

Andrea Wagner, Kristina Leurs und Wolfgang Büscher, Bonn

Einfluss der Häcksellänge auf Verdichtbarkeit, Silierung und Nacherwärmung von Silomais

Qualitätseinbußen durch Nacherwärmung führen in der Konservierung von Mais nach wie vor zu erheblichen Problemen in der praktischen Milchviehfütterung. Es muss davon ausgegangen werden, dass diese Probleme in Zukunft noch zunehmen. Deshalb war es das Ziel der vorliegenden Untersuchung, die quantitativen Zusammenhänge zwischen Maissorte, Häcksellänge und Aufbereitungsgrad auf die Siliereigenschaften von Mais zu ermitteln.

Prof. Dr. Wolfgang Büscher ist Institutsdirektor, Dr. Andrea Wagner ist Wissenschaftliche Assistentin und Dipl. Ing. agr. Kristina Leurs ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn; e-mail: andrea.wagner@uni-bonn.de

Referierter Beitrag der **LANDTECHNIK**, die Langfassung finden Sie unter **LANDTECHNIK-NET.com**.

Schlüsselwörter

Silomais, Häcksellänge, Verdichtbarkeit, Silierung, Nacherwärmung

Keywords

Forage maize for silage, chop length, compactibility, ensiling, secondary fermentation

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 04403 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Qualitätseinbußen durch Nacherwärmung führen in der Konservierung von Mais nach wie vor zu erheblichen Problemen in der praktischen Milchviehfütterung. Die Folgen von Nacherwärmung, verursacht durch Fehlgärungen im Futterstock, sind neben Verlusten der Schmackhaftigkeit und dem Befall durch Mykotoxine insbesondere Energieverluste. Aufgrund folgender Entwicklungen ist in Zukunft mit einer weiter steigenden Bedeutung des Nacherwärmungsproblems zu rechnen:

- Durch die steigende Tendenz zur ganzjährigen Stallhaltung und der damit verbundenen ganzjährigen Silagefütterung steigen die Anforderungen an die Langzeitstabilität von Silagen weiter.
- Bedingt durch die steigende Schlagkraft von Feldhäckslern wird die Verdichtungsarbeit, ein wichtiger Faktor zur Vermeidung von Nacherwärmung, zur Schwachstelle in der Silierkette.
- Eine Steigerung der Häcksellänge zur Verbesserung der Strukturwirksamkeit ist momentan Gegenstand der Diskussion [1], was eine ausreichende Verdichtung zusätzlich erschwert.

Ziel dieses Projektes ist die Ermittlung quantitativer Zusammenhänge zwischen Maissorte, Häcksellänge und Aufbereitungsgrad auf die Siliereigenschaften von Mais. Folgende Fragen sollen daher geklärt werden:

- Wie kann die Verdichtung mit vertretbarem Aufwand optimiert werden?

- Ist eine ausreichende Verdichtung mit Häcksellängen von ≥ 20 mm überhaupt möglich, welcher zusätzliche Verdichtungsaufwand ist dazu erforderlich?

Material und Methoden

Im Jahr 2003 wurden auf den Flächen der Lehr- und Versuchsanstalt "Haus Riswick" in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen zwei Maissorten (Oldham und PR39G12) angebaut. Diese wurden in drei verschiedenen Häcksellängen (5,5, 14,0 und 21,0 mm) und zwei Spaltweiten (1,0 und 2,0 mm) gehäckselt und in Flach- und Schlauchsilos einsiliert. Die Varianten wurden hinsichtlich Häcksel- und Aufbereiterqualität, Verdichtbarkeit und Temperaturverlauf im Silo von der Einlagerung bis zur Auslagerung untersucht.

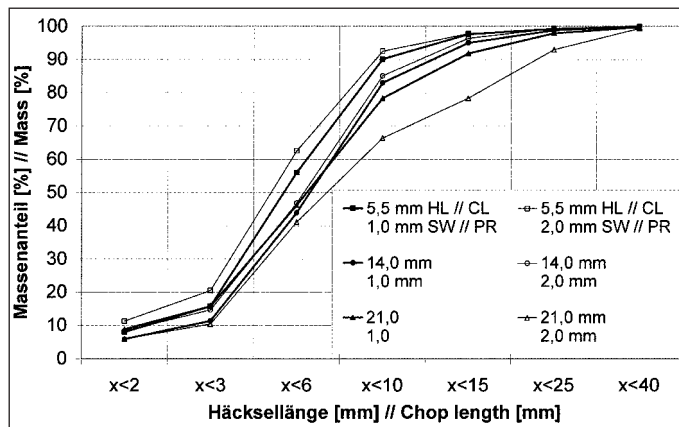
Zur Ernte der Silomais-Bestände wurde ein selbstfahrender Feldhäcksler mit einer 24-Messer-Trommel (konstante Drehzahl) eingesetzt. Die Einstellung der Schnittlänge erfolgte über die Geschwindigkeit der Einzugswalzen.

