

Laubverdichtung

Ergebnisse aus drei Jahren DFG-Forschungsarbeit

Im Rahmen eines durch die DFG geförderten Forschungsvorhabens wird am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik (ILF) der TU Braunschweig an einem Versuchsstand die Verdichtung von Laub in Rundballen untersucht. Ziel ist es, den Transportaufwand für das Laub zu verringern und die gesamte Prozesskette von der Aufnahme bis zum Abtransport des Laubes wirtschaftlicher zu gestalten. Neben der Ermittlung eines geeigneten Verfahrens sollen mit dem nach dem Radialdruckpressprinzip arbeitenden Versuchsstand die funktionellen Zusammenhänge zwischen den Parametern einer Laubpresse und den unterschiedlichen Laubsorten untersucht werden.

Dipl.-Ing. Ingo Bönig ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU Braunschweig (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.-H. Harms), Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig; e-mail: i.boenig@tu-bs.de
Das Forschungsprojekt „Laubverdichtung“ wird finanziell von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

Schlüsselwörter

Presstechnik, Verdichten, Laub

Keywords

Compaction technology, compaction, foliage

Im Folgenden sollen Ergebnisse vorgestellt werden, die aus einem dreijährigen DFG-geförderten Forschungsprojekt zum Thema Laubverdichtung resultieren. Mit Hilfe eines seit Herbst 2001 am Institut vorhandenen Versuchsstandes werden die charakteristischen Parameter bei der Verdichtung von Laub zu Rundballen ermittelt.

Versuchsstand

Der am Institut eigens gebaute Versuchsstand ist schon in [1] und [2] im Detail vorgestellt worden. Nachfolgend wird zum besseren Verständnis noch einmal auf die wichtigsten Dinge eingegangen. Die bisherigen Untersuchungen führten zu einer Weiterentwicklung des Radialdruckverfahrens, wie es in der Landtechnik angewendet wird, hin zu der in Bild 1 dargestellten Variante, um so eine einwandfreie Funktion beim Pressen von Laub unter allen auftretenden Gegebenheiten sicherzustellen. Es handelt sich um eine Konstantkammerpresse, die von oben befüllt wird. Die Presskammer besteht aus einem einzigen auf einer Stabkette aufgespannten Riemen und weist als Besonderheit einer Riemenpresse schon zu Beginn des Pressvorgangs eine runde Form auf. Dieses wird durch außen an der Stabkette angebrachte Lager erreicht, die in einer Führungsbahn laufen. Die Presskammer hat eine Breite von 60 cm bei einem Durchmesser von 40 cm.

Versuchsparameter

Während der Versuche wurden folgende Parameter variiert:

Versuchsgut:

- Laubsorte (Buche, Eiche, Kastanie, Mischlaub)
- Feuchtegehalt U des Laubes (0,3 bis 0,8) variiert in Schritten von 0,1

Versuchsstand:

- Durchsatz der Presse (0,2 - 0,4 - 0,6 kg/s)
- Riemengeschwindigkeit (0,3 - 0,45 - 0,6 m/s)

Bei den Versuchen wurde jeweils nur ein Parameter variiert, um den Einfluss dieses einen Parameters ermitteln zu können. Während der Versuche wurde im Antriebs-

