

Résumé

Heinz Schulz: "Demands made on Agricultural Tractors by Front Loaders."

Just as all auxiliary attachments and appliances exert powerful reactions and alter the shape of tractors, so has the extended use of front loaders influenced the design of agricultural tractors. However, the front loader makes far higher demands on the tractor than do all other auxiliary attachments. The present article opens with an investigation of the indirect influences of front loading operations on the tractor. The individual effects thereof on the gear box and its various changes, steering capability and location of the steering wheel, the hydraulic system, the control valves, the oil pump and the tractor engine are also considered. Various other parts that were subject to undue stresses due to front loading operations were kept under observation, whereby data on the wear of clutches and the effects of the loads on the tractor tyres were obtained. A large number of the desired alterations are absolutely essential to the smooth working of the combined front loader and tractor. Nevertheless, these alterations also facilitate a large number of other tractor operations.

Heinz Schulz: «L'influence du chargeur frontal sur la construction du tracteur».

La construction du tracteur est influencé aussi bien par le chargeur frontal que les autres outils portés entre les essieux et les outils portés en général. Toutefois, le chargeur frontal entraîne des conséquences constructives plus importantes que les autres outils portés. L'auteur examine dans l'article présent d'abord les incidences indirectes que l'utilisation du chargeur frontal a sur le tracteur. Il traite en détail, en particulier, les influences sur la boîte de vitesses,

l'échelonnement des vitesses, la direction, le volant de direction, la souplesse du tracteur, l'installation hydraulique, les soupapes du moteur, la pompe d'huile et le moteur du tracteur en général. On a en outre surveillé certaines pièces du tracteur qui doivent subir des efforts extrêmement élevés au cours du travail avec un chargeur frontal. On a pu déterminer l'usure de l'embrayage et la charge sur les pneumatiques. Une grande partie des modifications citées est indispensable afin d'assurer le fonctionnement sans panne de l'ensemble chargeur frontal et tracteur, mais ces modifications peuvent faciliter également d'autres travaux effectués avec le tracteur.

Heinz Schulz: «Condiciones que exige el cargador frontal al tractor.»

De la misma forma como otros dispositivos adicionales han tenido influencia en la construcción de los tractores, así también el cargador frontal ha influido mucho en la construcción de los tractores para la agricultura. Pero las exigencias que pone el cargador frontal, sobrepasan en mucho las de los demás dispositivos adicionales. En el presente artículo se investigan primero las influencias indirectas que ejercen los trabajos con cargador frontal sobre el tractor, tratándose luego detalladamente de las influencias sobre los cambios de marcha y su escalonamiento, la conducción y el volante, la maniobrabilidad del tractor, la instalación hidráulica, las válvulas de distribución, la bomba de aceite y sobre el motor en general. Se ha dado además con varios elementos del tractor que suponen sobrecargas que pasan de las normales, debidas al trabajo con el cargador frontal. Así por ejemplo pudieron darse detalles en cuanto al desgaste del embrague y a las cargas que pesan sobre los neumáticos. Buena parte de los cambios propuestos resulta indispensable para el trabajo seguro entre el cargador frontal y el tractor, pero favorece además los demás trabajos que ejecute el tractor.

Csaba Fáy:

Ungleichmäßige Luftverteilung und zusätzlicher Widerstand der Luftzufuhr in Getreidebelüftungsanlagen

Ungarische Akademie der Wissenschaften, Budapest

Durch den Einsatz des Mähdeschers wird es notwendig, das feucht geerntete Getreide sofort nach der Ernte zu trocknen. Es besteht die Möglichkeit, das Getreide feucht abzuliefern, wobei eine dem Feuchtigkeitsgehalt entsprechende preisliche Minderung eintritt, oder das Getreide in eigenen Betriebe auf dem vorhandenen Speicher, beziehungsweise in Getreidesilos zu trocknen und zu lagern. Die Belüftung des feuchten Getreides auf dem vorhandenen Speicherboden kann durch ein auf den Boden verlegtes Verteilerrohrsystem gesichert werden. Die vorhandene Lagerfläche könnte somit durch eine bescheidene Investition wesentlich besser ausgenutzt werden.

Die wirtschaftliche Bemessung der Belüftungsanlagen benötigt eingehende strömungstechnische Untersuchungen. In der belüfteten Getreideschicht kann man im allgemeinen zwei Abschnitte unterscheiden: einen in der Nähe der Luftverteilungseinrichtung mit ungleichmäßiger Luftverteilung und einen anderen, in größerer Entfernung von der Luftzufuhreinrichtung, wo die Luftverteilung praktisch gleichmäßig ist.

Die Strömungsverhältnisse der Abschnitte mit gleichmäßiger Luftzufuhr wurden von MATHIES eingehend untersucht [1; 2], während die Größe des Abschnittes mit ungleichmäßiger Luftverteilung und die experimentelle Bestimmung seines Strömungswiderstandes in zwei speziellen Fällen im vorliegenden Artikel erörtert werden. Der eine Fall besteht in der Bestimmung des toten Raumes im Unterteil eines Vergasungssilos mit Hilfe des Potentialtrog, der andere in der Berechnung der zulässigen Abstände der Luftzuführrohre voneinander auf Grund theoretischer Überlegungen.

Theoretische Grundbeziehungen

Im Abschnitt mit gleichmäßiger Luftverteilung verläuft die Luftströmung nach dem Gesetz der laminaren Strömung, das heißt der Strömungswiderstand ist mit der Geschwindigkeit in praktisch linearem Verhältnis. Wir nehmen in unseren Erwägun-

gen an, daß auch im Abschnitt der ungleichmäßigen Luftverteilung dieses Gesetz für die Strömung gültig sei, obgleich die Geschwindigkeit den Grenzwert der REYNOLDS-Zahl $R = 10$ übertrifft. Da dieser Abschnitt jedoch kurz ist, kann die geringe Abweichung vernachlässigt werden. Die einfachere Berechnung entspricht vollständig den Ansprüchen der Praxis.

