

Tafel 9. Aufwand und Kosten (ohne Gemeinkostenzuschläge) je dt Heu in Abhängigkeit vom Verfahren bei gleicher Qualität des Heus

Verfahren	Aufwand AKh/dt Heu	Kosten M/dt Heu
Häckseln	0,18	21, — . . . 22, —
Pressen	0,61	25, — . . . 28, — ¹
Ladewagen	0,84	23, — . . . 24, —

¹ vor allem durch den hohen Belüftungsaufwand und die Bindegarnkosten beeinflusst

3. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Das konzipierte Verfahren erfüllt die gestellten Forderungen. Bis auf die Lagerstätten können die sozialistischen Landwirtschaftsbetriebe die Maschinen und Geräte einsetzen, die sie auch für die Welksilageproduktion benötigen. Damit wird das Verfahren „Welksilageproduktion“ durch das Verfahren „Häckselhalbheu“ sowohl technologisch als auch fütterungstechnisch sinnvoll ergänzt. Aufwand und Kosten bisheriger Heuwerbeverfahren werden unterboten. Die Verluste liegen im gleichen Bereich wie bei der Welksilageproduktion. Das

Verfahren gestattet die Rationalisierung vorhandener erdlastiger Bergeräume und damit deren Einbeziehung in neue und produktive Ernteverfahren. Es kann den sozialistischen Landwirtschaftsbetrieben und ihren Kooperationen zur Einführung empfohlen werden. Noch bestehende Mängel bei der Entnahme des Futters aus dem Bergeraum erfordern weitere Untersuchungen.

Es sei zum Abschluß noch einmal darauf verwiesen, daß die Heuwerbung nur dann zu gutem Qualitätsfutter führt und damit sinnvoll ist, wenn der Anteil des Heus am Grundfutter in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt der Silagen 15 bis max. 25 Prozent nicht überschreitet.

Literatur

- 1/ Hähnel, V./E. Melzer: Die Einordnung des Schwadnmähers E 301 und des Feldhäckslers E 280 in die Produktionsverfahren des Maschinensystems Halmfutterproduktion und -verarbeitung. Dt. Agrartechnik 5 (1971) S. 201
- 2/ Bayn, H./A. Petscho: Ergebnisse der gemeinsamen Werkerprobung — Prüfung der E 301 und E 280. Dt. Agrartechnik 5 (1971) S. 212

A 9048

Die Häckselbelüftungsanlage System „Beinerstadt“

Dr. K.-H. Stengler, KDT*
Dipl.-Ing. K. Swieczkowski*
Staatl. gepr. Landw. H. Heinemann*
Dipl.-agr. Ing. R. Faßler*

1. Aufgaben und Zielstellung

Bei der weiteren Entwicklung der sozialistischen Landwirtschaft kommt der Bereitstellung nährstoffreicher, hochverdaulicher Futtermittel in der Tierproduktion besondere Bedeutung zu.

Eine Möglichkeit, nährstoffreiches, hochverdauliches Grundfutter zu produzieren, ist die Anwendung moderner Konservierungsverfahren für die Bereitung von Rauhfutter. Im Zusammenhang damit sollte der Anteil des Rauhfutters von gegenwärtig noch 30 bis 50 Prozent des konservierten Grundfutters auf 15 bis 25 Prozent zurückgehen. Er wird dort am höchsten sein, wo ein hoher Anteil Frischsilagen (Mais, Rübenblatt) verfüttert werden muß.

Die bekannten Standardverfahren der Rauhfuttergewinnung (Langgut- oder Preßgutlinie) entsprechen nicht mehr den gestellten Bedingungen. Sie gestatten nicht, Heu mit einer Nährstoffkonzentration über 45 Prozent (bei bestem Ausgangsmaterial über 50 Prozent) in der Trockensubstanz mit geringstem Aufwand, Verlusten und Kosten zu erzeugen.

Deshalb wurde an der Schaffung eines praxisreifen Verfahrens zur Belüftungstrocknung von gehäckseltem Welkgut gearbeitet. Das Verfahren sollte den Anforderungen sozialistischer Landwirtschaftsbetriebe an industriemäßige Produktionsmethoden entsprechen, sich zur Rationalisierung vorhandener Bergeräume eignen, neben der Belüftung von Häckselgut auch die Belüftung von Ballen und Langheu gestatten und die Welksilageproduktion technologisch und fütterungstechnisch sinnvoll ergänzen.

