

Jan Häbler, Rainer Tölle und Jürgen Hahn, Berlin

Vibrationswalzen zur Verdichtung von Siliergut

Höhere Häcklerleistungen, größere Transportmittel und Silos sowie steigende Anforderungen an die Konservatqualität: Einlagerung und Verdichtung werden zunehmend zum „Flaschenhals“. Erste systematische Versuche mit Vibrationswalzen weisen nach, dass diese bei relativ kurzen Verdichtungszeiten Dichtewerte im Empfehlungsbereich ermöglichen. Weitere Untersuchungen sollen zeigen, welcher Anteil dabei der Vibration zukommt und wie während der Einlagerung die notwendigen Informationen für Prozesssteuerung und -dokumentation bereit gestellt werden können.

Dipl.-Ing. agr. Jan Häbler ist Doktorand, Dr. Rainer Tölle ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an dem von Prof. Dr. Jürgen Hahn geleiteten Fachgebiet Agrartechnik an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Philippstr. 13, 10115 Berlin; e-mail: jan.haebler@agrar.hu-berlin.de

Schlüsselwörter

Vibrationswalzen, Silage, Dichte, Verdichtung, Porenvolumen

Keywords

Vibratory rollers, silage, density, compaction, pore volume

Literatur

- [1] Füll, C., H. Schemel, C. Idler und V. Scholz: Anforderungen an die Logistik zur Sicherung hoher Silagequalitäten. Agrartechnische Forschung 13 (2007), Nr. 6, S. 214-220
- [2] Baumgarten, W.: Verdichtung bleibt ein Problem. Land & Forst (2007), Nr. 16, S.30-32

Das Silomanagement strebt minimale Energieverluste und Aufwendungen an. Das betrifft das Befüllen, die Lagerphase und die Entnahme. Grundlage der Verlustminimierung ist eine ausreichende Verdichtung des Siliergutes. Steigende Masseströme der Erntemaschinen erfordern dabei immer höhere Verdichtungsleistungen im Silo. Diese müssen auf begrenzter Silofläche mit wenigen Maschinen erreicht werden. In etlichen Betrieben im Ostteil Deutschlands werden bereits Vibrationswalzen auf Großsilos eingesetzt. Insbesondere an Biogasanlagen entstehen auch anderenorts größere Silos, die wirksame Verdichtungslösungen erfordern [1]. Praxiserhebungen haben gezeigt, dass im oberen Bereich der Silos mehr als 80% der Betriebe keine ausreichende Verdichtung erzielen [2].

In einem vom BMBF geförderten Projekt wird seit nunmehr zwei Jahren unter anderem versucht, die Effekte von Walzen als Siloverdichter zu bestimmen. Gesucht wird dabei gleichermaßen nach Messverfahren und mathematischen Modellen zur Charakterisierung der Verdichtung.

Material und Methode

Die untersuchten Betriebe in Brandenburg ernten jährlich auf mehreren tausend Hektar Siliermaterial als Viehfutter und Biogasrohstoff. Die eingesetzten Vibrationswalzen wiegen zwischen 9,9 und 12,6 Tonnen. Die beschickten Lagerbehälter sind 2- oder 3-Seiten-Silos mit 3 und 5 m hohen Wänden. Bedingt durch den hohen Wert der eingesetzten Materialien und Maschinen kommt für die Untersuchungen nur der Versuch ohne Eingriff in Frage. Beim Häckselgut han-

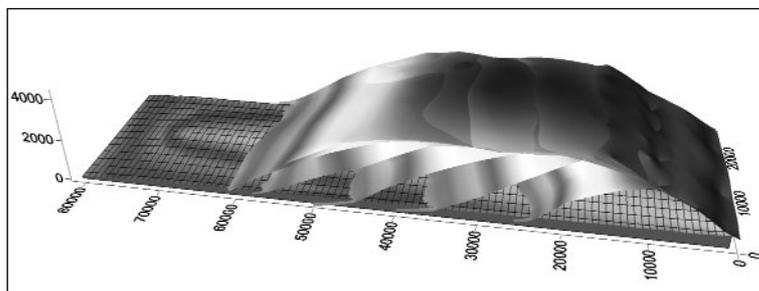
delt es sich um angelwelktes Gras und Mais. Zur Bestimmung des Häckselgut-Massestroms dienen Radlast- und Fuhrwerkswaagen. Die Oberfläche des verdichteten Häckselguts wird mit Hilfe eines Laser-Theodolit vermessen und das Volumen mit der Software Surfer von Golden Software berechnet. Als Gitterberechnungsverfahren wird für leere Silos „Triangulation mit linearer Interpolation“ und für Siliergutoberflächen „Kriging“ verwendet. Die Einsatzzeiten der Maschinen stammen aus Videoaufzeichnungen der Einlagerungen. Stündlich wird der Trockensubstanzgehalt gemessen. Zur Kontrolle werden nach Abschluss der Silierung Bohrproben waagrecht aus der Anschnittfläche entnommen. Volumen und Masse der Bohrproben ergeben die Dichte der Silage. Die Trocknung bei 105 °C liefert den Gehalt an Trockensubstanz. Ein eigens dafür entwickeltes Luftpiknometrier kann das komprimierbare Gasvolumen innerhalb der Bohrprobe messen. Dadurch wird die Zielgröße der Verdichtung einer direkten Bewertung zugänglich gemacht.