Der Widerstand dp [kp/m^2] einer Getreidesäule, bezogen auf einen Säulenhöhe dl [m], ist proportional der durchströmenden Luftmenge Q [m^3/s] und umgekehrt proportional dem freien Querschnitt F_0 [m^2],

$$\frac{dp}{dl} = k \cdot \frac{Q}{F_0} \quad \text{oder} \\ dp = k \frac{Q}{F_0} dl = k c dl, \quad (1)$$

wobei k [$\text{kp} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-4}$] den Proportionalitätskoeffizient und $c = Q/F_0$ [m/s] die in dem unverengten Querschnitt berechnete Geschwindigkeit darstellen.

Der Druckabfall Δp [kp/m^2] des Abschnittes mit ungleichmäßiger Luftzufuhr an der Länge l_{\min} [m] gleicht danach (Bild 1):

$$\Delta p = k \int_{l_{\min}}^l c(l) dl.$$

Da die Abhängigkeit der Luftgeschwindigkeit c von l , dem Abstand von der Austrittsöffnung, noch nicht bekannt ist, kann die Gleichung noch nicht integriert werden. Man vergleicht daher mit dem Druckabfall Δp_{∞} in einer gleich langen Getreidesäule mit gleichmäßiger Luftverteilung und -geschwindigkeit ($\Delta p_{\infty} = k \cdot c_{\infty} \cdot l$) und setzt:

$$\Delta p = k \cdot c_{\infty} (l_{\min} + \Delta l), \quad (2)$$

wobei Δl die „zusätzliche Säulenhöhe“ ist, welche der tatsächlichen Säulenhöhe l_{\min} zugefügt werden muß, um den Druckabfall nach derselben Methode wie für den Druckabfall im Gebiet gleich-

mäßiger Luftverteilung berechnen zu können. l_{min} ist dabei diejenige Mindesthöhe der Getreidesäule, von der ab gleichbleibende Strömungsverhältnisse in dem Bereich ungleichmäßiger Luftverteilung gewährleistet sind (Bild 1).

Im folgenden soll — auf experimentellem beziehungsweise theoretischem Wege — die Höhe l_{min} bestimmt werden, auf welcher die Geschwindigkeit bei einer gegebenen Anlage praktisch den Wert von c_{∞} erreicht, sowie die „zusätzliche Säulenhöhe“ Δl . Ferner soll die Stelle ermittelt werden, an der die Luftmenge beziehungsweise die Luftgeschwindigkeit unter ein Zehntel des vorgesehenen Wertes c_{∞} sinkt ($c/c_{\infty} < 0,1$ bedeutet ungenügende Belüftung). Die Bezeichnung l_{min} der Höhe ist damit erklärbar, daß diese minimale Getreidesäulenhöhe, bei welcher die Anlage in Betrieb gehalten wird, in der Nähe der Luftverteilungsröhre eine Luftströmung sichert, die bei jeder größeren Bedeckung in derselben Größenordnung bleibt.

Strömungsuntersuchungen im Vergasungssilo und an einem Potentialtrog-Modell

Das Getreide wurde nicht nur durch Belüftung geschützt, sondern zum Beispiel auch im Jahre 1951 im Silo vergast, um der Kornwurmgefahr vorzubeugen. Das Gas, welches schwerer war als die Luft, füllte den Silo bei der Füllung völlig. Nach Beendigung der Vergasung mußte man das Gas vor der Entnahme des Getreides gründlich auslüften, damit das im Kellerraum des Lagerhauses eventuell abgelagerte Gas keine Lebensgefahr verursachte. Die Lüftung im Ablauftrichter war jedoch sehr schwierig.

Die Phasen der Untersuchung waren folgende:

1. Druckabfallmessungen im Silo;
2. Messungen im Potentialtrog;
3. Feststellung des Ähnlichkeitsgrades der beiden Messungen und
4. Folgerungen aus den Potentialtrog-Messungen auf die Strömungsverhältnisse des Silo-Unterteils.

Druckabfallmessungen im Silo

Der Längsschnitt durch das Silo und das vereinfachte Schema der Belüftungsanlage sind in Bild 2 dargestellt. Im Verlaufe der Messungen wurden im Silo — durch Entnahme des Getreides — verschiedene Höhen l festgesetzt und der Druckabfall $\Delta p'$ wurde unter Einblasen verschiedener Luftmengen Q bestimmt. Nach Subtraktion des Zuleitungsrohr-Widerstandes Δp_0 aus dem Druckabfall ergab sich der Widerstand Δp der Getreidesäule mit der Höhe l .

Die Luftmenge Q wurde mittels eines in der Mitte der Zuleitung gesetzten PRANDTL'schen Staurohres gemessen. Die Verteilung über den Querschnitt der Zuleitung wurde durch vorläufige Eichung bei leerem Silo bestimmt. Der gemessene Widerstand $\Delta p'$ war also gleich dem des Zuleitungsrohrs Δp_0 .

Die Meßergebnisse sind in Tafel 1 zusammengestellt. In der Tafel ist anstatt Q der Wert c_{∞} angegeben. Mit dem Wert $c_{\infty} = 4,0$ cm/s ergab die Mengennmessung Ungenauigkeiten; das führte zu größeren Abweichungen der Werte. Die Messungen im Lagerhaus konnten die Genauigkeit der im Laboratorium durchgeführten Messungen nicht erreichen, weil auch das Getreideniveau nicht vollständig horizontal geegnet werden konnte. Bei dem untersten Niveau $l = 0,21$ m ragte die Spitze der Schutzkappe des Luftzuleitungsrohres aus dem Getreide bereits hervor. Mit Hilfe der Werte aus der Tafel 1 und grafischer Interpolation wurde die Kurve des mittleren Druckabfalls eines Luftgeschwindigkeits-Bereiches von $c_{\infty} = 4,4 \cdot 10^{-2}$ bis $5,2 \cdot 10^{-2}$ m/s als Funktion der Getreidesäulenhöhe berechnet (Bild 3). Darnach nimmt der Druckabfall von einer Säulenhöhe von $l = 2,0$ m an mit der letzteren praktisch linear zu. Der Druckabfall Δp ist wegen der Variierung der Luftgeschwindigkeit c_{∞} auf diese bezogen $\left(\frac{\Delta p}{c_{\infty}}\right)$.

