

stic curves. In order to obtain a sufficient degree of accuracy, the engine must, however, run under conditions approximating as nearly as possible to those obtaining on the test bench.

Dipl.-Ing. W. Kiene :

«Diagramme puissance-consommation des moteurs Diesel montés sur des tracteurs agricoles.»

Au cours d'essais effectués sur des tracteurs agricoles et leurs outils lors du travail au champ, il est souhaitable de déterminer les besoins de puissance motrice. Des appareils de mesure de haute qualité sont en général défaut. Si le moteur a été examiné préalablement au banc d'essai et un diagramme de puissance a été établi, ce dernier peut être utilisé pour déterminer la puissance développée par le moteur au cours du travail pratique. Cette puissance peut être calculée à l'aide du diagramme de puissance en tenant compte de la consommation horaire de combustible et du régime qui peuvent être mesurés pendant le travail pratique à l'aide de moyens simples. Pour obtenir des résultats valables, il est indispensable de faire tourner le moteur, autant que possible, dans des conditions identiques à celles relevées lors des essais au banc.

Ing. dipl. W. Kiene: «Índice de potencia y de consumo de motores Diesel de tractores agrícolas.»

Para el ensayo de tractores y de sus dispositivos adicionales en el campo resulta conveniente poder apreciar la energía necesaria para el trabajo, porque generalmente no se dispone de instrumentos de medición costosos. Habiéndose tomado con anterioridad todos los datos correspondientes en el banco de pruebas y establecido su índice de rendimiento, se puede emplear más tarde este índice para medir en cada caso el rendimiento del motor. Tomando como base el consumo horario de combustible y el número de revoluciones que en la práctica pueden medirse fácilmente, se calcula el rendimiento del motor con la ayuda del índice. Para conseguir resultados de precisión suficiente, es condición hacer trabajar el motor dentro de lo posible, en condiciones iguales a las del banco de pruebas.

Prof. Dr.-Ing. G. Segler und Dipl.-Ing. B. Winkeler:

Der Einfluß der Zerkleinerung von grünem Halmfutter auf die Silolagerung¹⁾

Institut für Landmaschinenforschung, Braunschweig/Völkenrode

Auf der Suche nach den richtigen Lösungen für die Ausbildung von Geräten und Maschinen zum Füllen von Grünfuttersilos stoßen wir immer wieder auf ungeklärte Fragen verschiedener Art. Sie mögen auf den ersten Blick belanglos erscheinen, ihre Klärung ist für den Ingenieur aber von ausschlaggebender Bedeutung, wenn es ihm gelingen soll, die bestgeeigneten Konstruktionen zu entwickeln, die die berechtigten Forderungen des Silobaues, der Gärungs- und Fütterungstechnik und schließlich der Wirtschaftlichkeit im landwirtschaftlichen Betrieb ermöglichen sollen. Es handelt sich hierbei nicht um konstruktive Angelegenheiten, sondern um solche physikalischer und technologischer Art, die aber als grundlegend für die Silotechnik angesehen werden müssen. Sie betreffen vor allem die Struktur der Halm-lagerung im Silo, wie sie im Interesse einer zuverlässigen und kostenmäßig günstigen Gärfutterbereitung erwünscht ist [1]. Einen großen Einfluß auf die Einlagerungsdichte und die Siloraumausnutzung hat der Grad der Zerkleinerung oder der ausgeübten Pressung. Leider gibt es bisher keine genauen Unterlagen hierüber, so daß zunächst versucht wurde, durch Auskünfte aus der Praxis Antworten auf folgende Fragen zu erhalten:

1. Ist es nach den bisherigen Erfahrungen notwendig, bei bestimmten Silofutterarten eine Einlagerung in langem oder zerkleinertem Zustand zu bevorzugen?
2. Ist eine bestimmte Art der Zerkleinerung, Häckseln oder Zerreißen, erwünscht?
3. Welcher Grad der Zerkleinerung ist erforderlich?
4. Wie wirkt sich der Wassergehalt des Silogutes auf Lagerungsdichte, Sickersaftmenge und Kraftbedarf für die Zerkleinerung aus?

Leider stellte sich sehr bald heraus, daß die Auffassungen in der Praxis außerordentlich unterschiedlich sind und daß auf diese Weise keine exakten Unterlagen für die Weiterentwicklung von Silomaschinen gewonnen werden konnten. So sind vor allem die Auffassungen über die Notwendigkeit, die Art und den Grad der Zerkleinerung sehr unterschiedlich, gleichgültig ob es sich dabei um Rübenblatt, Luzerne oder Mais handelt. Während Rübenblatt beispielsweise vorwiegend in unzerkleinertem Zustand eingelagert wird, gibt es zahlreiche Betriebe, die eine Zerkleinerung der anhaftenden Rübenköpfe für notwendig halten, um Viehverluste durch Verschlucken auszuschalten²⁾. Ob der Sickersaft

vom Grad der Zerkleinerung oder vom Ausgangswassergehalt abhängt, erschien ebenfalls unklar. Ferner waren weder in der Praxis noch in der Literatur Anhaltspunkte darüber zu finden, welcher Energieaufwand notwendig ist, um einen bestimmten Zerkleinerungsgrad zu erreichen. Nach alledem mußte es notwendig erscheinen, durch eine besondere Versuchsbearbeitung die gewünschten Unterlagen, soweit sie für die Maschinenentwicklung notwendig sind, in größeren Versuchsserien zu ermitteln.

Die erforderlichen Messungen wurden mit Hilfe einer größeren Zahl von Modellsilos (Abb. 1) von 63 cm Durchmesser und 1,45 m oder 1,92 m Höhe durchgeführt. Die Größenverhältnisse waren bei den Modellsilos so gewählt, daß die Randeinflüsse keine Rolle spielen, so daß die Ergebnisse auf Großverhältnisse übertragen werden können. Die einzelnen Behälter waren ferner so eingerichtet, daß eine zusätzliche Gewichtspressung vorgenommen und der Sickersaft abgeleitet und meßbar aufgefangen werden konnte.

Um das an sich schon recht umfangreiche Versuchsprogramm nicht zu sehr auszudehnen und im Rahmen der vorhandenen Möglichkeiten halten zu können, wurden für die Versuche nur drei verschiedene Grüngutarten, Rübenblatt, Luzerne und Mais, herangezogen, die sich in ihrer Halm- und Blattstruktur besonders unterscheiden. Die Zerkleinerung erfolgte mit Häckselmaschinen, Zerreißen und Musmaschinen bei unterschiedlichem Grad der Zerkleinerung. Um den Einfluß zu ermitteln, den der Wassergehalt des Halmgutes hervorruft, wurden Parallelversuche mit Vorwulkung durchgeführt. Auf diese Weise sollten folgende Unterlagen für den Konstrukteur gewonnen werden:

- 1.) Raumgewicht bei verschiedener Art und verschiedenem Grad der Zerkleinerung.

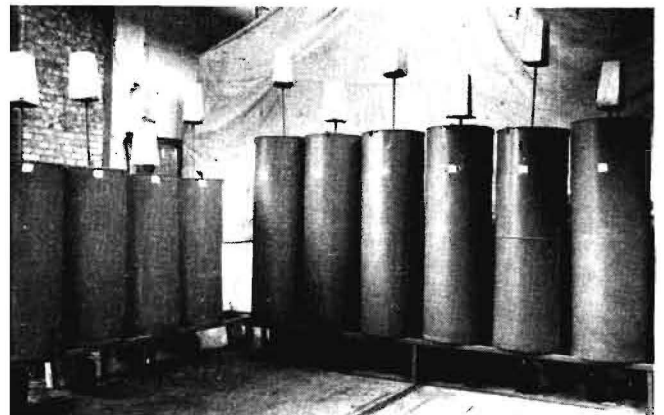


Abb. 1: Bei den Versuchen verwendete Modellsilos mit 630 mm Durchmesser, 1,45 m sowie 1,92 m Höhe

¹⁾ Nach einem Vortrag gehalten von Prof. G. Segler auf der Tagung des DLG-Unterausschusses für Silobau in Würzburg. Die hier behandelten Messungen wurden im Institut für Landmaschinenforschung der F.A.L. Völkenrode von Dipl.-Ing. B. Winkeler in den Jahren 1953 und 1954 im Rahmen einer größeren Forschungsarbeit zur Weiterentwicklung der Silotechnik mit Unterstützung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten durchgeführt.