Um den Vergleich zum Flachsilos durchzuführen zu können, wurde eine Maissorte mit zwei Häcksellängen 5,5 mm (Spaltweite SW 1 mm) und 21,0 mm (SW 2 mm) in je einem Flachsilos einsiliert und praxisüblich mit einem Radlader (15 t) verdichtet.

Die Längenfraktionierung des Häckselgutes wurde nach einer standardisierten Methode [2] mit einem Siebturm (Rundloch-

Bild 1: Einfluss der theoretischen Häcksellänge (HL) und Aufbereitereinstellung (SW) auf die Längenfraktionierung (kumulative Häufigkeit)

Fig. 1: Influence of theoretical chop length (CL) and distance between processing rolls (PR) on cumulative frequency of the chop length



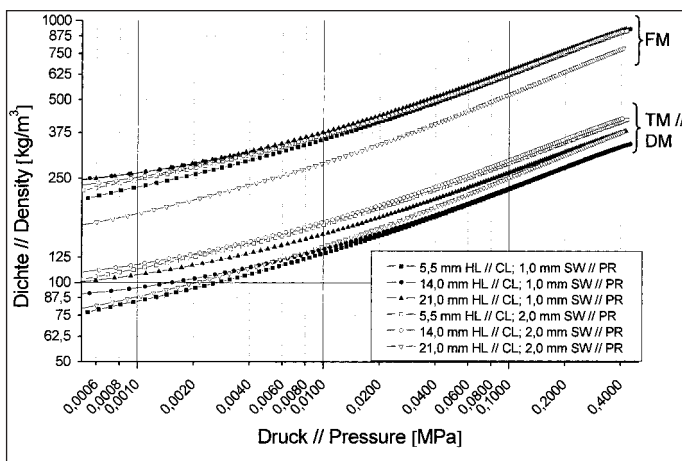


Bild 2: Einfluss von theoretischer Häcksellänge und Aufbereitung auf die Verdichtbarkeit von Maishäckselgut. Frischmasse- im Vergleich zur Trockenmasse-Dichte

Fig. 2: Influence of the theoretical chop length (CL) and distance between processing rolls (PR) on the density of chopped whole plant maize. Fresh matter (FM) in comparison to dry mass (DM) density

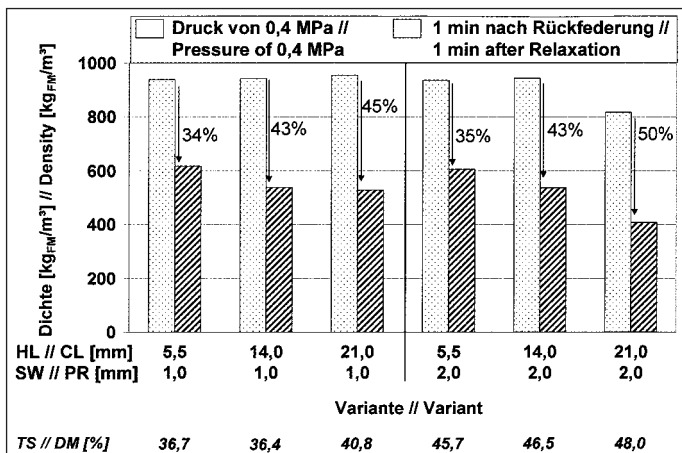


Bild 3: Dichte bei einem Druck von 0,4 MPa und nach einer Minute Rückfederung

Fig. 3: Density of chopped whole plant maize after a pressure of 0.4 MPa and after one minute of relaxation

sieb) durchgeführt (Siebdauer fünf Minuten mit einer Intervallschaltung im Verhältnis Lauf- zu Ruhezeit von 30 s zu 1 s). Die Einwäge betrug je 100 g, nach der Siebung ermöglichte die Rückwaage der Einzelfraktionen die Berechnung der prozentualen Anteile.

Die Verdichtbarkeit wurde mit einer Materialprüfmaschine untersucht. Das Häckselgut wird lose in einen Kunststoffzylinder mit einer Höhe von 30 cm eingefüllt und über einen Stempel mit einer Geschwindigkeit von 90 mm/min verdichtet. Die Höhe des Zylinders entspricht der Schichtdicke von 30 cm auf dem Flachsilo, die nach der offiziellen Beratung in der Praxis empfohlen wird [23]. Bei der Verdichtung mit der Materialprüfmaschine kann ein maximaler Druck von 0,45 MPa erreicht werden. Typische Belastungen im Silo liegen bei 0,2 MPa. Die Kraft zur Verdichtung des Materials wird über einen Kraftaufnehmer kontinuierlich gemessen, über den Weg aufgezeichnet und führt somit zu Kraft-Weg-Diagrammen. Zur Auswertung der Untersuchung wurden Druck-Dichte-Diagramme erstellt. Zusätzlich zur maximalen Verdichtbarkeit wurde auch die Rückfederung des Materials in die Betrachtung mit einbezogen. Dazu wurde nach der Verdichtung und vorgegebener Wartezeit die Füllhöhe im Zylinder gemessen. Jede Variante wurden sechsmal wiederholt.

