

Hinweise für das Bewirtschaften von Welksilagehochsilos

Dr.-Ing. Chr. Füll, KDT, Universität Rostock, Sektion Landtechnik

1. Problemstellung

Das richtige Bewirtschaften ist für die Funktion und die Nutzungsdauer von Welksilagehochsilos ein sehr entscheidender Faktor, der in der Praxis unbedingt beachtet werden muß.

Für die Statik des Bauwerks ist neben einem gleichmäßigen Befüllen (ungleichmäßiges, einseitiges Befüllen führte z. B. im Ausland zu zahlreichen Siloeinstürzen /1/) unbedingt erforderlich, Sickersaftaustritt zu verhindern. Wird diesem Punkt nicht die nötige Aufmerksamkeit geschenkt, wachsen infolge der inneren Reibverhältnisse im Siliergut die Horizontaldrucke auf die Silowand an und können die nach der jetzigen Berechnung (DIN 1055, Blatt 6, Silageklasse II für den HS 25 und Silageklasse I für die HS 09 und HS 091 /2/) angenommenen Belastungsverhältnisse übersteigen.

Da Sickersaft aggressive organische Säuren enthält, die Stahl und Beton angreifen und zersetzen, muß der Sicker-saftaustritt auch aus diesem Grund verhindert werden. Anderenfalls werden die Festigkeitswerte der Baustoffe, insbesondere der Spannringe von Formsteinsilos, stetig vermindert. Als Folge davon können Siloeinstürze eintreten.

Welchen Trockenmassegehalt muß nun aber das Siliergut aufweisen, damit kein Saft austritt? Nach DIN 1055, Blatt 6 (Silageklasse II) wird Silage mit einem Trockenmassegehalt von $TM = 23$ Prozent bereits als Welksilage bezeichnet.

Im folgenden werden Ergebnisse aus Laborversuchen über den Saftaustritt in Abhängigkeit vom Trockenmassegehalt des Silierguts und vom wirkenden Vertikaldruck p_v dargestellt. Mit diesen Ergebnissen werden unter gleichzeitiger Anwendung einer Methode zum Berechnen von Lagerungsdichten angewerkter landwirtschaftlicher Halmgüter in Behältern die Mindesttrockenmassegehalte in den jeweiligen Füllguthorizonten und die sich daraus ergebenden Gutmassen beim Befüllen der Welksilagehochsilos errechnet und angegeben.

2. Versuche zum Bestimmen des Saftaustritts

Zum Bestimmen des Saftaustritts wurde das angewerkte Siliergut (Wiesengras und verschiedene Grünlandgemenge)

(Fortsetzung von Seite 76)

führt werden. Zuvor sind diese allerdings in der Praxis zu diskutieren und auf ihre Anwendbarkeit zu überprüfen sowie zielgerichtet wissenschaftlich weiterzubearbeiten. Dieser Verfahrensweg ermöglicht eine schnelle Überführung und Praxiswirksamkeit von gesicherten Erkenntnissen und gewährleistet weitgehende Sicherheit bei ihrer Anwendung. Aus dieser Sicht beurteilt, wird die von Kaul /1/ begonnene Diskussion zu dem Beitrag /2/ als positiv zu werten sein.

Literatur

- 1/ Kaul, H. G.: Zur Wärmeproduktion landwirtschaftlicher Nutztiere — Berechnungsannahmen. agrartechnik 23 (1973) H. 5, S. 213
- 2/ Bauer, W.: Zur Wärmeproduktion landwirtschaftlicher Nutztiere — ein Beitrag zu staltklimatischen Berechnungsgrundlagen. agrartechnik 23 (1973) H. 2, S. 82—85
- 3/ Stalllüftung — Berechnungsgrundlagen. Hrsg.: DAL zu Berlin, Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft, Potsdam-Bornim 1970
- 4/ Klink, G. u. a.: Geschlossene Ställe — Wärmehaushalt im Winter. Berechnungsgrundlagen. Deutsche Bauinformation Berlin 1966
- 5/ Cook, T. R.: Ventilation techniques in controlled environment poultry houses. Tasmanian J. agric., Hobart 42 (1974) H. 4, S. 280—291; Ref. in Tierhyg. Information, Eberswalde 5 (1973), H. 1—2, S. 20

