

Größenverteilung von Holzhackschnitzeln

Ein Vergleich der Bestimmungsmethoden

Für die Bestimmung der Größenverteilung von Holzhackschnitzeln wurden zwei Siebverfahren (Plan- und Trommelsiebung) sowie ein Bildanalyse-System verglichen. Im Vergleich zur Trommelsiebung führt die Plansiebung im Durchschnitt zur Bestimmung von höheren Fein- und Fehlgutanteilen. Auch mit Bildanalyseverfahren kann eine hohe Messwertübereinstimmung erzielt werden, je nachdem ob es sich um eine Klassifizierung nach dem vertikalen Feret-Durchmesser oder nach dem Äquivalentdurchmesser handelt.

Dipl.-Ing.agr. Thorsten Böhm ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Dr. Hans Hartmann Leiter der AG-Festbrennstoffe an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik (Leitung: Dr. G. Wendl), Vöttinger Str. 36, 85354 Freising; e-mail: boehm@tec.agrar.tu-muenchen.de

Die Arbeiten wurden vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) gefördert. Die Autoren bedanken sich bei der Fa. Haver & Boecker für die Bereitstellung des Bildanalyse-Systems.

Schlüsselwörter

Größenverteilung, Siebanalyse, Bildanalyse, Holzhackschnitzel

Keywords

Size classification, screening analysis, image analysis, wood chips

Die Partikelgrößenverteilung spielt oft eine Schlüsselrolle bei der energetischen Umwandlung von Biobrennstoffen. Dennoch erfolgt die Bestimmung dieses Parameters nur selten, da die Bereitstellung reproduzierbarer Daten eine schwierige messtechnische Aufgabe darstellt. Dies ist nicht nur auf uneinheitliche Prüfverfahren zurückzuführen, sondern auch auf ein vielfältiges Angebot unterschiedlicher Messsysteme und -geräte. Zudem treten häufig handhabungsbedingte Unterschiede mit signifikanten Einflüssen bei den Messergebnissen auf. Über einen Vergleich der Systeme wird nachfolgend berichtet.

Messgeräte

Plansiebmaschinen sind in der Praxis zwar weit verbreitet, zeigen allerdings im Umgang mit biogenen Festbrennstoffen diverse Nachteile (hoher Zeitaufwand, viele Fehlzuordnungen, hoher Bedienungsaufwand). Außerdem können lange und dünne Teilchen, die für Umschlagprozesse besonders kritisch sind, leicht ein oder zwei Siebböden vertikal passieren und somit falsch zugeordnet werden. Hier wurde ein Plansichter (KS1 von Retsch) mit Rundloch-Siebböden (400 mm Durchmesser, 65 mm Höhe) bei 70 Hertz Schwingungsfrequenz eingesetzt.

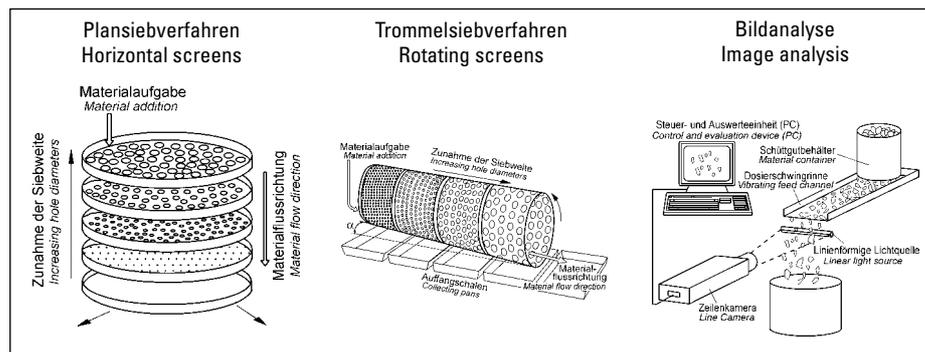
Um den genannten Schwierigkeiten der Horizontalsiebung zu begegnen, wurde vor kurzem am Danish Centre for Forest, Landscape and Planning (Vejle) ein Rotations-

klassifizierer entwickelt, der den Zeitaufwand verkürzen und die Messsicherheit verbessern soll (Bild 1). Der hier erprobte Prototyp-Nachbau ist mit fünf aufeinanderfolgenden zylindrischen Rundloch-Siebbringen á 400 mm Länge ausgestattet, welche eine Siebtrommel von 2230 mm Länge und 500 mm Durchmesser bilden. Die Rotation erfolgt bei $\sim 2^\circ$ Gefälle und zwölf Umdrehungen pro Minute.