²⁾ Auf der DLG-Arbeitsstogung vertraten Prof. Dr. Dr. h. c. Zorn, Grub, und Prof. Dr. Kirsch, Kiel, den Standpunkt, daß eine Zerkleinerung von Rübenblatt nicht erforderlich ist. Die gleiche Auffassung wird auch von Prof. Dr. Richter, Institut für Tierernährung, F.A.L. Völkenrode, geteilt.

- 2.) Raumgewicht im frischen Einlagerungszustand und nach einer gewissen Zeit der Ablagerung, sowie unter Einfluß einer Pressung.
- 3.) Auftretendes Hohlraumvolumen.
- 4.) Einfluß des Wassergehaltes auf Raumgewicht und Hohlraumvolumen.
- 5.) Abhängigkeit der Sickersaftmenge vom Ausgangswassergehalt des Halmgutes und vom Zerkleinerungsgrad.
- 6.) Kraftaufwand für die Halmgutaufbereitung.

Die ursprünglich beabsichtigten Versuche, grünes Halmgut auf dem Feld in Ballen zu pressen und in die Versuche mit einzubeziehen, ließen sich leider nicht verwirklichen und mußten deshalb auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden. In England ist inzwischen eine Spezialstrohprelle entwickelt worden, die sich besonders zum Pressen von Grünfütterballen für die Silage eignet [2].

Gleichlaufende Versuche über die eintretende Gärung, die sich in geradezu idealer Weise hier anbieten, mußten zurückgestellt werden, weil das gewählte Modellverfahren wohl als zulässig für die genannten technologischen und physikalischen Feststellungen, aber nicht als ausreichend für gärungstechnische Messungen angesehen werden konnte. Außerdem hätten derartige Untersuchungen die Durchführung eines Versuchsprogrammes mit über 200 Modellversuchen völlig in Frage gestellt. Soweit jedoch bei den Versuchen gärungstechnische Beobachtungen gemacht werden konnten, soll das Ergebnis rein subjektiver Feststellungen unter gewissen Vorbehalten wiedergegeben werden, weil sie doch vielleicht geeignet sind, qualitative Tendenzen aufzuzeigen.

Im ganzen wurden drei Versuchsserien mit Rübenblatt und Luzerne und zwei mit Grünmais durchgeführt, deren Ergebnisse in den Diagrammen von Abbildung 2 bis 9 enthalten sind. Die Art der Darstellung ist in allen Fällen die gleiche, nur mußte der Maßstab bei Luzerne anders gewählt werden, weil dieses Halmgut bekanntlich einen ungewöhnlich hohen Raumbedarf hat, eine Tatsache, die besondere Beachtung verdient. Für jede Versuchsserie sind die Ergebnisse jeweils in drei Diagrammen wiedergegeben, von denen das obere für den Zustand der frischen Einlagerung, das mittlere nach Ablagerung unter dem Einfluß einer üblichen Gewichtspressung von 815 kg/m^2 und das untere für die auftretende Sickersaftmenge gilt, sämtlich über dem Grad der Zerkleinerung aufgetragen sind. Das Häckseln wurde mit einem amerikanischen Scheibenhäcksler mit Wurfgebläse, Fabrikat Papec, das Zerreißen mit einem Silogutzerreißer von Schmidt und das Musen mit einer normalen auf dem Markt befindlichen Musmaschine durchgeführt. Der jeweilig dabei gemessene spezifische Kraftverbrauch gibt Nettowerte wieder, wie sie an der Welle der Zerkleinerungsmaschine gemessen sind.

Die bei Rübenblatt mit einem Wassergehalt von 87, 79,2 und 71,3 % gewonnenen Ergebnisse sind in den Abbildungen 2, 3 und 4 wiedergegeben. Es zeigt sich, daß das Hohlraumvolumen im frisch eingelagerten Zustand ziemlich groß ist, dann aber unter dem Einfluß der Pressung nach der Ablagerung sehr gering wird. Dabei verbleibt ein größeres Hohlraumvolumen bei stärker vorgewelktem Gut als bei feuchter eingebrachtem Gut. Das ist offensichtlich darauf zurückzuführen, daß ein Teil der Fasern mit zunehmender Trocknung stärker verhärtet und das Blattgut sich nicht mehr so sehr zusammendrücken läßt wie in feuchtem Zustand. Etwas Ähnliches finden wir allerdings in noch viel stärkerem Maße bei Luzerne und Mais, den Fruchtarten, bei denen die Stengel eine noch festere Faserstruktur haben. Zur Ermittlung des Hohlraumvolumens wurde hier ein verhältnismäßig einfaches Verfahren verwendet, das für den vorliegenden Zweck als ausreichend angesehen werden kann. Als hohlraumfreier Zustand wurde jeweils der Raumbedarf angenommen, der bei der stärksten Form der Zerkleinerung, nämlich dem Vermusen, auftritt. Sehr feuchtes Gut wird durch das Vermusen in einen völlig flüssigen, breiartigen Zustand versetzt, bei dem so viel freier Zellsaft auftritt, daß davon jeder Lagerungshohlraum ausgefüllt wird. Bei stärkerer Vortrocknung ist dies nicht der Fall. Das Ausmaß des Hohlraums

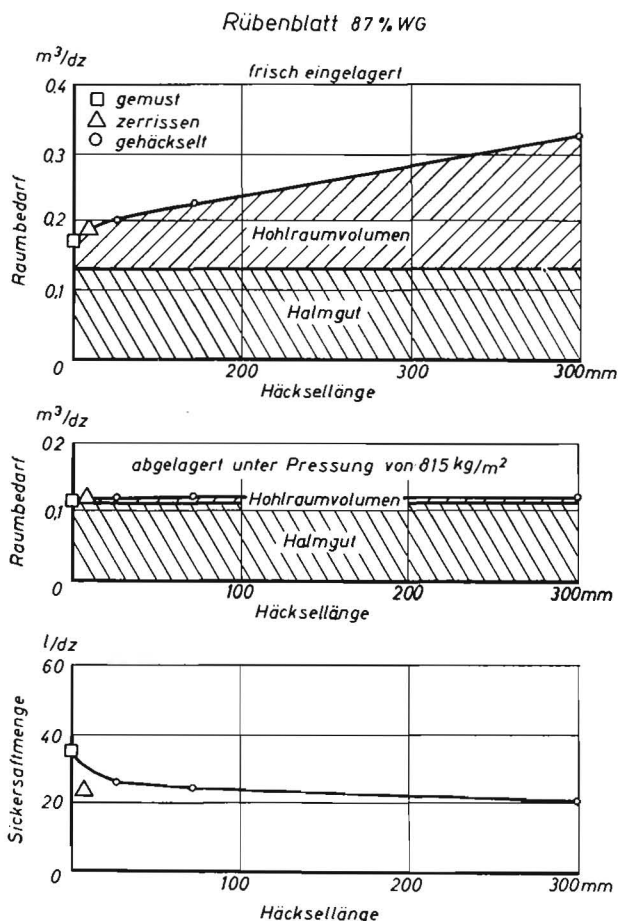


Abb. 2: Raumbedarf von frisch eingelagertem und unter Pressung abgelagertem Rübenblatt mit 87 % Wassergehalt, sowie Sickersaftmenge

