

Thorsten Böhm und Hans Hartmann, Straubing

Bestimmung der Schüttdichte von Biomassebrennstoffen

Für die Schüttdichtebestimmung von biogenen Festbrennstoffen erwiesen sich zylindrische Behälterformen als vorteilhaft gegenüber kubischen Containern. Eine 50-l-Gefäßgröße erscheint für die meisten Brennstoffe ausreichend, während kleinere Behälter nicht empfehlenswert sind. Mehrmaliges Aufstoßen des mit Material gefüllten Behälters erhöht den gemessenen Schüttdichtewert um 6 (Holzpellets) bis 18 % (gehäckseltes Halmgut). Wenn der Wassergehalt bei Holzhackschnitzeln unter 25 % liegt, sind Messungen mit unterschiedlichem Wassergehalt nur vergleichbar, wenn dem Volumenschwund durch einen Korrekturfaktor Rechnung getragen wird.

Dipl.-Ing.agr. Thorsten Böhm ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Dr. Hans Hartmann Leiter des Aufgabenbereichs Festbrennstoffe am Technologie- und Förderzentrum (TFZ) im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Schulgasse 18, 94315 Straubing; e-mail: thorsten.boehm@tfz.bayern.de Die Arbeiten wurden durchgeführt im Rahmen des Europäischen Projektes „Pre-normative work on sampling and testing of solid biofuels for the development of quality assurance systems“ (BioNorm), ENK6-CT-2001-00556

Schlüsselwörter

Schüttdichte, Wassergehalt, Festbrennstoffe, Holzhackschnitzel

Keywords

Bulk density, moisture content, solid biofuels, wood chips

Literatur

[1] Böhm, T., und H. Hartmann: Wassergehalt von Holzhackschnitzeln. Ein Vergleich der Bestimmungsmethoden. Landtechnik 55 (2000), H. 4, S. 280-281

Die Schüttdichte ist ein wichtiger Qualitätsparameter für die Berechnung des Lager- und Transportraumbedarfs schüttfähiger Biobrennstoffe sowie für die Auslegung von Fördersystemen. Zudem ist die Schüttdichte die Schlüsselgröße für volumenabhängige Lieferpreise und beeinflusst die Messergebnisse vieler Verfahren zur Schnellbestimmung des Wassergehaltes [1].

Die Schüttdichte wird berechnet aus dem Quotienten der Masse des in einen Messbehälter gegebenen Gutes und dem bekannten Füllvolumen des Behälters. Die Bestimmung erscheint einfach, die in der Praxis angewendeten Bestimmungsmethoden stimmen allerdings selten miteinander überein. So unterscheiden sich häufig Form und Größe der Messbehälter. Auch Erschütterungen auf des gefüllten Behälters sowie der Wassergehalt des Brennstoffs beeinflussen das Messergebnis. Nachfolgend werden diese Einflussfaktoren analysiert.

Einflussfaktoren

Vier Behälter mit unterschiedlichen Größen (15, 50, 100l) und Formen (Würfel, Zylinder) wurden in einem Europäischen Ringversuch getestet (Tab. 1). Die Proben wurden dabei mit einer Schaufel aus einer Höhe von 100 bis 200 mm über dem oberen Rand in den Behälter gefüllt, bis sich ein Kegel von maximaler Höhe gebildet hatte. Überstehendes Material wurde mit Hilfe einer Vierkantleiste in sägenden Bewegungen über dem Behälterrand abgestrichen. Die Gewichtsbestimmung erfolgte auf einer Plattformwaage (Genauigkeit 10 g). Alle Messungen wurden in zwei Varianten mit jeweils drei Wiederholungen durchgeführt, zum einen durch einfaches Vollfüllen des Behälters („ohne Erschütterungen“) und zum anderen durch dreimaliges Aufsetzen des gefüllten Behälters aus 150 mm Höhe („mit Erschütterungen“).

Um den Einfluss von Schwindungsprozessen im Holz bei abnehmenden Was-

sergehalten beurteilen zu können, wurden mehrere frische Holzhackgutproben stufenweise heruntergetrocknet. So wurde ein einheitlicher Brennstoff mit sechs bis acht äquidistanten Wassergehaltsabstufungen über das gesamte natürliche Feuchtespektrum erzeugt. Alle Ergebnisse wurden stets als wasserfreie Schüttdichte (wf) berechnet.

Versuchsplan

Als Versuchsbrennstoffe wurde Hackgut aus Nadelhölzern (14), Laubhölzern (16), Hack-schnitzel-Gemische (4) sowie Rinde (3), Holzpellets (2), Halmgut-Pellets (4), Sägemehl (2) und drei weitere Brennstoffe (Miscanthus-Häckselgut, Getreidekörner, Torf) verwendet. Insgesamt wurden 8 184 Schüttdichtebestimmungen an 341 Proben in sechs Europäischen Labors durchgeführt.

