

Zur Charakterisierung des elektrostatischen Verhaltens von Schüttgütern

Von Hans-Jürgen Smigerski, Hüls*)

Professor Dr.-Ing. Wilhelm Batel zum 60. Geburtstag

DK 62-492.2:537.24

Elektrostatische Aufladungen können sich bei verschiedenen Prozessen der Aufarbeitung und Verwendung pulverförmiger Güter, wie z.B. bei Entleerungs-, Dosier-, Misch-, Zerstäubungs- und Abscheidvorgängen störend, aber auch förderlich auswirken. Für die Gestaltung der Prozesse ist daher die Kenntnis der elektrostatischen Eigenschaften nützlich.

Mit Hilfe von Leitfähigkeitsmessungen und der Erzeugung eines definierten Aufladungszustandes ist es möglich, das elektrostatische Verhalten von Pulvern im Hinblick auf die Aufarbeitungseigenschaften zu charakterisieren. Für ein einfaches Kugel-Kugel-Modell lassen sich die Entladungszeiten abschätzen.

1. Problematik

Bei der Aufbereitung pulverförmiger Stoffe stellen elektrostatische Aufladungen nicht nur eine potentielle Zündgefahr dar, sondern sie können sich auch bei vielen Prozessen auswirken und einzelne Aufarbeitungsschritte empfindlich stören, bzw. ganz zum Erliegen bringen.

Die hier vorgestellte Methode trägt zur Klärung des elektrostatischen Verhaltens von Schüttgütern bei und ermöglicht es damit, den Prozeßablauf den Guteigenschaften entsprechend zu gestalten, d.h. auch bei Störungen in bestehenden Verfahrensschritten geeignete Gegenmaßnahmen auszuwählen.

2. Elektrostatische Aufladung

Die elektrostatische Aufladung wird durch die Relativbewegung von Oberflächen hervorgerufen. Die Stärke der Aufladung ergibt sich dabei aus der Intensität der Bewegung und der elektrischen Leitfähigkeit. Bei elektrischen Leitern fließen die Ladungen bereits im Augenblick der Trennung ab, während sie bei Nichtleitern auf den Oberflächen verbleiben. Für eine Beurteilung des elektrostatischen Verhaltens ist also die Kenntnis der Leitfähigkeit, bzw. des spezifischen Widerstandes, von grundlegender Bedeutung.

2.1 Messung des spezifischen Widerstandes

Für pulverförmige Stoffe wird der Widerstand einer definierten Schicht in der Regel zwischen zwei Plattenelektroden ermittelt. Stehen die Produkte dabei im Stoffaustausch mit ihrer Umgebung, so ist der Einfluß der Gasatmosphäre mitzubedenken. In Bild 1 ist der spezifische Widerstand eines hydrophilen Pulvers nach Konditionierung in einem Wirbelbett aufgetragen. Durch Trocknen bzw. Befeuchten kann dieses Pulver in jeden Zustand

zwischen langsam und schnell entladbar eingestellt werden. Trägt man die bei Feuchtegleichgewicht gemessenen Werte des spezifischen Widerstandes über der Luftfeuchte auf, so erhält man die bekanntere Darstellung nach Bild 2.

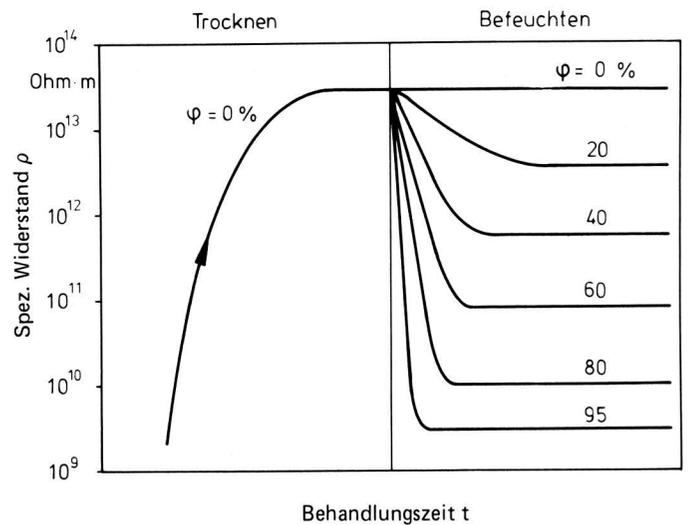


Bild 1. Spez. Widerstand eines hydrophilen Pulvers bei verschiedenen Konditionierbedingungen.