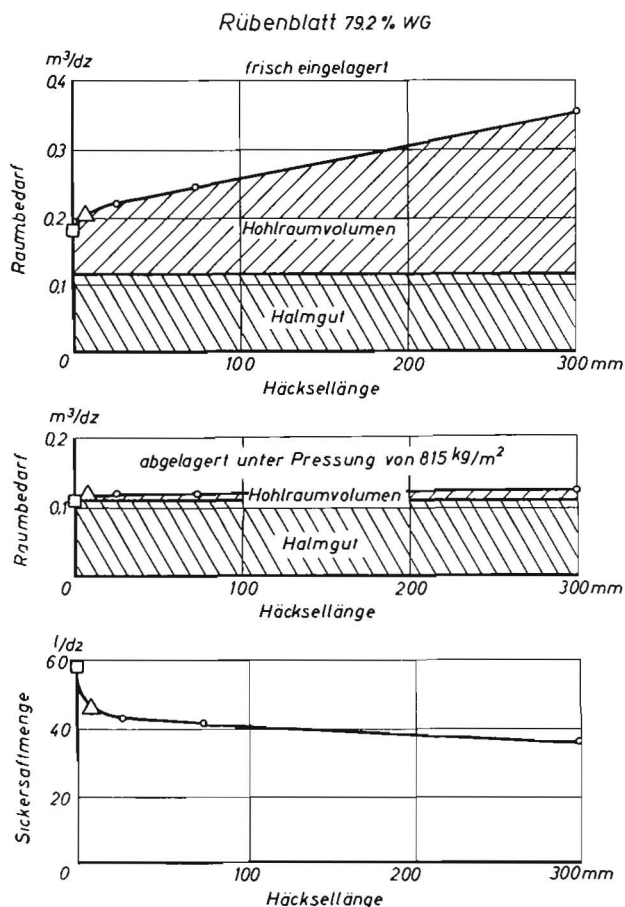


Abb. 3: Raumbedarf von frisch eingelagertem und unter Pressung abgelagertem Rübenblatt vorgewelkt auf 79,2 % Wassergehalt, sowie Sickersaftmenge

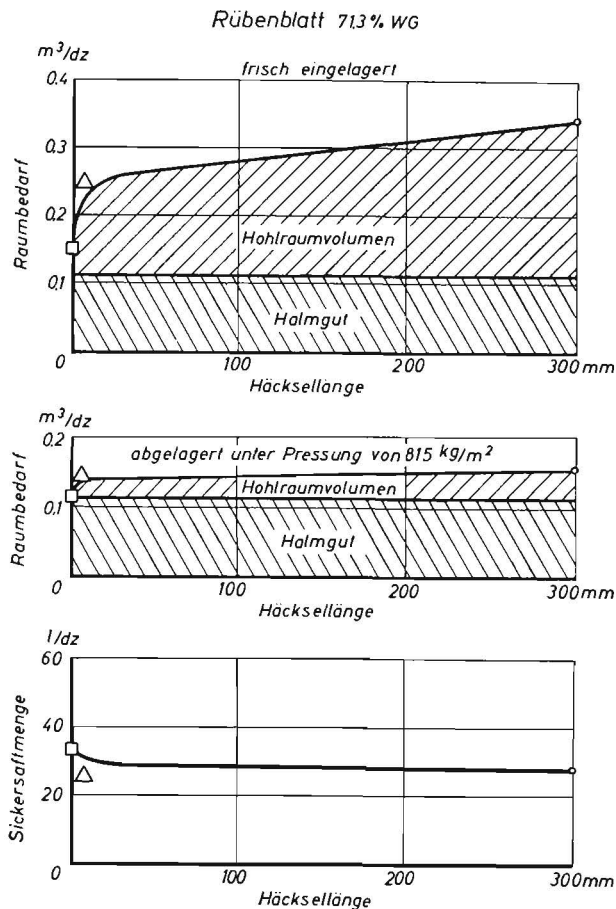


Abb. 4: Raumbedarf von frisch eingelagertem und unter Pressung abgelagertem Rübenblatt vorgewelkt auf 71,3% Wassergehalt, sowie Sickersaftmenge

muß dann durch eine Vergleichsrechnung mit feuchtem Gut ermittelt werden.

Die auftretende Sickersaftmenge wird nur in geringem Maße durch die Häcksellänge beeinflusst. Nur bei stärkerer Zerkleinerung in der Musmaschine erhöht sich die Sickersaftmenge um 20 bis 50 %.

Aus diesen Versuchen läßt sich folgern, daß der Grad der Zerkleinerung keinen wesentlichen Einfluß auf die Lagerungsdichte hat, wenn eine genügende Pressung vorgenommen wird. Im Zustand der frischen Einlagerung erspart die Zerkleinerung allerdings sehr viel Siloraum, so daß sich ein Silo von Anfang an besser ausnutzen läßt, wenn das Rübenblatt in zerkleinertem Zustand eingefüllt wird. Das Zerreißen ist einem kurzen Häckseln gleichwertig. Beim Häckseln können verhältnismäßig größere Häcksellängen von 50 bis 75 mm ausreichend sein.

Bei der Entleerung der Modellsilos zeigte sich, daß unzerkleinertes Rübenblatt eine etwas schlechtere Vergärung ergibt als solches, das stärker zerkleinert ist, das heißt vermust, zerrissen oder gehäckselt wird einschließlich einer Häcksellänge bis zu etwa 75 mm, wie wir es als grobe Häckselung bezeichnen würden. Das gilt auch für die Vorwelkung [3].

Völlig anders sieht es dagegen bei Luzerne aus, die in drei verschiedenen Feuchtigkeitszuständen mit Wassergehalten von 74,8; 59,2 und 47,0 % verarbeitet wurde. Ein Wassergehalt von 47,0 % entspricht dabei schon einer außerordentlich starken Vorwelkung, man kann fast von Heu sprechen. Die in den Abbildungen 5, 6 und 7 dargestellten Ergebnisse lassen sehr starke Unterschiede im Raumgewicht bei verschiedenem Zerkleinerungsgrad erkennen. Das gilt für den Zustand der frischen Einlagerung, aber auch für den der Ablagerung unter Einwirkung der Pressung mit 815 kg/m². Wird das vorher vorhandene sehr große Hohlraumvolumen stark vermindert, so ist immer noch ein Einfluß der Häcksellänge zu erkennen. Nur bei Häcksellängen unter 50 mm, besser noch unter 25 mm, ergibt sich die im Interesse einer Ver-

drängung des Sauerstoffes gewünschte Hohlraumverminderung. Das gilt insbesondere für die stärker vorgewelkte Luzerne.