Messungen im Potentialtrog

Die Kurve wurde durch Messungen in der Praxis bestimmt und mit einem dreidimensionalen Potentialtrog im Maßstab 1:20 überprüft, welcher im Laboratorium für Strömungsmaschinen der Technischen Universität Budapest angefertigt wurde. Der Potentialtrog ist ein Dreieckprisma, welches zwischen den vier

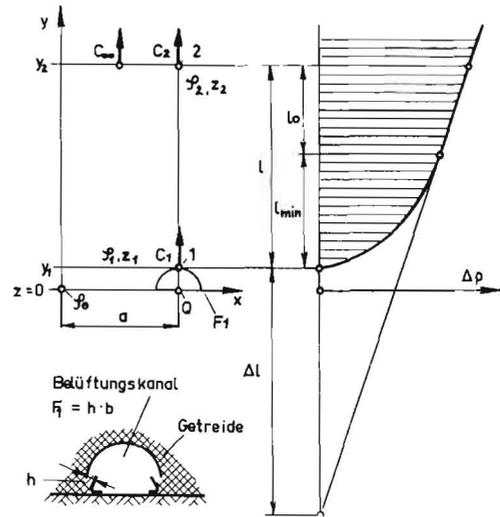


Bild 1: Druckgefälle Δp in einer Getreidebelüftungsanlage

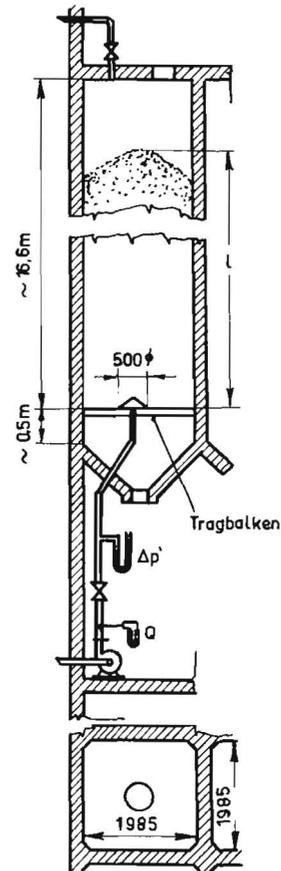


Bild 2: Längsschnitt durch den Silo und Schema der Belüftungsanlage

Tafel 1: Meßergebnisse für das Druckgefälle in verschiedenen hohen Getreidesäulen und bei veränderten Luftmengen

	c_{∞}	Δp								
$l:$	14,96		12,97		11,05		9,24		6,97	
	4,16	334,5	4,57	324	4,81	317	5,18	308	5,7	2,885
			4,15	284,5	4,4	273,5	4,81	269	5,18	246
			2,77	161	3,4	196,5	3,91	212	4,4	205,5
					2,77	157	3,1	165,5	3,68	159
$l:$	3,92	294							2,78	117
	3,1	237,5								
	4,94		2,84		0,78		0,46		0,21	
	6,51	268	6,9	244	8,05	193	8,18	187,5	8,75	153,5
	5,54	227,5	6,04	200	7,3	160,5	7,45	145	8,2	105,5
	4,4	167,5	5,18	162	6,34	127,5	6,2	104,5	6,62	87
	3,41	116,5	3,9	108	4,96	93	5,52	83,5	5,0	67,5
2,42	70	2,59	57,5	3,4	52,5	4,67	53	3,4	42,5	

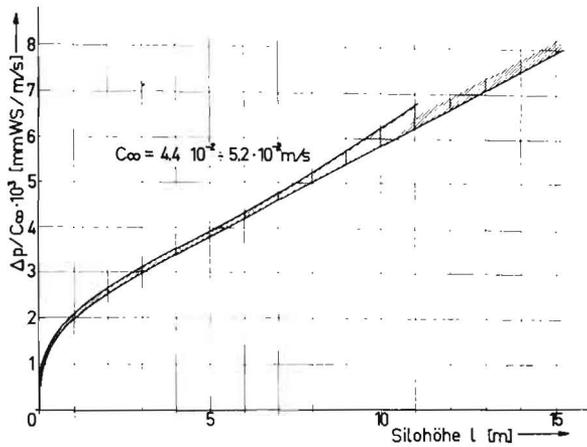


Bild 3: Verhältnis $\frac{\Delta p}{c_{\infty}}$ in Abhängigkeit von der Getreidesäulenhöhe l

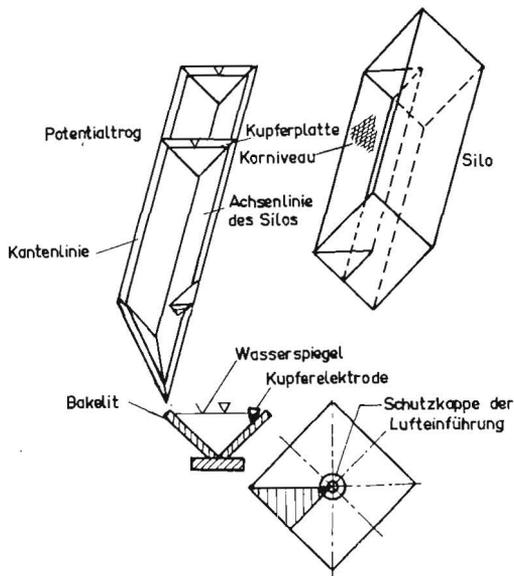


Bild 4: Potentialtrog zur Untersuchung der Belüftungsverhältnisse in Getreidesilos

Symmetrieachsen des Siloquerschnittes eingeschlossen war. Er sollte so eingerichtet sein, daß die unvorteilhafteste Strömungslinie entlang der Kante des Silos und die optimale Strömungslinie längs der Mittelachse des Silos zur Oberfläche führt (Bild 4). Im Potentialtrog befinden sich zwei Elektroden. Die eine Kupferplattenelektrode entsprach der Lufteintritts-Oberfläche und die andere dem Getreideniveau. Die zweite Elektrode war in der ganzen Länge des Potentialtrogs verstellbar.

