

Matthias Mumme und Jürgen Katzameyer, Groß-Umstadt

Mobiler Prüfstand zur radiometrischen Messung der Dichteverteilung in Ballen

Konventionelle Methoden zur Bestimmung der Dichteverteilung, wie etwa das Spitzendrucksondierverfahren oder andere Penetrometerverfahren, sind nicht in der Lage, kleinräumig und zerstörungsfrei die Dichteverteilung in Rund- und Quaderballen zu erfassen. Mit dem von der DLG angewendeten radiometrischen Verfahren ist dies möglich. Die dafür in Gebrauch befindliche Messtechnik wurde nun in automatisierter Ausführung auf einen mobilen Prüfstand übertragen. In ersten Praxiseinsätzen und weiteren Laborversuchen wurden so erstmals hoch auflösende radiometrische Messprotokolle angefertigt, welche die Dichteverteilung in neuer Qualität grafisch beschreiben.

Dipl.-Ing. agr. (FH) Matthias Mumme ist Prüflingenieur für Technik in der Grünfütterernte, Bodenbearbeitung und Saat im DLG-Testzentrum Technik & Betriebsmittel, Max-Eyth-Weg 1, 64823 Groß-Umstadt; e-mail: M.Mumme@dlg.org
Dipl.-Ing. Jürgen Katzameyer ist Fachgebietsleiter Prüf- und Messtechnik im DLG Testzentrum Technik & Betriebsmittel, Max-Eyth-Weg 1, 64823 Groß-Umstadt; e-mail: J.Katzameyer@dlg.org

Schlüsselwörter

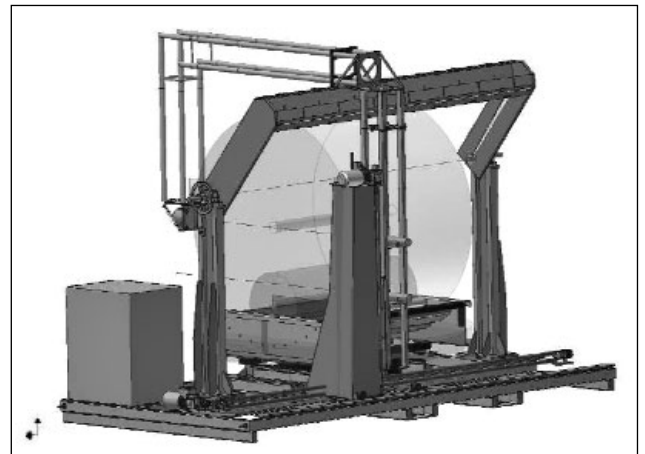
Quaderballen, Rundballen, radiometrische Dichtemessung, Dichteverteilung, Dichteverlauf

Keywords

Square bales, round bales, radiometric density measurement, density distribution, density progression

Bild 1: Konstruktiver Aufbau des Prüfstands

Fig. 1: Constructional design of the test stand



Die technischen Grundlagen des radiometrischen Verfahrens zur Bestimmung der Dichteverteilung in Rund- und Quaderballen wurde bereits in LANDTECHNIK 3/2007 auf Seite 146 und 147 dargestellt. Eine wesentliche Änderung betrifft die Aktivität des verwendeten Gammastrahlers. Im Oktober 2007 wurde der bis dato genutzte Cs-137 Punktstrahler mit einer Aktivität von 258 MBq durch ein baugleiches Exemplar, jedoch mit einer Gesamtaktivität von 5550 MBq (Faktor 20), ersetzt. Damit wird auch bei Silageballen mit höchsten Feuchtmassedichten $> 700 \text{ kg/m}^3$ ein technischer Messfehler von $< 1 \%$ erreicht. Unter Berücksichtigung der Halbwertszeit des Nuklids wird weiterhin für die geplante Einsatzzeit des Prüfstands (über zehn Jahre) eine ausreichend hohe Gammaaktivität gewährleistet.

