

Hartmut Schemel, Christian Füll, Thomas Hoffmann

# Untersuchungen zum Einfluss des Pressdrucks und der Vibration auf die Verdichtung von Anwelksiliergut

Zum Lagern von Anwelkgras im Fahrsilo muss das Pflanzenmaterial im Silo verdichtet werden. Es wird zunehmend schwieriger, die höheren Masseströme der Erntemaschinen ausreichend zu verdichten. Um die Verdichtungsleistung zu erhöhen, setzen einige Landwirte Walzen mit vibrierenden Walzkörpern ein. Am Beispiel von angewelktem Gras wurden mit einer Hydropulsanlage Versuche mit quasistatischer und vibrierender Verdichtung durchgeführt. Im Ergebnis zeigt sich, dass die in der Praxis beobachtete höhere Verdichtungsleistung nicht auf die vibrierende Bewegung des Walzkörpers sondern auf die zusätzliche Vertikalkraft infolge der Unwucht zurückzuführen ist.

## Schlüsselwörter

Anwelksiliergut, Silage, Verdichtung, Vibration

## Keywords

Wilted grass, silage, compression, vibration

## Abstract

Schemel, Hartmut; Füll, Christian and Hoffmann, Thomas

Investigations about the influence of press force, press duration and vibration on the compression of wilted grass

Landtechnik 64 (2009), no. 3, pp. 181 - 183, 4 figures, 6 references

Wilted grass has to be compressed during the ensiling in bunker silos. An increasing number of farmers are using compactors with vibrating roller drums to achieve a higher compression effect. On the basis of a servo-hydraulic material testing system quasi static and vibrating compression cycles were carried out and compared with each other.

The oscillating movement of the roller drums cannot result in a higher compression performance which is observed in praxis. The observed increased compression performance is a result of the centrifugal force of the vibrating roller drums which can be several times higher than the weight of the vehicle.

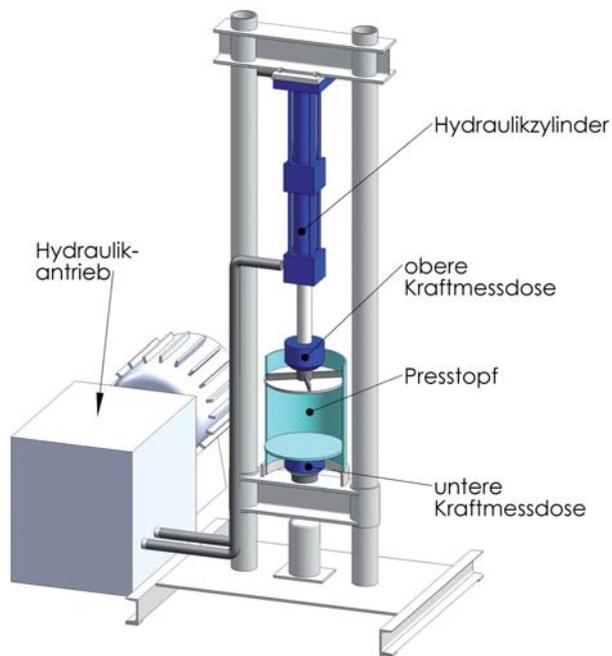
■ Mais- und Anwelksilage sind wichtiges Grundfutter für Wiederkäuer. Damit hochwertige Silagen entstehen, müssen Ernten, Bergen, Transportieren und Einlagern logistisch aufeinander abgestimmt sein. Das Ernten bzw. Bergen erfolgt mit Feldhäckslern oder Ladewagen. Die Feldhäckslern und Ladewagen sind in den letzten Jahren wesentlich leistungsstärker geworden. Gleiches gilt für die Transporttechnik, bei der sich Ladevolumen und Fahrgeschwindigkeit erhöht haben [1]. Am Fahrsilo angekommen, muss das Häckselgut eingelagert, verdichtet und mit Folie zugedeckt werden. Hierbei stellt vor allem das Verdichten einen Engpass dar, denn die zur Verfügung stehenden Walzfahrzeuge haben sich nicht in dem Maße entwickelt wie die Ernte- und Transporttechnik.

Um eine möglichst hohe Verdichtungsleistung zu erzielen, setzen Landwirte zunehmend Fahrzeuge mit vibrierenden Walzkörpern zum Verdichten ein. Hierbei handelt es sich häufig um Walzen aus dem Straßenbau. Die Walzkörper vibrieren je nach Hersteller mit Frequenzen zwischen 29 und 50 Hz [2, 3]. Am Beispiel von Anwelksiliergut war zu prüfen, in welchem Maße vibrierende Walzkörper das Verdichten von Häckselgut beeinflussen.