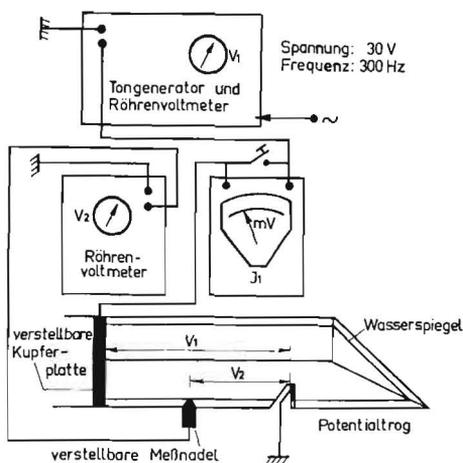


Bild 5: Schaltschema für Untersuchungen im Potentialtrog

Der Potentialtrog wurde aus Bakelit gefertigt. Die Kupferplattenelektrode wurde mit einer Senkschraube an einer Nachbildung der Lufteintritts-Schutzkappe aus Bakelit befestigt. Die Anschlußleitungen wurden an die Kupferplattenelektroden gelötet. Das Schaltschema der elektrischen Einrichtung ist in Bild 5 zu sehen.

Eine Spannung von 30 V wurde von einem Tongenerator von 300 Hz Frequenz gespeist. Die Stärke des von einer Elektrode zur anderen strömenden Stroms I_1 wurde mit Hilfe eines Millivoltmeters und seine Spannung mit Hilfe eines im Tongenerator eingebauten Röhrenvoltmeters V_1 bestimmt. Die Spannung V_2 zwischen der verstellbaren Nadel und der Elektrode wurde mit einem separaten Röhrenvoltmeter gemessen (Bild 6).

Der Potentialtrog wurde mit Leitungswasser gefüllt. Das Instrument wurde ganz genau nivelliert. Die Analogie des Ausdrucks des OHMSchen Gesetzes

$$dV = I \cdot dR \quad (3)$$

mit der Beziehung aus Gl. (1) ist trivialer Natur, wenn der Widerstand R auf den Abschnitt bezogen wird, wo der Strom gleichmäßig durch den ganzen Querschnitt des Leiters strömt:

$$dR = C_1 \frac{dl}{F_0} \quad (4)$$

Da der Strom von einer punktförmigen Elektrode ausgeht, ist anzunehmen, daß eine gleichmäßige Stromdichte im Wasser (analog der gleichmäßigen Luftverteilung im Silo) erst nach einem gewissen Abstand von dieser Elektrode eintritt.

Die Stromstärke I entspricht also der durchströmenden Luftmenge Q , die Konstante C_1 der Konstanten k , und das Spannungsgefälle dV dem Druckgefälle dp .

Aus Gl. (1) für die örtliche Geschwindigkeit c ist im allgemeinen

$$c = \frac{1}{k} \frac{dp}{dl} \quad (5)$$

außerdem ist

$$c_{\infty} = \frac{Q}{F_0} \quad (6)$$

Aus den Gln. (3)–(6) folgt die Berechnung des Geschwindigkeitsverhältnisses nach dem Druckgradienten

$$\frac{c}{c_{\infty}} = \frac{F_0}{kQ} \frac{dp}{dl} = \frac{F_0}{C_1 I} \frac{dV}{dl} = \frac{\Delta l}{\Delta V} \frac{dV}{dl} \quad (7)$$

Dieser Wert ist praktisch unbekannt, aber man kann ihn mit Modellversuchen im Potentialtrog durch graphisches Differenzieren der Spannung-Ort-Kurve bestimmen. Auch der Quotient $\Delta l / \Delta V$ ist im Bereiche des in der Längsrichtung schon linearen Spannungsgefälles meßbar.

Die Messungen wurden bei verschiedenen, dem Getreideniveau entsprechenden Elektrodeneinstellungen durchgeführt; in jeder Einstellung der Elektrode wurden von dem in Bild 7 dargestellten Meßstellen diejenigen mit der Tastnadel untersucht, die sich zwischen den beiden Elektroden befanden.

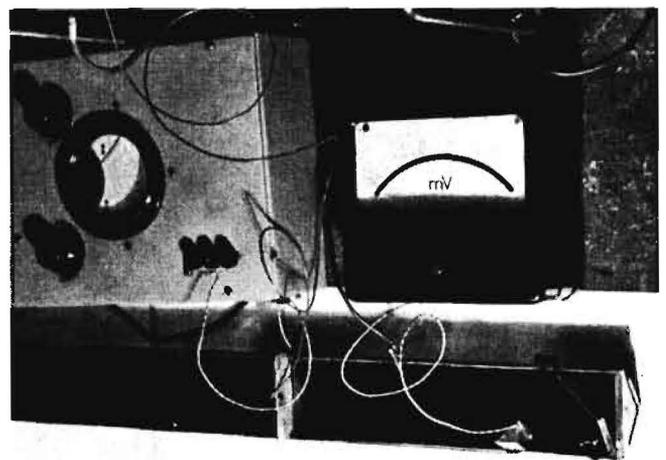


Bild 6: Röhrenvoltmeter zur Feststellung der Spannung zwischen der verstellbaren Nadel und der Elektrode