Ergebnisse

Anhand von vier Beispielen werden die Ergebnisse der Untersuchungen zur Einlagerung von Mais- und Grashäcksel dargestellt (Tab. 1). Der durchschnittliche Einlagerungs-Massestrom von rund 107 t/h erreicht kurzzeitig Spitzenwerte von 222 t/h. Bei Verdichtungszeiten der Vibrationswalze von nur 0,5 min je Tonne Originalsubstanz werden in Maissilage durchschnittliche Dichten von 250 kg TS/m³ erreicht. Das entspricht den Empfehlungen. Die maximalen Dichten der Bohrproben betragen bei Mais 358 und bei

Bild 1: Silografik in Software Surfer 8

Fig. 1: Silo chart in software surfer 8



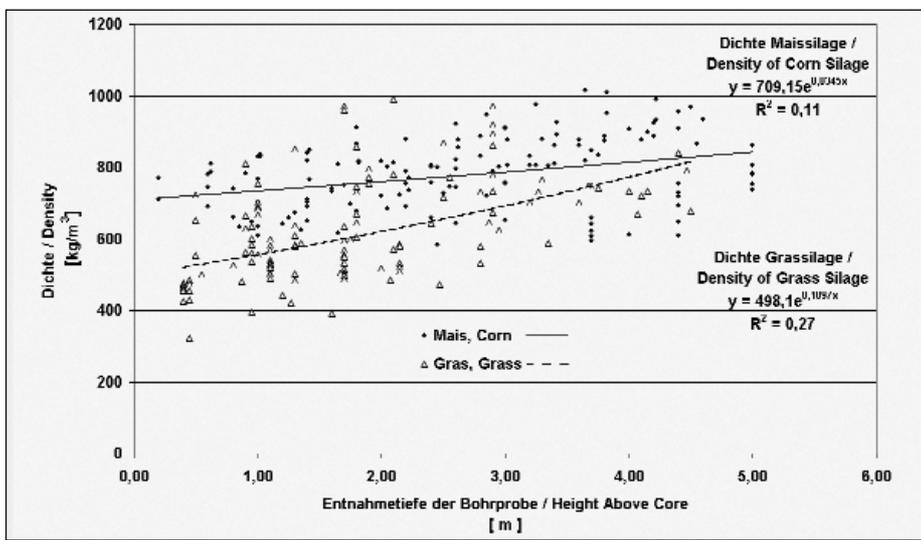


Bild 2: Anhand von Bohrproben bestimmte Tiefenfunktion der Dichte von Silage

Fig. 2: Density of silage as a function of the height of the silage, determined by core samples

Gras 325 kg TS / m³. Durch den teilweise sehr hohen TS-Gehalt der diesjährigen Grassilage ist ein direkter Vergleich hier nur unter Vorbehalt möglich.

Um die Verdichtungsleistung der Vibrationswalzen in mehreren Silos unterschiedlicher Bauform beurteilen zu können, muss der Einfluss der Höhe des eingelagerten Materials auf die Verdichtung bekannt sein. Die Materialsäule über der Probe bewirkt eine Selbstverdichtung. Die Wirkung dieser Autokompression ist bei Grassilage offensichtlich deutlich höher als bei Mais (Bild 2).

Der Zusammenhang zwischen der Dichte der Silage und pneumatisch gemessenem Porenvolumen ist eng und stimmt mit den theoretischen Erwartungen überein (Bild 3). Die Abweichungen sind mit den unterschiedlichen Feuchten der Proben zu erklären. Der lineare Verlauf über einen weiten Bereich des gasgefüllten Porenvolumens hinweg ist ein Beleg für den Erhalt der Struktur des verdichteten Materials.