A 9250

in Behälter mit einem Durchmesser von $d = 300$ mm gefüllt und mit Vertikaldrücken zwischen $0,10$ kp/cm^2 und $1,70$ kp/cm^2 statisch belastet. Die Belastungsdauer betrug bis 168 h. Ein Nachprüfen des pH-Wertes ergab, daß das Gut in dieser Zeit bereits ordnungsgemäß siliert war. Die mittlere Häcksellänge des Guts variierte zwischen $15,0$ und $80,4$ mm. Der niedrigste Trockenmassegehalt betrug $23,2$ Prozent.

Während des Versuchs wurden neben dem Vertikaldruck, der durch die Verdichtungseinrichtung erzeugt wurde, auch die Wandreibungskräfte gemessen. Auf diese Weise war es möglich, den mittleren wirksamen Vertikaldruck p_v zu bestimmen. Die oben genannten Drücke sind die jeweils wirksamen Vertikaldrücke.

Die Ergebnisse der Versuche sind im Bild 1 dargestellt. Die eingezeichneten Punkte geben dabei die Versuche an, bei denen aus dem jeweiligen Gut unter den wirkenden Vertikaldrücken Sickersaft abfloß. Es zeigte sich, daß das Austreten von Saft nicht nur vom Trockengehalt abhängt. Diesen Prozeß beeinflussen außerdem die mittlere Häcksellänge, der Proteingehalt und der Rohfasergehalt des Guts. Diese Zusammenhänge wurden jedoch nicht ermittelt. Hierzu wären weitere tiefgründige Untersuchungen erforderlich.

Der im Bild 1 dargestellte Kurvenverlauf ist die Hüllkurve für alle Versuchswerte, bei denen Sickersaft austrat. Unterhalb dieser Linie muß mit Sickersaftabfluß mit Sicherheit gerechnet werden.

Bei der Druckstufe von $0,3$ kp/cm^2 trat in keinem Fall Sickersaft aus. Der Beginn der Hüllkurve konnte deshalb an den Punkt ($23,2$ Prozent TM ; $0,3$ kp/cm^2) gelegt werden.

Für das Zuordnen der erforderlichen Mindesttrockenmassegehalte zu den jeweiligen Füllguthorizonten im Silo ist es erforderlich, die Lagerungsdichtenverteilung zu berechnen.

3. Versuche zum Bestimmen der Lagerungsdichte

Die Lagerungsdichte angewerkter landwirtschaftlicher Halmgüter ist grundsätzlich von den Einflußgrößengruppen — Stoffeigenschaften, Konstruktionsparameter der Behälter und verfahrensbedingte Einflüsse — abhängig. Der Zusammenhang zwischen Lagerungsdichte, Vertikaldruck und Stoffeigenschaften wurde ebenfalls in Laborversuchen ermittelt. Diese Versuche wurden, wie unter Punkt 2 beschrieben, durchgeführt.

Neben den bereits genannten Größen wurde zusätzlich die Absenkung des Verdichtungskolbens in Abhängigkeit von

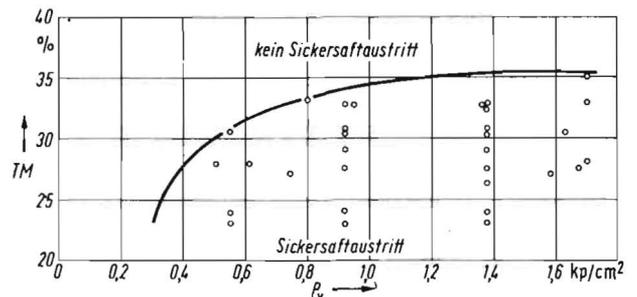


Bild 1. Zusammenhang zwischen dem Sickersaftaustritt in Abhängigkeit vom Trockenmassegehalt TM des angewerkten Silierguts und dem wirkenden Vertikaldruck p_v .