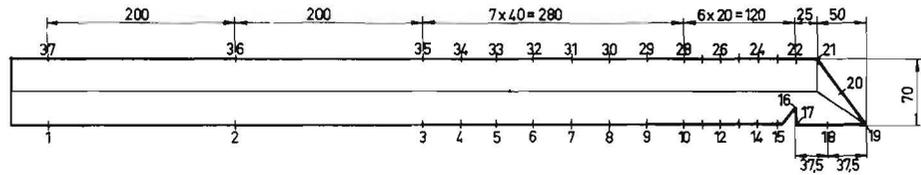


Bild 7: Meßstellen am Potentialtrog

Aus den Meßergebnissen kann bereits folgendes festgestellt werden: Falls sich das Niveau in der Höhe (1 und 37) befindet, fällt der prozentuelle Spannungsabfall mit dem prozentualen Widerstand bis zur Meßstelle (10 und 28) praktisch zusammen. Im unteren Abschnitt gab es Abweichungen; deshalb wurden die Spalten in Tafel 2 gemäß den Widerstandswerten umgerechnet, damit sich diese auf gleiche Stromstärke beziehen, das heißt die Werte von V_2/V_1 werden angegeben. Die aus den Werten der Tafel 2 hergeleitete Kurve des Spannungsgefälles im Potentialtrog kann nun mit der in Bild 3 dargestellten Kurve des Druckgefälles im Getreidesilo verglichen werden (Bild 8).

Feststellung des Ähnlichkeitsgrades der beiden Messungen

Der erste Schritt des Vergleiches ist, bei der Aufzeichnung der Potentialtrog-Meßergebnisse denjenigen Spannungswert durch Interpolation zu bestimmen, der zu der Stelle gehört, welche 74,5 cm von der punktförmigen Elektrode entfernt liegt. Diese Stelle entspricht nämlich derjenigen des Getreidesilos in einer Höhe von $l = 14,96$ m. Wird dieser Spannungswert = 100 gesetzt, so können die Prozentualwerte des Spannungsgefälles in Abhängigkeit von der Länge l aufgezeichnet werden.

Die Abweichung zwischen den Kurven beträgt im linken Teil bis zu 20%, bezogen auf die Druckgefälle-Kurve. Diese Prozentzahlen sind maßgebend für die Größe der Abweichung und damit für die „Güte der technischen Annäherung“. Trotzdem bleibt der Vergleich beider Kurven interessant.

Die Gründe der Abweichung zwischen den beiden Kurven sind folgende:

1. Die Getreidesäule besitzt eine ungleichmäßige Dichte, die Wassersäule eine gleichmäßige [2] und
2. die Eisenträger der Kappe oberhalb des Luftzufuhrrohres im Silo bewirken eine Querschnittsverengung, welche abermals zu einer Widerstandserhöhung führt; diese wurde am Potentialtrog nicht nachgeahmt.

Beide Umstände beeinflussen die Ergebnisse im gleichen Sinne, und die Summe der zwei Fehlerquellen ergibt die Abweichung der Kurven.

Auf Grund dieses Beispiels kann die Größenordnung dieser als vernachlässigbar bezeichneten Abweichung leicht beurteilt werden.

Folgerungen aus den Potentialtrog-Messungen

Da die Modellmessungen am Potentialtrog für die Praxis eine recht gute Übereinstimmung mit den Messungen am Silo ergaben, kann man — auf Grund der Beziehung aus Gl. (7) — auch das Strömungsgeschwindigkeitsverhältnis aus dem Spannungsgradienten längs der Wand mittels graphischer Methode feststellen.

Von dem detaillierten Entwurf abgesehen, werden nur die Endergebnisse angegeben. Wenn die Achsenlinie und Ecklinie des Silos in eine Gerade abgewickelt sind, kann die Spannung-Ort-Kurve dargestellt werden. Den Differentialquotient dieser Kurve bildet die Kurve des Geschwindigkeitsverhältnisses (Bild 9). Hier sind Kurven nur für den Ablauftrichter mit ungenügender Belüftung eingezeichnet, und zwar für die zwei Stellungen der Elektroden, die dem niedersten und dem höchsten Getreideniveau entsprechen (1 und 37 bzw. 14 und 24 in Bild 7). Beide Kurven decken sich beziehungsweise liegen fast aufeinander. Die Strömungsverhältnisse im Ablauftrichter werden also von der Höhe des Niveaus — im analogen Sinne also von der Höhe der Getreidesäule — kaum beeinflusst.

Der Fall der ungenügenden Luftverteilung liegt also im Unterteil des Ablauftrichters vor (in etwa 15% des Unterteils).

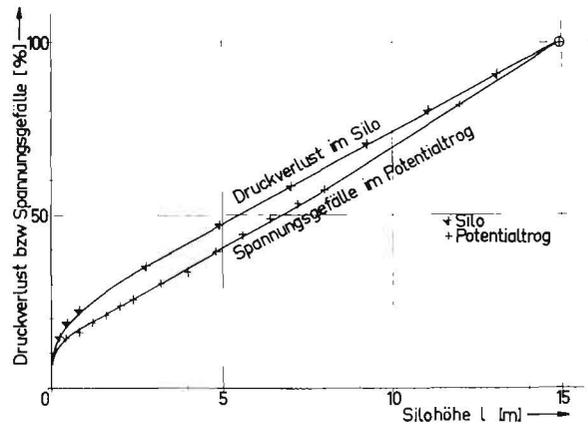


Bild 8: Vergleich der Meßergebnisse im Silo und Potentialtrog

Strömungsuntersuchungen in einer Belüftungseinrichtung

Im Jahre 1955 wurde eine Versuchsbelüftungseinrichtung aus Holz auf Grund sowjetischer Angaben [3] hergestellt. Mit dieser Anlage wurden Druckverteilungsmessungen in Getreidesäulen durchgeführt, und zwar mit Hilfe einer an der Oberfläche des Getreides eingesteckten spitzigen Röhre. Der Druck wurde mit einem Debro-Miniskop mit einer Genauigkeit von $1/100$ mm WS

Tafel 2: Prozentualer Spannungsabfall in Abhängigkeit von der Länge des Potentialtroges

