



Bild 4
Unterflurkanal und Luftübertragungskanäle (Spalte) bei einem um 90° angekippten Profilstahlrost

Umverteilung innerhalb der Belüftungsanlage erreicht werden kann. Da dies jedoch nicht ausreicht, sind in der Grundfläche weitere, nicht mit Rosten abgedeckte, befahr- und begehbare Lüftübertragungskanäle vorzusehen.

Aus der UdSSR sind bereits Belüftungen bekannt, bei denen die Rostfläche nahezu der gesamten Grundfläche entspricht. Der Unterflurkanal erstreckt sich aber nur über einen Teil der Rostfläche (Bild 1) [3].

Zum quantitativen Nachweis der bei mobiler Einlagerung mit diesem Prinzip zu erzielenden Effekte wurde durch Auflegen von Balken auf die Doppelkanäle deren Luftaustrittsfläche von 5,7 auf 30,2 m² erhöht. Bei einer Stapelhöhe von 4 m wurden 43700 m³/h bei 830 Pa in der Versuchsanlage (Bild 2) und 22500 m³/h bei 960 Pa in der Vergleichsanlage gemessen. Damit wurde gezeigt, daß der Übergangswiderstand Heu-Roste-Kanal einen erheblichen Einfluß auf den Luftstrom ausübt.

Diese Ausführungsvariante ist aber nicht auf die Lösung der Aufgabe zu übertragen, da sie nicht befahren werden kann und die rechtwinklig zur Schieberichtung verlaufenden Balken die Einlagerung behindern. Daher war es notwendig, auf der Grundlage des bekannten Prinzips [4] eine spezielle bautechnische Ausführung zu entwickeln, die sowohl industriell als auch individuell gefertigt werden kann. Sie sollte in ihren lufttechnischen Eigenschaften den bekannten Vollrostsystemen [5] nahekommen, aber mit einem geringeren Stahlaufwand zu errichten sein.

3. Ergebnisse

3.1. Anlagenentwicklung

3.1.1. Beschreibung

Die entwickelte Unterflurbelüftung (Fußboden-Spaltsystem) soll am Beispiel des BRG 7100 erläutert werden. Sie setzt sich aus folgenden Anlagenteilen zusammen (Bild 3):

- vorzugsweise unterflur eingebaute 11-kW-Ventilator
- zwei Unterflurkanäle mit einem Strömungsquerschnitt von insgesamt 1,3 m²
- Sie beginnen unmittelbar am Ventilator und enden 0,65 m vor der Seitenwand. Die mittig angeordnete Trennwand ist abgerundet.
- auf beiden Kanälen rutschfest liegende Profilstahlroste, die bei der Spaltenbreite von 63 mm eine Luftaustrittsfläche von insgesamt 15,3 m² bilden

Ihre Tragfähigkeit beträgt 2300 kN Radlast bei maximal 5 km/h und einer minimalen Reifenbreite von 120 mm.

- in Mörtel verlegte Betonelemente, deren Spalten 55 bis 63 mm breit, 1080 mm lang und maximal 300 mm tief sind (Bilder 4 und 5)

Sie weisen eine Luftaustrittsfläche von 10,9 m² auf, wobei der Abstand bis zu den Spalten der benachbarten Belüftungsgrundfläche 1 m beträgt.

- Abluftöffnungen.

Der Stahlaufwand für dieses System ist etwa so groß wie der für die Variante Doppelkanäle (Tafel 1). Die Luftaustrittsfläche erhöhte sich aber von 5,7 m² auf 26,2 m².

3.1.2. Wirkungsweise

Der Ventilator saugt die atmosphärische Luft an und preßt sie in die beiden Unterflurkanäle. Von dort strömt sie durch die Öffnungen der Roste und die Spalte, die als Luftübertragungskanäle wirken, in das Heu, gibt Wärme ab und nimmt Wasser auf. Sie verläßt den Bergeraum durch die Abluftöffnungen.

3.1.3. Betrieb

Hier bestehen die gleichen Anforderungen wie bei den bekannten Belüftungssystemen. Bei der Anlagenreinigung ist jedoch zusätzlich darauf zu achten, daß auch die Spalte zu säubern sind.

3.2. Einsatzerprobung

3.2.1. Versuchsanlage

Im Erprobungsbetrieb wurde eine Anlage errichtet, die aus zwei Doppelkanälen mit Ventilatoren LANVR 1000 (Vergleichsanlage) und



Bild 5
Ansicht der aus Betonelementen und Rosten gebildeten Belüftungsgrundfläche

dem Fußboden-Spaltsystem mit 11-kW-Ventilatoren (Versuchsanlage) bestand (Bilder 6 bis 8). In ihr wurden im Zeitraum 1987/88 Einlagerungs- und Belüftungsversuche mit Wiesengras durchgeführt, das mit dem Ladewagen geerntet worden war.

