

Tafel 1. Austauschraten im freien Volumen von Formsteinsilos

Typ	$\alpha_1 V^1$ m ³ /h	\bar{w}^2 m/s	Bemerkung
HS 25	100	4	geschlossen
Dmr. 12 m	120	3,5	geschlossen
mit Flachdach	500	4,4	2 Luken geöffnet
	10000	6,6	2 Luken und Tauchdeckel geöffnet
HS 09	1200	10,6	geschlossen
Dmr. 7,3 m	4000	4,8	2 Luken und Dachklappe geöffnet

¹ Austauschrate

² mittlere Windgeschwindigkeit, Angaben des Meteorologischen Dienstes Potsdam

keit des Gasaustausches wird dem exponentiell abfallenden Kurvenabschnitt entnommen (Bild 5c).

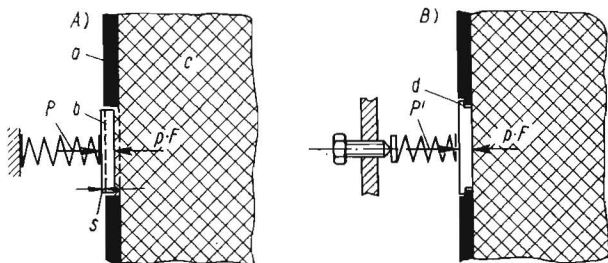
Bei freier Oberfläche wurde der Geometrieinfluß der verwendeten zylindrischen Behälter untersucht (Bild 5). Die ermittelten Exponenten α_n sind vom Radius R der Behälter und von der Einstichtiefe x der Gassonde unabhängig; die Abhängigkeit von der Höhe l entspricht dem zugrundegelegten Modell (Bild 1). Der Einfluß der Dichte auf den Gasaustausch ist an mit Siliergut gefüllten Behältern zu untersuchen. Dabei ist zu klären, inwieweit das Modell während des Gärprozesses in Anwendung gebracht werden kann. Vergleichende Untersuchungen des Gasaustausches vom freien Volumen zur Atmosphäre an Formsteinsilos ergaben deutliche vom Silotyp abhängende Unterschiede (Bild 6). Der Vergleich wurde über die Austauschrate $\alpha_1 V$ geführt (Tafel 1). Bei vollständiger Abdichtung der Silos können sich die Austauschraten um einen Faktor 10 unterscheiden. Bei nicht geschlossenen Einstiegsluken und Dachöffnungen sind die Austauschraten um Größenordnungen heraufgesetzt. Diese Tatsache ist von Bedeutung für die Bewirtschaftung von Formsteinsilos.

Dipl.-Ing. F. ZSCHAAGE, KDT

Bei der Dimensionierung von Behältern für landwirtschaftliche Siliergüter ist die Kenntnis der Beanspruchung der Behälter durch das einzulagernde Gut unbedingt erforderlich. Für die Dimensionierung stehen zur Zeit verschiedene, experimentell und theoretisch ermittelte Lastannahmen zur Verfügung, die im wesentlichen die Verteilung des Druckes des Siliergutes auf die Behälterwand und eine eventuelle Vertikalbelastung der Behälterwand durch Reibungskräfte vorzubestimmen gestatten [1]. Nach neueren Beobachtungen ist zu erkennen, daß diese Lastannahmen noch weiter vervollkommen werden müssen [2] [3].

Wegen der Abhängigkeit der Lasten nicht nur von den Eigenschaften des Siliergutes (wie Häcksellänge, Feuchtig-

Bild 1. Prinzipieller Aufbau einer Druckmeßeinrichtung und Unterscheidung der Meßverfahren. A) Ausschlagmeßverfahren, B) Kompensationsmeßverfahren; a Behälterwand, b Druckmeßplatte, c Siliergut, d Anschlag



Weitere Untersuchungen werden geführt, um in Hochsilos den Gasaustausch bei der Entnahme von Gärfutter über den Zentralschacht zu bestimmen. Die Entnahmeperiode dauert wesentlich länger als die Gärperiode. Da die Futterstockoberfläche in diesem Zeitraum frei bleiben muß und die Behälter nicht abgedichtet sind, kommt dem Gasaustausch besondere Bedeutung zu.

Zusammenfassung

Über den Gasaustausch zwischen Gärfutterstock und Atmosphäre werden Modellvorstellungen entwickelt. Daraus ableitend wird ein Meßverfahren zur Bestimmung seiner Geschwindigkeit unter Verwendung des radioaktiven Edelgasisotops Kr-85 angegeben. Die Eignung des Meßverfahrens wird für vergleichende Untersuchungen an Behältern im Labormaßstab nachgewiesen. Für die Untersuchungen eignet sich eine Gassonde, die neben der Zugabe auch die Messung der Konzentration des Indikators gestattet. An Formsteinsilos erfolgen Messungen der Austauschraten zwischen dem freien Volumen oberhalb der Futterstockoberfläche und der Atmosphäre. Die Ergebnisse erlauben eine Bewertung der Dichtigkeit der Baukörper.