Einfluss der Behälterform und -größe

Bei Holzhackschnitzeln lassen sich Messabweichungen von ~ 1,5 % allein durch die Behälterform erklären, hierbei weist die Messung mit dem 100-l-Würfel stets niedrigere Werte auf als mit dem 100-l-Zylinder (Bild 1). Die Abweichungen treten durchgehend bei allen untersuchten Brennstoffen auf, allerdings sind sie höher bei Rinde (2,0 %) und am niedrigsten bei hochverdichteten Brennstoffen mit einer homogeneren Größenverteilung wie Getreidekörner (0,9 %) oder Holzpellets (0,7 %).

Auch die Behältergröße beeinflusst das Messergebnis. Unterschiede zwischen den 50 und 100-l-Behältern (Zylinder) waren zwar gering und statistisch nicht signifikant (Abweichungen nur zwischen +0,4 und -0,5 %), eine Reduzierung der Behälter-



Tab. 1: Merkmale der geprüften Messbehälter

Table 1: Description of the tested measuring containers

Beschreibung	15-l-Zylinder	50-l-Zylinder	100-l-Zylinder	100-l-Würfel
Volumen (l)	15,01	49,86	99,68	100,68
Gewicht (kg)	2,72	5,44	10,37	13,61
Verhältnis Wandfläche zu Volumen	19,70	13,18	10,40	10,69

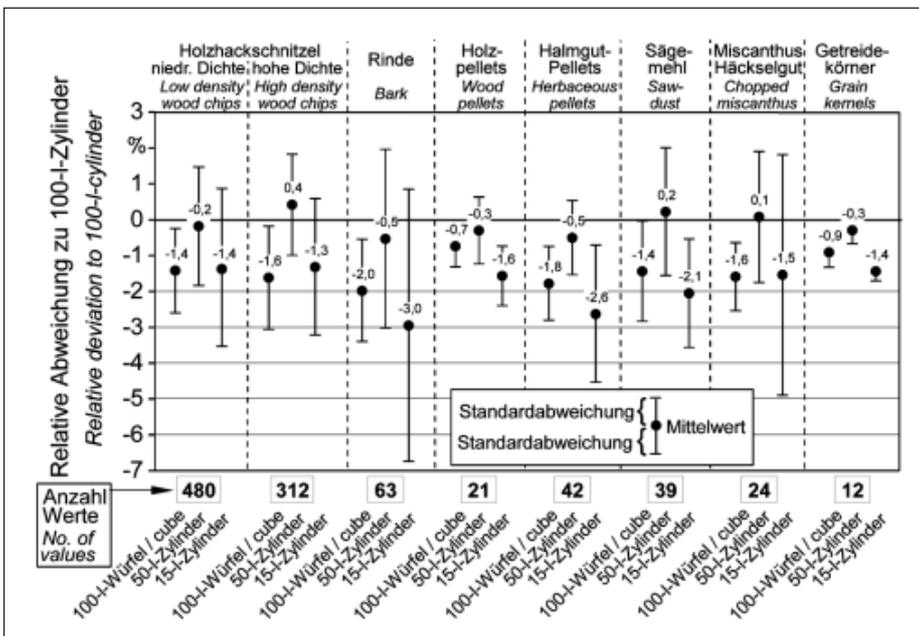


Bild 1: Relative Abweichungen der Schüttdichte wasserfrei gemessen in drei getesteten Behältern im Vergleich zum Referenzbehälter (100-l-Zylinder = Null-Linie).

Fig. 1: Relative deviations of bulk densities (dry base, measured in three tested containers compared to the reference container (100-l-cylinder = zero-line)).

größe auf nur 15 l bewirkte aber eine deutlichere Ergebnisveränderung (1,4% bei Hackgut und 3,0% bei Rinde). Bei Brennstoffen mit einer homogenen Größenverteilung wie Getreidekörner oder Holzpellets wurde dieser Trend ebenfalls beobachtet (Bild 1).

Für die meisten Brennstoffe verbessert sich die Wiederholbarkeit der Messung, wenn ein 100-l-Zylinder anstelle eines 100-l-Würfels verwendet wird. Dasselbe gilt für die Anwendung größerer Behälter.

Einfluss von Erschütterungen

Durch die Ausübung von Erschütterungen werden zwischen 6 % (Holzpellets) und 18 % (Miscanthus-Häckselgut) höhere

Schüttdichten als ohne Aufsetzen gemessen (Bild 2). Bei Holzhackgut nehmen die Werte um 11 % zu. Die stärkste Verdichtung findet bei Brennstoffen mit hoher Brückenbildungsneigung statt. Das Ausüben von Erschütterungen soll Vibrationseinflüssen während des Transportes oder Verdichtungsprozessen bei Umschlag und Lagerung Rechnung tragen.