3.2.2. Belüftungsversuche

Die Zielstellung, mit dem Fußboden-Spaltsystem und dem 11-kW-Ventilator etwa den gleichen Luftstrom wie bei den Doppelkanälen mit den 15-kW-Ventilatoren zu erreichen, wurde in beiden Versuchsjahren erfüllt. Das Fußboden-Spaltsystem ist daher bezüglich des zur Verfügung stehenden Luftstroms als eine gleichwertige Lösung anzusehen.

Die zulässige Einlagerungshöhe bei Heck-schiebereinsatz sollte jedoch rd. 5 m nicht übersteigen, um auch bei stark streuender Stoffkennwerten des Heus die TGL-Forderung nach einem Luftstrom von mindestens 40000 m³/h einzuhalten. Zusammen mit dem erprobten 11-kW-Ventilator kann der Energiebedarf von 13,0 auf 9,34 kW, d. h. um 28 %, bei gleichem Luftstrom reduziert werden (Tafel 2).

3.2.3. Spezielle Untersuchungen

Bei der Einlagerung fallen Feinteile des Heus in die Spalte. Dies ist in der Bergeraummitte und in den Spalten, in die das Heu hineingeschoben wird, am größten. Die Spalte können leer oder vollständig zugestopft sein. Dann beträgt die maximale Heulagerdichte rd. 50 kg/m³ (Bild 9).

Gefüllte Spalte weisen eine fast ebenso hohe Luftübertragung wie leere Spalte auf. Bei Vergleichsmessungen des Ventilatorarbeitspunktes vor und nach ihrer Reinigung wurde beim statischen Druck nur ein Unterschied von 20 Pa festgestellt. Dies entspricht einer Luftstromverringerung von rd. 760 m³/h. Verringert man die maximale Spaltentiefe auf 150 mm, erhöht sich der statische Druck um nur 2 Pa (-60 m³/h). Werden alle Spalte verstopft, reduziert sich die Luftaustrittsfläche um 44 %. Der statische Druck erhöht sich um 121 Pa (-3700 m³/h). Die Simulation

Tafel 1. - Stahlbedarf in kg für die Varianten Doppelkanäle und Fußboden-Spaltsystem

	Doppelkanäle	Fußboden-Spaltsystem
Ventilator LANVR 1000	250	-
Ventilatorprototyp	-	220
Ventilatorzwischenstück	52	-
Diffusor mit Kernrohr	-	75 ¹⁾
Mauerahmen	27	24
Schräge	124	-
Stahlroste	1 179	1 366
Stahlbewehrung im Fußboden	0	207 ²⁾
Stahlbedarf gesamt	1 632	1 610 ³⁾

1) nicht berücksichtigt

2) im Projekt nicht vorgesehen, aber vom Betreiber vorgenommen

3) ohne Stahlbewehrung im Fußboden

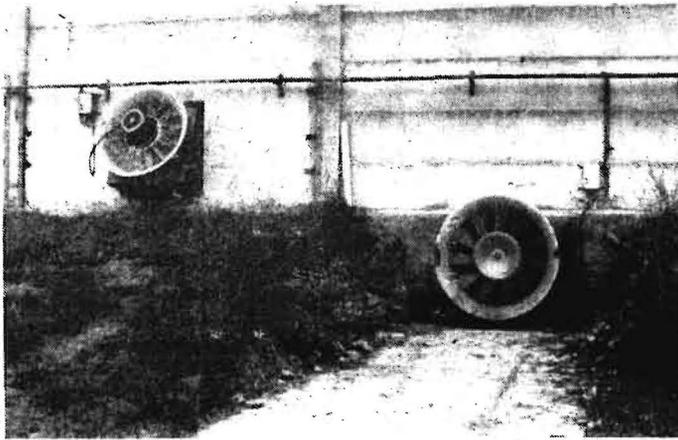


Bild 7. Ventilatorseite der Versuchsanlage; links 15-kW-Ventilator LANVR 1000 im Oberflureinbau, rechts 11-kW-Ventilator im Unterflureinbau