Literatur

- [1] MACKE, W.: Thermodynamik und Statistik. Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig K. G. Leipzig 1962.
- [2] RETTIG, H.: Radiometrische Messung von Verweilzeitspektren an verfahrenstechnischen Anlagen der Landwirtschaft. Forschungsbericht IML Potsdam-Bornim 1969 (unveröffentlicht).
- [3] CARSLAW, M. S. / I. C. JAEGER: Conduction of Heat in Solids. Isd. „Nauka“, Moskau 1964 (russ. Übers. d. 2, engl. Ausgabe).
- [4] BEER, M. / A. HEISSNER / G. VOGEL: Bestimmung des Luftaustausches in geschlossenen Gewächshäusern. Deutsche Agrartechnik 15 (1965) H. 4, S. 166 bis 170. A 8034

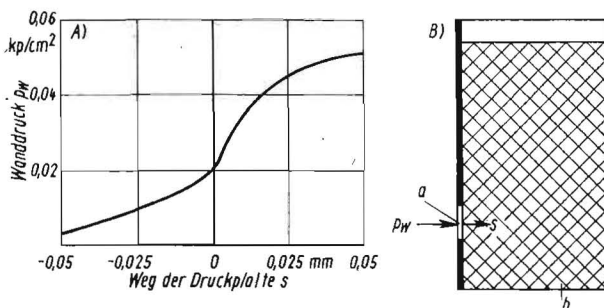
Zur Problematik des Meßfehlers bei Wanddruckmessungen an Gärfuttersilos

keitsgehalt, Kompressibilität, innere Reibungszahl und andere), sondern auch von den Daten des Lagerbehälters (wie geometrische Form und Elastizität des Behälters; Oberflächenrauigkeit der Behälterinnenwand) ist eine theoretische Behandlung der Lastannahmen ohne parallel dazu laufende experimentelle Untersuchungen so gut wie ausgeschlossen.

1. Aufgabenstellung

Experimentelle Untersuchungen betreffen hauptsächlich die Messung der Seitenwand- und Bodendrücke, der Wandreibungskräfte und eventuelle Veränderungen der geome-

Bild 2. Einfluß der Druckplattenbewegung auf den gemessenen Wanddruck (nach FORDHAM). A) Druck - Weg - Diagramm, B) Versuchsschema; a Druckmeßplatte, b Sandfüllung



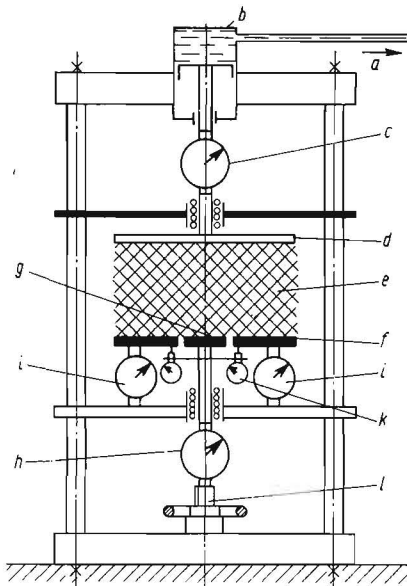


Bild 3. Einrichtung zur Untersuchung des Meßfehlers bei Druckmessungen an Siliergütern. a zur Hydraulikpumpe (weitere Erläuterungen im Text)

trischen Formen. Die wichtigste Meßgröße ist dabei der Wanddruck. In ihr spiegelt sich die Wechselwirkung zwischen Siliergut und Silierbehälter am besten wider, und die Druckverteilung bestimmt hauptsächlich die Dicke und Bewehrung der Behälterwand. Fehler in der Druckmessung bedingen Fehler in der Dimensionierung.

Druckmessungen an Silierbehältern erfordern vorläufig noch Eigenbauten von geeigneten Meßwertgebern.

Dazu ist zunächst das Meßprinzip auszuwählen (Bild 1). Danach sind Größe und Form der Druckmeßplatte, ihr zulässiger Meßweg sowie die Lage der Druckmeßplatte zur Behälterwand festzulegen.

Da halmartige Siliergüter, auch halmartige Haufwerke genannt, im Inneren Kohäsions- und Reibungskräfte übertragen können, vermögen sie bekanntlich senkrecht begrenzte Flächen mit zum Teil negativem Neigungswinkel zu bilden. Die inneren Kräfte bewirken ferner, daß sich der Druck auf die Druckmeßplatte eines Meßwertgebers ändern muß, wenn sich die Druckmeßplatte während des Messens bewegt (Bild 2).

Wegen des großen Einflusses der Druckmeßplattenbewegung auf das Meßergebnis [4] und wegen fehlender Untersuchungen darüber hat STROPPEL für seine Untersuchungen von Spannungszuständen in lagernden, körnigen Haufwerken eine Druckmeßeinrichtung entwickelt, bei der der Druckmeßplattenweg nur noch 2,5 µm beträgt [2]. Dieser sehr geringe Meßweg erfordert natürlich einen beträchtlichen Aufwand an Präzision und Meßapparatur. Demgegenüber werden für Druckmessungen an Formsteinsilos einfach aufgebaute hydraulisch arbeitende Druckmeßeinrichtungen mit einem (geschätzten) Meßweg von etwa 1 mm benutzt.

