)$$

Außerdem ist  $\mu$  durch die spezifische Luftmenge  $v_L$  mit  $w$  verknüpft

$$w = \mu \cdot v_L \quad \frac{w}{\text{m/s}} \left| \frac{\mu}{\text{kg/m}^2} \right| \frac{v_L}{\text{m}^3/\text{kg}} \quad (5)$$

Mit diesen Gleichungen und durch Einsetzen spezieller Werte ergibt sich eine zugesechnittene Größengleichung:

$$\mu \cdot v_L = \left[ \frac{\Delta p_{\text{stat}}}{1,276 \cdot 10^{-5}} \right]^{1/1,55} \times \frac{1}{\left[ (2052 + 38,92 \mu_{\text{ges}})^{1,87} - 15,63 \cdot 10^5 \right]^{1/1,55}} \quad (6)$$

$$\frac{\mu \cdot v_L}{\text{m/s}} \left| \frac{\Delta p_{\text{stat}}}{\text{mm WS}} \right| \frac{\mu_{\text{ges}}}{\text{kg/m}^2}$$

Diese Gleichung kann in einem  $\mu \cdot v_L \cdot \dot{V}$ -Diagramm ausgewertet werden (Bild 2). Auf der Abszisse wird anstelle von  $\Delta p_{\text{stat}}$  der Volumenstrom  $\dot{V}$ , der sich aus der Lüfterkennlinie ergibt, aufgetragen.

In das Diagramm lassen sich vier Kurvenscharen eintragen.

- Aus Gleichung (6) ergeben sich Linien gleicher Flächenbelegung  $\mu_{\text{ges}}$ .
- Als zweite Kurvenschar lassen sich Linien konstanter Grundflächen der Belüftungsanlage eintragen.
- Die dritte Kurvenschar sind Linien konstanter Trocken- gutmasse.

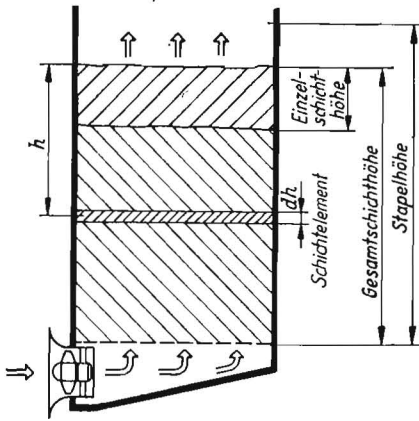


Bild 1. Heubelüftung bei schichtweiser Einlagerung

d) Eine vierte Kurvenschar kann eingezeichnet werden, wenn eine konstante spezifische Luftmenge  $v_L$  angenommen wird. Jede dieser Kurven gibt die Flächenbelegung einer bestimmten Einzelschicht an.

### 2.3. Anwendung des Diagramms

Das Diagramm ist bei der Projektierung von Belüftungsanlagen anwendbar. Aus dem Diagramm lassen sich Grundfläche, Einlagerungsmasse und Volumen für einen Lüfter ermitteln.

Es ergibt sich die Möglichkeit, über eine Kalkulation der Belüftungs- und Baukosten eine optimale Lösung zu finden.

Andererseits können bei vorgegebener Grundfläche der Anlage die Einzelschichthöhen bestimmt werden. Derartige Diagramme lassen sich auch für andere Lüfter ohne Schwierigkeiten aufzeichnen.

Es ist jedoch zunächst notwendig, eingehendere Untersuchungen über die Strömungsverhältnisse bei Häckselgut-schichten anzustellen.

Ing. W. MAUL, KDT\*

Die Konzentration der Pflege und Wartung innerhalb kooperierender Landwirtschaftsbetriebe erreicht insbesondere dann eine hohe Wirtschaftlichkeit, wenn die Anwendbarkeit der technischen Ausrüstungen eine wesentliche Steigerung der Arbeitsproduktivität bei verminderten Selbstkosten gewährleistet.

