

Alfred Sonntag, Dr. Stefan Bosewitz

Die Bestimmung der Rieselfähigkeit von Agglomeraten mit einer Auslaufbox

1. Einleitung

Beim Recycling von Kunststoffen kommt man nicht umhin, sich mit dem Thema Förderung und Lagerung von Schüttgütern auseinanderzusetzen. Besonders wird dies deutlich, wenn Kunststoffe lediglich gemahlen bzw. agglomeriert werden, da die Rieselfähigkeit dieser Art von Schüttgütern von dem der Granulate oder Pulver erheblich abweicht.

Dies betrifft im besonderen Agglomerate, Flakes und Mahlgüter. Bei der traditionellen Prüfung von Kunststoffgranulaten kommt ein Rieselfähigkeitstrichter nach EN ISO 6186 zum Einsatz. Gemessen wird die Rieselzeit bei vorgegebener Masse oder vorgegebenen Volumen.

Eine andere, allerdings nicht standardisierte Prüfmethode, verwendet mehrere Prüfrichter mit gleichem Durchmesser und Neigungswinkel aber mit verschiedenen Auslassdurchmessern. Bewertungsgröße ist in diesem Fall der Durchmesser, bei dem das Rieseln einsetzt.

2. Aussagekraft und Einsatzgrenzen der traditionellen Prüfmethode

Die in der Praxis zum Einsatz kommenden Lager- bzw. Transportbehälter (Hochsilos, Big Bags und Silofahrzeuge) sind hinsichtlich Geometrie und Behältermaterial sehr verschieden. Daher kann die Trichterprüfmethode nach EN ISO 6186 nur als eine Einpunktmessung betrachtet werden, die einen ganz speziellen Fall der Rieselbedingungen darstellt. Sie kann - ebenso wie andere Einpunktmessungen, z.B. der MFI oder die Schlagzähigkeit (z.B. nach Charpy) - keine Aussagen zu konkreten Praxisfällen, in diesem Fall zum Rieselverhalten von Granulaten oder Pulvern in einem definierten Behälter treffen.

Als *Vergleichsmessung* zur Differenzierung verschiedener Materialien, zur Überwachung der Qualitätskonstanz oder zur Rezepturenentwicklung hat jedoch diese Prüfmethode ihren unumstrittenen Wert bewiesen.

Granulate und Agglomerate unterscheiden sich in der mittleren Korngröße, in der Korngrößenverteilung und in der Kornform erheblich. Aus diesem Grund scheitern die in der Einleitung beschriebenen Prüfmethode, denn Agglomerate, Flakes und Mahlgüter rieseln in den kleinen Prüfrichtern nicht. Damit können die Materialien, die in der Praxis häufig infolge Brücken- oder Schachtbildung zu Rieselstörungen neigen, untereinander aber sehr verschieden sein können, nicht eingeschätzt werden.

Nichtrieselnde Materialien stören den Betriebsablauf erheblich. Das Losklopfen oder das vehemente Stochern an und in den Lager- bzw. Transportbehältern kostet wertvolle Arbeitszeit. Daher sind Kenntnisse der Rieselfähigkeit sowohl für den Produzenten als auch für den Weiterverarbeiter sehr hilfreich.

Es hat bisher nicht an Bemühungen gefehlt, die obige Trichterprüfung abzuwandeln, um auch die so genannten Problemmaterialien mit einer Maßzahl zur Rieselfähigkeit versehen zu können. Dazu wurde in Versuchen beispielsweise ein 50 l Spritzgießmaschinentrichter mit einem Ausflussdurchmesser von 70 mm versehen. Doch auch hier rieselten 6 der 108 untersuchten Agglomerate nicht. Manche Agglomerate rieselten selbst bei einer Öffnungsweite von 125 mm nicht, während für die gut fließenden Agglomerate die Durchlaufzeiten hier schon so klein wurden, dass sie nur mit einem großem Messfehler bestimmt werden konnten.