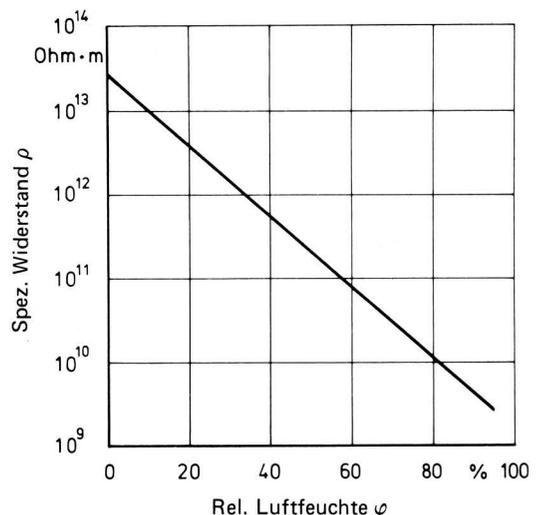


Bild 2. Spez. Widerstand als Funktion der relativen Luftfeuchte; Gleichgewichtswerte von Bild 1.

*) Dr.-Ing. H.-J. Smigerski ist im Zentralbereich Verfahrenstechnik der Chemische Werke Hüls AG tätig, er war von 1965 bis 1970 Mitarbeiter von Prof. Dr.-Ing. W. Batel am Institut für landtechnische Grundlagenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft.

2.2 Aufladbarkeit

Die Messung der elektrischen Ladungen von Schüttgütern ist nur an deren freier Oberfläche – z.B. durch Feldstärkemessungen – möglich. Die für die Haftung innerhalb des Haufwerkes maßgeblichen Ladungen sind so nicht erfassbar, können aber indirekt z.B. über die Schüttdichte und das Auslaufverhalten [1] oder den hier beschriebenen Siebbarkeitstest charakterisiert werden.

Zur Einstellung eines reproduzierbaren Ladungszustandes wird eine bestimmte Menge des zu untersuchenden Pulvers (50 g) in einer Polyethylenflasche (0,5 l) mit der Hand geschüttelt und auf einem Taumelsieb (JEL 200/65 Fa. Engelsmann) mit einer Maschenweite w dicht unterhalb des größten Kornes ($w = 0,9 d_{\max}$) 10 Minuten lang abgesiebt. Der so ermittelte, über der Zahl der Schüttelbewegungen aufgetragene Rückstand, Bild 3, ist ein Maß für die durch elektrische Ladungen verursachten Haftungen.

Pulver mit niedrigen spezifischen Widerständen $\rho < 10^{10}$ Ohm m zeigen keine Aufladungseinflüsse. Mit ansteigendem Widerstand nimmt dann aber die elektrostatisch bedingte Haftung zu, was sich in höheren Rückständen ausdrückt.

Zur Charakterisierung des Entladungsverhaltens werden die Zeiten herangezogen, in denen die Ladung auf 1 % ihres Anfangswertes abgesunken ist [2]:

$$Q_t/Q_0 = \exp(-t/C R_C) \quad (1)$$

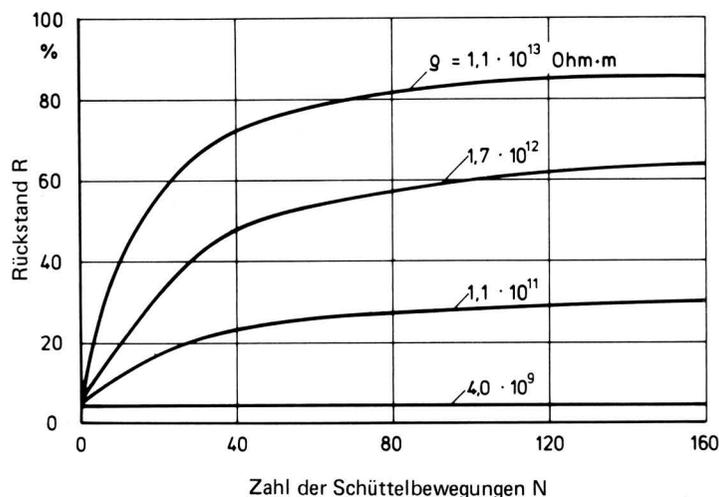


Bild 3. Rückstand auf einem Taumelsieb als Funktion der Zeit bzw. der Zahl der Schüttelbewegungen für Güter mit verschiedenem spez. Widerstand; rechts die dem jeweiligen spez. Widerstand entsprechende Entladungszeit; $w = 200 \mu\text{m}$.