Wie bereits in den vorangegangenen Beiträgen als am zweckmäßigsten ausgewiesen, wird wieder ein Einzugsbereich von etwa 6000 ha LN mit einem durchschnittlichen Maschineneinsatz von 120 Traktoren, LKW und Spezialmaschinen sowie der dazu notwendigen Zubeortechnik wie Anhänger u. ä. herangezogen. Der Grundmittelwert der Technik dieses Einzugsbereiches beläuft sich auf rd. 12 Mill. M.

Der Diskussion über den vertretbaren finanziellen Aufwand ist bereits in den vorherigen Beiträgen genügend Rechnung getragen worden, so daß in diesem und den folgenden Aufsätzen nur noch die Erstellungskosten der verschiedenen Möglichkeiten zu vergleichen sind.

\* KfL „Vogtland“ Oelsnitz-Untermarktgrün  
 1 S. a. H. 9/1970, S. 401; H. 11/1970, S. 515; H. 1/1971, S. 33; H. 2/1971, S. 80

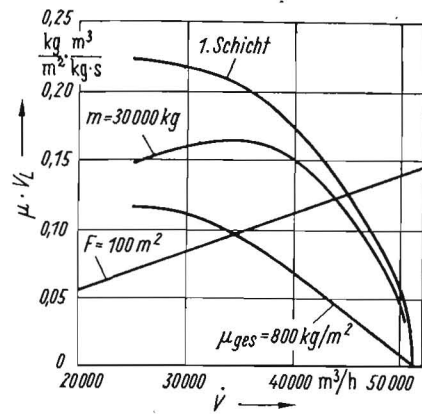


Bild 2. Prinzipbild des  $\mu \cdot v_L - \dot{V}$ -Diagramms

### Zusammenfassung

Durch Verkürzung der Trocknungszeit können die Verluste klein gehalten werden. Der Lüfter ist dann optimal eingestellt, wenn seine Kennlinie mit der des Stapels übereinstimmt. Beide Forderungen lassen sich durch schichtweise Einlagerung erfüllen. Die Einzelschichtdicken sind mit dem aufgestellten Diagramm systematisch ermittelbar. Das Diagramm stellt einen möglichen Lösungsweg dar und soll zum optimalen Lüftereinsatz beitragen.

### Literatur

1/1 MATTHIES, H. J.: Der Strömungswiderstand beim Belüften landwirtschaftlicher Erntegüter. VDI Forschungsheft 454, Ausgabe B, Bd. 22 (1956)  
 1/2 KLAMKE, R.: Untersuchungen zur Rauhfutterentnahme und -verteilung bei mobiler und stationärer Mechanisierung der Fütterung. Forschungsabschlußbericht IML Potsdam-Bornim, DAL Berlin 1969

A 8083

## Technische Ausrüstungen zur Pflege und Wartung

### Teil 1: Einrichtungen zur Frischöl- und Altöllagerung

#### 1. Rationelles Einlagern von Frisch- und Altölen

Gerade diese Konzentration der Pflege von landtechnischen Arbeitsmitteln erfordert den Einsatz moderner Anlagen. In ihnen wird eine Vorratsnorm an Frischöl z. B. von 60 Tagen ermöglicht, was zu einer erheblichen Verringerung des Umlaufmittelbestandes und damit durch Wegfall von Zinsen zu einer bedeutenden Verringerung der Selbstkosten führt.

In der Pflegestation 12x30-m-Stahlleichtbau sind für die Frischöllagerung 2 Behälter je 2000 l für Motorenöl ML70c, 2 Behälter je 2000 l für Getriebe-Hydrauliköl E 36 und 1 Behälter für 2000 l Getriebeöl GL 125 innerhalb des umbauten Raumes vorgesehen.

Mitbestimmend für die Wahl dieser Lagerkapazität war ein Übereinkommen mit dem VEB Minol, in dem die Zulieferung von Frischöl mit Tankwagen an die Landwirtschaft vereinbart und empfohlen wird. Der VEB Minol verfügt in den einzelnen Filialen über unterschiedliche Tankfahrzeuge hinsichtlich der Kammervolumen mit bzw. ohne Abgabepumpen. Am weitesten verbreitet ist z. Z. das Kammervolumen von 1700 l ohne Abgabepumpe. Die Entwicklung und