

# Untersuchungen an Silagefütterungsanlagen für Rindvieh

Institut für Landmaschinen, TH Braunschweig

Eine vollmechanisierte Fütterungsanlage hat im allgemeinen drei Aufgaben zu erfüllen: das Futter vom Vorratsbehälter zum Freßtrog zu fördern, eine Verteilung des Futters im Freßtrog vorzunehmen und bestimmte Futtermengen zuzuteilen, das heißt sie zu dosieren. Das mechanisierte Fördern gehört zu jeder Fütterungsanlage. Die Arbeitsgänge des Verteilens und des Dosierens können, wie es bei den hier nicht behandelten Selbstfütterungsanlagen der Fall ist, entfallen oder sie müssen je nach Art des Futters (z. B. Kraftfutter oder Silage) oder der Haltungsform (z. B. Anbindestall oder Laufstall) mehr oder weniger gut mechanisiert sein. Vergleicht man die Kraftfütterzuteilung im Melkstand mit der Silagefütterung aus dem Gärfuttersilo, so kann man aus wirtschaftlichen Gründen bei dem Kraftfutterspender auf keinen Fall auf ein gut funktionierendes Dosiergerät verzichten, während diese Einrichtung bei den Silagefütterungsanlagen eine untergeordnete Rolle spielt, da hier eine möglichst große Futteraufnahme erwünscht ist. Bei den Silageverteilanlagen ist eine grobe Dosiermöglichkeit nur zum Zwecke der Futtereinteilung bei knappen Futtermitteln notwendig. Vergleicht man die Silagefütterung im Laufstall mit der im Anbindestall, so braucht im ersten Fall die Futterverteilung im Trog nicht so gleichmäßig durchgeführt zu werden, da hier den frei herumlaufenden Tieren kein bestimmter Trogabchnitt zugeteilt wird. Im Anbindestall da-

gegen muß auf eine gleichmäßige Futterverteilung natürlich besonderer Wert gelegt werden.

Die in der Praxis vorhandenen Silagefütterungsanlagen für Rindvieh kann man wie folgt einteilen:

1. Fütterungsanlagen, bei denen das Futter in mehr oder weniger genau dosierten Mengen beispielsweise durch eine gleichmäßig fördernde Silofräse oder durch ein besonderes Dosiergerät auf das Fördergerät der Fütterungsanlage geworfen wird. Das Fördergerät läuft auf dem Boden des Freßtroges und legt das Futter gleichmäßig verteilt den Tieren vor. Der Boden der Krippe ist gleichzeitig der Boden des Förderkanals der Fütterungseinrichtung. Einfache Kratzkettenförderer und Schubstangenförderer entsprechend Bild 1 oder der fahrbare Futtertisch sind Beispiele für diese Fütterungsanlagen.
2. Fütterungsanlagen, die das Futter transportieren, verteilen und in gewissen Grenzen dosieren. Beispiele: Fütterungsanlagen mit Schneckenförderern, mit speziellen Schubstangenförderern, mit Schubrechenförderern, fahrbare Futterverteilwagen und andere.

In dieser Arbeit werden einige technologische Probleme, die im Zusammenhang mit den Verteil- und Dosiereigenschaften der Silagefütterungsanlagen stehen, untersucht. Dabei sollen die Fragen der Lebensdauer der Geräte, der Funktionssicherheit bei Kälte und Feuchtigkeit, der Geräuschentwicklung der Geräte und ähnliches nicht behandelt werden, zumal diesbezügliche Erfahrungen aus der Praxis wie beispielsweise das leichte Festfrieren von Ketten- und Schubstangenförderern im Winter oder der erhöhte Verschleiß zwischen Schneckenwindung und Lagerungsblech bei Schneckenförderern nicht als grundsätzliche nachteilige Eigenschaften dieser Geräte zu werten sind, da sie sich unter Umständen durch technische Veränderungen weitgehend beseitigen lassen [1].