Technischer Aufbau

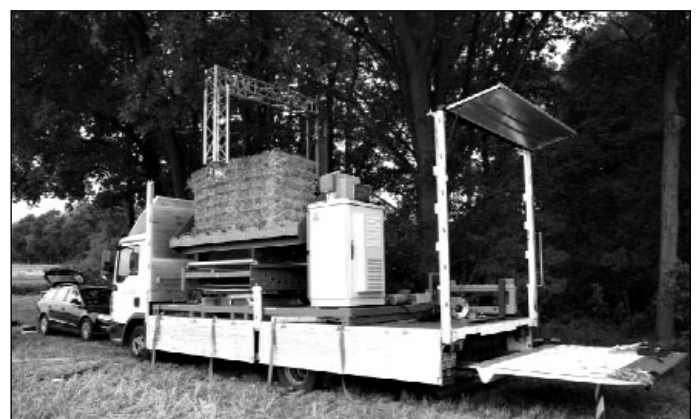
Der Prüfstand wurde für den rauen Feldeinsatz konzipiert und setzt sich aus vier Kernkomponenten zusammen:

1. Horizontal und vertikal verfahrbare Messmimik (einseitig fixierte Stahl/Aluminium-Traverse)
2. Drehbarer Rundballentisch mit rotierenden Walzen
3. Kippbarer Quaderballentisch
4. Steuerungszentrale im klimatisierten Schaltschrank

Der Antrieb der Achsen erfolgt durch fünf SEW-Elektromotoren, davon werden drei über Antriebsumrichter angesteuert. Horizontale und vertikale Achse der Messmimik sowie die rotierenden Walzen des Rundballentischs sind mit Drehgebern ausgerüstet, um eine exakte Positionierung zu ermöglichen. Der Fahrweg beider Linearachsen wird

Bild 2: Der mobile Prüfstand auf 7,5 t LKW im Feldeinsatz beim Vermessen eines Quaderballens

Fig. 2: The mobile test stand on a 7.5 t lorry while measuring a square bale in the field



aus Sicherheitsgründen durch Endschalter begrenzt.

Der gesamte Prüfstand wurde gemäß den im Lastenheft des DLG-Testzentrums genannten Anforderungen extern gefertigt. Wesentliche Anforderung war, dass Rundballen rotierend von der Stirn- und Mantelseite und Quaderballen von der Seite und in Draufsicht gescannt werden können. Eine besondere Herausforderung dabei war, eine ausreichend hohe statische Sicherheit bei gleichzeitig geringem Gesamtgewicht des Prüfstands zu erreichen. Ballengewichte von über 1,5 to, wie sie bei feuchten Silagen durchaus auftreten können, stellen somit kein Problem dar.

Der Prüfstand kann für Feldeinsätze mobil auf einem LKW mit mindestens 2,5 to Nutzlast sowie auch stationär eingesetzt werden.

Steuerung und Programmierung

Die Programmierung von Messrezepturen ist variabel gestaltet. Ballenmaße, Abstand der Messpunkte und Messebenen, Verweildauer der Messmimik am Messpunkt und der Rotationswinkel von Rundballen können je nach Anforderung in der Bediensoftware parametrisiert werden. Für Rundballen sind drei verschiedene Methoden der Messung möglich.

1. Radiale Messung ohne vertikale Verfahrswege (Ballenrotation)
2. Radiale Messung mit vertikalen Ebenen (ohne Ballenrotation)
3. Axiale Messung ohne vertikale Verfahrswege (Ballenrotation)

Bei Quaderballen ist das Scannen von der Seite (horizontal) und in Draufsicht (lateral) mit horizontalen und vertikalen Verfahrswegen möglich. Dazu wird der Ballen aus seiner ersten Messposition „Ballenbreite“ um 90° in die Position „Ballenhöhe“ verfahren.

Die Messrezepturen können jeweils vor jedem Messvorgang aus dem Setup ausgewählt oder neu festgelegt werden. Eingabedaten für Rundballen sind das jeweilige Ballenmaß, der horizontale und (für Messmethode 2) vertikale Abstand der Messpunkte zueinander und für Messmethode 1 die Eingabe des Rotationswinkels (0 bis 180°). Bei der Messung von Quaderballen genügt die Eingabe der Ballenmaße und der Messpunktabstände. Nach Eingabe der Startanforderung erfolgt die Messung vollautomatisch. Für die Datenübertragung und Prüfstandssteuerung ist der Prüfstand mit einem W-LAN Sender ausgerüstet. So kann sich der Bediener mit dem Bedien- und Kontrollpanel frei um den Prüfstand herum bewegen.