In den weiteren Ausführungen wird die gefundene Lösung technisch, technologisch und ökonomisch dargelegt.

Es wurden verschiedene Varianten von Belüftungsanlagen in mehrjährigen Untersuchungen erprobt. Dabei variierten bei verschiedenen Lüftertypen, vor allem die Parameter

- Kanalform, -länge und -breite
- Stöpselanzahl und Stöpselform.

Im Ergebnis der Versuche erwies sich die nachfolgend beschriebene Häckselbelüftungsanlage als am geeignetsten.

2. Aufbau und Wirkungsweise der Häckselbelüftungsanlage System „Beinerstadt“

2.1. Aufbau

Die Grundzelle der Häckselbelüftungsanlage besteht aus

- einem Kanal (12 m oder 15 m lang)
- der Kanalabdeckung (Roste)
- den auf dem Kanal stehenden 6 Ziehstöpseln
- der lüfterseitigen Kanalabdeckung
- dem Lüfter.

Beliebig viele — im allgemeinen 10 Stück — 6 m bis 9 m hohe Grundzellen aneinandergereiht, bilden einen Bergeraum. Bei einer Rasterbreite von 4,5 m und einer Rasterlänge von 15 m bzw. 18 m (je nach der Spannweite der freitragenden Dachkonstruktionen der erdlastigen Bergeräume) beträgt der Quotient aus Rostfläche und Grundfläche etwa 0,3. Um die Funktionstüchtigkeit der Anlage zu erhalten, darf er nicht verkleinert werden.

Der Kanal (Bild 1, a) ist bis zur Lüfterabdeckung 12 m oder 15 m lang, 1,80 m breit und 1 m tief. Er endet 1,25 m vor der Seitenwand des Bergeraums. Auf der anderen Seite wird er von der lüfterseitigen Kanalabdeckung begrenzt. Diese Abdeckung *d* hat die Aufgabe, die vom Lüfter geförderten Luftmengen verlustlos in den Kanal zu leiten und das darüber lagernde Häckselgut zu tragen. Zur Verhinderung von Luftverlusten wird die Lüfterabdeckung an der Wand des Bergeraums abgedichtet und befestigt. Die Kanäle sind mit Rosten *b* abgedeckt. Sie haben die Aufgabe,

- das Häckselgut bzw. die landwirtschaftlichen Maschinen zu tragen
- die vom Lüfter geförderten Luftmengen in den Heustapel eintreten zu lassen.

Sie bestehen aus zusammengeschweißten Flacheisenstäben und sind so ausgelegt, daß sie einen ZT 300 sicher tragen

* Ingenieurbüro für Hangmechanisierung Eishausen beim Bezirkskomitee für Landtechnik Suhl

Bild 1. Längsschnitt durch eine Grundzelle der Häckselbelüftungsanlage System „Beinerstadt“;
a Unterflurkanal, *b* Roste, *c* Ziehstößel, *d* Kanalabdeckung, *e* Lüfter, *f* Stöpselkanal, *g* zu trocknende Schicht, *h* trockene Schicht, *i* Abluft