Es erübrigte sich, irgendwelche Geräte der erstgenannten Gruppe der oben aufgeführten Einteilung in technologischer Hinsicht zu untersuchen. Daß sie einwandfrei fördern, hat die Praxis nicht zuletzt am Beispiel des Stallungstreuers mit Kratzkettenförderer oder der Schubstangenentmischungsanlage gezeigt. Die Güte der Gutverteilung und -dosierung hängt bei diesen Geräten in erster Linie von der Gleichmäßigkeit des Gutstromes des Zuteilgerätes ab. Aus der Fördergeschwindigkeit des Fütterungsgerätes und der Beschickungsmenge ergibt sich die je Meter Troglänge zugeteilte Futtermenge. Um diese variieren zu können, muß eine der beiden Größen verstellbar sein.

Im Institut für Landmaschinen der TH Braunschweig wurden im Rahmen eines Forschungsauftrages<sup>1)</sup> drei Geräte der zweiten Gruppe untersucht. Bild 2 zeigt diese Geräte in schematischer Darstellung: einen offenen Schneckenförderer und einen geschlossenen Schneckenförderer aus den USA und einen Schubrechenfütterer eigener Konstruktion.

## 1. Untersuchte Anlagen

Der offene Schneckenförderer füllt den Freßtrog allmählich von vorn nach hinten. Die Förderschnecke ist dazu in einem bestimmten Abstand  $h$  vom Trogboden entfernt fest zwischen zwei Seitenbrettern angebracht. Beim Verteilen des Silagefutters füllt sie den freien Zwischenraum bis zum Freß-

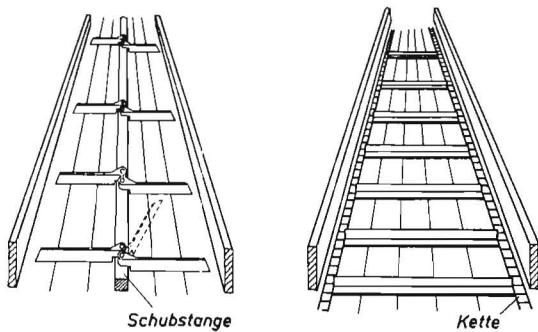


Bild 1: Fütterungsanlagen mit Schubstangen- und Kratzkettenförderern

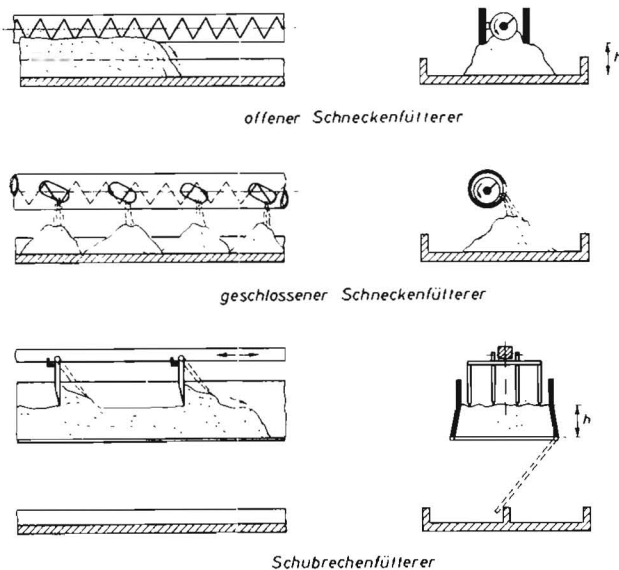
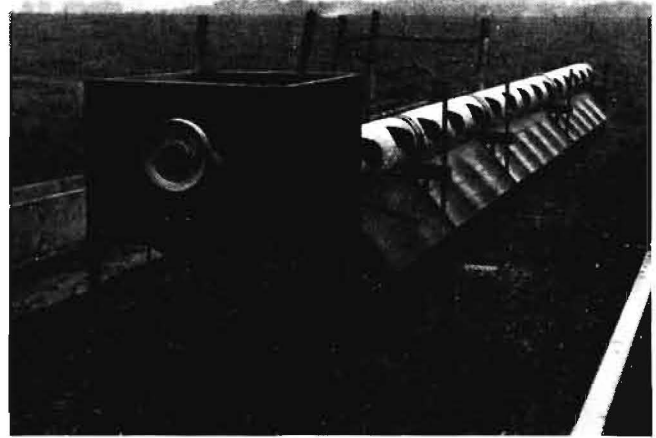


Bild 2: Untersuchte Fütterungsanlagen (schematisch)