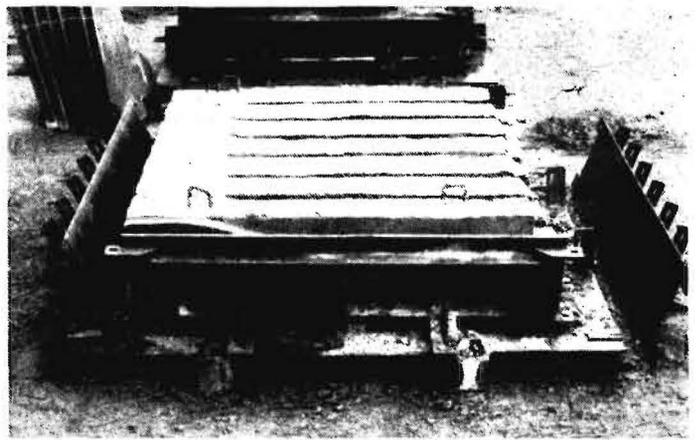


Bild 8. Hergestellte Betonelemente mit Spalten

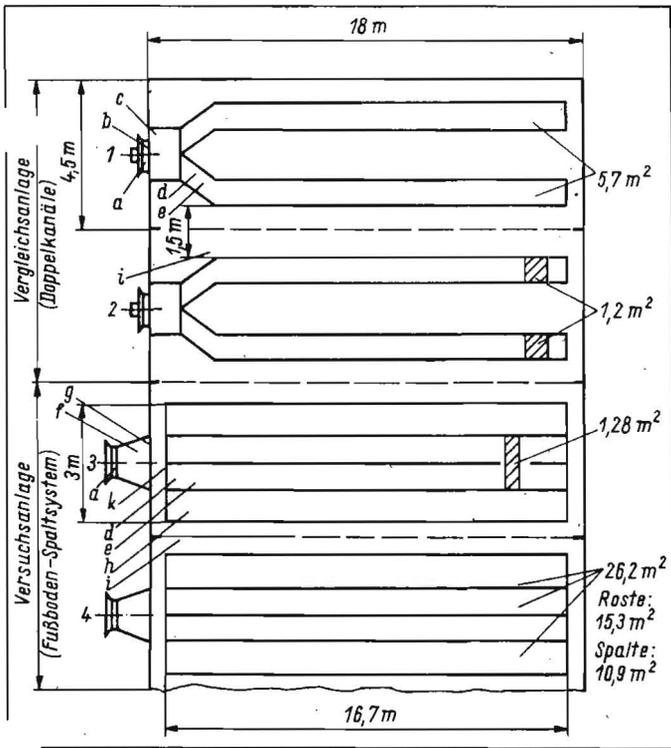


Bild 6. Versuchs- und Vergleichsanlage

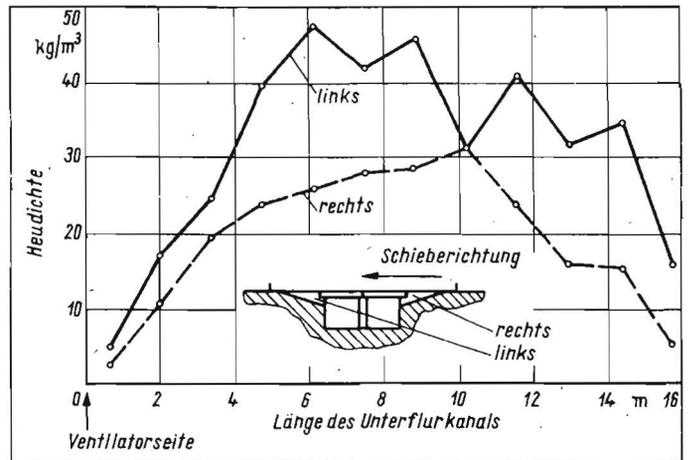


Bild 9. Dichte des Heus in den Spalten

Tafel 2. Vergleich der Ventilatorbetriebspunkte (Mittelwerte, Wiesengras)

Betriebspunkte		Doppelkanäle			Fußboden-Spaltsystem		
		1	2	Mittelwert	3	4	Mittelwert
statischer Druck	Pa	573	688	631	422	467	445
	%			100			70,5
Luftstrom	m³/h	43 730	40 930	42 330	39 790	40 950	40 370
	%			100			95,4
Energiebedarf 1987	kW	12,6	13,1	12,85	9,3	8,95	9,13
	%			100			71,0
statischer Druck	Pa	751	780	766	736	714	725
	%			100			94,6
Luftstrom	m³/h	39 185	38 245	38 715	38 160	38 880	38 520
	%			100			99,5
Energiebedarf 1988	kW	13,2	13,2	13,2	9,65	9,45	9,55
	%			100			72,3