Meßstelle (Bild 7)	$\frac{V_2}{V_1}$ (zur gleichen Stromstärke umgerechnet)					
	1	2	3	4	5	6
1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2	78,0					
3	53,7	53,7				
4	48,9	48,9				
5	44,3	44,3				
6	40,0	40,0				
7	36,0	36,0				
8	32,2	32,2	32,8			
9	27,7	27,7	28,5			
10	23,5	23,5	24,3	24,5		
11	21,5	21,5	22,3	22,2		
12	19,3	19,3	20,3	19,8	19,9	
13	17,2	17,2	17,7	17,7	17,3	
14	15,1	15,1	15,5	15,5	15,1	15,3
15	11,8	11,8	12,8	12,6	12,4	12,25
16	8,7	8,7	9,05	8,8	8,6	8,55
17	1,1	1,1	0,985	1,47	1,39	1,38
18	8,9	8,9	9,67	9,7	9,65	9,5
19	9,7	9,7	9,85	10,0	9,85	9,65
20	10,2	10,2	10,2	10,3	10,2	9,87
21	10,7	10,7	11,1	11,0	10,9	10,7
22	11,8	11,8	12,15	12,0	11,9	11,6
23	13,2	13,2	13,8	13,7	13,6	13,2
24	15,1	15,1	15,8	15,5	15,6	15,3
25	17,2	17,2	17,8	17,7	17,6	
26	19,3	19,3	20,0	20,1	19,9	
27	21,4	21,4	22,3	22,0		
28	23,6	23,6	24,3	24,5		
29	27,9	27,9	28,4			
30	32,2	32,2	32,8			
31	36,5	36,5				
32	40,6	40,6				
33	44,6	44,6				
34	48,9	48,9				
35	53,7	53,7				
36	77,5					
37	100,0					

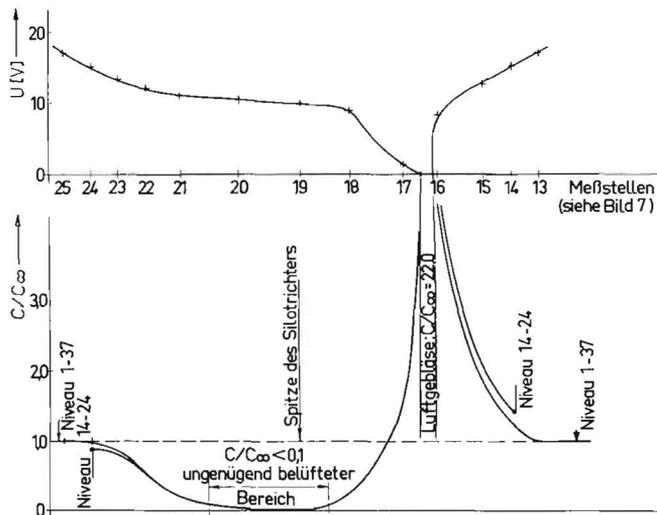


Bild 9: Spannungsverlauf beziehungsweise Geschwindigkeitsverhalten aus Messungen im Potentialtrog

bestimmt. In Bild 10 sind von den auf Grund der Meßergebnisse aufgezeichneten Isobar-Kurvenscharen beispielsweise zwei aufgetragen. Die oberen Isobaren beziehen sich auf eine senkrechte Ebene der zu der Wand nächstliegenden Verteilungsröhre, die unteren sind im Längsschnitt des Verteilungsrohres an dem der Wand naheliegenden Ende abgenommen. Auf Grund des Meßergebnisses liegt auch bei diesem Belüftungssystem eine schwache Stelle vor, und zwar in der Ecke des Lagerraumes.

Eine ähnliche geringe Strömung ist bei metallenen Luftverteilungsröhren zu erwarten, die in gleicher Entfernung voneinander eingesetzt sind. Aus diesem Grunde wurde die Strömung in den Ecken auf theoretischem Wege untersucht [4]. Nach der Ableitung ergibt sich, wenn wir in der Ecke eine 50 mm tiefe Zone ungleichmäßiger Belüftung erlauben, die Entfernung der ersten Luftverteilungsröhre von der Wand für $a = 785$ mm.

Die minimale Getreidedeckung, das heißt wenn oberhalb der Luftverteilungsröhre keine Luft entweicht und folglich die Luftversorgung der Ecken noch gesichert ist, kann von der Bedingung berechnet werden, daß die Abweichung vom Wert c_{∞} der Ausströmungsgeschwindigkeit weniger als $\pm 5\%$ ausmacht. Aus der theoretischen Ableitung ergibt sich für diese Bedingung die Gleichung

$$l_{\min} = 1,18 a$$

Dies bedeutet mit dem in der Ableitung berechneten Wert für a , nämlich 785 mm, eine Deckung von 930 mm Höhe.

Zusammenfassung

Die durch den Mähdrusch anfallenden feuchten Getreidemengen verlangen eine unmittelbare Trocknung nach der Ernte. Neben gewerblichen Trocknungsanlagen bieten sich verschiedene Möglichkeiten zur Trocknung im landwirtschaftlichen Betrieb selbst. Hier könnten vor allem durch Anlagen auf dem vorhandenen Speicherraum mit geringen Investitionen Möglichkeiten zur Trocknung und Lagerraum geschaffen werden. Die wirtschaftliche Bemessung solcher Anlagen setzt jedoch strömungstechnische Untersuchungen voraus.

Der Verfasser führte zur Untersuchung der Belüftung von Silos und Belüftungseinrichtungen Messungen im Laboratorium und in der Praxis durch. In der Umgebung des Luftzuführrohres ist die Belüftung des Getreides ungleichmäßig. Das führt zu erhöhten Strömungsverlusten und zu Zonen ungünstiger Belüftung. Die Untersuchungen befaßten sich deshalb insbesondere mit Methoden zur Bestimmung dieser zwei Faktoren. So wurde mit Hilfe des Potentialtroges der erhöhte Luftzufuhrwiderstand bestimmt. Außerdem konnte der Umfang der ungenügend belüfteten Bereiche beziehungsweise die Vorausbemessung der Getreidebelüftungsanlage errechnet werden.