<sup>1)</sup> Die Mittel für diese Untersuchungen stellte das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten zur Verfügung. Dafür sei auch an dieser Stelle gedankt



**Bild 3: Offener Schneckenfütterer**  
(während des Versuches)



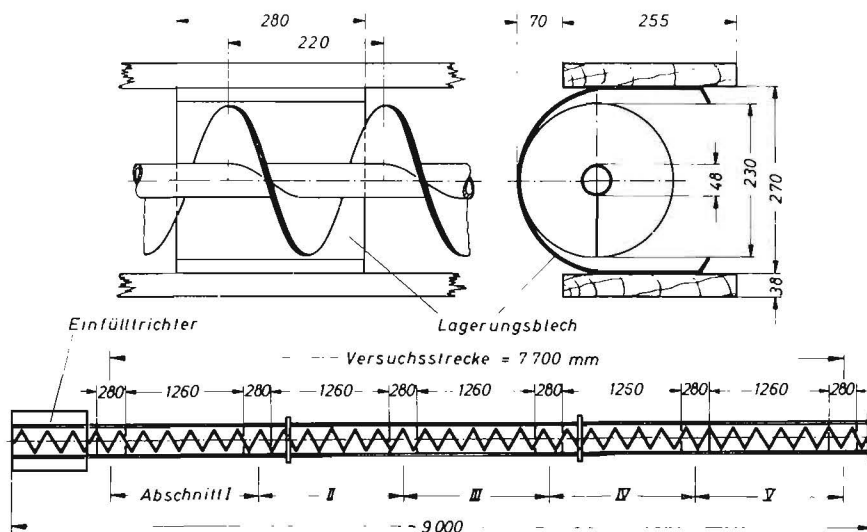
**Bild 5: Geschlossener Schneckenfütterer**

trogboden voll. Das schon verteilte Futter bildet also gleichzeitig einen Teil des Förderkanals, in dem das noch zu verteilende Futter gefördert wird. Die Futtermenge je Meter Troglänge kann man durch Verstellen des Abstandes zwischen Schnecke und Trogboden verändern. Wenn man bei diesen Geräten im Rahmen der Möglichkeiten das Futter optimal zuteilen möchte, so muß man die Tiere während der Futterverteilung beispielsweise durch einen Elektrozaun vom Freßtrog fernhalten, da andernfalls die Tiere, die am Troganfang stehen, durch Verschieben des provisorischen Futterkanals mehr Silage bekommen. Charakteristische Merkmale dieser Schneckenfütterungsanlagen sind also der fehlende Förderkanalboden und die Verstelleinrichtungen, über die die Seitenwände des Förderkanals und die Schnecke zum Zwecke der Einstellung der Futterration in der Höhe verändert werden können (Bild 3). Aus Bild 4 können die Maße der untersuchten Fütterungsanlage entnommen werden. Die Schnecke ist in bestimmten Abständen auf Blechen gelagert. Zur Verminderung des Verschleißes besitzt die Schneckenwindung an dieser Stelle einen Kunststoffstreifen, der am Umfang aufgesteckt worden ist. Da sich diese Kunststoffstreifen während der Versuche manchmal lösten, wurden die meisten Untersuchungen ohne diese Gleitstreifen durchgeführt. Durch die Lagerbleche wird die gesamte Förderstrecke in fünf Abschnitte unterteilt.

Im Gegensatz zum offenen soll der geschlossene Schneckenfütterer an jeder Stelle des Freßtrogges die gleiche zeitlich konstante Silagemenge auswerfen (abgesehen vom Förderbeginn bzw. Förderende). Die Schnecke läuft entsprechend Bild 5 in einem Rohr, das aus vier Abschnitten besteht und das in gewissen Abständen (610 mm), die etwa der Breite eines Tieres entsprechen, ovale Auswurföffnungen besitzt. Da-