Das Zerreißen wirkt sich bei der Luzerne nicht sehr günstig aus. Es schafft größere Hohlräume, offensichtlich durch die rauheren Schnittflächen an den Stengeln, im Vergleich zum glatten Schnitt beim Häckseln. Bei den in den Diagrammen eingetragenen Meßpunkten für das Zerreißen handelt es sich jeweils um die gleiche Maschineneinstellung mit gleicher Trommeldrehzahl. Die für das Zerreißen ermittelten Raumbedarfsdaten sind in die Häckselkurve eingetragen. Ermitteln wir jeweils die Häcksellänge, die das gleiche Raumgewicht beim Reißen ergibt, dann erweist sich, daß diese Häcksellänge viel größer ist als sie dem Zerkleinerungsgrad entspricht, der beim Zerreißen vorhanden ist. Das deutet darauf hin, daß der glatte Schnitt der Häckselmaschine eine dichtere Lagerung ergibt als die zerfaserte Trennungsfäche, die beim Zerreißen entsteht. Das Zerreißen führt auf diese Weise zu einer völlig anderen und lockeren Halmstruktur mit entsprechend größerem Hohlraumvolumen. Besteht keine andere Möglichkeit, die wünschenswerte Verminderung des Hohlraumvolumens durch besonders starkes Pressen zu verringern, dann kann aus diesen Messungen gefolgert werden, daß ein Häckseln dem Zerreißen bei Luzerne vorzuziehen ist. Das stimmt auch mit den Erfahrungen der Praxis überein, die mit dem Zerreißen von Luzerne für Zwecke der Silierung keine besonders guten Erfahrungen gemacht hat.

Auf die Sickersaftmenge hat der Grad der Zerkleinerung im allgemeinen wenig Einfluß, wenn man von besonders kurzen Häcksellängen absieht. Das gilt für frische Luzerne. Bei etwas vorgewelkter Luzerne ist überhaupt kein Einfluß der Zerkleinerung zu erkennen, nur eine sehr starke Gesamtabnahme der Sickersaftmenge. Bei starker Vorwelkung tritt kein Sickersaft mehr auf. Entscheidend für das Vorhandensein von Sickersaft im Silo ist also in erster Linie der Wassergehalt, den das Silogut im Anlieferungszustand aufweist.

Eine oberflächliche Beurteilung der Vergärung zeigt, daß eine kurze Häckselung bei Luzerne vorteilhafter ist, wenn sie auch keine Garantie für das Gelingen der Gärung schaffen kann. Luzerne reagiert aber in starkem Maße auf die vorausgegangene Zerkleinerung oder richtiger gesagt,

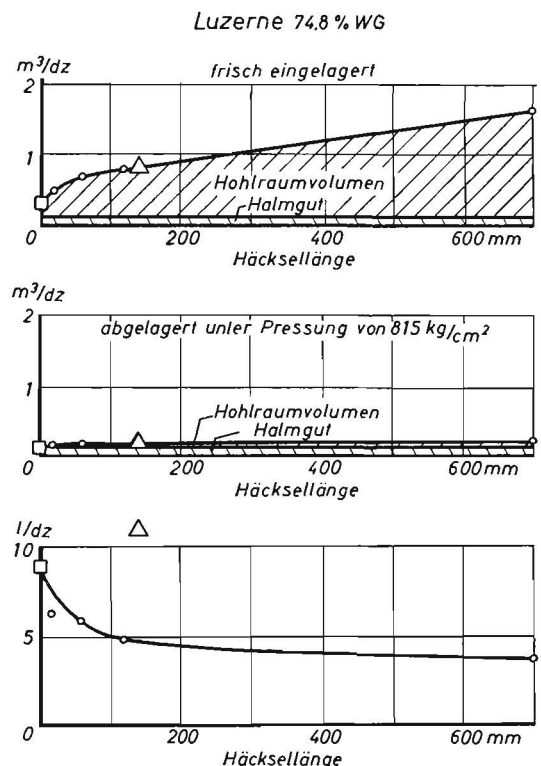


Abb. 5: Raumbedarf von frisch eingelagerter und unter Pressung abgelagerter Luzerne mit 74,8% Wassergehalt, sowie Sickersaftmenge

Luzerne 59,2% WG

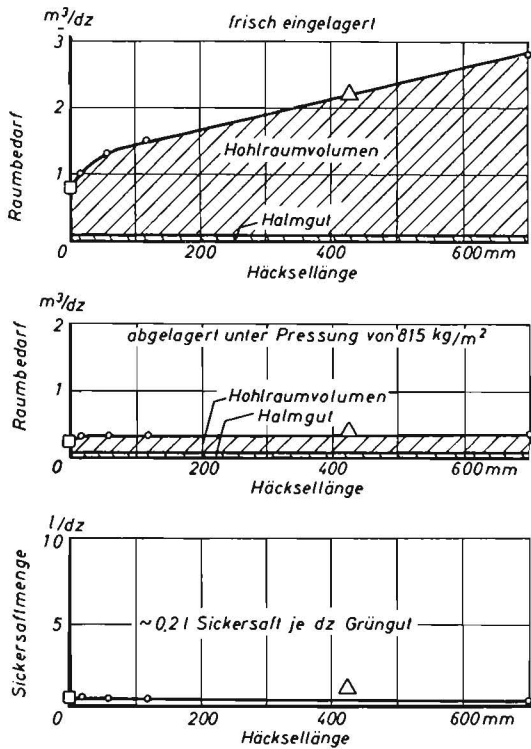


Abb. 6: Raumbedarf von frisch eingelagerter und unter Pressung abgelagerter Luzerne vorgewelkt auf 59,2% Wassergehalt, sowie Sickersaftmenge

auf die Verdrängung des Sauerstoffes durch Beseitigung des Hohlraumvolumens. Bei der besonders stark vorgewelkten Luzerne war die Vergärung schlechter als bei der frischeren Luzerne, wahrscheinlich infolge der Schwierigkeit, bei der schon hartstengelig gewordenen vorgewelkten Luzerne das Hohlraumvolumen in dem erforderlichen Maße auszuscheiden. Ein Vergleich der Häcksellängen ergab, daß die Häckselung von 20 bis 25 mm Länge günstiger ist als eine solche von 50 mm oder gar noch länger. Allgemein läßt sich aus den Versuchen folgern, daß bei der sehr voluminösen Luzerne eine besonders kurze Häckselung in Verbindung mit einer möglichst bald nach der Einlagerung einsetzenden Pressung eine wichtige Voraussetzung für ein gutes Gelingen der Silage bildet.

Bei Grünmais liegen die Verhältnisse grundsätzlich ähnlich wie bei Luzerne, nur mit dem Unterschied, daß gehäckselter Mais im Zustand der frischen Einlagerung etwa halb so viel Raum bei gleichem Gewicht benötigt wie die Luzerne. Unter dem Einfluß der Pressung wird das Hohlraumvolumen stark verringert, allerdings nicht in gleichem Maße wie bei Luzerne. Der Vergleich kann allerdings nur für Halmgutlängen bis zu 200 mm Häcksellänge gezogen werden, da mit Rücksicht auf den verhältnismäßig geringen Durchmesser der Modellsilos keine größeren Längen in den Versuch mit einbezogen werden konnten (Abb. 8 und 9).

Die Sickersaftmenge hängt bei Mais in stärkerem Maße als bei Rübengrün und Luzerne von der Häcksellänge ab, wahrscheinlich infolge der dickeren Stengelquerschnitte. Eine verhältnismäßig geringe Vortrocknung von 88 auf 78% Wassergehalt bringt eine starke Verminderung der Sickersaftmenge mit sich.