Fazit

Bezogen auf die Verdichtungsleistung sind Vibrationswalzen eine gute Alternative zum

traditionellen Traktor oder Radlader. Für große Betriebe mit langen Silierperioden und Lohnunternehmer kann sich ein Spezialfahrzeug lohnen, vor allem, wenn zur relevanten Zeit die schweren Zugtraktoren auf dem Acker gebunden sind. Verglichen mit

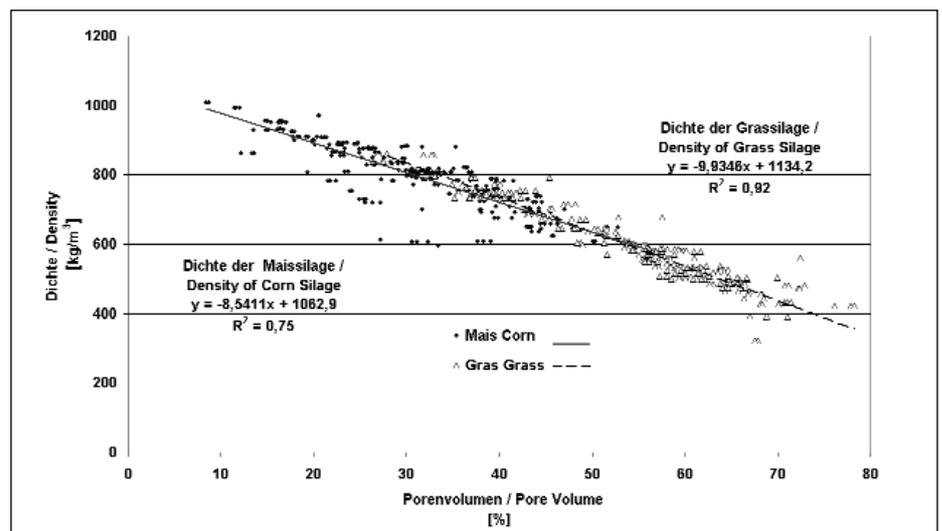


Bild 3: Zusammenhang zwischen Silagedichte und pneumatisch gemessenem Porenvolumen

Fig. 3: Density of silage in relation to gas filled pore volume

Tab. 1: Siloeinlagerungen mit Verdichtung durch Vibrationswalze Hamm 3412HT mit glatter Bandage und 12,2 t Betriebsgewicht und Verteilung durch Radlader mit 12,5 oder 13,3 t Gewicht

Table 1: Compaction of ensiling material with vibratory roller Hamm 3412HT with a smooth drum and 12.2 t operating weight and distribution with wheel loader with 12.5 or 13.3 t weight

Erntegut	Beginn	Dauer	Masse		mittlere Dichte		Verdichtung		Verdichtung/ Masse OS				
			TS-Gehalt	frisch (OS)	TS	Volumen	frisch (OS)	TS	Walze	Radlader	alle Fahrzeuge	davon Walze	
			Tage	%	t	t	t/h	m ³	kg /m ³	kg /m ³	min	min	min/t
Mais	11.09.06	2	34,4	1.830	630	120	2.642	693	238	914	350	0,69	0,50
	17.09.07	7	34,3	8.892	3.050	130	12.091	735	252	4.115	1.708	0,65	0,46
	04.10.07	5	39,7	3.766	1.495	116	5.727	658	261	1.942	498	0,65	0,52
Gras	14.05.07	6	45,2	2.165	979	60	3.429	631	285	2.153	581	1,26	0,99

Traktoren vergleichbaren Gewichts sind Vibrationswalzen sogar preisgünstig.

Eine zu fordernde höhere Steigfähigkeit der Walzen auf lockerem Häckselgut kann bei einigen Herstellern durch Anpassung der Öldruckverteilung im Schlupffall realisiert werden. Auch sollten Silowalzen mit gut profilierten Hinterrädern ausgestattet werden. Kosten erhöhend wirken die Umsetzaufwendungen. Straßenzulassungen sind für Walzen bis m = 25 t erhältlich. Für größere Entfernungen und Stampffußbandagen wird ein Tieflader empfohlen.

Ausblick

Ein Ziel der laufenden Arbeiten besteht im Aufbau eines Prüfsystems zur Abschätzung der Wirksamkeit von Verdichtern. Dazu wird der Theodolit zur automatischen Aufnahme der Bahnkurven des Verdichters eingesetzt. Eine von der Universität Heidelberg entwickelte Software kann aus den Fahrzeugkoordinaten jederzeit das Silovolumen errechnen. So kann der Verdichtungseffekt anhand der Volumenminderung bestimmt werden. Auf diesem Wege wird eine belastbare Aussage über die Effektivität der Vibration während der Verdichtung erwartet.

Für die Praxis wird an einem Fahrer-Informationssystem gearbeitet, das dem Fahrer des Verdichters online die erreichte Oberflächendichte anzeigt und ihn zu den „unterverdichteten“ Partien führt. Zum Ende der Einlagerung entsteht eine Dokumentation, etwa in Form einer 3-D-Graphik, die alle fehlverdichteten Stellen farblich darstellt.