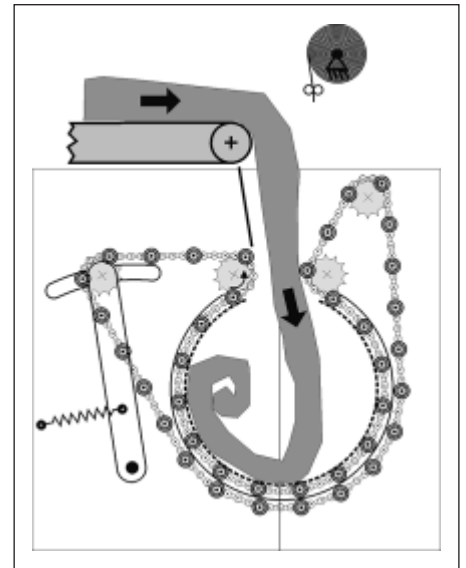


Bild 1: Skizze des Versuchsstandes

Fig. 1: Sketch of the test rig

strang das Antriebsmoment mit Hilfe einer Drehmomentenmessnabe und die Drehzahl mit Hilfe eines Drehzahlsensors aufgezeichnet. Außerdem wurde die Kraft, die auf die Auswurfklappe wirkt, an beiden Presskammerseiten durch in die Verschlüsse integrierte Dehnungsmessstreifen aufgezeichnet. Am Ende jeden Versuches wurde der Ballen ausgewogen und vermessen, um so die Dichte bestimmen zu können. Zusätzlich zu den bereits aufgezählten Messgrößen ist für das Jahr 2002/2003 die Messtechnik noch um die Möglichkeit erweitert worden, die Kraft auf eine Seitenwand der Presskammer und das dadurch hervorgerufene Moment an der Seitenwand zu erfassen. Dazu wurde eine Seite der Presskammer mit einem Stahlteiler versehen, der über einen eigenen Lagerbock außerhalb der Presse befestigt ist (Bild 2). Der Stahlteiler berührt an keiner Stelle das Presskammergehäuse und hat ausschließlich Kontakt zu dem Laub, das sich in der Presskammer befindet. In die Aufhängung des Tellers ist ein zylindrischer Aluminiumkörper integriert worden, der mit Dehnungsmessstreifen beklebt ist. Auf dem Körper sind sowohl Dehnungsmessstreifen zur Messung der axial an der Seitenwand auftretenden Ballenkräfte aufgeklebt als auch Dehnungsmessstreifen, die die Torsion des zylindrischen Körpers erfassen und damit das aufgetretene Drehmoment an der Presskammerseitenwand. Aus der ermittelten Kraft und dem auftretenden Drehmoment an der Seitenwand lassen sich Rückschlüsse auf die dort auftretende Reibung ziehen.

Ergebnisse

Jeweils im Herbst 2001 und 2002 wurden Versuche mit der zuvor beschriebenen Laub-

presse durchgeführt. Es wurden unterschiedliche Laubarten bei unterschiedlichen Feuchtegehalten verpresst. Die Funktion der Presse war dabei unter allen Gegebenheiten gewährleistet. Der in die Presskammer einlaufende Riemen zog mit seiner strukturierten Oberfläche das Laub ohne Gutstau in die Presskammer. Der Ballen konnte sowohl bei sehr trockenem als auch bei sehr feuchtem Laub in Rotation gehalten werden. Die Bröckelverluste waren während aller Versuche sehr gering, da die Presskammer vollständig geschlossen ist. Abhängig von der jeweiligen Laubsorte konnten Ballen mit einem Gewicht von 18 bis 77 kg gepresst werden. Der Feuchtegehalt variierte dabei von $U = 0,32 \dots 0,78$. Daraus ergeben sich Feuchtemassedichten von $210 \dots 820 \text{ kg/m}^3$ oder Trockenmassedichten von $110 \dots 320 \text{ kg/m}^3$.

In Bild 3 sind Versuchsdaten des in der Saison 2002/2003 neu eingeführten Sensors abgebildet. Im oberen Teil ist für zwei Versuche mit Buchenlaub die Kraft auf die Seitenwand über der Trockenmassedichte aufgetragen, der untere Teil zeigt das sich ergebende Reibmoment auf die Seitenwand. Bei beiden Versuchen wurde Buchenlaub verpresst, welches den Feuchtegehalt $U = 0,55$ und $U = 0,78$ aufwies. Es ist deutlich zu erkennen, dass das feuchtere Laub bei einer erreichten Trockenmassedichte von 140 kg/m^3 eine geringere Kraft auf die Seitenwand der Presse ausübt (160 N gegenüber 543,5 N). Zu erklären ist dies mit der geringeren inneren Reibung des feuchteren Laubes. Die einzelnen Laubblätter können aufgrund des Wasserfilms, der sich zwischen ihnen befinden,

leichter aufeinander abgleiten. Das bedeutet, dass sich ein von außen aufgebrachter Verdichtungsdruck innerhalb des Gutes leichter fortpflanzt und sich somit auch in Form einer höheren Kraft auf die Seitenwand bemerkbar macht. Aus der Kraft auf die Seitenwand resultiert ein Reibmoment an der Seitenwand. Dieses Reibmoment muss über den Antriebsstrang und weiter über die Stabkette mit dem aufgespannten Riemen am Umfang des Ballens überwunden werden, um diesen zu drehen. Im unteren Teil des Bildes 3 ist das Reibmoment aufgetragen. Es weist qualitativ den gleichen Verlauf auf wie die Seitenkraft. Der Zusammenhang zwischen der Seitenkraft und dem Reibmoment ergibt sich über den Reibbeiwert μ der Reibpaarung Laub zu Stahl an der Seitenwand der Presse. In Bild 3 sind auch die sich kurz vor Ende des Verdichtungsvorgangs für eine Trockenmassedichte von 140 kg/m^3 ergebenden Seitenmomente eingezeichnet. Mit diesen Daten lässt sich sowohl für das feuchte als auch für das trockenere Laub der Reibbeiwert μ berechnen. Dieser ergibt sich für das feuchte Laub zu $\mu = 0,29$ und für das trockenere zu $\mu = 0,41$. Für den Angriffspunkt der Reibkraft an der Seitenwand wurde ein theoretischer Hebelarm von $0,15 \text{ m}$ angenommen. Dabei wurde berücksichtigt, dass die äußeren Lagen des Ballens höher verdichtet sind. Deshalb die Annahme, dass der theoretische Hebelarm zwischen dem mittleren ($0,10 \text{ m}$) und dem maximal möglichen ($0,20 \text{ m}$) liegt. Auch hier bestätigt sich, dass durch den höheren Wassergehalt ein leichteres Abgleiten der Blätter auf der Stahlwand möglich ist, ähnlich wie auch die einzelnen Blätter bei einem höheren Wassergehalt leichter aufeinander abgleiten.