Hinsichtlich des Vergärungserfolges verhalten sich Luzerne und Mais sehr unterschiedlich, wie es auch in der Praxis bekannt ist, da die Luzerne zu den Futterarten gehört, die sich schwer silieren lassen. Die Vergärung war bei Häcksellängen bis zu 60 und 70 mm noch als recht gut zu bezeichnen, allerdings eindeutig besser bei Häcksellängen unter 20 bis 25 mm. Die größere Zahl der Schnittflächen bei kürzerer Häcksellänge schafft mehr Oberfläche und damit mehr Angriffsfläche für die Tätigkeit der Gärungsbakterien. In welchem Maße die im ganzen wesentlich besseren Ergebnisse bei Mais verglichen mit Luzerne auf die von vornherein dichtere

Lagerung mit stärkerem Sauerstoffausschluß zurückzuführen sind, kann nach unseren Versuchen nicht beurteilt werden. Wie weit überhaupt das gemessene Hohlraumvolumen eine Möglichkeit gibt, Voraussagen für das Gelingen der Gärung zu treffen, erscheint nach Angaben des bekannten Bakteriologen Prof. Glathé, Völknerode, zweifelhaft. Jedenfalls können aus diesen Versuchen keine Rückschlüsse gezogen werden, die einen Anhaltspunkt für einen derartigen Zusammenhang geben. Im Rahmen dieser Versuche, die vom Standpunkt des Ingenieurs durchgeführt wurden, mußten sie in den Hintergrund treten. Trotzdem dürfte es wünschenswert sein, ähnliche systematische Untersuchungen über den Einfluß des Hohlraumvolumens auf den Gärungserfolg durchzuführen.

Ein wichtiger Gesichtspunkt für die Auswahl von Maschinen zur Aufbereitung von Silogut ist das Kraftbedarfsverhalten. Der Kraftbedarf nimmt mit dem Grad der Zerkleinerung, also mit der Zahl der Schnitte beim Häckseln, zu (Abb. 10). Beim Häckseln beträgt der Kraftbedarf je nach Art der verwendeten Maschine etwa 1,0 bis 2,0 kWh/t. Beim Zerreißen liegt er wesentlich höher. Geht man mit der Zerkleinerung noch weiter und vermust das Gut, das heißt zermahlt es zu Brei wie im Starmix, dann steigt der Kraftbedarf etwa auf das 20-fache gegenüber dem beim Häckseln an. Abgesehen davon, daß bei den Versuchen gewonnenes, vermustes Silogut vom Vieh ungenießbar oder überhaupt nicht gefressen wurde, erscheint ein derartig hoher Kraftbedarf und damit eine entsprechende Erhöhung der Stromkosten auf das 20-fache gegenüber der Häckselung als wirtschaftlich nicht vertretbar. Wir können deshalb wohl folgern, daß die Vermutung allein aus Gründen des hohen Kraftbedarfes und damit des übermäßig hohen Stromverbrauches ausscheidet, abgesehen vielleicht von einigen Sonderfällen. Interessant war bei den Messungen des Kraftbedarfes noch etwas anderes: Beim Häckseln von verschieden feuchter Luzerne zeigte sich, daß der Kraftbedarf, bezogen auf die Gewichtseinheit, heraufgeht, wenn der Wassergehalt abnimmt. Wenn wir den Kraftbedarf aber umrechnen auf die Trockengutmasse, dann

Luzerne 47%WG

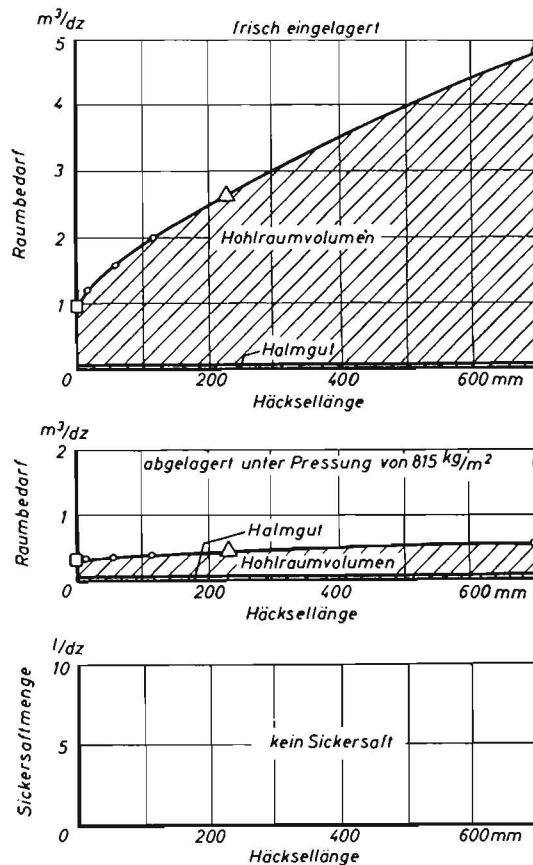


Abb. 7: Raumbedarf von frisch eingelagerter und unter Pressung abgelagerter Luzerne mit 47% Wassergehalt

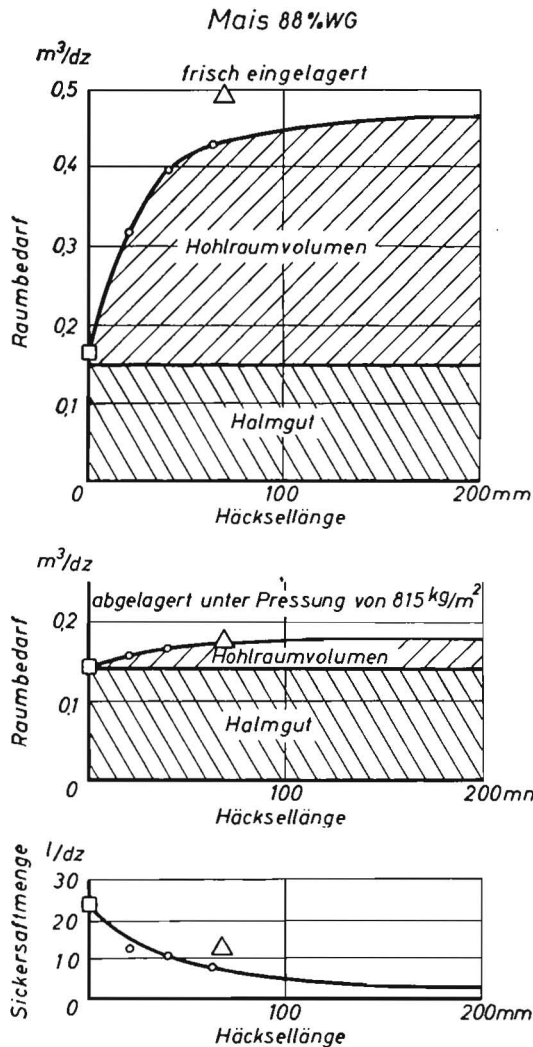


Abb. 8: Raumbedarf von frisch eingelagertem und unter Pressung abgelagertem Mais mit 88 % Wassergehalt, sowie Sickersaftmenge

ergibt sich das Gegenteil. Je trockener das Gut, um so geringer der spezifische Kraftbedarf. Das bedeutet etwas Interessantes, nämlich, daß die Anwesenheit von größeren Mengen Zellsaft, oder wenn wir es anders sagen, das Häckseln von Wasser gleichfalls Energie kostet, und zwar in einem Maße, wie es im allgemeinen nicht erwartet wird. Diese Feststellung hat allerdings weniger praktische Bedeutung als vielmehr grundsätzliches Interesse. Jedenfalls sind die Unterschiede nicht so groß, als daß sie uns verleiten könnten, nur aus Gründen der Kraftbedarfersparnis sehr stark vorzuzwängen.