Erste Ergebnisse aus 2003/04

Die Untersuchungen wurden im Herbst 2003 durchgeführt. Aufgrund des vergleichsweise

heißen und trockenen Sommers besitzen die Häckselgutproben einen extrem hohen Trockensubstanzgehalt (bis zu 48 % TS).

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Siebanalysen sowie der Untersuchung auf Verdichtbarkeit für die Sorte Oldham mit den Häcksellängen (HL) 5,5; 14,0 und 21,0 mm jeweils für die Einstellung des Aufbereiters mit der Spaltweite (SW) 1,0 und 2,0 mm dargestellt.

Das Ergebnis der Siebanalyse lässt auf einen deutlichen Einfluss der theoretischen Häcksellänge auf die Längenfraktionierung schließen. Bei Betrachtung der kumulativen Häufigkeit (Bild 1) ist festzustellen, dass die Einstellung der Spaltweite auf 1,0 mm zu geringeren Unterschieden in der Massenverteilung als die Einstellung auf 2,0 mm führt. Mit steigender theoretischer Häcksellänge nehmen die Massenanteile der höheren Partikelgrößen zu. Ein Einfluss des Aufbereiters ist insbesondere bei den 21 mm-Varianten sichtbar. Eine Spaltweite von 1 mm hat nicht nur eine zerkleinernde Wirkung auf die Körner, sondern auch auf die restlichen Pflanzenteile.

Bei einem Vergleich der Verdichtbarkeit von Maishäckselgut bezogen auf die Trockenmasse (Bild 2) zeigt sich, dass die Zerkleinerung von Häckselgut auf 5,5 und 14 mm theoretische Länge (SW 1,0 mm) bei einem T-Gehalt von 37 % und einem Druck von 0,2 MPa eine vergleichsweise geringe Verdichtbarkeit ($275 \text{ kg}_{\text{TM}}/\text{m}^3$) bewirkt. Während der Unterschied in der Trockenmasse-Dichte zwischen 5,5 und 14,0 mm HL

für den jeweiligen Aufbereitungsgrad abnimmt, nehmen die Unterschiede zwischen den Aufbereitungsgraden für diese HL zu. Anders im Falle der 21,0 mm Variante: hier unterscheiden sich die Aufbereitungsgrade von anfänglich 16 % im oberen Verdichtungsbereich nicht mehr.

Aufgrund der großen Schwankungen im Trockensubstanzgehalt sind die Unterschiede in der Verdichtbarkeit nicht ausschließlich auf die Häcksellänge oder den Aufbereitungsgrad zurückzuführen. Die Ergebnisse der Frischmasse-Dichte lassen erkennen, dass bei zunehmendem Druck die Variante mit einer theoretischen Länge von 21,0 mm und einer Spaltweite von 2,0 mm eine geringere Dichte aufweist als die übrigen Varianten, wobei die Unterschiede mit zunehmendem Druck geringer werden. Die Verdichtung mit 0,4 MPa bewirkt zwar eine Dichte von bis zu $954 \text{ kg}_{\text{FM}}/\text{m}^3$, diese wird jedoch aufgrund der Rückfederung (Elastizität) auf bis zu 50 % (21,0 mm HL, 2,0 mm SW) reduziert (Bild 3). Die Rückfederung steigt mit zunehmender Häcksellänge bei beiden Aufbereitungsgraden. Dieser Effekt führt dazu, dass am Ende des Verdichtungsprozesses nach Rückfederung die Variante mit der intensivsten mechanischen Zerkleinerung (5,5 mm HL mit 1,0 mm SW) eine Dichte von $227 \text{ kg}_{\text{TM}}/\text{m}^3$ und die Varianten mit der geringsten Zerkleinerung (21 mm HL mit 2,0 mm SW) eine Dichte von $196 \text{ kg}_{\text{TM}}/\text{m}^3$ aufweist.

Diskussion und Schlussfolgerung

Der Aufbereiter hat einen zerkleinernden Effekt auf das Häckselgut. Während die Verdichtbarkeitsuntersuchungen an der Materialprüfmaschine bei Spaltweite 1,0 mm keinen klaren Einfluss der Häcksellänge auf die Verdichtbarkeit bei maximaler Verdichtung zeigen, ist bei der Häcksellänge 5,5 bis 21 mm ein Einfluss der Spaltweite 2,0 mm sichtbar.

Die erkennbare Tendenz, dass sich bei gleichem Pressdruck im unteren Druckbereich trotz einer theoretischen Häcksellänge von 5,5 mm und einer Spaltweite von 1,0 mm eine geringere Dichte erzielen lässt als mit dem Pressgut einer theoretischen Häcksellänge von 14,0 mm oder 5,5 mm und 2,0 mm SW, kann auch auf den unterschiedlichen Trockensubstanzgehalt zurückgeführt werden. Unterschiede in der Dichte könnten zusätzlich auf eine Aufrauung und Aufspaltung des Häckselgutes bei einer engen SW von 1,0 mm zurückzuführen sein, die eine Dichtlagerung der Partikel verhindert.

Die Dichte nach Rückfederung nimmt mit steigender Häcksellänge ab. Ein hoher Aufbereitungsgrad verstärkt diesen Effekt.