Interessant ist auch der Vergleich der Laubsorten miteinander. Hier zeigte sich, dass die unterschiedlichen Laubarten der Verdichtung einen unterschiedlich großen Widerstand entgegensetzen. Gut zu erkennen ist das zum Beispiel bei der Heckklappenkraft und der Kraft auf die Seitenwand. Demnach sind die entstehenden Kräfte bezogen auf die Trockenmassedichte bei Kastanienlaub am größten, gefolgt von Eichen- und Buchenlaub. Dieses war bei allen Feuchtegehalten der Fall. Erklären lässt sich der Effekt mit der Blattstruktur und der Biegesteifigkeit der verschiedenen Laubsorten. So weist Kastanienlaub eine sehr grobe Blattstruktur und eine sehr raue Oberfläche auf. Die Blätter haben eine mittlere Größe bei einer eher länglichen Form. Die Blätter des Buchenlaubes sind kleiner, haben eine glatte Oberfläche und sind eher rund in ihrer Form. Das Eichenlaub liegt mit seiner Struktur, Größe und Oberflächenbeschaffenheit zwischen diesen beiden Laubsorten. Während des Verdichtungsvorgangs müssen sich die

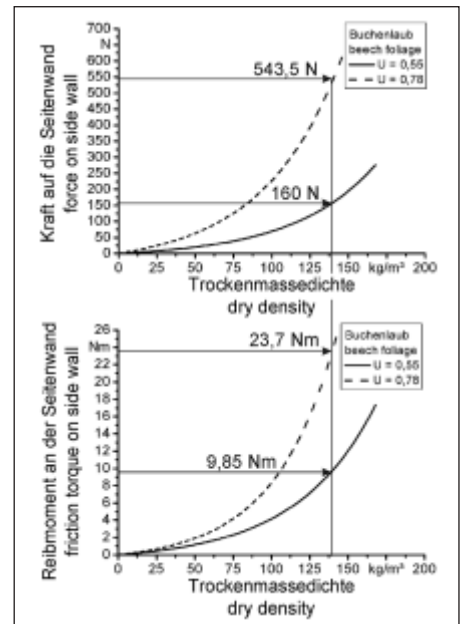


Bild 3: Kraft und Reibmoment auf die Seitenwand der Presskammer

Fig. 3: Force und friction torque on the side wall of the press chamber

Blätter der einzelnen Laubarten zueinander bewegen und eine neue Position einnehmen und werden teilweise auch abgeknickt. Dies erfordert bei Kastanienlaub einen höheren Kraftaufwand als bei Buchenlaub. Der „innere Widerstand“ im Kastanienlaub ist größer als bei Buchenlaub.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem Versuchsstand wurde die Möglichkeit zur Verdichtung von Laub in Rundballen geschaffen. Die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten bei der Verdichtung von Laub mit dem Radialdruckprinzip wurden ermittelt. Zur Abschätzung des Potenzials einer Laubpresse bei der Laubbergung finden Überlegungen hinsichtlich der Integration einer Laubpresse in die bestehenden Verfahrensketten der Laubbergung und auch der Laubentsorgung statt. Weiterhin soll getestet werden, welche weiteren Güter außer Laub sich im Hinblick auf einen Ganzjahreseinsatz mit der Presse verdichten lassen.

Literatur

- [1] Bönig, I.: Laubverdichtung. Landtechnik 56 (2001) H. 4, S. 280-281
- [2] Bönig, I.: Laubverdichtung. Landtechnik 57 (2002) H. 5, S. 266-267

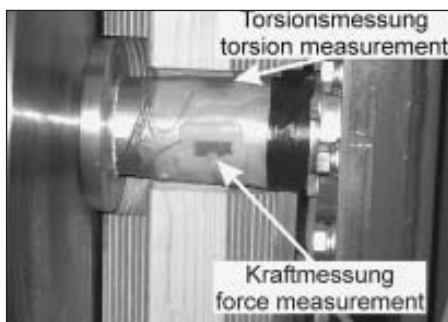
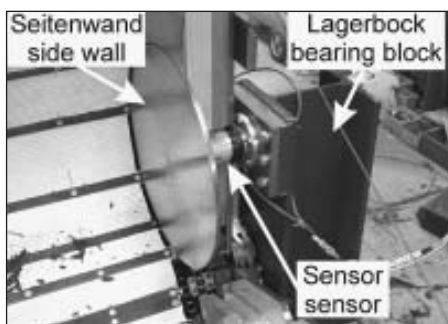


Bild 2: Sensor zur Messung der Seitenwandreibung

Fig. 2: Sensor for measuring side wall friction