## Verdichtungsversuche mit vibrierendem Pressdruck

Auf Basis einer Hydropulsanlage der Firma MTS Systems GmbH ist ein Verdichtungsversuchsstand entwickelt worden (**Abbildung 1**). Der Versuchsstand besteht aus einem Hydraulikaggregat, einem Hydraulikzylinder mit Presskolben und einem Pressstopf. Am Presskolben und am Pressstopfboden befinden sich je eine Kraftmessdose. Durch die Anordnung der beiden Kraftmessdosen kann die Wandreibungskraft separat erfasst werden. Der Presskolben kann über ein Rechnerprogramm

Abb. 1



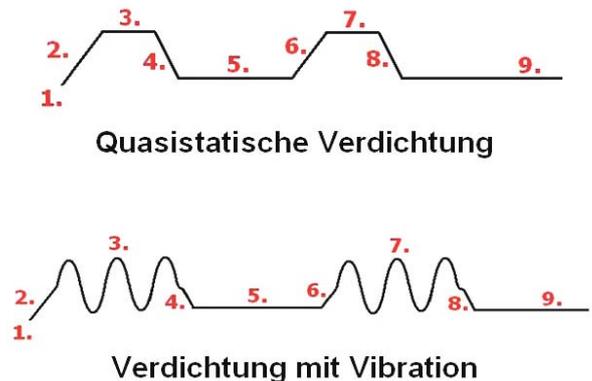
Hydropulsanlage für Verdichtungsversuche  
Fig. 1: Servo-hydraulic material testing system for compression tests

vorgegebene Bewegungsabläufe kraft- oder wegabhängig ausführen. Um das Verdichten mit einem Schlepper zu simulieren wird ein quasistatischer Verdichtungsablauf vorgegeben mit zwei Verdichtungsabschnitten, wie bei einem zweiachsigen Fahrzeug (**Abbildung 2**). Walzfahrzeuge mit vibrierenden Walzkörpern werden durch einen zweimaligen sinusförmigen Pressdruckverlauf nachgebildet (**Abbildung 2**). Als Vibrationsfrequenz wurden im Straßenbau gebräuchliche 29 Hz gewählt und alternativ dazu 5 Hz.

Eine Belastungszeit von etwa 0,5 s je Zyklus und eine Entlastungszeit von rund 2,5 s zwischen den Belastungszyklen ergeben sich bei Annahme einer Fahrgeschwindigkeit von 4 km/h oder 1,1 m/s, einer Walzkörperaufstandsänge von 0,6 m und einem Achsabstand von 3 m. Ein solcher doppelter Presszyklus wird im Versuchsstand im Abstand von 30 s sechs Mal wiederholt, während in der Praxis 3 Verdichtungsfahrten über eine Schicht üblich sind. Die 6 Doppelzyklen werden mit einem einheitlichen Maximaldruck ausgeführt. Um das Verdichten durch leichte, mittlere oder schwere Walzfahrzeuge zu simulieren, wird der Maximaldruck variiert zwischen 1, 2 und 4 bar. Ein Flächendruck von 2 bar entsteht in etwa unter dem Walzkörper einer Walze mit einem Eigengewicht von 13 t.

Zum Verdichten wurde angewelktes Gras verwendet mit einem Trockenmassegehalt (TM-Gehalt) von entweder rund 24% oder 32%. Je TM-Gehalt wurde angewelktes Gras mit den theoretischen Häcksellängen 4, 9 und 17 mm untersucht. Mit jedem Versuchsgut wurden alle Verdichtungsvarianten zwei mal durchgeführt.

Abb. 2



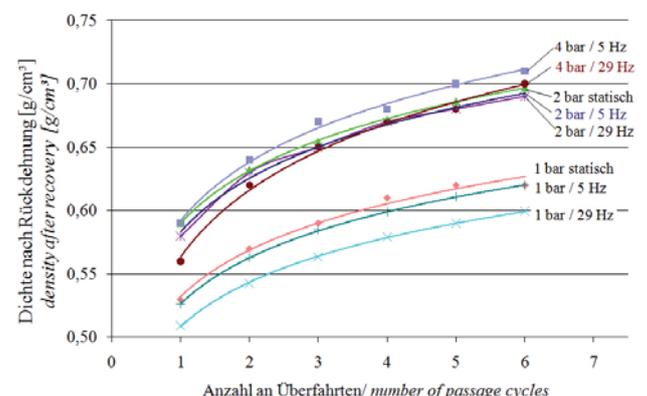
1. Start
2. Druckaufbau zur ersten Verdichtungsphase
3. Druck halten für 0,5 s oder schwingende Verdichtung mit 5 oder 29 Hz für 0,5 s
4. Druckabbau
5. Halten ohne Druck 2,5 s
6. Druckaufbau zur zweiten Verdichtungsphase
7. Druck halten für 0,5 s oder schwingende Verdichtung mit 5 oder 29 Hz für 0,5 s
8. Druckabbau
9. Halten ohne Druck für 30 s