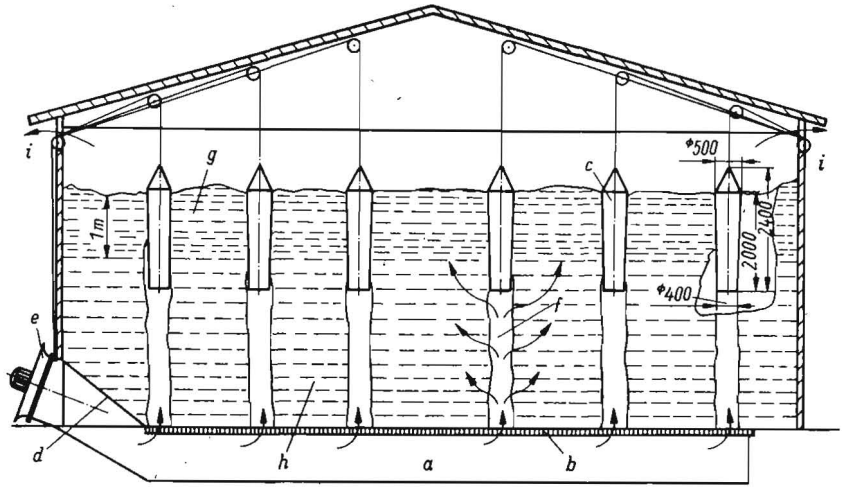
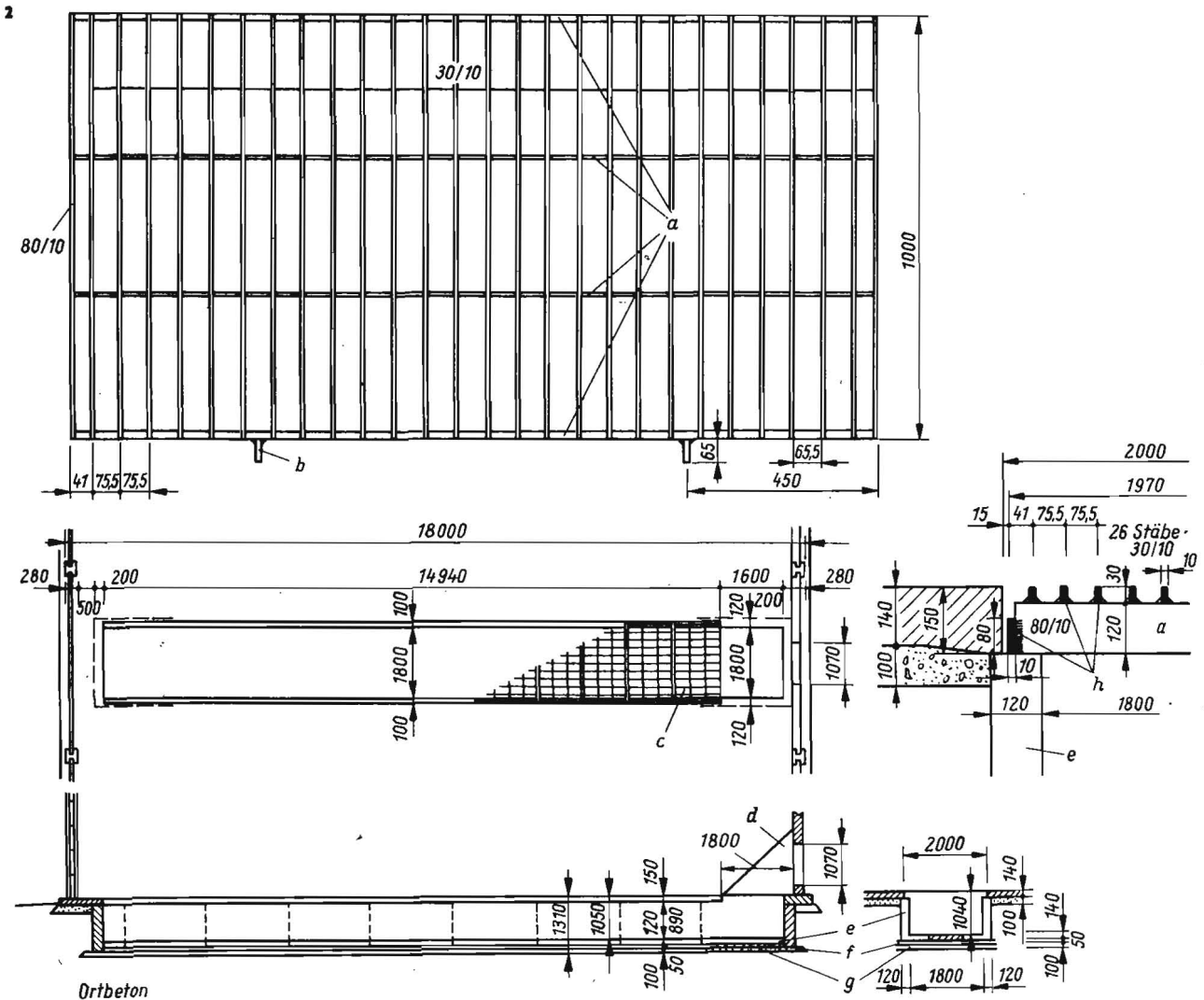