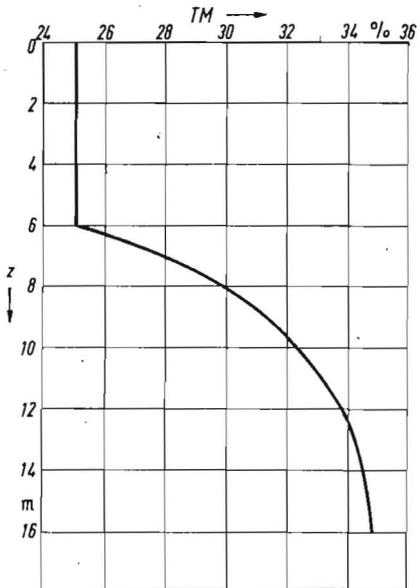


Bild 2. Mindesttrockenmassegehalt TM des angewelkten Silierguts zur Vermeidung von Sickersaftaustritt in Abhängigkeit vom Abstand z zum Füllgutspiegel bei einer Lagerungsdauer von $t = 3000$ h

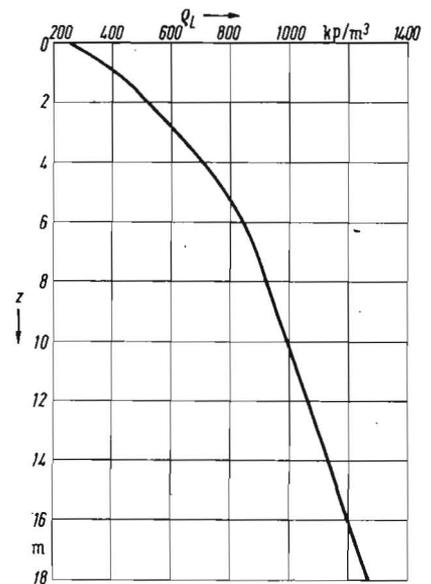


Bild 3. Maximal mögliche Lagerungsdichte q_L in Abhängigkeit vom Abstand z zum Füllgutspiegel für eine Lagerungsdauer von $t = 3000$ h beim Einlagern von Gutarten mit Mindesttrockenmassegehalten zur Vermeidung von Sickersaftaustritt

der Belastungsdauer gemessen. Als Ergebnis der Versuche wurden Diagramme aufgestellt, die den Zusammenhang zwischen der Lagerungsdichte q_L , dem Vertikaldruck p_v , der Belastungsdauer t , dem Trockenmassegehalt TM, der mittleren Biegefestigkeit EI der Einzelhalme und der mittleren Häcksellänge l_h wiedergeben. Die Ergebnisse sind detailliert in [3] enthalten.

Für einen konstanten Betrachtungszeitpunkt $t = t_0$ läßt sich folgende Gleichung aufstellen.

$$q_L = C_1 \cdot p_v^{m_1} + q_s \quad (1)$$

Die Größen C_1 , m_1 und q_s sind dabei von den Stoffeigenschaften abhängig. Maximalwerte ergeben sich bei konstantem Trockenmassegehalt, wenn die Biegefestigkeit der Einzelhalme EI und die mittlere Häcksellänge l_h Minimalwerte besitzen.

4. Mindesttrockenmasse des Füllguts im Silo

Zum Festlegen der Mindesttrockenmasse ist die Kenntnis der Vertikaldrücke in den Füllguthorizonten erforderlich. Diese wurden für eine Lagerungsdauer von $t = 3000$ h unter Benutzung von Gleichung (1) für den Fall der Vernachlässigung der Reihung zwischen Siliergut und Behälterinnenwand berechnet. Für die Konstanten in Gleichung (1) wurden die in der Praxis unter Umständen auftretenden möglichen Maximalwerte verwendet. Mit diesen Voraussetzungen wurden die maximalen Lagerungsdichten und Vertikaldrücke errechnet, die beim Einlagern des Silierguts ohne zusätzliche Verdichtungsmaßnahmen möglich sind. Die Berechnung wurde schrittweise, vom Füllgutspiegel beginnend durchgeführt. Für den obersten Füllbereich wurde ein Gut mit einem Trockenmassegehalt von $TM = 25$ Prozent gewählt. Die Rechnung wurde immer dann mit einem Gut von höherem Trockengehalt fortgesetzt, wenn der Vertikaldruck, der einen Sickersaftaustritt bewirkt, erreicht wurde.