In der Baustoffindustrie werden zur Bestimmung der Fließeigenschaften Scherzellen zur Bestimmung des Scherweges in Abhängigkeit von der Schubkraft eingesetzt. Diese Ergebnisse können für die Ermittlung des Rieselverhaltens von z.B. Kalk oder Zement in beliebigen Silos, auf Rutschen etc. verwendet werden oder bilden die Dimensionierungsgrundlage für derartige Lager- und Förderaggregate. Abgesehen davon, dass aufgrund der erheblich anderen Partikelgrößen von Kunststoffen auch größere Scherzellen erforderlich wären, fanden Scherzellen bisher vergleichsweise wenig Einsatz in der Kunststoffbranche, geschweige denn in der Recyclingbranche. Außerdem sind sie im Vergleich zu einer Trichterprüfung nach EN ISO 6186 sehr kostenintensiv.

Die Waschpulverhersteller benutzen zur Bestimmung der Rieselfähigkeit das Prüfgerät nach Dr. Pfrengle auf der Basis der DIN ISO 4324. Dort wird der Schüttwinkel des aus einem Trichter (unter Rühren) rieselnden Pulvers gemessen. Auf Grund der kleinen Trichteröffnung (10 mm) ist diese Methode ebenfalls nicht für Agglomerate und dergleichen geeignet und hat auch sonst bisher wenig Eingang in die Kunststoffbranche gefunden.

3. Die Auslaufbox – eine einfache und praktikable Lösung

Von der Fa. LSR wurden diverse Auslaufbehälter zur Ermittlung der Rieselfähigkeit erprobt. Die im Folgenden vorgestellte Auslaufbox hat sich dabei als sehr praktikabel erwiesen.

Diese Prüfapparatur zur Bestimmung der Rieselfähigkeit besteht aus einem quaderförmigen Behälter mit einem Volumen von 4 Litern. Die Auslaufbox steht auf der langen Schmalseite und die obere offene Seite dient der Befüllung. Der Eine der beiden kurzen Schmalseiten kann durch ein Gegengewicht schnell und reproduzierbar geöffnet werden. Das auslaufende Schüttgut wird aufgefangen. Die gegenüber liegenden großen Seitenflächen bestehen aus Glas und ermöglichen eine visuelle Beobachtung des Rieselvorgangs. Die Verwendung von Glas ermöglicht eine weitgehende Ausschaltung des Einflusses der Behälterwand (Reibung, Elektrostatik) auf das Ergebnis. (Vgl. Abbildung 1)



Abbildung 1: Auslaufbox der Fa. Alfred Sonntag Kunststoffe, Schimberg

Die Prüfung geht folgendermaßen vonstatten: Die Auslaufbox wird in einem Zug etwas überfüllt und die Oberfläche des Prüfgutes glatt gestrichen. Nachdem mittels Hebel die Seitenklappe freigegeben wird, läuft das Material aus der Box aus. Das ausgelaufene Material wird gewogen und zu dem Gesamtgewicht ins Verhältnis gesetzt (Auslaufrate, %). Die Standfläche muss plan, horizontal und erschütterungsfrei sein.

3. Ergebnisse an verschiedenen Schüttgütern

Mit der Auslaufbox wurden verschiedene Mischkunststoff-Aglomerate, Originalgranulate, Masterbatches, Mahlgut, aber auch Quarzsand, Strahlkies, Weizenkleie und Waschpulver auf ihre Rieselfähigkeit untersucht.

Ziel der Untersuchungen war die Praktikabilität der Prüfmethode und ein Vergleich zu den Ergebnissen der Rieselfähigkeit dieser Schüttgüter in einem 50 l Maschinentrichter mit einem Auslaufdurchmesser von 70 mm.

Alle o.g. Schüttgüter können mittels Auslaufbox zum Rieseln gebracht werden. Es ist verständlich, dass eine Prüfmethode, die ein so weites Materialspektrum umfasst, Zugeständnisse an das Auflösungsvermögen der Ergebnisse machen muss. Bei gut rieselnden Materialien, z.B. Kunststoffgranulaten, Batches usw. ist daher im Vergleich zu der Prüfung im 50 l Maschinentrichter eine Doppelbestimmung erforderlich, wenn man den gleichen Prüffehler garantieren will. Bei schwerfließenden Produkten, z.B. Matrizenagglomeraten, Weizenkleie usw., die im

Trichter gar nicht oder stockend rieseln, ist die Auslaufbox der Trichtermethode hinsichtlich Prüffehler überlegen.