Neben solchen Siebgeräten werden auch kommerziell erhältliche Bildanalyse-Systeme angeboten, die sowohl für Labor- als auch für kontinuierliche Anwendungen in Frage kommen. Bei dem hier verwendeten Gerät (CPA 4 von Haver & Boecker) passieren vereinzelte fallende Teilchen eine linienförmige Lichtquelle hinter den Teilchen von einer digitalen CCD-Zeilenkamera aufgezeichnet wird (Bild 1). Das an der Kameralinse auftreffende Licht wird auf einer Breite proportional zur horizontalen Ausdehnung des Teilchens unterbrochen, woraus sich über die Dauer der Unterbrechung eine Fläche errechnen lässt. Die Kamera erfasst 2048 Pixel über die volle Breite der Materialzuführung von 240 mm (117 μm pro Pixel). Es wurde eine Klassifizierung nach dem vertikalen Feretschen Durchmesser, also der längsten vertikalen Ausdehnung des Teilchens, sowie nach dem Projektionsflächen-Äquivalentdurchmesser (Durchmesser eines zur gemessenen „Schattengröße“ flächengleichen Kreises) durchgeführt.

Bild 1: Untersuchte Sieb- und Bildanalyseverfahren zur Bestimmung der Teilchengrößenverteilung von Holzhackschnitzeln

Fig. 1: Tested screening and image analysis methods measuring size distribution of wood chips



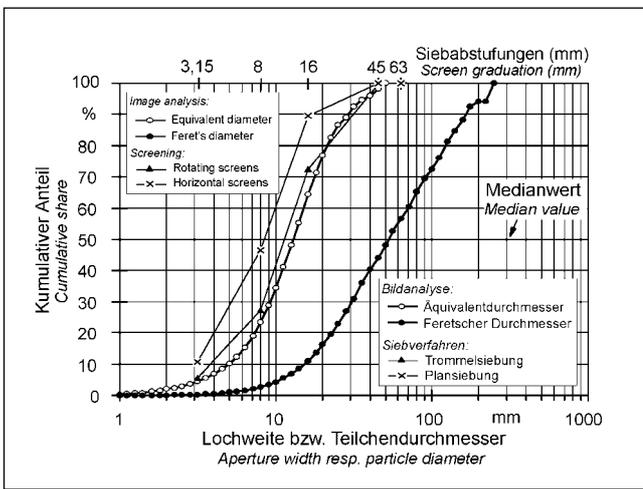


Bild 2: Verteilungssummenkurven; Ergebnisse für unterschiedliche Messverfahren. Beispiel hier: Fichten-Mittelhackgut

Fig. 2: Cumulative distribution curves; results for various determination methods. Example here: medium spruce chips

Messungen mit Praxisbrennstoffen

Als Versuchsbrennstoffe wurden überwiegend Fichten- (9) und Buchenhackgut (5) verwendet. Zur Erzeugung möglichst unterschiedlicher Materialien (Fein-, Mittel-, Grobhackgut) wurden bei der Herstellung zwei verschiedene Hackertypen benutzt.

Die geprüften Messverfahren liefern nur teilweise vergleichbare Ergebnisse. Mit der Plansiebung wird der Feinanteil im Vergleich zu den übrigen Methoden generell eher höher eingeschätzt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass lange und dünne Teilchen die Sieblöcher zum Teil schon bei der Materialaufgabe senkrecht passieren können. Dieser systematische Fehler vergrößert sich, wenn feineres Probenmaterial mit geringem Medianwert untersucht wird.

Bei der Trommelsiebung ist dieser Fehler geringer. Durch die Rotation der Trommel werden den Teilchen immer wieder andere Löcher angeboten, was die Durchgangswahrscheinlichkeit für lange und dünne Partikel verringert. Außerdem richten sich die Teilchen auf den rotierenden Siebböden häufiger horizontal aus. Dies zeigt sich an der rechtsverschobenen Kurve für die Trommelsiebung gegenüber der Plansiebung (Bild 2).

Bei der bildanalytischen Klassifizierung nach dem Feretschen Durchmesser treten sogar noch größere Messwertabweichungen auf. Die Ergebnisse zeigen, dass die Korngrößen hier stark überschätzt werden. Hierfür können beispielsweise Partikelüberlagerungen während des Fallens durch die Projektionsebene verantwortlich sein.