Zusammenfassend läßt sich erkennen, daß die Zerkleinerung besonders bei hartstengeligen Gut den Vorteil der dichteren Einlagerung, vor allem im ersten Stadium, aufweist. Durch starke Pressung kann bei genügend feuchtem Ausgangsmaterial auch bei längerer Häckselung eine dichtere Einlagerung erreicht werden. Nur bei trockenem Ausgangsgut, das so weit heruntergetrocknet ist, daß die Stengel schlecht nachgeben unter dem Einfluß der Pressung, weil sie nicht mehr elastisch genug sind, wird die erwünschte dichte Lagerung nur noch bei sehr kurzer Häckselung erreicht. Das bedeutet also, daß bei feuchterem Gut noch eine größere Häcksellänge zulässig ist und umgekehrt. Bei sehr wasserhaltigem und weichem Gut wie Rübenblatt kann von der Häckselung ganz abgesehen werden. Bei Rübenblatt bleibt höchstens der Wunsch bestehen, daß die Rübenköpfe zerkleinert werden. Das Zerreißen ist bei hartstengeligen Gut dem Häckseln unterlegen, bei weichem Gut gibt es keine Unterschiede. Das stimmt mit den Erfahrungen der Praxis überein, die mit dem groben Zerreißen von Rübenblatt gute Erfahrungen gemacht hat. Allgemein schafft eine stärkere Zerkleinerung bessere Voraussetzungen für die Gärung.

Darüber hinaus bietet sie den Vorteil bequemerer Förderung mit Hilfe von Geräten mit geringeren Abmessungen; bei den Gebläsen erlaubt sie die Verwendung von engen Rohrleitungen und bei den mechanischen Förderern schmale Gummibänder. Derartige Geräte sind billiger in der Anschaffung und einfacher zu handhaben.

Werten wir diese Versuche aus, um die vorhandenen Maschinen und Geräte zum Füllen von Silos einschließlich derjenigen, die in der letzten Zeit entwickelt worden sind oder sich noch in der Entwicklung befinden, auf ihre Brauchbarkeit zum Füllen von Silos zu beurteilen, wie es der Aufgabe dieser Untersuchungen entspricht, dann ergibt sich zwangsläufig eine Einteilung der Fördermittel nach ihren Anwendungsbereichen.

Zum Aufbereiten und Fördern von Silogut kommen folgende Geräte in Betracht: Greiferaufzug, Bandförderer, Allesförderer-Gebläse mit aufgebautem Breithäcksler oder Zerreißer, Gebläsehäcksler in Form von Scheiben- oder Trommelhäckslern, Breithäckslern und Schneid-gebläse und schließlich Wurfgebläse ohne besondere Zerkleinerungseinrichtung. Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Gerätarten sind in Abbildung 11 erläutert. Der Greiferaufzug (Abb. 12) eignet sich zum Füllen von flachen und hohen Silos mit unzerkleinertem Gut, vor allem Rübenblatt, ebenso auch zum Entleeren. Hierfür sind allerdings mit Rücksicht auf die Vermeidung von Unfällen selbstgreifende Werkzeuge bei Silos mit kleiner Grundfläche erforderlich.

Bandförderer mit Ketten- und Querstegen oder in Form der neuen schmalen Gummibandförderer kommen für

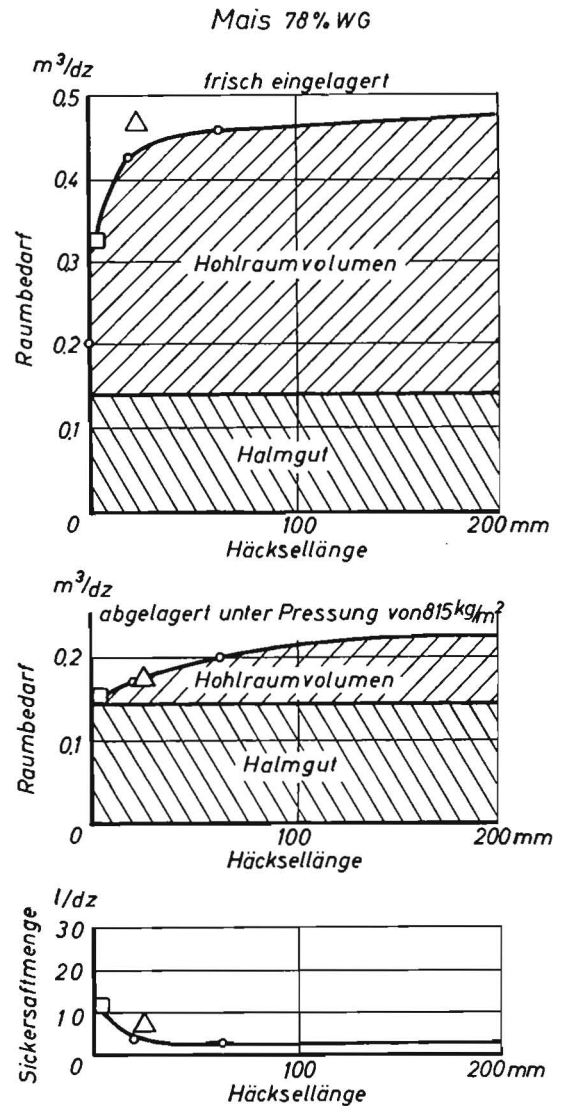


Abb. 9: Raumbedarf von frisch eingelagertem und unter Pressung abgelagertem Mais vorgewelkt auf 78 % Wassergehalt, sowie Sickersaftmenge

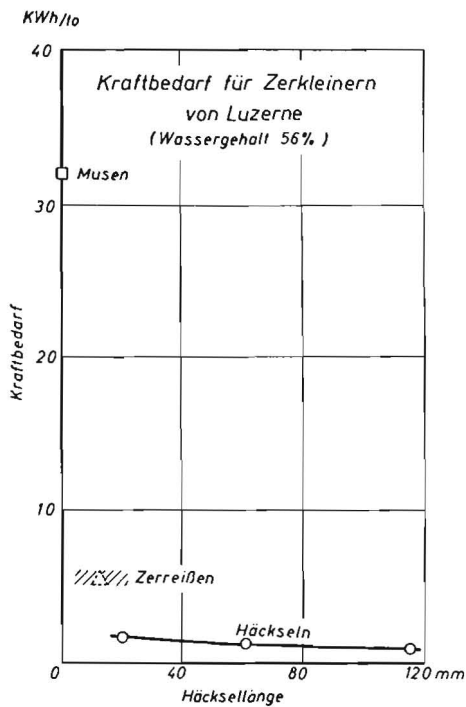


Abb. 10: Spezifischer Kraftbedarf für Häckseln, Zerreißen und Vermusen bei Luzerne mit 56% Wassergehalt

flache und mittelhohe Silos in Betracht, in erster Linie zum Fördern von Rübenblatt an Stelle eines Gebläsehäckslers, der im allgemeinen einer längeren Benutzung beim Fördern von Rübenblatt nur dann standhält, wenn er genügend kräftig ausgebildet ist.

Ist ein Allesförderergebläse zum Fördern von Heu und Stroh in Betrieb vorhanden, dann kann hiervon gleichfalls Gebrauch gemacht werden zum Füllen von Silos. Zum Zerkleinern kann auf den Einwurfrichter ein Breithäcksler oder Zerreißer gesetzt werden. Mit Breithäcksler werden die neuen Häcksler bezeichnet, die auf Vorschlag von Prof. Dencker aus den früheren, vor allem in Nordwestdeutschland bekannten Strohschneidgeräten entwickelt wurden [4].

Am vielseitigsten verwendbar ist der Gebläsehäcksler in seinen verschiedensten Bauformen. Wird Wert auf eine gleichmäßige Häcksellänge vor allem auch bei der Verarbeitung von Stroh und Heu gelegt, dann kommen nur die ersten beiden Bauarten in Betracht. Breithäcksler und Schneidgerätsgebläse, letzteres in Form eines Wurfgebläses mit an der Ansaugöffnung angeordneten Schneidvorrichtungen, sind besonders einfach in der Bauart. Schneidgerätsgebläse scheiden allerdings aus, wenn sehr kurze Häcksellängen verlangt werden. Deshalb werden sie im allgemeinen nur zur Verarbeitung von Rübenblatt und Marktstammkohl benutzt. Die Förderung mit dem Wurfgebläse hat bei Rübenblatt den Vorteil, daß die Rübenköpfe, sofern sie nicht schon von den Messern genügend erfaßt sind, durch den Schlag der Schaufeln mit Sicherheit zertrümmert werden.