Die Frage nach der Größe des Meßfehlers kann bisher noch nicht beantwortet werden. Solange der Meßfehler positiv ist — das heißt, solange die gemessenen Werte höher als die tatsächlichen liegen —, bedeutet dies zwar eine Sicherheit für den Silierbehälter, aber auch gleichzeitig einen unnötigen Mehraufwand an Baustoffen, wenn die fehlerbehafteten Meßwerte der Dimensionierung des Behälters zugrunde gelegt werden.

Der Meßfehler bei der Druckmessung hat somit einen großen Einfluß auf die Dimensionierung des Silobaukörpers. Der Einfluß ist um so höher, je kleiner der Sicherheitsfaktor gewählt werden muß — insbesondere bei der modernen

Leichtbauweise und dem Ersatz von Beton durch Stahl oder Plastwerkstoffe.

Außer dem Meßweg beeinflussen wahrscheinlich noch die bereits genannten anderen Faktoren mehr oder weniger den Meßfehler.

2. Versuchseinrichtung

Um eine Klärung des Einflusses dieser Faktoren auf den Meßfehler herbeizuführen, wurde eine Versuchseinrichtung aufgebaut (Bild 3). Ihr Prinzip besteht darin, daß ein verstellbarer definierter Druck auf ein Siliergut ausgeübt wird, den man mit der zu untersuchenden Druckmeßeinrichtung mißt. Der Meßfehler ergibt sich dann aus der Differenz zwischen erzeugtem und gemessenem Druck, wobei der erzeugte Druck das Eichnormal ist, das den Druck im Silobehälter ersetzt.

Mit Hilfe eines Hydraulik-Zylinders *b* wird eine Kraft über eine Kraftmeßeinrichtung *c* und über die obere Druckplatte *d* auf den Siliergutstapel *e* ausgeübt. Der Druck des Siliergutstapels wird von der unteren Druckplatte *f* und der Druckmeßplatte *g* aufgenommen.

Die vom Siliergut sowohl auf die Druckmeßplatte *g* als auch auf die untere Druckplatte *f* ausgeübten Kräfte werden von den Kraftmeßeinrichtungen *h* und *i* gemessen. Die Summe der von den beiden Kraftmeßeinrichtungen *h* und *i* angezeigten Kräfte minus der von der Siliergutmasse infolge der Erdbeschleunigung auf ihre Unterlage ausgeübten Kraft muß gleich der Anzeige der Kraftmeßeinrichtung *e* sein. Aus den Anzeigen der Kraftmeßeinrichtungen *h* und *i* und aus den Flächen der beiden Druckplatten *f* und *g* läßt sich auf die Gleichmäßigkeit der Druckverteilung an der Unterseite des Siliergutstapels *e* schließen. Es muß eine möglichst gleichmäßige Druckverteilung angestrebt werden, damit nicht noch zusätzliche Meßfehler in die ohnehin vielfältigen Zusammenhänge eingeführt werden. Ferner ist die Fläche der Druckmeßplatte *g* mit Hilfe einer im Bild nicht dargestellten Einrichtung im Verhältnis 1:16 veränderbar. Die Feinzeiger *k* dienen zur Anzeige des Meßweges, während die Spindel *l* ein Vor- oder Zurückstellen der Druckmeßplatte einzustellen gestattet. Die Kraftmeßeinrichtung *h* für die Druckmeßplatte ist gegen andere mit anderer Steifigkeit oder anderem Meßweg auswechselbar. Eine Einrichtung zur Erzeugung von Wechselkräften ist vorgesehen, um den Meßfehler bei dynamischen Druckverläufen untersuchen zu können.

Mit Hilfe der Versuchseinrichtung dürfte ein wesentlicher Beitrag zur Klärung des Problems „Fehler“ bei der Druckmessung an halmartigen Haufwerken geliefert werden.

Zusammenfassung

Es wird die Notwendigkeit weiterer Wanddruckmessungen an Gärfuttersilos begründet. Die Probleme bei der Dimensionierung von Meßwertgebern für Silagedrucke werden dargestellt, eine Versuchseinrichtung zur Untersuchung von Einflüssen auf den Meßfehler bei der Messung des Wanddruckes wird beschrieben.

Literatur

- [1] DIN 1055, Blatt 6, Lastannahmen für Bauten, Lasten in Silozellen. Berlin: Beuth-Vertrieb GmbH, 1964
- [2] STROPPEL, A.: Spannungszustände in lagernden körnigen Haufwerken in der Nähe einer ebenen Wand. VDI-Forschungsheft 525. S. 38 und 39; S. 29, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1968
- [3] GRIMM, K.: Messung der Wandreibungskräfte in Gärfutterhochsilos aus glasfaserverstärktem Kunststoff und die Lastannahme nach DIN 1055. Grundlagen der Landtechnik, Bd. 19 (1969) H. 3. S. 90, Düsseldorf: VDI-Verlag
- [4] FORDHAM, A.: The direct measurement of lateral pressure on walls and bins. Engng. 143 (1937) Nr. 5, S. 561 und 562 A 8078