Im Bild 2 ist der Mindesttrockenmassegehalt des Silierguts in Abhängigkeit vom Abstand z zum Füllgutspiegel für eine Lagerungsdauer von $t = 3000$ h dargestellt. Den dazugehörigen Verlauf der Lagerungsdichte zeigt das Bild 3. Wenn die angegebenen Werte in der Praxis bisher vielleicht auch noch nicht gemessen worden sind, so können sie doch beim Einlagern von blattreichem, dünnstengligem, kurz gehäckselt Gut auftreten. Man kann aus den Bildern 2 und 3 herleiten, daß beim Befüllen eines Gärfutterhochsilos mit einer Höhe $h_F = 18$ m und einem beliebigen Siloinnendurchmesser d_s der Reihe nach folgende Gutmassen eingelagert werden müssen, um Sickersaftaustritt zu verhindern:

- | | | |
|-----|-----------------------|--------------------------------|
| 1. | $5250 \cdot d_s^2$ kg | mit $TM = 35 \dots 36$ Prozent |
| 2. | $1310 \cdot d_s^2$ kg | mit $TM = 34 \dots 35$ Prozent |
| 3. | $865 \cdot d_s^2$ kg | mit $TM = 33 \dots 34$ Prozent |
| 4. | $605 \cdot d_s^2$ kg | mit $TM = 32 \dots 33$ Prozent |
| 5. | $495 \cdot d_s^2$ kg | mit $TM = 31 \dots 32$ Prozent |
| 6. | $456 \cdot d_s^2$ kg | mit $TM = 30 \dots 31$ Prozent |
| 7. | $280 \cdot d_s^2$ kg | mit $TM = 29 \dots 30$ Prozent |
| 8. | $276 \cdot d_s^2$ kg | mit $TM = 28 \dots 29$ Prozent |
| 9. | $274 \cdot d_s^2$ kg | mit $TM = 27 \dots 28$ Prozent |
| 10. | $203 \cdot d_s^2$ kg | mit $TM = 26 \dots 27$ Prozent |
| 11. | $2820 \cdot d_s^2$ kg | mit $TM = 25 \dots 26$ Prozent |

Diese Angaben gelten entsprechend den durchgeführten Laborversuchen für einen Bereich der mittleren Häcksellänge von $l_h = 15,0$ bis $80,4$ mm. Für die in unserer Republik vom VEB LIA Nauen errichteten Hochsilos wird in der verbindlichen Bewirtschaftungsrichtlinie die Einlagerung eines Guts mit den Häcksellängen:

- minimal 50 Prozent der Masse mit $l_h < 30$ mm
- maximal 15 Prozent der Masse mit $l_h > 50$ mm vorgeschrieben.

Diese Werte liegen in dem oben genannten Bereich.

In einem weiteren Beispiel wird von der Voraussetzung ausgegangen, daß beim Befüllen eines Hochsilos ein einheitlicher Trockenmassegehalt des Silierguts eingehalten werden kann. Der Mindesttrockenmassegehalt muß dann größer als $TM = 34$ Prozent sein, wenn Sickersaftaustritt mit Sicherheit verhindert werden soll. Als Füllhöhe nach dem Absetzen wurde hierbei $h_F = 18,0$ m angenommen. Selbst bei dickstengligem, blattarmem Siliergut muß der Mindesttrockenmassegehalt $TM = 32,5$ Prozent betragen.