Die Kalibrierung der kompletten Dichtemesskette erfolgt unmittelbar vor Beginn der Messung unter Verwendung von Kalibrierrohren bekannter Länge und Dichte.



Bild 3: Der Prüfstand im Laboreinsatz beim Vermessen von Rundballen.

Fig. 3: The test stand measuring a round bale in the laboratory

Bedienung und Kommunikation

Die Bedienung und Visualisierung des Prüfstands erfolgt vollständig über die grafische Bedienoberfläche (WinCC Flexible) eines robusten Toughbooks mit ultrahellem Monitor. Toughbook und die speicherprogrammierbare Steuerung S7-313 (SPS) kommunizieren zuverlässig über eine drahtlose, verschlüsselte Ethernet-Verbindung. Das Toughbook überträgt Parameter und Steuerbefehle an die SPS. Diese meldet die aktuellen Achsenpositionen und alle Anlagenzustände an das Bedien-Notebook. Die An-

steuerung und die Überwachung der Antriebsumrichter erfolgen durch die SPS über Profibus DP. Die vom Detektor gemessenen Werte der Ballendichte werden über eine serielle Schnittstelle von der SPS eingelesen und drahtlos an das Bedien-Notebook übertragen. Dort werden sie, zusammen mit den Ortskoordinaten der Messpunkte visualisiert, im csv-Format aufgezeichnet und stehen sofort nach Ende der Messung zur Auswertung zur Verfügung.

Ergebnisse

Im Praxiseinsatz wurden im August 2008 Quaderballen der Maße 2,20 • 1,20 • 0,90 m sowie im Labor Rundballen mit 1,45 m Durchmesser gescannt. Das Messrastrer betrug in x- und y-Richtung jeweils 5 cm, so dass beim Quaderballen 1505 (602 horizontale + 903 laterale), beim Rundballen 744 (axiale) Dichtewerte ermittelt werden konnten.

Der in *Bild 4* und *5* gezeigte Quaderballen entstammt einer Strangpresse mit Vorpresskammer, der Pressdruck war auf den höchsten Wert eingestellt. Wie das Messprotokoll der horizontalen Scannung zeigt, wird bei Quaderballen die höchste Dichte erwartungsgemäß im oberen und unteren Randbereich erreicht (*Bild 4*). Dort wird der Ballen durch den Presskanal und durch das Garn in seiner Ausdehnung beschränkt – das Halmgut kann sich nur zum Balleninneren hin entspannen. Das Intervall beträgt im Maximum ~70 kg/m³. Die rechte und linke Ballenseite haben in lateraler Betrachtung ebenfalls eine etwas höhere Dichte, als die Ballenmitte (*Bild 5*). Die Streuung fällt jedoch geringer aus, da die Ballenseiten nicht durch das Garn komprimiert werden, und sich Förder- und Verdichtungshübe in gleichem Maße auf die

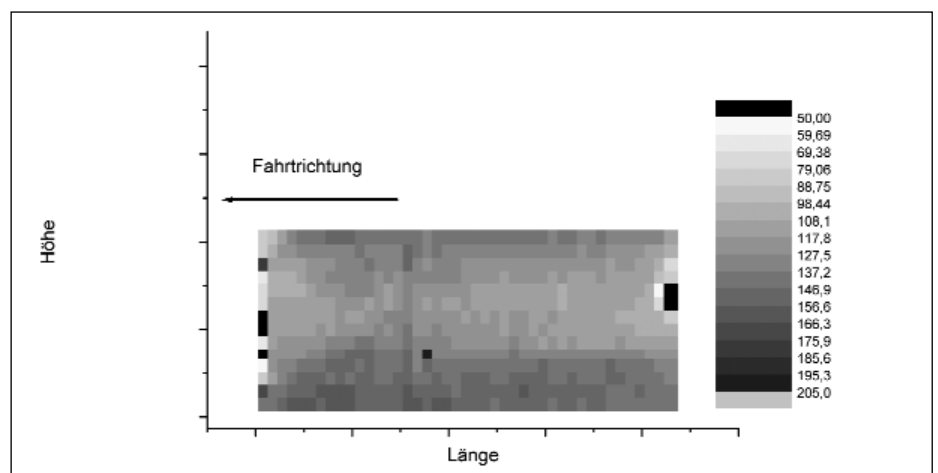


Bild 4: Horizontaler radiometrischer Scan der Ballenseite eines Strohquaderballens (5 • 5 cm Rezeptur). Gut zu erkennen sind die am höchsten verdichteten Zonen an Ballenober- und -unterseite.