Tab. 1: Abweichungen der Medianwerte in verschiedenen Hackgutklassen zur Bewertung der Wiederholbarkeit

Table 1: Deviations of median values within different wood chip classes evaluating the repeatability

Bestimmungsverfahren	Anzahl der Messungen				Mittlere relative Abweichung der Medianwerte von ihrem Mittelwert (%)			
	Fein	Mittel	Grob	Σ	Fein	Mittel	Grob	Ø
Plansiebung	15	12	6	33	1,20	0,48	0,31	0,78
Trommelsiebung	22	15	16	53	0,51	0,40	0,80	0,57
Bildanalytische Klassifizierung:								
nach Äquivalentdurchmesser	13	10	9	32	1,22	2,19	1,31	1,55
nach Feretschem Durchmesser	13	10	9	32	2,43	5,07	4,72	3,90

Ø = Durchschnitt

Dagegen wird eine relativ gute Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Trommelsiebung und der bildanalytischen Klassifizierung nach dem Äquivalentdurchmesser festgestellt. Mit der Zunahme der Hackschnitzelgröße nimmt diese Übereinstimmung allerdings ab, während sie für die Horizontalsiebung zunimmt.

Ein weiteres Bewertungskriterium ist die Wiederholbarkeit der Verfahren. Hierbei zeigt die Trommelsiebung die geringsten Abweichungen vom mittleren Medianwert (durchschnittlich 0,57%), und auch bei der Plansiebung lassen sich die Werte gut reproduzieren (0,78% Abweichungen). Die Abweichungen steigen bei der Bildanalyse im Äquivalent-Modus mäßig (1,55%) und im Feret-Modus (3,90%) stark an (Tab. 1). Der große Unterschied zwischen beiden bildanalytischen Verfahren ist darauf zurückzuführen, dass die Bestimmung des Feretschen Durchmessers stärker von der Ausrichtung der Teilchen während des Fallens abhängig ist als die Bestimmung des Äquivalentdurchmessers.

Messungen mit einer Standardprobe

Zusätzlich wurde eine Standardprobe mit gleichmäßigen, exakt definierten Abmessungen und bekannter Teilchenzahl hergestellt, so dass ihre „wirkliche“ Korngrößenverteilung im Gegensatz zu den Praxisbrennstoffen genau bekannt sind; sie setzt sich aus insgesamt 18 Fraktionen mit runden und quadratischen Querschnitten zusammen (Quader und Zylinder).

Grundsätzlich zeigen sich hierbei die gleichen Messunterschiede wie bei konventionellen Brennstoffen (Bild 3). Auch hier markieren Plansieb- und Bildanalyse-Ergebnisse (Feret-Modus) das obere und das untere Ende der Bandbreite; die beste Übereinstimmung mit dem „wirklichen“ Medianwert zeigt sich bei den beiden Siebverfahren. Dies trifft allerdings nicht zu, wenn anstelle des Medianwertes die mittlere Teilchengröße (tatsächlicher Wert: 57 mm) betrachtet wird. Die Siebverfahren führen dann zu niedrigeren Partikelgrößen (44 und 43 mm), während die beste Übereinstimmung bei der foto-optischen Bestimmung des Äquivalentdurchmessers (56 mm) beobachtet wird.

Aussagefähiger als der mittlere und der Mediandurchmesser sind dagegen die gemessenen Fehlgratanteile, also das Siebgut, welches oberhalb („Überkorn“) oder unterhalb („Unterkorn“) einer Trenngrenze zugeordnet wird. Hier zeigt sich, dass bei der Trommelsiebung mit 8,3% weniger Fehlgrat

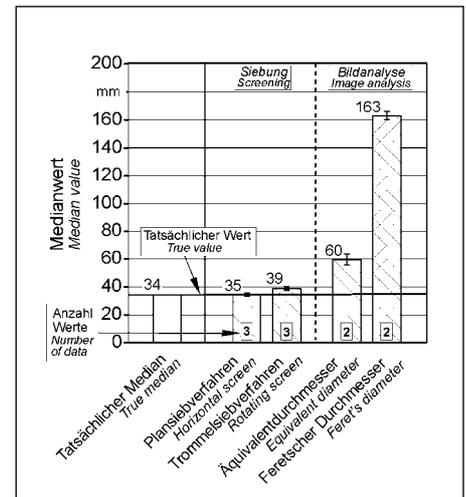


Bild 3: Tatsächliche und gemessene Medianwerte der Standardprobe bei Verwendung unterschiedlicher Bestimmungsverfahren

Fig. 3: True and measured median values of the standard sample applying various determination methods

anfällt als beim Plansiebverfahren (18,4%), wobei es sich in beiden Fällen nahezu durchgehend um „zu klein“ sortierte Teile handelt.

Fazit

Die Trommelsiebung bietet gegenüber der Plansiebung einige messtechnische Vorteile und Verbesserungen bei der Bedienung, die die Anwendung dieses Verfahrens auch als Standardmethode für die Qualitätsbestimmung aussichtsreich erscheinen lassen. Derzeit stellt die Bildanalyse dagegen vor allem eine Technologie für die zeitnahe Verfahrensoptimierung und -steuerung in laufenden Produktionsprozessen dar.