5. Schlußfolgerungen und Empfehlungen

In Ergänzung zur Bewirtschaftungsrichtlinie für Formsteinhochsilos, die vom Hersteller LIA Nauen für die Anwender als verbindlich erklärt wurde, ist der Praxis zu empfehlen, die angegebenen Werte des Mindesttrockenmassegehalts einzuhalten. Besonders wichtig ist diese Empfehlung für das Befüllen der Formsteinsilos HS 09, HS 091 und HS 25. Diese Silos besitzen noch keinen wirksamen Schutz (z. B. Folienauskleidung oder funktionsfähige Innenschutzanstriche) gegen Sickersaftaustritt, so daß neben einer höheren statischen Belastung bei diesen Behältern noch die zerstörende Wirkung durch den Saft hinzukommen kann.

Beim Befüllen sollen deshalb folgende Mindesttrockenmassegehalte eingehalten werden:

HS 09 und HS 091:

1.	283 000 kg	mit TM = 35...36 Prozent
2.	70 800 kg	mit TM = 34...35 Prozent
3.	46 600 kg	mit TM = 33...34 Prozent
4.	32 600 kg	mit TM = 32...33 Prozent
5.	26 700 kg	mit TM = 31...32 Prozent
6.	24 600 kg	mit TM = 30...31 Prozent
7.	15 100 kg	mit TM = 29...30 Prozent
8.	14 900 kg	mit TM = 28...29 Prozent
9.	14 800 kg	mit TM = 27...28 Prozent
10.	11 000 kg	mit TM = 26...27 Prozent
11.	152 500 kg	mit TM = 25...26 Prozent

HS 25:

1.	755 000 kg	mit TM = 35...36 Prozent
2.	188 500 kg	mit TM = 34...35 Prozent
3.	124 500 kg	mit TM = 33...34 Prozent
4.	87 100 kg	mit TM = 32...33 Prozent
5.	71 300 kg	mit TM = 31...32 Prozent
6.	65 700 kg	mit TM = 30...31 Prozent
7.	40 300 kg	mit TM = 29...30 Prozent
8.	39 900 kg	mit TM = 28...29 Prozent
9.	39 500 kg	mit TM = 27...28 Prozent
10.	29 300 kg	mit TM = 26...27 Prozent
11.	406 000 kg	mit TM = 25...26 Prozent

Sickersaftaustritt wird auf jeden Fall verhindert, wenn bei Füllhöhen von 18,0 bis 20,0 m der Mindesttrockenmassegehalt $TM = 35$ Prozent beträgt.

6. Zusammenfassung

Die Vermeidung von Sickersaftaustritt muß beim Bewirtschaften von Welksilagehochsilos aus Gründen der statischen Sicherheit und des Erreichens der geplanten Nutzungsdauer unbedingt gewährleistet werden. In Laborversuchen wurde die Grenze des Sickersaftaustritts in Abhängigkeit vom wirkenden Vertikaldruck p_v und vom Trockenmassegehalt TM ermittelt. In Verbindung mit weiterhin durchgeführten Laborversuchen zur Erforschung des Zusammenhanges zwischen Lagerungsdichte ρ_L und wirkendem Vertikaldruck p_v , Lagerungsdauer t , Trockenmassegehalt TM , mittlere Biegesteifigkeit EI der Einzelhalme und mittlere Häcksellänge l_h war es möglich, die Mindesttrockenmassegehalte zur Verhinderung von Sickersaftaustritt anzugeben.

Für das Bewirtschaften der gegenwärtig in der Praxis vorhandenen Formsteinhochsilos HS 09, HS 091 und HS 25 wurden die Gutmassen mit den dazugehörigen Mindesttrockenmassegehalten, die beim Befüllen der Reihe nach einzuhalten sind, berechnet und für die Anwendung empfohlen.

Literatur

- 1/ Otis, C. K./I. H. Pomroy: Tower Silo Design. Agric. Engng. (1961) H. 7, S. 356—364
- 2/ Noack, W./G. Katznarek: Die konstruktive Gestaltung der Hochsilos HS 091 und HS 25. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 4, S. 159—162
- 3/ Fülll, Chr.: Ein Beitrag zum Berechnen von Dichten und Horizontaldrücken bei der Lagerung landwirtschaftlicher Halmgüter in Behältern. Forschungsbericht an der Sektion Landtechnik der Universität Rostock (unveröffentlicht). Rostock 1972 A 9356