Bedingungen:

1987: Stapelhöhe 4 bis 5 m, FL 600, Heu überständig, bei der Einlagerung TS = 80%

1988: Stapelhöhe 5 bis 6 m, FL 600 und Heckschieber kombiniert, Heu normaler Qualität, bei der Einlagerung TS = 70%

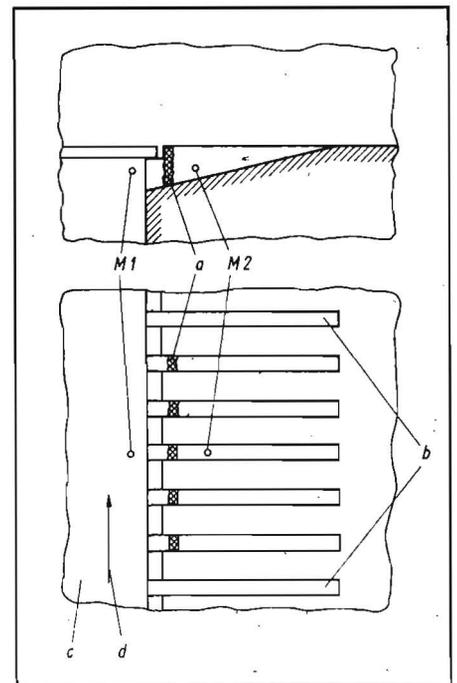


Bild 10. Messungen an Einzelspalten; a Schaumgummi, b alle weiteren Spalte offen, c ohne Roste gezeichnet, d Luftstrom Meßwerte des statischen Drucks: M1 305 Pa, M2 142 Pa

war jedoch nicht ideal, da auch hinter der Abdichtung ein erhöhter statischer Druck gemessen wurde (Bild 10).

Die stumpfe Trennwandkante zwischen beiden Unterflurkanälen ruft den größten Druckverlust hervor. Am günstigsten ist es, die halbrunde Ausführung anzuwenden. Bei ihr reduziert sich der statische Druckverlust um 60 Pa (+1440 m³/h) (Bild 11).

Aus den Untersuchungen wurde abgeleitet, daß Abmessungen, Anzahl und Form der Spalte beibehalten werden sollten. Lediglich an der Spaltentiefe erscheinen Verringerungen zulässig. Die Trennwandkante ist zukünftig in halbrunder Form auszuführen.

3.2.4. Weitere Ergebnisse

Während der zweijährigen Erprobung traten an den Spalten und Rosten keine Schäden auf. Einzelne Defekte an den Betonelementen waren auf die Herstellung zurückzuführen (Bild 9).

Zur Reinigung der Belüftungsanlage wird empfohlen, die Roste zu entfernen und das in den Spalten lagernde Heu in die Kanäle zu schieben. Diese werden danach geleert. Der AKH-Aufwand für die Reinigung ist um rd. 75% größer als bei den Doppelkanälen.

Für das Fußboden-Spaltsystem liegt die betriebliche Schützgüte vor. Während der Versuche traten keine durch die Spalte ursächlich hervorgerufenen Unfälle auf. Festgestellt wurde jedoch, daß das Betreten der Spalte und Roste eine größere Aufmerksamkeit als bei den Doppelkanälen erfordert. Daher wurde bezüglich der Trittsicherheit das Zentralinstitut für Arbeitsschutz Dresden mit folgendem Ergebnis konsultiert:

- Alle Arbeitsstätten müssen dem Standard TGL 30 033 (GAB, Trittsicherheit in Arbeitsstätten) genügen.
- Kann diese nicht primär, mit technischen Mitteln erreicht werden, sind folgende sekundäre Maßnahmen erforderlich:
 - Unbefugten ist der Zutritt zu verwehren.
 - Beschäftigte sind zu belehren.
 - Der zu betretende Gefahrenbereich ist zu beleuchten.
 - Es ist Schuhwerk mit flexibler Sohle zu tragen.
 - Die Spaltenbreite sollte auf maximal 60 mm begrenzt und das Schrittmaß beachtet werden [6].