Bild 2. Kanal und Rost der Unterflur-Heubelüftung in den Bergeräumen 7100 und 4750;
a je Rost 4 Träger 120/10, 1970/1000, für die beiden Randträger kann auch die Abmessung 100/10 verwendet werden, *b* Abstandhalter 65/80/10, *c* 14 Stück Abdeckroste aus Stahl vom KfL Bad Salzungen – Sitz Stadtlengsfeld, *d* Blechkasten vorn (LTA), *e* L-Elemente 5.12 aus Stahlbeton 1980 mm lang (16 Stück je Kanal), *f* Magerbeton 50 mm, *g* Kles 100 mm, *h* Schweißnähte

können (Bilder 2, 3 und 4). Auf den Rosten sind 6 Ziehstößel (Bild 1, c) angeordnet. Diese Stößel werden mit wachsender Stapelhöhe über Seile und Rollen nach oben gezogen. Sie haben die Aufgabe, durch die Bildung von Steigkanälen den Strömungswiderstand der vom Lüfter geförderten Trocknungsluft unabhängig von der Stapelhöhe konstant zu halten, ohne die gleichmäßige Luftführung und

damit die Trocknung im Stapel zu gefährden. Zu diesem Zweck steht je ein Stößel unmittelbar am Kanalende bzw. Kanal Anfang auf dem Kanal. Die übrigen Ziehstößel sind in gleichmäßigen Abständen dazwischen angeordnet. Sie bestehen aus einem 2 m langen Kegelstumpf mit einem oberen Durchmesser von 500 mm und einem unteren Durchmesser von 400 mm. Dem Kegelstumpf ist ein Kegel von 400 mm



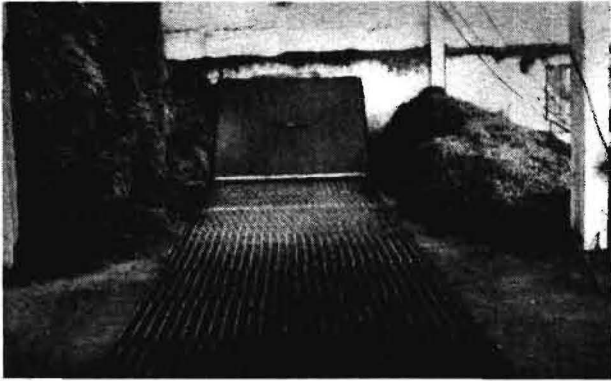


Bild 3. Rostkanal mit Lüfterabdeckung (Ziehstöpsel entfernt)

Höhe aufgeschweißt, an dem das Drahtseil befestigt wird. Die Ziehstöpsel bilden Steigkanäle für die Luftführung in der Anlage und verschließen diese Kanäle nach oben hin luftdicht.

Die Belüftungsanlage kann zu Rationalisierungszwecken in Altbauten installiert werden, wenn die eingangs beschriebenen Bedingungen

- Flächenverhältnis 0,3
- Stöpselanzahl und Form
- Kanalquerschnitt $1,00 \text{ m} \times 1,80 \text{ m}$

eingehalten werden.

Außerdem sind zur Vermeidung von Luftverlusten luftdichte Seitenwände des Bergeraums erforderlich. Projektierungsunterlagen für die Häckselbelüftungsanlage System „Beinerstadt“ mit Gebläsebeschickung können beim LTA Westenfeld des BKFL Suhl angefordert werden.

2.2. Lüfter

In Abhängigkeit von den geforderten Trocknungszeiten (4 bis 6 Tage), den Anfangsgutfeuchten und den eingelagerten Halbheumassen je Trocknungsschicht wird vom Lüfter eine stündliche Luftmenge von $\geq 35\,000 \text{ m}^3$ gefordert. Müßte er diese Leistung im System „Beinerstadt“ bei Häckselhalbheu ohne die Verwendung von Ziehstöpseln bringen, hätte die Luft eine Druckdifferenz von etwa 230 kp/m^2 zu überwinden (Bild 5).

Nach der Gleichung

$$N = \frac{\dot{V} \cdot \Delta P_{\text{ges}}}{\eta \cdot 102} \quad [\text{kW}] \quad (1)$$

mit

- \dot{V} Förderleistung des Lüfters in m^3/s
- ΔP_{ges} Gesamtdruckdifferenz, Kanaldruck in kp/m^2
- η Lüfterwirkungsgrad

wären dazu etwa 31 kW Antriebsleistung des Laufrads erforderlich.