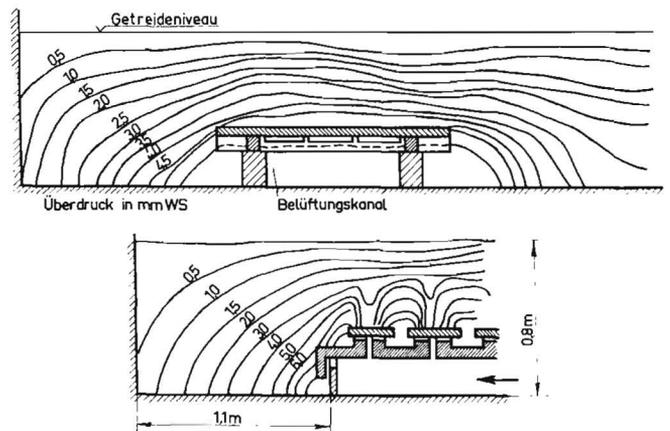


Bild 10: Druckverteilung in belüfteten Getreideschüttungen

Schrifttum

- [1] MATTHIES, H. J.: Der Strömungswiderstand bei landwirtschaftlichen Belüftungsanlagen. Landtechnische Forschung 5 (1955), S. 101—108
- [2] MATTHIES, H. J.: Der Strömungswiderstand beim Belüften landwirtschaftlicher Erntegüter. VDI-Forschungsheft No. 454, VDI-Verlag, Düsseldorf 1956
- [3] BAHAREV: Ventilatorovane zerna. Moskau 1948
- [4] FAY, CS., und A. FAY: Strömungswiderstand belüfteter Getreidesäulen. Acta Technica 25 (1959), S. 187—195

Résumé

Csaba Fay: "Unequal Distribution and Increased Resistance of Air in Grain-Drying Installations."

The damp grain resulting from combine harvesting must be properly dried. In addition to commercially-operated drying plants, there are also various methods of drying the grain that can be utilised on the farm itself. It is possible to make use of existing storage spaces for drying and storing grain by using various pieces of equipment whose first cost is relatively modest. However, before the most economical dimensions of such equipment are determined, some investigations of air flows are essential.

The writer carried out some investigations and measurements, both in the laboratory and in actual practice, on the ventilation of silos and the equipment used therefore. The drying of the grain round the air inlet pipe is irregular. This leads to increased flow losses and areas of unsatisfactory ventilation. The present investigations were, therefore, particularly concerned with these two factors. The increase in resistance of the air flow was determined by the aid of a potential trough. Furthermore, the dimensions of the areas that were insufficiently ventilated and the preliminary dimensions of the grain drying plant could be calculated.

Csaba Fáy: «La répartition irrégulière de l'air et la résistance supplémentaire à l'entrée de l'air dans les installations d'aération de grains de céréales.»

Les grains de céréales humides provenant du moissonnage-battage exigent un séchage immédiat après la récolte. En dehors des installations de séchage d'entreprises spécialisées, il y a des possibilités de séchage dans les exploitations agricoles elles-mêmes. On peut prévoir, en particulier, l'aménagement d'installations de séchage et de stockage dans les greniers qui n'exigent que des investissements modestes. La détermination économique de la capacité de l'installation exige des recherches aérodynamiques préalables.

L'auteur a effectué des mesures au laboratoire et en pratique pour étudier l'aération de silos et d'installations de séchage. Il a constaté qu'au voisinage de la conduite centrale de l'air, l'aération des grains est irrégulière. Il en résulte de pertes de courant et des zones mal aérées. Les recherches ont donc en particulier visé à trouver des méthodes permettant la détermination de ces deux facteurs. A l'aide de la cuve potentielle, on a pu déterminer la résistance accrue à l'entrée d'air. De plus, on a pu délimiter par calcul les zones mal aérées, respectivement déterminer préalablement les données techniques de l'installation.

Csaba Fáy: «Distribución desigual y resistencia adicional a la circulación de aire en instalaciones de ventilar cereales.»

Las cantidades de cereales húmedos que se producen en cosechadoras-trilladoras, requieren el secado inmediatamente después de la cosecha. Fuera de las instalaciones de secado industriales existen varias

posibilidades de secado en la misma explotación agrícola, siendo p. e. posible instalar con poco gasto instalaciones de secado y de almacenaje en los graneros existentes. Pero las dimensiones racionales de tales instalaciones requieren estudios técnicos de las corrientes.

Para investigar las condiciones de ventilación en silos y en dispositivos de ventilación, el autor ha establecido mediciones, tanto en el laboratorio como en la práctica. Alrededor del tubo de entrada de

aire la ventilación de los granos resulta ser desigual, lo que trae como consecuencia un aumento en la pérdida de corriente y zonas de ventilación deficiente. Por consiguiente las investigaciones tendieron especialmente a dar con métodos que permitan precisar estos dos factores. Se ha fijado la resistencia adicional a la entrada de aire con ayuda de la pila de potencial. Además ha podido calcularse la zona de ventilación insuficiente, o sea que pudieron calcularse de antemano las dimensiones de la instalación de ventilación.

RUNDSCHAU

Über die Verteilung von Steinen im Kartoffeldamm

(Eine Erwiderung zu dem gleichnamigen Beitrag in „Landtechnische Forschung“, Heft 4/1960).

In der „Landtechnischen Forschung“ berichtete KRAUSE [1] über die Verteilung von Steinen im Kartoffeldamm. In zahlreichen Messungen wurde das Kartoffel-Stein-Verhältnis in einer Tiefe von 0–11 cm (gemessen von der Dammoberkante) festgestellt. Mit größer werdendem Bodenvolumen und zunehmender Tiefe nahm die Zahl der Steine nicht zu. Daraus schließt KRAUSE, daß der Steinanteil mit zunehmender Rodetiefe des Kartoffelrodens nicht, wie SPECHT [2] festgestellt hat, progressiv ansteigen kann. Die von KRAUSE durchgeführten Messungen wurden überwiegend auf schwereren Böden mit einem sehr hohen Steinbesatz — im Mittel 211 Stückprozent — durchgeführt. Es handelt sich also um Rodeverhältnisse, die einer Sammelernte außerordentlich große Schwierigkeiten bereiten. Selbst mit Hilfe der in den letzten Jahren entwickelten Spezial-Trenneinrichtungen ist bei den jetzigen Konstruktionen eine zufriedenstellende Leistung bei einem Steinanteil über 100 Stückprozent selten zu erreichen, wenn man eine Rodeleistung von 1000 Knollen je Minute und zwei Lesepersonen unterstellt. Die Untersuchungen von SPECHT waren ausschließlich auf die für die Sammelernte interessanten Rodeverhältnisse abgestimmt. Unter diesen Rodeverhältnissen, die im Vergleich zu den von KRAUSE untersuchten Böden einen sehr geringen Steinbesatz aufwiesen, kann die Verteilung der Steine völlig anders sein.