Quasistatischer und vibrierender Verdichtungsablauf  
Fig. 2: Force load cycles with quasi static and vibrating compression

## Ergebnisse

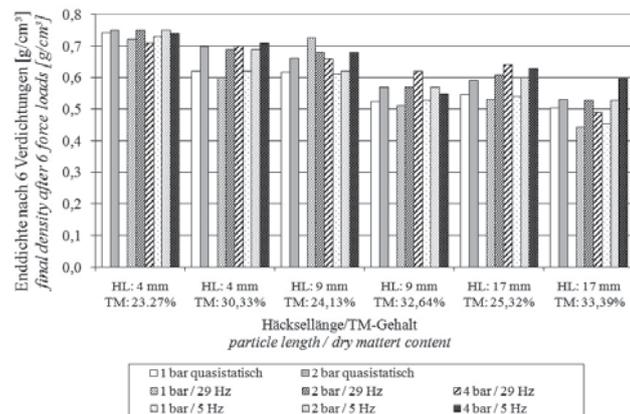
Ein typischer Verlauf der Siliergutdichte im Presstopf über der Zeit beim quasistatischen Verdichten zeigt, dass der erste Verdichtungsprozess den größten Dichtezuwachs bewirkt. Beim Entlasten zwischen den beiden Zyklen verringert sich die Dichte wieder, ohne aber auf das Anfangsniveau abzusinken. In der längeren Entlastungsphase nach einem Doppelzyklus entspannt sich das Siliergut ebenfalls, wobei nach 8 bis 10 s die Rückdehnung nahezu abgeschlossen ist. Mit jedem weiteren Verdichtungszyklus erhöht sich die Enddichte

Abb. 3



Dichte nach der Rückdehnung bei quasistatischer oder vibrierender Verdichtung (Anwelkgras, Häcksellänge 4 mm, TM-Gehalt 30,33%)  
Fig. 3: Final density after recovery of quasi static and vibrating compression (wilted grass, particle length 4 mm, DM-content 30.33%)

Abb. 4



Dichte von Anwelksiliergut nach 6 Verdichtungszyklen in Abhängigkeit von der Häcksellänge (HL) und dem TM-Gehalt (TM)

Fig. 4: Final density of wilted grass after 6 force loading cycles depending on the particle length (HL) and the DM-content (TM)

nach der Rückdehnung um einen kleiner werdenden Betrag.

Bei der quasistatischen wie bei der vibrierenden Verdichtung nimmt die Siliergutdichte mit jedem Verdichtungszyklus degressiv zu (**Abbildung 3**). Mit steigendem Pressdruck erhöht sich auch die Enddichte. Zwischen den Verdichtungsvarianten mit gleichem Pressdruck zeigen sich nach 6 Verdichtungszyklen nur geringe Unterschiede bei der Enddichte, wobei die Dichten bei den Vibrationsvarianten gegenüber den quasistatischen Varianten sogar geringfügig kleiner sind. Obwohl für 4 bar keine Werte für die quasistatische Verdichtung vorliegen, ist hierfür kein anderer Trend zu erwarten.

Die höhere Frequenz von 29 Hz führt offensichtlich zu keiner höheren Enddichte als die Vibration mit 5 Hz.

Siliergut mit 4 mm Häcksellänge lässt sich besser verdichten als Siliergut mit 9 oder 17 mm (**Abbildung 4**). Innerhalb einer Häcksellänge sind die Enddichte im Trockenmassebereich von rund 24 % höher als bei 30 bis 33 %.

Werden die Enddichten bei gleicher Häcksellänge und gleichem Trockenmassegehalt betrachtet, so zeigen sich nur geringe Unterschiede zwischen quasistatischer und vibrierender Verdichtung. Vorhandene Unterschiede sind im Wesentlichen auf die unterschiedlichen Pressdrücke von 1, 2 oder 4 bar zurückzuführen.