Durch die Verwendung von 6 Ziehstöpseln wird die zu überwindende Druckdifferenz auf 60 bis 90 kp/m^2 gesenkt. Für den Antrieb des Lüfters genügt dann ein E-Motor von max. 15 kW . Die Anlage darf für die Trocknung von Häckselgut deshalb nicht ohne entsprechend der Bedienungsanweisung gehandhabte Ziehstöpsel betrieben werden.

Der Betriebspunkt des Lüfters im praktischen Einsatz wird im Bild 6 dargestellt. Durch die Verwendung von Ziehstöpseln war es möglich, den Strömungswiderstand des Stapels unter den beschriebenen Bedingungen unabhängig

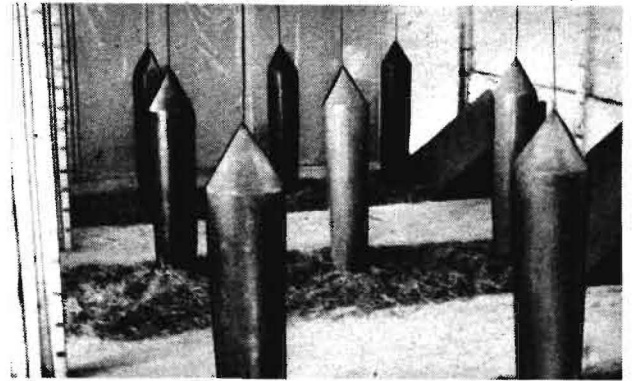


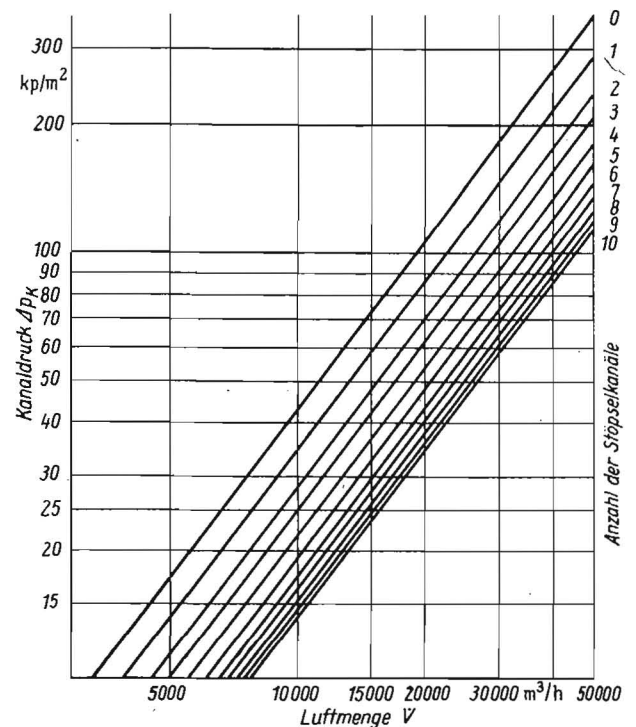
Bild 4. Ziehstöpsel auf den Rostflächen der Versuchsanlage stehend

von der Stapelhöhe konstant im Bereich von etwa 50 bis 60 kp/m^2 zu halten.

Im Durchschnitt aller Versuche war der Druck bei konstanter Häcksellänge L_m vor allem abhängig von der Schüttdichte, die sich über das Porenvolumen auf den Strömungswiderstand auswirkte. In den Versuchsanlagen wurden Schüttdichten zwischen 102 kg/m^3 und 232 kg/m^3 gemessen. Die höchste Schüttdichte von 232 kg/m^3 konnte in einer Schüttung aus jungem blattreichen Weidegras mit niedrigem Rohfasergehalt nachgewiesen werden. Dagegen betrug die höchste Schüttdichte in Luzerne nur 150 kg/m^3 .