Für Rübenblatt reicht auch ein einfaches Wurfgebläse aus, wie es zum Entleeren von Häckselwagen und Mähhäckslern benutzt wird, vorausgesetzt, daß es kräftig genug gebaut ist. Das allein durch den Schaufelschlag zerkleinerte Rübenblatt läßt sich bis zu Mengen von 5 bis 6 t/h auch durch die bei diesen Gebläsen verhältnismäßig engen Rohre von 250 mm Weite fördern.

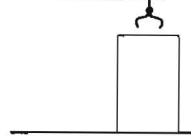
Hiermit ist ganz allgemein die Bedeutung der wesentlichen, heute bekannten Geräte für die Verwendung am Grünfuttersilo umrissen. Es wäre sehr zu wünschen, wenn die Ergebnisse dieser Untersuchungen, die sich auf die am besten geeigneten Häcksellängen beziehen, auch durch entsprechende

Füllen von Grünfuttersilos

Vorteile:

Nachteile:

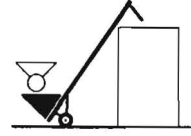
1. Greiferaufzug



1. Geringe Kosten für Anschaffung und Betrieb
Förderung in senkr. und waagerechter Richtung
Auch zum Entleeren geeignet

1. Orisfest
Nur für längeres unzerkleinertes Silogut brauchbar
Hinterläßt beim Entleeren keine glatte Oberfläche

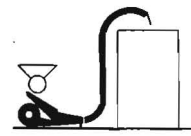
2. Bandförderer



2. Geringe Betriebskosten, da geringer Kraftbedarf
Große Leistung
Größte Arbeitersparnis
Nicht artsgebunden, auch für andere Fördergüter geeignet (breite Ausführung für Heu und Getreide, schmale Ausführung mit Gummiband für Kartoffeln, Stallmist und Körner)

2. Bei breiter Ausführung hohe Anschaffungskosten
Nur für Silos bis zu einer Füllhöhe von 6 bis 8 m, da sonst zu große Baulänge
Bei glatten Gummiförderbändern nur bis zu einer Neigung bis höchstens 25° brauchbar, bei Verwendung von Förderleisten bis zu 55°

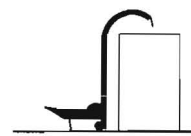
3. Allesförderergebläse



Zerreißer oder Schneidgerät kann auf Einlegemulde gesetzt werden

3. Hohe Betriebskosten
Schwieriges Rohrverlegen

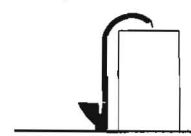
4. Gebläsehäcksler



3. Geringe Anschaffungskosten
Auch für andere Fördergüter wie Heu, Getreide brauchbar
Zerreißer oder Breithäcksler kann auf Einwurfrichter aufgesetzt werden

4. Bei Grüngut nur für senkrechte Förderung brauchbar
Bei Rübenblatt Empfindlichkeit gegen rauhen Betrieb durch Verarbeitung von Rübenköpfen und gelegentlich auftretende Steine
Höherer Kraftbedarf

5. Wurfgebläse



4. Ersparnis von Lagerraum
Auch zum Häckseln von Heu und Stroh geeignet

5. Ersparnis von Lagerraum
Universell verwendbar
Zum Fördern von Rübenblatt, Heuhäckseln, Stroh, Spreu, Zuckerrübenschnitzel und Trockenblatt geeignet
Bequemes Fuderabladen durch hochschwenkbare Lade- oder kurzem Trichter

5. Reines Zusatzgerät zum Feldhäcksler
Hoher Kraftbedarf

12.10.54. Schl. 2. chg. Nr.

Abb. 11: Zusammenstellung der Geräte zum Füllen von Silos

chende gärtechnische Untersuchungen erhärtet werden könnten. Es dürfte dann möglich sein, feste und bestimmte Wünsche hinsichtlich der Häcksellänge abzuleiten, um die Ausführung unserer Gebläsehäcksler durch Beschränkung auf wenige Häcksellängen von etwa 25 und 50 mm zu vereinfachen und zu verbilligen.

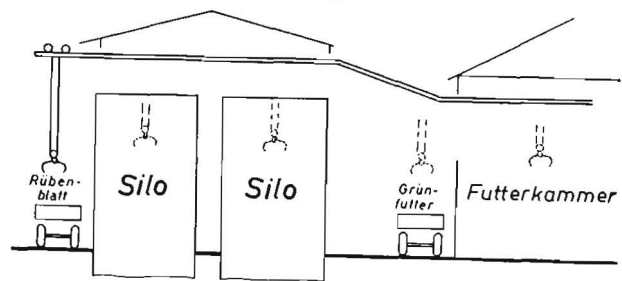


Abb. 12: Greiferaufzug zum Füllen von Silos

Schrifttum:

- [1] Briggs, R. A.: An Agronomist looks at Grass Silage, „Agricultural Engineering“, November 1954
[2] —: The New Technique of Silage Baling, „Power Farmer“, Dezember 1954, S. 216
[3] Hoendler, H.: Untersuchungen über den Einfluß des Wassergehaltes und der künstlich zugeführten Kohlensäure auf die Gärfutterqualität, (aus dem Institut für Milcherzeugung, Kiel, Direktor: Prof. Dr. W. Kirsch), Heft 48 der AID-Schriftenreihe, 1952
[4] Güth, Karl: Bericht über DLG-Vergleichsprüfung von Gebläsehäckslern, 1955 (In Vorbereitung)

Résumé:

Prof. Dr.-Ing. G. Segler und Dipl.-Ing. B. Winkeler:

„Der Einfluß der Zerkleinerung von grünem Halmfutter beim Befüllen von Silos.“

Es wird der Einfluß der Häcksellänge sowie des Grades der Zerkleinerung beim Zerreißen auf Raumbedarf, Hohlraumvolumen, Sickerstoffmenge, Kraftbedarf für die Aufbereitung und die Fördereigenschaften von grünem Halmfutter beim Füllen von Silos untersucht.

Während beim Rübenblatt nur eine Zerkleinerung der anhaftenden Rübenköpfe wünschenswert ist, ist sie bei stengligem Gut, wie Luzerne und Mais, erforderlich, um eine dichte Lagerung und einen besseren Ausschluß von Sauerstoff zu erreichen. Eine stärkere Zerkleinerung ermöglicht ferner die Entwicklung von Fördergeräten mit geringeren Abmessungen. Das Zerreißen erfordert mehr Kraftbedarf als das Häckseln.

Prof. Dr.-Ing. G. Segler and Dipl.-Ing. B. Winkeler:

"The Effect of the Degree of Reduction in Size of Green Stalk Fodder on the Filling of Silos."

The effect of the length of the stalk of green fodder, as well as that of the degree of reduction in size, upon the space required for storage, the total volume of the silo, the quantity of liquid of percolation and power requirements for preparation and conveying of green stalk fodder during the filling of silos is discussed at length. In the case of turnip leaves only a reduction in size of the attached turnip head is desirable, but with stalked fodder, such as lucerne and maize, a considerable reduction in size is necessary, so that the fodder stows better and oxygen is excluded. Furthermore, such a reduction in size also permits of the use of conveyors and elevators of smaller dimensions. The breaking and tearing process requires more power than ordinary chopping.