Über den Einfluß von Beimengungen im Kartoffeldamm auf den Anteil der Beimengungen im Erntegut hat BRACKE [3] einmal folgende Überlegung angestellt, die sich zwar auf Erdkluten bezog, doch die gleiche Gültigkeit für steinige Böden hat: „Die Kartoffeln machen je nach Ertrag volumemäßig etwa 5–8% der über das Rodeschar gleitenden Erdmassen aus. Wenn also nur 5% der Erdmassen Kluten sind, welche die durchschnittliche Größe der Kartoffel haben, so sind dies bereits ebenso viel Kluten, also 100 Stückprozent.“

Daraus kann gefolgert werden, daß schon ein geringer Einfluß das Kartoffel-Stein-Verhältnis stark verändern kann. So befinden sich in den von KRAUSE gemessenen Kartoffeldämmen besonders viel Steine in den oberen Schichten, wenn man die gefundenen Ergebnisse auf den Damminhalt oder die Fläche des Dammquerschnittes umrechnet.

Tafel 1 zeigt die Zahl der Steine in den vier Schichten von 0–11 cm und die Zahl der Steine auf einen gleichen Damminhalt (1000 cm³) umgerechnet. Der von KRAUSE zahlenmäßig angeführte relativ flache Kartoffeldamm läßt darauf schließen,

Tafel 1: Verteilung der Steine im Kartoffeldamm (nach KRAUSE umgerechnet)

Schicht	Schichtinhalt [cm ³]	Zahl der Steine [Stück]	Steine je 1000 cm ³ Damminhalt [Zahl]
I	1340	4,6	3,6
II	3280	7,1	2,3
III	4780	7,6	1,7
IV	5985	7,2	1,3

daß die Steine, die bei den Pflegearbeiten in die Furche gerollt sind, bei der letzten Häufelfurche oben auf dem Damm abgelegt wurden.

Auf den leichteren Böden, aber auch auf den siebbaren, schwereren Böden kann die Verteilung der Steine im Kartoffeldamm besonders bei Anwendung neuerer Pflegemethoden und bei geringerem Steinbesatz ein völlig umgekehrtes Ergebnis zeigen. Der Kartoffeldamm ist meistens nicht so flach, wie KRAUSE ihn angeführt hat. Überwiegend sind folgende Abmessungen anzutreffen:

Dammkrone 15 cm
Dammfuß 55 cm (bei einer Tiefe von 15 cm).

Bei einer Legetiefe von 5 cm ist fast immer eine Rodetiefe von 12 cm erforderlich. Sie steigt an mit zunehmendem Kartoffelertrag und zunehmender Legetiefe. Bei einem mittleren Ertrag von 240 dz/ha muß bei einer Legetiefe von 10 cm mit einer Rodetiefe von etwa 15 cm gerechnet werden. Bei einer Rodetiefe von 12 cm müssen je Meter Dammlänge etwa 37200 cm³ Erde mit etwa 30 Knollen bei einem mittleren Knollengewicht von 50 g aufgenommen werden. Beträgt der Anteil der Steine 20%, so befinden sich 6 Stück Steine in diesem Kartoffeldamm. Bei gleichbleibender Verteilung der Steine enthält jede 1 cm starke, tiefere Schicht etwa einen Stein. Dabei steigt der Steinanteil bei einer Vergrößerung der Rodetiefe von 12 auf 15 cm von 20 auf 30 Stückprozent, wenn der Knollenstock sich nur bis zu einer Tiefe von 12 cm ausgedehnt hat. Bei weiterer Ausdehnung des Knollenstockes nach unten ist der Anstieg des Steinanteils nicht so hoch, da der Anteil der Knollen in den unteren Schichten häufig nur sehr gering ist (Tafel 2).

Würde man jeder Schicht von 1 Zentimeter Stärke von 12 bis 15 cm Rodetiefe bei einer Tiefe des Knollenstocks von 12 cm nur zwei Stück Steine hinzufügen, so würde der Steinanteil von 20 Stückprozent bereits auf etwa 50 Stückprozent steigen. Reicht der Knollenstock nach Tafel 2 bis 15 cm Rodetiefe, so würde eine Steigerung von 24 auf 50 Stückprozent erfolgen.

Wird eine Erhöhung des Steinanteils in den oberen Bodenschichten durch die neueren Pflegemaßnahmen verhindert, so kann durchaus eine Steigerung des Steinanteils eintreten, die auch höher sein kann als die Zunahme, die bei gleichmäßiger Verteilung der Steine im Boden durch die Zunahme des Dammquerschnittes bei stark abnehmender Knollenzahl mit Vergrößerung der Rodetiefe bedingt ist.

Tafel 2: Knollenverteilung bei verschiedenen Rodetiefen

Schicht	Knollen [Stück-%]	Knollen [kg-%]
Knollenverteilung bei 5 cm Legetiefe		
I	0 — 3,5 cm	31,2
II	3,5— 7,0 cm	55,4
III	7,0—10,5 cm	13,4
Knollenverteilung bei 10 cm Legetiefe		
I	0 — 3,5 cm	8,0
II	3,5— 7,0 cm	40,0
III	7,0—10,5 cm	36,7
IV	10,5—14,0 cm	15,3