Zusammenfassend läßt sich dazu sagen, daß junges, blattreiches Futter dichter als altes, überständiges Futter lagert. Die Schüttdichte von Luzerne ist geringer als die von Weidegras. Bei konstanter Häcksellänge L_{th} wird die Schüttdichte neben der Gutart vor allem von der Gutfeuchte und dem Blatt-Stengel-Verhältnis bestimmt. Die Lagerdichten nach der Trocknung widerspiegeln die Anfangsschüttdichten vor der Trocknung. Eine Abhängigkeit der Lagerdichte von

Bild 5. Einfluß der Anzahl der Luftführungskanäle auf den Kanaldruck bei unterschiedlichen Luftmengen



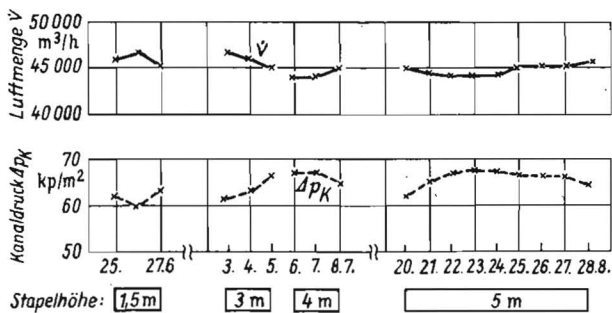


Bild 6. Kanaldruck und Luftmengenmessung

der Stapelhöhe konnte bei Stapelhöhen unter 5,5 m nicht nachgewiesen werden. In Abhängigkeit von den genannten Schüttdichten lagen die gemessenen Druckdifferenzen des Lüfters LANV—2,5° zwischen 30 und max. 90 kp/m² bei Förderleistungen von 50 000 bis 30 000 m³/h. Bei sachgemäßem Betrieb der Anlage kann im Mittel mit einer Druckdifferenz von 70 bis 80 kp/m² und Fördermengen von etwa 40 000 m³/h gerechnet werden.

Die gute Zusammenarbeit mit dem VEB Luft- und Kältetechnik — Turbowerke Meißen, dem an dieser Stelle dafür gedankt sei, gestattet es, ab 1973 der Landwirtschaft einen Lüfter zur Verfügung zu stellen, der bei

$$\Delta p_K = 80 \text{ kp/m}^2$$

$$\dot{V} = 35\,000 \text{ m}^3/\text{h Luft fördert.}$$

Es handelt sich um den Axiallüfter LANV 1000-2,5°/50-4 mit dem 15-kW-Motor kMR 160S4. Seine Kennlinien sind im Bild 7 dargestellt. Gegenüber den bisher benutzten Lüftern SK 8 und LAN 900 besitzt der neue Lüfter den Vorzug, daß der instabile Kennlinienbereich (Pumpgebiet) erst bei $\Delta p_K > 90 \text{ kp/m}^2$ beginnt. Er wird bei ordnungsgemäß betriebener Anlage nicht erreicht.

Der Schallpegel des Lüfters ist mit etwa 90 dB (A1) zu hoch, so daß entsprechend den örtlichen Gegebenheiten unter Umständen Dämpfungsmaßnahmen erforderlich werden. Sehr gute Dämpfungsergebnisse wurden mit einer Wand aus Hochdruck-Strohballen erreicht (Bild 8), die man in 2 m Entfernung vom Lüfter aufgebaut hatte. Sie war 4 m lang, 1 und 2 Ballen breit und 2 m hoch.

2.3. Betrieb der Anlage

Der Einsatz der Lüfter beginnt mit der Aufbringung der ersten Schicht. Umfangreiche Versuche zeigten, daß die

Bild 7. Kennlinien des Einheitslüfters LANV-2,5°/50-4

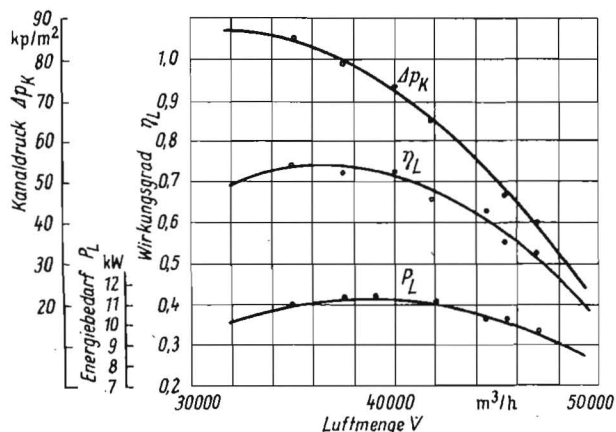
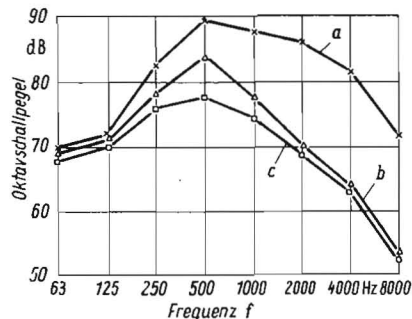