Prof. Dr.-Ing. G. Segler et Dipl.-Ing. B. Winkeler: *«L'influence du degré de réduction du fourrage vert constitué par des végétaux à tiges sur le chargement des silos.»*

Les auteurs examinent l'influence de la longueur des brins ainsi que du degré de division obtenu par le déchiquetage du fourrage vert constitué par des végétaux à tiges sur l'encombrement, le volume des vides, la quantité de suc exprimé, les besoins de puissance pour la préparation et la facilité de manutention lors du remplissage des silos. Pour permettre un tassement plus compact et une meilleure évacuation de l'oxygène, il est souhaitable de fragmenter les végétaux à tiges, comme par ex. la luzerne et le maïs, tandis que les feuilles de betterave n'exigent pas une réduction à l'exception des collets qui y sont attachés. Une division poussée permet en outre la construction d'appareils de manutention ayant des dimensions réduites. Le déchiquetage exige plus de puissance que le hachage.

Ing. Dr. G. Segler, catedrático, e Ing. dipl. B. Winkeler:

«La influencia del desmenuamiento de forrajes de tallos verdes en el ensilado.»

Se investigan las influencias que ejerce el largo de los trozos cortados, así como el grado de trituración por el desmenuamiento en la cabida, el volumen de los espacios huecos, la cantidad de zumo escurrido, la energía necesaria para la preparación y las condiciones de transporte de forrajes de tallos verdes al ensilarlos. Mientras en las hojas de remolacha sólo resulta conveniente el desmenuamiento de la parte adherida del cogollo, en los forrajes que tengan tallos, como la lucerna y el maíz, el desmenuamiento resulta necesario para conseguir el amontonamiento más apretado y la mejor exclusión del oxígeno. Un mayor grado de trituración permite además la construcción de dispositivos de transporte de dimensiones más reducidas. La trituración requiere más energía que el corte en trozos.

Dipl.-Ing. G. Römer und Dipl.-Ing. W. Urban:

Die Förderung von Halmgut durch Förderschnecken

Lehrauftrag für Landmaschinen an der T.H. Karlsruhe¹⁾

Schon lange werden in der Landwirtschaft Schnecken zur Förderung von Getreide und Mahlprodukten verwendet. Vorteile der Schneckenförderung sind: Geringer Platzbedarf, geschlossene Bauform, einfacher Antrieb und geringe Wartung. Diese Vorteile sind recht verlockend, und so finden wir neuerdings auch Schnecken zur Bewegung von Halmgut aller Art im Mäh-drescher, Mähhäcksler, Stroh- und Grünfuttersammler und in anderen Erntemaschinen.

Nun wird aber Halmgut von Schnecken anders gefördert als kornförmiges Gut: Das Halmgut wird nicht zwischen den Schneckenwindungen liegend weitgeschoben, sondern zwischen Schneckenaußenkante und Mulde eingeklemmt und so je nach Größe der Schneckensteigung mehr längs oder quer zur Schneckenachse bewegt. Es besteht daher Unsicherheit, wie weit die bekannten Angaben für günstigste Bauform, Drehzahl, Reibungswerte und Förderleistung von Schnecken, die zur Bewegung kornförmiger Materialien dienen sollen, für die Förderung von unzerschnittenem Halmgut übernommen werden können.

Die hier beschriebene Untersuchung sollte diese Frage klären unter Einschränkung auf eine Arbeitsweise der Schnecke, wie sie zur Querförderung frisch geschnittenen Halmgutes im Mäh-drescher dient. Um irreführende Streuungen der Versuchsergebnisse weitge-

hend auszuschalten, war es notwendig, als Versuchsgut eine Strohart mit möglichst konstanten technologischen Eigenschaften zu verwenden. Im vorliegenden Falle wurde mit ungedroschenem Roggen einer mittleren Halmlänge von 125 cm, einem Korn-Stroh-Verhältnis von 1:1,6 und einem Feuchtigkeitsgehalt von 14,5 % gearbeitet.

Den Versuchsaufbau zeigt Abbildung 1. Auf einem 1350 mm breiten Leinentuch, dessen Fördergeschwindigkeit verändert und die Höhenlage bezüglich der Schnecke verstellt werden konnte, wurde das Gut der Förderschnecke zugeführt und von dieser über die Schneckenmulde durch eine ringförmige Ausgangsöffnung (500 mm \varnothing) hindurchgeschoben. Die Förderschnecke bestand aus einem 1,5 mm starken Blechzylinder mit 280 mm Durchmesser und 1740 mm Länge, auf dem 100 mm breite Schneckenwindungen gleicher Blechstärke mit einer Steigung von 300 mm/Umdrehung aufgeschweißt waren. Die Schnecke war in zwei Bocklagern im Abstand von 2450 mm gelagert. Die Schneckendrehzahl war von 0 bis 900 U/min stufenlos zu verstellen. Der Abstand von der Außenkante der Schnecken-Windung zur Schneckenmulde konnte auf einen Größtwert von 30 mm eingerichtet werden.

Bei Vorversuchen zeigte sich, daß die Art des Heranführens des Halmgutes an die Schnecke wesentlich die Arbeitsgüte der Förderschnecken bestimmt, als das bei der üblichen Förderung von körnigem Gut bekannt ist. Lagen die Halme parallel zur Schneckenachse, so stauten sie sich vor der Schnecke und wurden von dieser nicht erfaßt. Zur wirkungsvollen Förderung mußten die Halme zwischen Schneckenwindung und Muldenboden

eingeklemmt werden, und das geschah am günstigsten, wenn die Halme unterhalb der Schneckenachse und quer zu ihr liegend vom Fördertuch zwischen die Schneckenwindungen hineingeschoben wurden. Die Halme wurden danach von der Schnecke zwangsläufig erfaßt, eingezogen, in axiale Richtung umgelenkt und weiterbefördert (Abb. 2 und 3). Die Schneckenwindungen drückten sich hierbei je nach Belagdicke entsprechend stark in das Stroh ein und beförderten den Halmgutbelag wie eine Schraubenmutter weiter. Da jedoch das Halmgut von der Schnecke nicht nur axial in der Längsrichtung, sondern auch in der Drehrichtung mitgenommen wurde, war seine Bewegungsbahn eine schraubenförmige. Die Steigung dieser schraubenförmigen Förderbahn hing vom Grad der Mitnahme oder des Schlupfes in der Drehrichtung ab.

Der geeignete Abstand von Trog und Schnecke, der Muldenabstand, war scheinbar abhängig von der Schneckendrehzahl. Bei einer Drehzahl von 100 U/min war der Muldenabstand mit 30 mm zu groß. Es bildete sich ein stehender zweiter Muldenboden aus Halmgut, der den Fördervorgang behinderte. Erst bei einer Schneckendrehzahl von 500 U/min verschwand das stehende Halmgut in der Mulde. Der Muldenabstand wurde daher fest auf 8 mm eingestellt, denn bei diesem Muldenabstand ging der Fördervorgang auch bei einer Schneckendrehzahl von 100 U/min einwandfrei vor sich, und es war damit eine gleichmäßige Ausgangslage für die Versuche gegeben. Die Vorversuche ergaben, daß zur Klärung des Fördervorganges in erster Linie die Verschiebung des Halmgutes in der Mulde untersucht werden mußte.

¹⁾ Im Rahmen des Lehrauftrages für Landmaschinen des Obergeringieurs A. Lentz an der T.H. Karlsruhe, angeschlossen an den Lehrstuhl für Kolbenmaschinen, Getriebelehre und Schwingungstechnik unter Leitung von Prof. Kraemer, werden, gestützt und gefördert von der Landmaschinen-Industrie, Untersuchungen auf wissenschaftlicher Grundlage durchgeführt. Die Firma Heinrich Lanz A.G., Mannheim, hat vorliegende Arbeit ermöglicht.