In der Regel ist der Praktiker an der Kenntnis des Massedurchsatzes (kg/min) eines Silos/Trichters/Big Bags interessiert. In diesem Fall genügt es, mit der Box die Auslaufmasse des interessierenden Agglomerats zu bestimmen. Diese Ergebnisse – so kann man mittels Regressionsanalyse zeigen (B = 99%) – sind dem Massedurchsatz eines 50 l Maschinentrichters direkt proportional.

Der Massedurchsatz des Trichters und die Auslaufmasse der Box sind jedoch von der Schüttdichte des untersuchten Materials abhängig, wie man ebenfalls mittels Regressionsanalyse nachweisen kann. Um diesen Kennwert vom Einfluss der Schüttdichte zu eliminieren, ist es erforderlich, für beide Apparaturen nur den Volumendurchsatz (l/min) des Trichters bzw. das ausgelaufene Boxvolumen miteinander in Beziehung zu setzen. Anstelle des ausgelaufenen Volumens kann bei der Auslaufbox auch das Verhältnis zwischen Auslaufmasse und Gesamtmasse herangezogen werden (Auslaufrate, %). Mit einem Bestimmtheitsmaß von B = 80 % ist sie wiederum dem Volumendurchsatz eines Trichters direkt proportional. Die Auslaufrate ist die eigentliche Riesel-Stoffkonstante. Nachfolgend eine tabellarische Übersicht der mittels Auslaufbox und Maschinentrichter an elf ausgewählten Materialien ermittelten Ergebnisse:

(Diese Ergebnisse dürfen nicht für eine Produktgruppe, z.B. Topfagglomerate, verallgemeinert werden. Selbstverständlich ist die Rieselfähigkeit auch von dem Feuchtigkeitsgehalt des Schüttgutes abhängig.)

	Schüttdichte (kg/l)	Maschinentrichter		Auslaufbox		
		Volumendurchsatz (l/min)	Massedurchsatz (kg/min)	Auslaufmasse (g)	Gesamtmasse (g)	Verhältnis Auslaufmasse - Gesamtmasse (%)
Topfagglomerat 1	0,26	nichtrieselfähig		65	1.039	6,2
Topfagglomerat 2	0,28	38,5	10,93	200	1.144	17,4
Weizenkleie	0,23	76,1	17,65	274	928	29,5
Matrizenagglomerat	0,27	60	15,6	402	1.072	37,5
TPE-Mahlgut	0,4	77,2	30,54	759	1.584	47,9
Teppichabfallcompound	0,54	87,4	47,1	1167	2154	54
ABS-gfv-Zylindergranulat	0,59	104,9	61,9	1423	2.360	60,3
Weizengetreide	0,75	109,9	82,9	2.163	3.020	71,6
Quarzsand	1,45	134	194	3.889	5.812	66,8
PE-LD-Originalgranulat	0,59	123	72,8	1.767	2.360	74,9

Tabelle 1: Übersicht der mittels Auslaufbox und Maschinentrichter an elf ausgewählten Materialien ermittelten Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt den Zusammenhang zwischen der Auslaufrate (%) der Box und dem Volumendurchsatz (l/min) eines 50 l-Maschinentrichters für insgesamt 34 Materialien, darunter 18 Agglomerate verschiedener Hersteller.