Fig. 4: Horizontal radiometric scan of a straw square bale (5 • 5 cm recipe). The highly compacted areas at the upper and at the lower side of the bale are well noticeable.

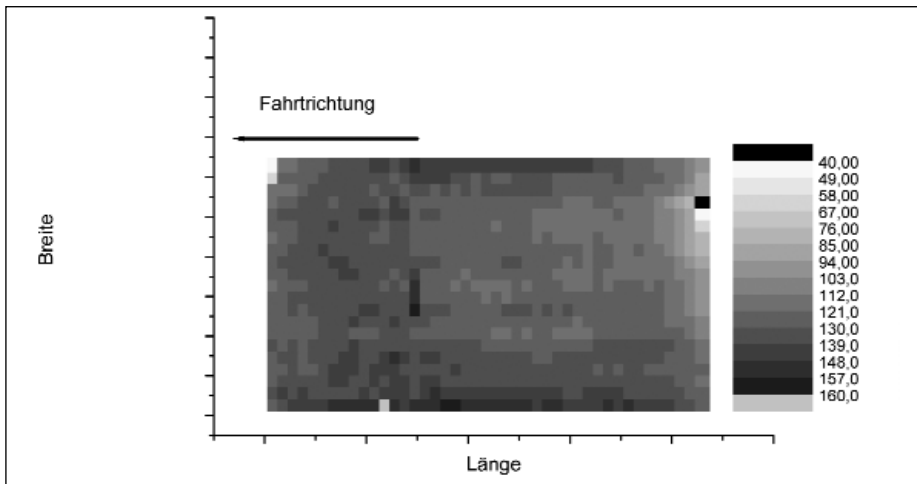


Bild 5: Lateraler radiometrischer Scan eines Strohquaderballens (5 • 5 cm Rezeptur). Die Streuung ist kleiner als bei horizontaler Scannung.

Fig. 5: Lateral radiometric scan of a straw square bale (5 • 5 cm recipe). Scattering is smaller than in horizontal scanning.

Ballenseiten und die Ballenmitte auswirken. Das Intervall beträgt hier nur ~50 kg/m³.

Die Dichteverteilung bei Quaderballenpressen ist neben den Halmguteigenschaften auch von der Fahrweise, der Einstellung, der Ausführung (etwa mit oder ohne Vorpresskammer) und der Schwadform und -stärke abhängig. Ausführliche Untersuchungen auf diese Einflüsse hin sollen in der Kampagne 2009 folgen.

Die radiometrische Betrachtung von Rundballen erfolgte in axialer Form (Bild 6). Dabei wurde zuerst die obere Ballenhälfte gemessen und der Ballen daraufhin um 180° gedreht, um die untere Hälfte zu erfassen. Der abgebildete Strohballen entstammt einer variablen Presskammer mit maximal 150 cm Durchmesser, wurde allerdings erst zwei Wochen nach dem Pressen gescannt. Erwartungsgemäß ist das Zentrum des Ballens, der Ballenkern, sehr weich. Erst im Randbereich des Kerns steigt die Pressdichte bis zum Maximum an, um dann zum Ballenmantel hin wieder etwas abzufallen. Gut zu erkennen ist die deutlich abgegrenzte Schichtung der Pressdichte. Schichtung und Verteilung der Pressdichte sind von der Art des Halmgutes, den Bergungsbedingungen (Feuchte, Schwad), der technischen Ausführung, der Einstellung und dem Funktionsprinzip der Presse (Festkammer, variabel oder teilvariabel) und der Fahrweise abhängig. Unter vergleichbaren Bedingungen ist es also möglich, im Rahmen von F&E-Untersuchungen ausführliche Vergleiche von Funktionsmustern, Fabrikaten und verschiedenen Einstellungen der Pressen durchzuführen.