### Schlussfolgerungen

Bei gleichem TM-Gehalt werden bei kürzeren Häcksellängen höhere Enddichten erzielt. Bei gleicher Häcksellänge führt ein geringerer TM-Gehalte zu höheren Dichten. Damit werden Ergebnisse anderer Versuche bestätigt [4, 5], wobei sich die Häcksellänge bei hohem TM-Gehalt weniger deutlich auf die Enddichte auswirkt [4].

In ihrer Wirkung auf die Enddichte überlagern sich TM-Gehalt und Häcksellänge. Siliergut mit längeren Häckselstü-

cken (17 oder 9 mm) und geringerem TM-Gehalt weist fast gleiche Enddichten auf wie kürzeres Siliergut (9 oder 4 mm) mit höherem TM-Gehalt. Wenn der TM-Gehalt eines Pflanzenbestandes nicht den siliertechnischen Anforderungen entspricht, kann somit in Grenzen durch eine Anpassung der Häcksellänge reagiert werden.

Die Vibration führt im Vergleich zur quasistatischen Verdichtung bei Anwelkgras zu keiner höheren Enddichte. Als Ursache wird der durch die Sinuswelle bei der Vibration geringere mittlere Pressdruck vermutet. Davon abweichend wirkt der Pressdruck bei der quasistatischen Verdichtung während der gesamten Presszeit von 0,5 s in der vollen Höhe.

Im Gegensatz dazu zeigen Beobachtungen in der Praxis, dass mit vibrierenden Walzen der Verdichtungsaufwand deutlich reduziert werden kann [6]. Anhand der eigenen Versuche wird geschlussfolgert, dass nicht die Vibration an sich die Verdichtung verbessert, sondern die durch die Unwucht im Walzkörper hervorgerufene größere Vertikalkraft. Nach Herstellerangaben kann die durch die Vibration erzeugte Vertikalkraft das zwei- bis dreifache des Fahrzeugeigengewichtes betragen [2, 3].

Ein weiterer Vorteil von Vibrationswalzen ist, dass der Walzkörper über der gesamten Fahrzeugbreite aufsteht und verdichtend wirkt. Die wirksame Arbeitsbreite beträgt bis zu 2,10 m, während sie bei Traktoren oder Radladern in der Regel 1 m nicht überschreitet (doppelte Reifenbreite). Im Randbereich von Silos können sich bei Radtraktoren die Fahrspuren nicht überschneiden, weshalb hier nicht systematisch mit gleicher Anzahl der Überfahrten gearbeitet werden kann.

### Literatur

- [1] Hahn, J.: Logistik. Jahrbuch Agrartechnik (2006)18, S.52-58, Herausg.: Harms, H.-H. und F. Meier
- [2] JCB Verdichtungsprogramm. Firmenschrift J C Bamford Excavators Ltd. <http://www.jcb.com/products/MachineProduct.aspx?PID=281&RID=33>, 04.06.2009
- [3] Vibrations-Walzenzug. Firmenschrift Hamm AG. <http://www.hamm.eu/de/produkte/walzenzuege/serie-3000/3411/index.html>, 04.06.2009
- [4] Wagner, A.; Büscher, W.: Compression Characteristics of Wilted Grass. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript IT 05 007. Vol. VII. December, 2005
- [5] Leurs, K.; Wagner, A.; Büscher, W.: Verdichtbarkeit von Maishäckselgut. Landtechnik 60(2005) H. 4, S. 200-201
- [6] Häbler, J.; Tölle, R.; Hahn, J. (2008): Vibrationswalzen zur Verdichtung von Siliergut. Landtechnik 63(2008) Heft 1, S. 28-29

### Autoren

**Dr.-Ing. Hartmut Schemel** ist Wissenschaftler in der Abteilung „Technik der Aufbereitung, Lagerung und Konservierung“ im Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, E-Mail: [hschemel@atb-potsdam.de](mailto:hschemel@atb-potsdam.de)

**Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Füll** leitete bis 2008 die Abteilung „Technik der Aufbereitung, Lagerung und Konservierung“ im Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim und ist zurzeit Gastwissenschaftler in dieser Abteilung, E-Mail: [cfuell@atb-potsdam.de](mailto:cfuell@atb-potsdam.de)

**Dr. rer. agr. Thomas Hoffmann** ist seit 2008 Leiter der Abteilung „Technik der Aufbereitung, Lagerung und Konservierung“ im Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, E-Mail: [thoffmann@atb-potsdam.de](mailto:thoffmann@atb-potsdam.de)