4. Schlußfolgerungen

Im Vergleich zu den Doppelkanälen mit dem 15-kW-Ventilator ermöglicht das entwickelte Fußboden-Spaltsystem in Verbindung mit dem 11-kW-Ventilator bei etwa gleichem Stahlaufwand:

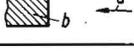
Variante	mittlerer Wirkdruck an Meßdüse Pa	Gesamtdruck im Kanal Pa	Luftstrom m ³ /h	Leistungsbedarf kW
	215	690	39240	9,40
	232,5	630	40680	9,00
	207,5	725	38520	9,60
	205	735	38340	9,65

Bild 11
Vergleichsmessungen an unterschiedlichen Trennwandkanten

- Reduzierung der maximalen Höchstlast von 180 auf 132 kW je Bergeraum
- Reduzierung des spezifischen Elektroenergiebedarfs um rd. 30%
- Steigerung der Stapelhöhe bei Heckschiebereinlagerung von 4 auf 5 m.

Aufgrund dieser Vorteile ist das neue System in die Praxis überzuleiten. Das Wiederverwendungsprojekt BRG 7100 wurde im Jahr 1988 entsprechend überarbeitet. Das montagefähige Belüftungssystem [7] besteht aus den entwickelten Kanälen und Rosten (Tafel 3), wobei z. Z. noch der Ventilator LANVR 1000 zum Einsatz kommt. Der Übergang zum Fußboden-Spaltsystem ist dann erforderlich, wenn der LANVR 1000 vom neuen 11-kW-Ventilator abgelöst wird.

5. Zusammenfassung

Zur Reduzierung des Energieaufwands und zur Aufhebung der Einschränkung, bei der Heckschiebereinlagerung eine Stapelhöhe von maximal 4 m nicht zu überschreiten, wurde das Fußboden-Spaltsystem entwickelt. Die Lösung wird nicht zum Typprojekt weiterentwickelt. Ein Konsultationsbetrieb ist die LPG Pfersdorf, Bezirk Suhl, wo die Funktionsfähigkeit nachgewiesen wurde. Eine Anwenderdokumentation ist nicht erforderlich. Die Lösung wird zur weiteren Nutzung empfohlen.

Literatur

- [1] Swieczkowski, K.; Stengler, K.-H.: Hinweise zum Aufbau und Betrieb von Heubelüftungsanlagen mit mobiler Einlagerung. agrartechnik, Berlin 35(1985)4, S. 182-187.
- [2] Swieczkowski, K.; Bothe, H.; Flugrat, L.: Ventilatoren für die Heubelüftungsanlagen der DDR. Feldwirtschaft, Berlin 28(1987)2, S. 73-75.

Tafel 3. Vergleich ausgewählter Parameter bei Doppelkanälen und Fußboden-Spaltsystem (Grundfläche 81 m²)

		Doppelkanäle	Fußboden-Spaltsystem
Einbau	-	oberflur	oberflur/ unterflur
LANVR 1000			
Strömungsquerschnitt	m ²	0,90	1,20
Rostfläche	m ²	22,60	44,80
Abstand der Rostflächen	m ²	1,50	1,52
Luftaustrittsfläche	m ²	5,70	17,33
Spaltenbreite der Roste	mm	60	59
Stahlaufwand der Roste	kg	1 178,2	2 403,7
Investitionsaufwand je Bergeraum	M/m ³	73	89 (BRG 7100) 91 (BRG 4750)
Bauzeit für Belüftungsanlage und Grundfläche	%	100	80

- [3] Sulima, K. A.; Ljapin, B. K.; Zinevič, N. N.: Racional'naja tehnologija zagotovki sena (Rationelle Technologie der Heubereitung). Technika v sel'skom choz., Moskva (1982)6, S. 14-17.
- [4] Hussar, W.: Wnutripolnaja vosduchozajstvennogo stroitelstva Gosstroja (Vollunterrostetes Luftverteilungssystem für die Heutrocknung) SU-PS 1.127.544 A A 01 F 25/08.
- [5] Kellner, H.; Dera, M.: Verbesserte Belüftungsanlagen zur Energieaufwandsenkung bei der Heubelüftung. agrartechnik, Berlin 37(1987)9, S. 414-416.
- [6] Fußbodengestaltung der Versuchsanlage Westhausen hinsichtlich Trittsicherheit. Zentralinstitut für Arbeitsschutz Dresden, Gutachten 1987.
- [7] Bergeraum BRG 7100 und 4750 mit montagefähigen Belüftungskanälen - Wiederverwendungsprojekt. VEB Landbaukombinat Suhl, 1988. A5863

Folgende Fachzeitschriften der Elektrotechnik erscheinen im VEB Verlag Technik:

Elektrie; Elektro-Praktiker; messen-steuern-regeln; Nachrichtentechnik-Elektronik; radio-fernsehen-elektronik; Mikroprozessortechnik