Zusammenfassung

Der radiometrische Prüfstand des DLG Testzentrums ermöglicht die schnelle und zerstörungsfreie automatisierte Ermittlung der Pressdichteverteilung in Rund- und Quaderballen. Mit Hilfe des neuen Gammastrahlers mit erhöhter Aktivität konnte der technische Messfehler besonders bei sehr hoch verdichteten Silagen deutlich gesenkt werden. Ergänzt durch die sehr hohe Auflösung und die freie Anwahl von Rezepturen resul-

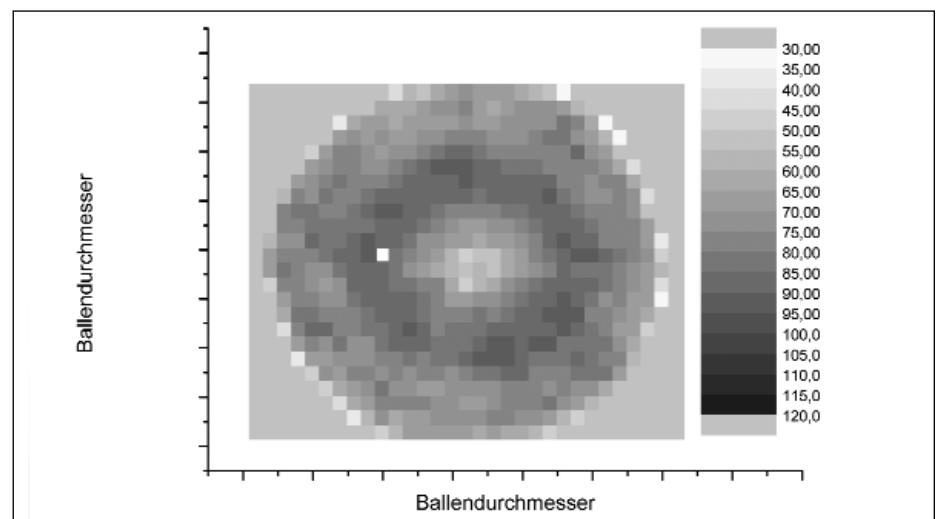


Bild 6: Axialer radiometrischer Scan eines Strohroundballens (5 • 5 cm Rezeptur) aus variabler Presskammer. Sehr gut zu erkennen ist die schichtförmige axiale Anordnung der Pressdichte mit einem Maximum im Randbereich des Ballenkerns etwa an der Hälfte des Ballendurchmessers.

Fig. 6: Axial radiometric scan of a straw round bale (5 • 5 cm recipe) from a variable press chamber. The axial formation of the pressing density with a maximum in the boundary area of the core is well recognisable.

tiert eine durch andere Verfahren nicht zu erreichende Aussagekraft der erhaltenen Messwerte. Eine Aktivierung des Halmgutes findet nicht statt, nach der Messung verbleibt also keine radioaktive Strahlung im Ballen. Die Beachtung aller in Lagerungs- und Umgangsgenehmigung beschriebenen Strahlenschutzmaßnahmen erfolgt durch speziell geschultes Personal. Der Prüfstand ist in erster Linie für umfangreiche Untersuchungen im F&E-Sektor vorgesehen, wird jedoch zukünftig auch im Rahmen des DLG FokusTest und SignumTest Verwendung finden.

Literatur

- [1] Fürll, C., H. Schemel und D. Koppen : Prinziplösungen für die Dichtemessung in Siliergütern. LANDTECHNIK 63 (2008), H. 2, S. 94-95
- [2] Fürll, C., M. Gläser und H. Hempel : Dichteigenschaften von hoch verdichteten Halmgütern. LANDTECHNIK 51 (1996), H. 3., S. 144-145
- [3] Gläser, M.: Grundlagenuntersuchungen zur radiometrischen Bestimmung der Masse geförderter Güter, insbesondere in der landwirtschaftlichen Forschung und Praxis. VDI Fortschrittsberichte Reihe 14, Landtechnik/Lebensmitteltechnik Nr. 58, 1992
- [4] Gläser, M., W. Jahnke, M. Pütz und M. Mumme : Zerstörungsfreie radiometrische Bestimmung des Dichteverlaufs in Rund- und Quaderballen. LANDTECHNIK 62 (2007), H. 3, S. 146-147
- [5] Hesse, Th., und B. Scheufler : Dichtemessungen an Großballen mit Hilfe des Spitzendrucksondierverfahrens. Grundlagen der Landtechnik 28 (1978), H. 3, S. 113-117