IMPULSA-Melkkarussell in Schtschapowo¹

M. I. Nasarow, stellv. Leiter der Abteilung Milchproduktion bei der Hauptverwaltung für tierische Produkte des Ministeriums für Landwirtschaft der UdSSR

W. K. Postylko, Leiter des Experimental-Milchkomplexes Schtschapowo

Vom VEB KOMBINAT IMPULSA wurde die Ausrüstung für eine Milchviehfarm (2000 Rinder) in die Sowjetunion geliefert. Die geplante Leistung beträgt etwa 11 000 t Milch im Jahr bei einem außerordentlich geringen Arbeitsaufwand, weniger als 1,5 AKh je 1 dt Produktion. Die Anlage wurde im Sowchos Schtschapowo, 50 km von Moskau, montiert. Die ersten Kühe wurden dem Komplex am 4. April 1973 zugeführt, am 15. Mai begann das maschinelle Melken. Die Gebäude und Anlagen des Komplexes bedecken eine Fläche von etwa 4 ha. Darunter befindet sich das Hauptgebäude (105 × 160 m), in dem das Melkkarussell untergebracht wurde, 14 Heumehlsilos, Kraftfuttersilos, Flachsilos, Anlagen zur Herstellung von Heumehl und Auslaufflächen für das Vieh. Das Hauptgebäude ist aus Aluminium errichtet. Doppelwände und Decke besitzen eine zuverlässige Wärmeisolation. Vorgesehen ist eine Milchkühlanlage, in der die Milch drei Tage lang gelagert werden kann. 10 Klimaanlage sorgen für normale Temperatur und Feuchtigkeit in allen Räumen, eine besondere Klimaanlage ist für die Kälberaufzucht vorgesehen.

Der IMPULSA-Komplex zeichnet sich durch einen hohen Grad der Mechanisierung und Automatisierung der Haupt- und Nebenarbeiten aus. So steuert eine einzige Arbeitskraft die Futterzubereitung und -verteilung für alle 2000 Tiere. Dank der Karussellmelkanlage sind vier Melker und ein

Treiber völlig in der Lage, das Melken der gesamten Herde zu übernehmen. Die Fließkanalentmischung zur Entfernung der Gülle erfordert keinerlei Bedienung. Insgesamt arbeiten im Komplex 42 Arbeitskräfte in zwei Schichten zu je 8 Stunden mit einer vierstündigen Pause zwischen den Schichten. Während dieser Zeit bleiben im Komplex nur die Diensthabenden. Allen Beschäftigten sind zwei freie Tage in der Woche garantiert. Die Kühe sind in Gruppen zu 47 Tieren nach der Melkleistung und dem Abkalbtermin zusammengestellt. Jeder Gruppe ist eine Sondersektion mit Ruheboxen für die Tiere und außerdem eine Auslauffläche zugewiesen, die die Kühe frei betreten können. Diese Haltungsmethode entspricht am besten den physiologischen Bedürfnissen der Tiere und gewährleistet höchste Milchleistungen. Das Projekt sieht vor, daß jede Kuh nicht weniger als 5500 kg Milch liefert.

Schrittweise Inbetriebnahme

Die einzelnen Anlagen des Komplexes wurden nach und nach in Betrieb genommen. 1972 lieferten bereits die Heumehlsilos Futter für Kühe in anderen Farmen des Sowchos Schtschapowo. Für die Inbetriebnahme und das Einspielen der Systeme zur Futterherstellung und Güllebeseitigung wurden am 4. April 1973 die ersten trockenstehenden Kühe und Färsen angeliefert. Die Inbetriebnahme dieser Systeme brachte keine Schwierigkeiten mit sich, und wir gingen zur nächsten Etappe über — der Gewöhnung der Tiere an die Melkanlage.

Die Tiere gewöhnten sich an das Karussell viel schneller.

¹ Der Beitrag entstand unter Mitwirkung von W. I. Demidow, Mitarbeiter der Zeitschrift „Sowjetischer Export“, er wurde uns freundlicherweise von der Redaktion der Zeitschrift „DDR-Export“ zur Verfügung gestellt.