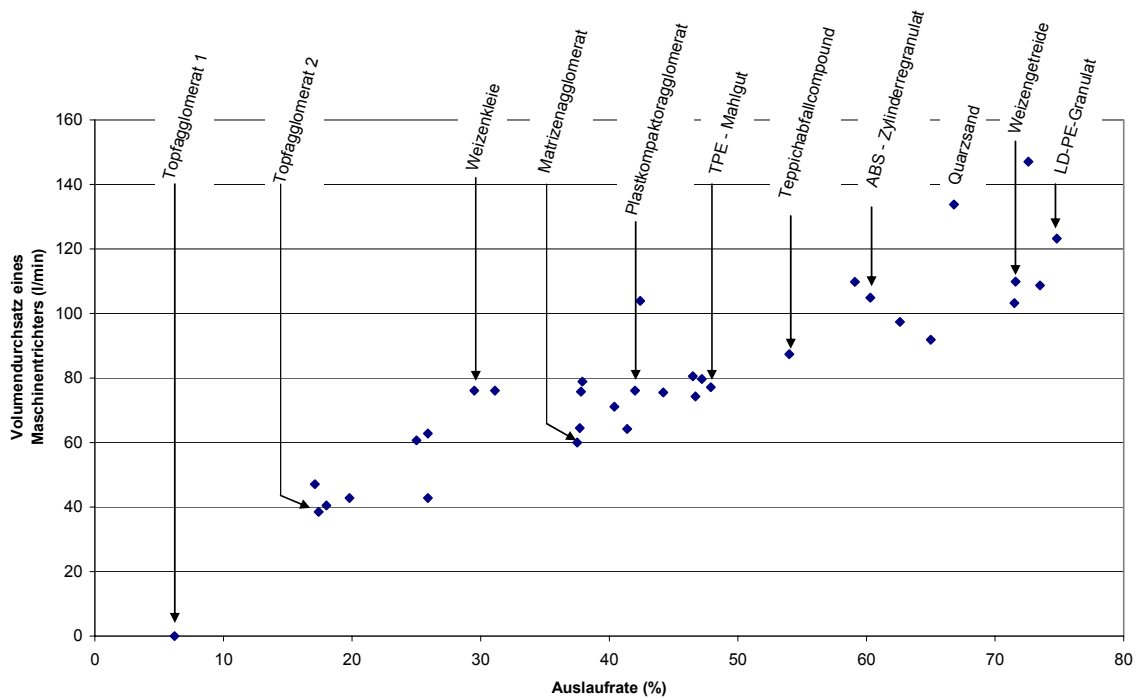


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen der Auslaufrate (%) der Box und dem Volumendurchsatz (l/min) eines 50 l-Maschinentrichters

Für die Aussagekraft der so ermittelten Kennwerte gilt auch hier die eingangs für die Trichterprüfung nach EN ISO 6186 getroffene Feststellung: sie ist eine vergleichende Prüfung zur Differenzierung verschiedener Materialien, zur Überwachung der Qualitätskonstanz und zur Produktoptimierung.

Jeder Anwender muss für seinen betrieblichen „Rieselengpass“ - z.B. einen Maschinentrichter oder ein Silo - für das ihn interessierende Material die Mindestauslaufrate und -auslaufmasse mit der Box ermitteln. Für handelsübliche 2 m³- Big Bags z.B. beträgt die Mindestauslaufrate für Agglomerate 33 % bzw. die Mindestauslaufmasse 400 g (bei einer Schüttdichte von 0,3 kg/l).

In der gegenwärtigen Phase wird die Auslaufbox von verschiedenen Herstellern wie auch Verarbeitern von Agglomerat genutzt, um beidseitig interessierende Kennwerte festzulegen. Die Ermittlung derartiger Mindestwerte kann für den Lieferanten ein internes Instrument zur Sperrung schlecht rieselnder Agglomerate sein und im Gegenfall dem Kunden eine begründete Reklamation ermöglichen.

4. Zusammenfassung

Die Auslaufbox ist eine einfach zu handhabende, leichte und platzsparende Prüfapparatur, die zur Bestimmung der Rieselfähigkeit vieler Schüttgüter, besonders aber der in üblichen Prüfapparaturen nicht rieselfähigen Materialien geeignet ist und deren Kennwerte „Auslaufmasse“ oder „Auslaufrate“ gut gesicherte Bezüge zu dem Massedurchsatz oder dem Volumendurchsatz eines Maschinentrichters beschreiben. Durch ihren günstigen Anschaffungspreis ist die Auslaufbox sowohl für Hersteller wie auch Verarbeiter von Schüttgütern verschiedener Materialbranchen, aber auch für die Hersteller von Förder- und Lagertechnik interessant.

Lieferant der Auslaufbox:

Fa. Alfred Sonntag Kunststoffe, Wiesenstr. 3, 37308 Schimberg

Die Autoren:

Dipl.-Ing. Alfred Sonntag, geb. 1949, ist in der LSR AG Dingelstädt verantwortlich für das Qualitätswesen und die Erzeugnisentwicklung.

Dr.-Ing. Stefan Bosewitz, geb. 1966, ist bei der Kreyenborg GmbH, Münster als Vertriebsmanager für Anlagentechnik / Infrarottechnologie beschäftigt.