

das Maximum der Schüttdichte bei einem Abriebanteil von 21,6%. Dieser Wert ist etwa doppelt so hoch wie der experimentell ermittelte. Die Ursache dafür ist vor allem darin begründet, daß  $\rho_{SA}$  in den Hohlräumen des Pellethaufwerks infolge des Wandeffects wesentlich geringer ist, als die mit  $250 \text{ kg/m}^3$  im Gefäß ermittelte.

Die tatsächlich in den Hohlräumen vorhandene Schüttdichte des Abriebs ist experimentell kaum bestimmbar. Nimmt man gemäß den Untersuchungen von Schmidt [5] an Kugelhäufwerken eine Schüttdichteverminderung um 20% an, so ergibt sich nach Gl.(23) ein Abriebanteil von 18,0%. Ein weiterer Grund für die bestehende Differenz liegt in der inhomogenen Verteilung des Abriebs im Pellethaufwerk unter praktischen Bedingungen.

### 5. Schlußfolgerungen

Die Überlegungen haben gezeigt, daß die Grenze für den zulässigen Abriebanteil als Funktion der Schüttdichte der abriefreien Pellets und des Abriebs sowie der Pelletdichte angegeben werden muß. Für das dargelegte Beispiel der Strohpellets mit einem Strohanteil von 80% wird die Schlußfolgerung abgeleitet, daß der zulässige Abriebanteil nach den theoretischen Untersuchungen keinesfalls größer als 18,0% sein darf.

Aus den experimentellen Untersuchungen wurde ermittelt, daß das Maximum der Schüttdichte und damit die Grenze für den zulässigen Pelletabrieb zwischen 5% und 15% liegt. Dieses Ergebnis wird als zutreffender eingeschätzt, weil gegenüber den theoretischen Überlegungen die Unsicherheit bezüglich der Schüttdichte des Abriebs in den Hohlräumen nicht besteht.

Deshalb wird für die Anwendung in der Praxis empfohlen, den Abriebanteil bei Strohpellets (Strohanteil 80%) auf 15% zu beschränken. Bei höheren Abriebanteilen ist mit Störungen bei der Entnahme aus Behältern zu rechnen. Zur Gewährleistung der störungsfreien Entnahme müssen darum Zusatzeinrichtungen oder Sonderkonstruktionen verwendet werden [6].

### 6. Zusammenfassung

Kohäsionslose Güter verursachen bei der Entnahme aus Behältern geringere Störungen als kohäsive. Pellethaufwerke können jedoch nur solange als kohäsionslos angenommen werden, wie der Abriebanteil vollständig in den Hohlräumen des Haufwerks eingelagert ist. Abrieb allein hat eindeutig kohäsive Eigenschaften. Für kohäsionslose Güter kann zur Dimensionierung von Behälteraufläufen die Berechnungsmethode nach Kvapil [1] benutzt werden. Die Abriekorngröße wird als Ergebnis

der Betrachtungen am Kornhaufwerk mit  $d_A \leq 0,5 d_p$  festgelegt.

Als Kriterium für ein kohäsionsloses Pellethaufwerk gilt das Maximum der Schüttdichte, das sich in Abhängigkeit vom Abriebanteil einstellt.

Aus theoretischen Überlegungen und experimentellen Untersuchungen wurde für Strohpellets mit einem Strohanteil von 80% der zulässige Abriebanteil mit  $\leq 15\%$  begründet.

### Literatur

- [1] Kvapil, R.: Schüttgutbewegungen in Bunkern. Berlin: VEB Verlag Technik 1959.
- [2] Jenike, A.W.; Johanson, I.A.: Fließgerechte Siloformen für Schüttgüter. Aufbereitungstechnik (1971) H. 6, S. 309—316.
- [3] Schwedes, H.J.: Fließverhalten von Schüttgütern in Bunkern. Weinheim: Verlag Chemie 1970.
- [4] Hoffmann, O.-H.; Hesse, T.H.: Funktionsgerechte Gestaltung von Silos für schwerfließende Güter nach dem Jenike-Verfahren. Grundle. d. Landt. 25 (1975) H. 4, S. 116—119.
- [5] Schmidt, P.: Die dichte Lagerung körniger Stoffe, insbesondere im feindispersen Bereich. Aufbereitungstechnik (1964) H. 7, S. 355—365.
- [6] Füll, C.: Lagerung von Trockenfutter in Hallen und Behältern. agrartechnik 26 (1976) H. 11, S. 523—525. A 1958

## Ein einfacher Füllstandsgrenzschalter für Schüttgüter

Dr.-Ing. P. Oberländer, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

Die Messung von Füllständen und die Signalisation von Füllstandsgrenzwerten sind im Bereich der Landwirtschaft häufig notwendig. Dabei treten bei der Füllstandsbestimmung von Schüttgütern immer wieder technische Probleme auf. Die meisten der bisher bekannt gewordenen Verfahren (z. B. Ultraschallgeber, mechanische Tasteinrichtungen, Membranschalter, kapazitive Geber, Lichtschranken, Isotopenmeßgeräte) eignen sich aufgrund der Betriebsbedingungen oder der Art des Schüttgutes nur für spezielle Anwendungsfälle. Einige Aufgaben sind außerdem noch nicht befriedigend gelöst.