Hierbei beträgt die Kapazität zweier benachbarter Kugeln von der Größe des mittleren Korndurchmessers d_m :

$$C = \pi \epsilon_0 d_m \quad (2)$$

Der Kontaktwiderstand ergibt sich zu:

$$R_C = \rho/d_m \quad (3)$$

In Bild 3 sind rechts neben dem Diagramm die nach den Gln. (1) bis (3) berechneten Entladungszeiten für $Q_t/Q_0 = 0,01$ zusammen mit der Einteilung in schnell und langsam entladende Pulver mitgetragen.

Wie die Entladung des auf Feuchtigkeit ansprechenden Pulvers rechnerisch von verschiedenen Luftfechtigkeiten abhängt, zeigt Bild 4.

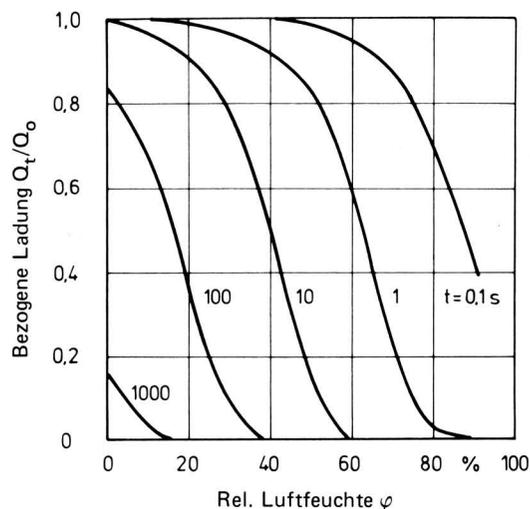


Bild 4. Bezogene Ladung als Funktion der relativen Luftfeuchte bei verschiedenen Entladungszeiten t für das Modell Kugel–Kugel; $d_m = 150 \mu\text{m}$.

Eine Entladung auf weniger als 1 % der Anfangsladung erfolgt nach Bild 4 z.B. für $\varphi = 80\%$ in weniger als 10 s. Diese Rechnungen stehen in guter Übereinstimmung mit praktisch durchgeführten Siebungen, die unter gleichen Bedingungen ohne störende elektrostatische Haftungen durchgeführt wurden [3].

Allgemein gilt, daß elektrostatische Probleme dann nicht zu erwarten sind, wenn die vorausberechneten Entladungszeiten im Bereich von Sekunden liegen. Produkte, die größere Entladungszeiten erfordern, sind nur unter minimaler Bewegungsintensität störungsfrei aufzuarbeiten.

Verwendete Formelzeichen

d_m	m	Mittlerer volumetrischer Durchmesser
C	F	Kapazität zweier sich berührender Kugeln
Q_0	C	Ladung eines Pulverteilhens zur Zeit $t = 0$, Anfangsladung
Q_t	C	Ladung eines Pulverteilhens nach der Zeit t
R_C	Ohm	Kontaktwiderstand zweier sich berührender Kugeln
t	s	Zeit
w	m	Siebmaschenweite
ϵ_0	C/Vm	Verschiebungskonstante ($\epsilon_0 = 0,886 \cdot 10^{-13}$ C/Vm)
ρ	Ohm m	spezifischer Widerstand einer Pulverschüttung

Schrifttum

- [1] Czekay, A.: Fließen elektrisch aufgeladener Kunststoffpulver. Maschinenmarkt Bd. 76 (1970) Nr. 9, S. 166/68.
- [2] Smigerski, H.-J.: Die Feinstaubagglomeration in Fliehkraftstaubern. Fortschr.-Ber. VDI-Z. Reihe 3 Nr. 30, Düsseldorf: VDI-Verlag 1970.
- [3] Smigerski, H.-J.: Sieben von Kunststoffpulvern. Chem.-Ing.-Techn. Bd. 52 (1980) Nr. 4, S. 355 (Synopsis 792).