Bild 8 Oktavscharpegel des Lüfters in 4 m Abstand; a ohne Dämpfung, b Dämpfung durch Strohballenwand (1 Lage) c Dämpfung durch Strohballenwand (2 Lagen)



Höhe der ersten Schicht etwa 1,5 m (oder 100 dt Welkgut je Grundzelle) bei einer Gutfeuchte von 40 bis 45 Prozent betragen soll. Die Ziehstöpsel bleiben dabei in gleichmäßigen Abständen auf den Rosten stehen. Der Arbeitspunkt des Lüfters, der über einen in den Unterflurkanal eingelegten Schlauch mit angeschlossenem U-Rohrmanometer kontrolliert werden kann, befindet sich im Arbeitsbereich der Kennlinie. Es werden 47 000 m³/h Luft gefördert. Der Lüfter muß mit Beginn der Beschickung der Anlage, spätestens jedoch bei einer Schichthöhe von 30 cm bis 40 cm eingeschaltet werden.

Er soll dann 36 bis 48 h ununterbrochen laufen. Damit wird zum einen dem Absatzprozeß des Stapels — der zu einer beträchtlichen Erhöhung des Strömungswiderstands führt — und einer unzulässigen Erwärmung des Guts entgegenwirkt und zum anderen wird die Gutfeuchte schnell abgesenkt. Danach erfolgt der Lüftereinsatz nur dann, wenn die Witterung einen Trocknungserfolg verspricht (Sorptionsisothermen beachten!), keinesfalls aber bei Regen oder nach 19.00 Uhr.

Steigt die Temperatur im Stapel auf über 35 °C an, genügt eine 1/2stündige Belüftung zur Abkühlung des Stapels auf die Lufttemperatur. Da Häckselhalbheu ein schlechter Wärmeleiter ist, muß die Temperatur an den gefährdeten Stapelstellen gemessen werden. Das sind die dem Lüfter gegenüberliegenden Schnittstellen zwischen zwei Belüftungsanlagen.

Nach Trocknung der ersten Schicht auf etwa 80 Prozent Trockensubstanz (TrS) kann die nächste Schicht aufgebracht werden. Dazu werden die Ziehstöpsel mit Hilfe der Ziehvorrichtung soweit aus dem Stapel gezogen, daß ihre Spitze etwa 120 cm über dem Gut steht. Die Beschickung der zweiten Schicht ist (bei laufendem Lüfter!) abgeschlossen, wenn das Gut bis etwa zur Spitze der Stöpsel reicht. Nach der Beschickung wird bei eingeschaltetem Lüfter die Aufhängevorrichtung der Stöpsel so gelockert, daß sie sich mit dem Stapel absetzen können und damit aufgrund ihrer konischen Form den Steigkanal nach oben hin abdichten.

Die nächsten Schichten werden in der gleichen Weise aufgebracht, d. h., Ziehstöpsel 1,20 m hochziehen und festhängen, bei laufendem Lüfter Gut aufbringen, Ziehstöpsel locker hängen und belüften.

Bei der Beschickung ist darauf zu achten, daß das Gut locker und gleichmäßig verteilt wird. Häckselgut darf nicht auf eine Stelle geblasen werden.

Mit einer Schichthöhe von 1 m wird bei 18 m Bergeraumbreite und 45 m Länge gesichert, daß die Annahmekapazität der Tagesleistung eines E 280 entspricht.

Für Langgut- und Ballenhalbheu werden keine Ziehstöpsel benötigt. Die Ursachen dafür sind bei der Langheutrocknung im größeren Porenvolumen und bei der Ballentrocknung in der Struktur der Trocknungsschicht (Zwischenräume) zu suchen.