Bei der Entwicklung des hier vorzustellenden Füllstandgebers lag die Aufgabe zugrunde, einen Grenzschalter für verschiedenartige landwirtschaftliche Schüttgüter in offenen Behältern oder Laderäumen von Fahrzeugen zu realisieren.

Der Vorzug wurde einem optischen Prinzip gegeben. Ein Ausführungsbeispiel zeigt die Prinzipskizze (Bild 1). Das ankommende Licht fällt durch eine lichtdurchlässige Platte (z. B. Piacryl) auf ein fotoempfindliches elektrisches Bauelement (z. B. Fotowiderstand, Fototransistor). Durch einen nachgeschalteten Schwellwertschalter wird das Eingangssignal in ein O/L-Signal umgewandelt, das optisch und/oder akustisch angezeigt werden kann (Behälter „voll“). Die effektiv wirksame Fläche der Meßdose wird durch den Einbau eines sphärischen Spiegels erheblich vergrößert. Damit wird aber das Gerät gegen Verschmutzung oder Verkleben von Teilen der Scheibe, wie das z. B. bei Häckselgut auftreten kann, weitgehend unempfindlich. Bei Befüllung und Entleerung tritt an der Scheibe außerdem ein Selbstreinigungseffekt durch das vorbeigleitende Gut auf.

Konstruktiv ist die Anordnung so zu gestalten, daß das fotoelektrische Bauelement in der Brennebene des sphärischen Spiegels liegt. Größe der lichtempfindlichen Fläche und Bauhöhe der Meßdose stehen miteinander in direktem Zusammenhang.

Die Einrichtung arbeitet mit Tageslicht oder mit künstlichem Licht bei Nachteinsatz. Je nach Wahl der fotoelektrischen Bauelemente und der Empfindlichkeit der Auswerteschaltung waren die realisierten Geräte bis 10 lx Beleuchtungsstärke einwandfrei funktionsfähig. Als Auswerteschaltung können handelsübliche Schmitt-Trigger, deren Eingang angepaßt wird, verwendet werden.

Die optischen Meßdosen wurden experimentell auf Fahrzeugen als Grenzschalter bei der Beladung mit Getreide und Häckselgut untersucht. Dabei erfolgte die Montage an der Bordwand des Laderaums. Auch unter ungünstigen äußeren Bedingungen, z. B. starke Staubeinwirkung oder Regen sowie Rüttelbeanspruchung, konnte die Funktionsfähigkeit nachgewiesen werden. Beschädigungen der Meßdosen beim Beladen oder Abkippen der Ladung traten nicht auf. Bei der Befüllung mit Getreide wurde bei Beleuchtungsstärken im Bereich von etwa 40 lx bis 12000 lx ein Toleranzbereich für das Ansprechen des Grenzschaltes von <30 mm ermittelt. Da bei Häcksel keine eindeutige Schüttoberfläche entsteht, ist die Angabe eines Toleranzbereichs nicht sinnvoll. In jedem Fall wird jedoch bei vollständiger Abdeckung der lichtdurchlässigen Scheibe das Signal „voll“ angezeigt.

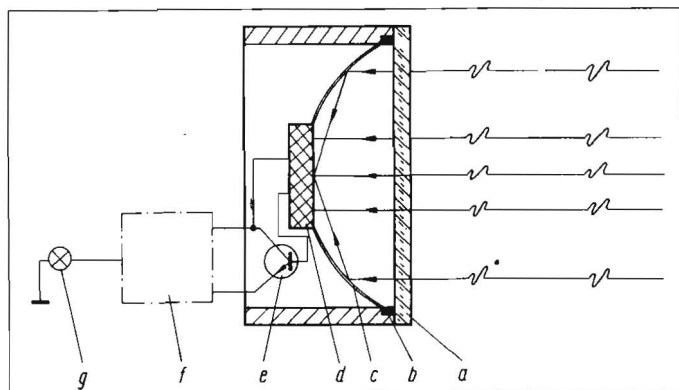


Bild 1  
Prinzip eines Füllstandsgrenzschaltes;  
a lichtdurchlässige Scheibe  
b Dichtungsring  
c sphärischer Spiegel  
d Fotowiderstand  
e Anpassungsschaltung  
f Schwellwertschalter  
g Signallampe