Einfluss des Wassergehaltes

Innerhalb einer Versuchsreihe mit Holzhackgut wurden die gemessenen Schüttdichtewerte relativ zu einer durch Interpolation bestimmten Referenz-Schüttdichte mit einem festgelegten Wassergehalt von 30 % (Null-Linie) berechnet. Die

Ergebnisse hierzu sind in Bild 3 dargestellt. Im Niedrigfeuchtebereich korrelieren die Wassergehalte und die gemessenen Schüttdichten deutlich. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Schrumpfungen des Holzvolumens vor allem unterhalb des Fasersättigungspunktes (zwischen 18 und 26 % Wassergehalt) auftreten. Durch die Volumenschwindung können mehr Einzelteilchen im Behälter aufgenommen werden, was nach Abzug des Wassers zu höheren Gewichten führt. Oberhalb des Fasersättigungspunktes lassen sich keine Zusammenhänge feststellen.

Zur besseren Vergleichbarkeit unterschiedlicher Proben und Probenfeuchten kann es demnach für Praxisanwendungen sinnvoll sein, einen allgemeinen Korrekturfaktor anzuwenden. Gemäß der Funktion in Bild 3 wird vorgeschlagen, dass für jeden Prozentpunkt Unterschied im Wassergehalt die Schüttdichte um den Faktor 0,712% korrigiert wird, wobei dies nur gelten sollte, wenn der Gesamtwassergehalt von mindestens einer Probe unter 25% liegt.

Schlussfolgerungen

Eine Messbehältergröße von 50 l ist ausreichend für alle geprüften Brennstoffe. Aus praktischen Gründen sollte eine zylindrische Form bevorzugt werden. Eine definierte Erschütterung (Aufstoßen) erhöht die gemessene Schüttdichte bei Holzhackgut um 10 bis 12 %. Der Wassergehalt des Brennstoffs ist wegen der Vergleichbarkeit verschiedener Messungen mit unterschiedlichen Wassergehalten von großer Bedeutung. Diese Vergleichbarkeit kann durch die Anwendung des hier vorgeschlagenen Korrekturfaktors verbessert werden.

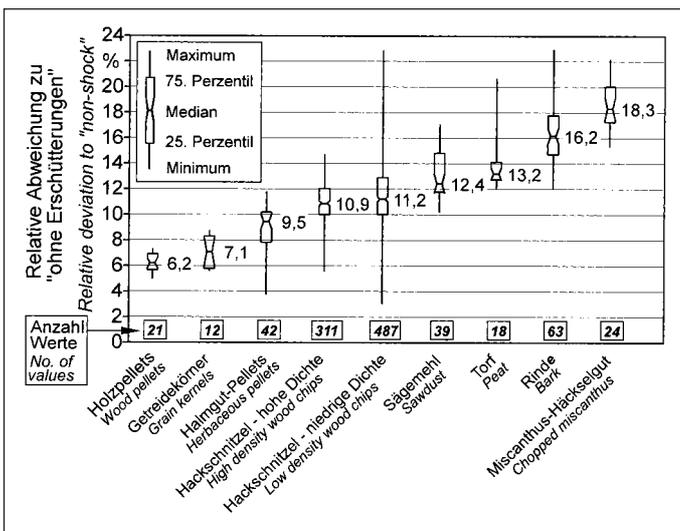


Bild 2: Einfluss von Erschütterungen im Vergleich zur Bestimmung „ohne Erschütterungen“ (Null-Linie) im 50-l-Zylinder

Fig. 2: Effect of shock impact compared to non-shock application (zero line) for the 50-l-cylinder

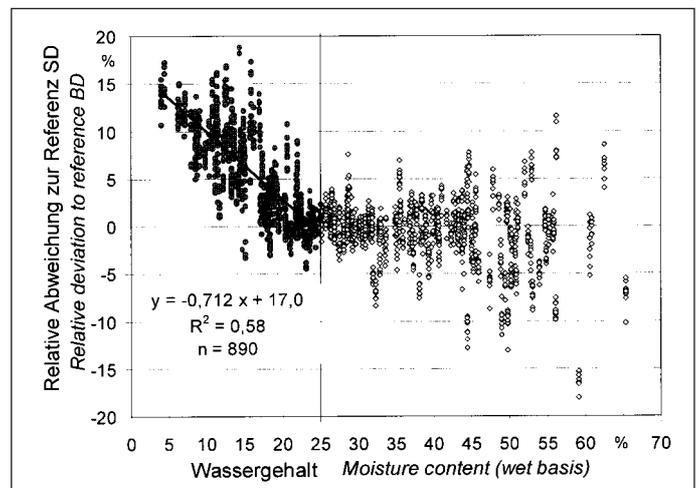


Bild 3: Korrekturfunktion für Schüttdichtemessungen von Holzhackgut (wasserfrei) als Funktion des Wassergehaltes zum Messzeitpunkt

Fig. 3: Correction function for bulk density measurements of wood chips (dry base) as a function for the actual moisture content as received