durch, daß das Gut an der Seite des Rohrrinnern, an der sich die Löcher befinden, mit nach oben genommen wird, kann es entweder infolge der Zentrifugalkräfte, die von der Schnecke auf das Gut ausgeübt werden, oder dadurch, daß der natürliche Böschungswinkel überschritten wird, aus dem Rohr heraus in den Freßtrog fallen. Innerhalb eines jeden Rohrabschnittes sind die ovalen Auswurföffnungen in Förderrichtung um jeweils etwa 2 mm nach unten versetzt. Dadurch wird berücksichtigt, daß der Füllungsgrad mit zunehmender Entfernung von der Aufgabestelle abnimmt. Die zuzuteilende Futtermenge wird über die Laufdauer eingestellt. Das gesamte Rohr ist auf mehreren Stützen drehbar gelagert und kann dadurch über einen Hebel in eine bestimmte Lage gedreht werden (Abstand  $a$ ). Außerdem können die vier Rohrabschnitte noch gegeneinander verdreht werden (Abstand  $h$ ). Mittels dieser Verstellmöglichkeiten kann eine gleichmäßige Futterverteilung über der gesamten Troglänge eingestellt werden. Das Förderrohr wurde entsprechend der Zahl der einzelnen Rohrabschnitte in vier Abschnitte unterteilt. Nähere Einzelheiten über die Abmessungen der Fütterungsanlage findet man in Bild 6.

Es ist bekannt, daß die Schneckenfütterungsanlagen nur kurzgehäckselte Silage fördern und verteilen können. Aus diesem Grunde wurde eine Schubrechenanlage entwickelt und gebaut, mit der man auch langhalmiges Gut fördern und verteilen kann. Die wesentlichen Merkmale dieses Gerätes sind in Bild 2 zu sehen. Mitten über dem Freßtrog befindet sich ein U-förmiger Fördertrog, in den von oben das Förderorgan hineingreift. Es besteht aus einer hin- und hergehenden Schubstange, an der in Abständen von 80 cm Schubrechen befestigt sind. Die Schubrechen sind so ausgebildet, daß sie bei der Förderbewegung senkrecht zur Schubstange stehen



**Bild 4: Offener Schneckenfütterer**  
(Maße)

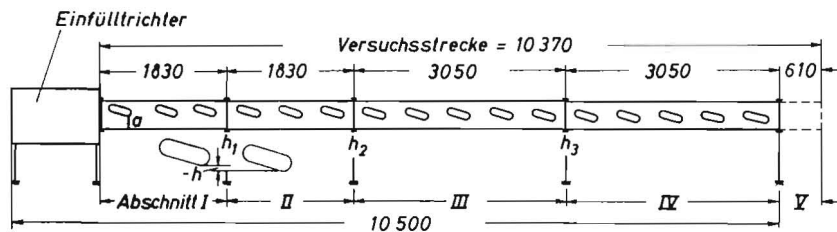
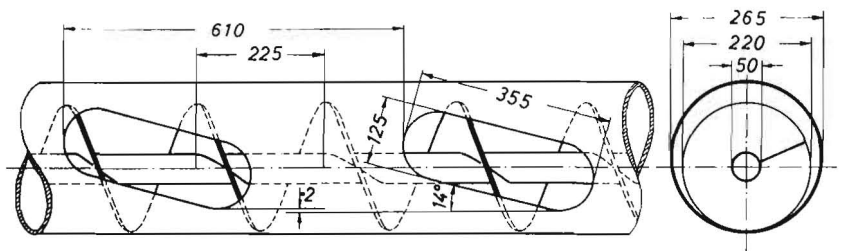


Bild 6: Geschlossener Schneckenfütterer (Maße)



Bild 7: Schubrechenfütterer

und somit das Gut fördern und bei der Rückwärtsbewegung sich an die Schubstange legen und somit über das Gut hinweggleiten. Ist der Förderkanal über der gesamten Troglänge mit Futter gefüllt, so wird der Förderkanalboden über Handkurbel und Seilzug abgekippt, und das Futter fällt in den Trog. Die Abkippvorrichtung ist so ausgebildet, daß man das Gut sowohl in die linke als auch in die rechte Troghälfte kippen kann. Da der Abstand  $h$  zwischen den Förderzinkenspitzen und dem Förderkanalboden verändert werden kann, können unterschiedliche Futtermengen zugeteilt werden. Bild 7 zeigt einen Blick in den gefüllten Förderkanal des Schubrechenfütterers. Die Anlage war 8,6 m lang und wurde in vier Abschnitte unterteilt.

## 2. Ergebnisse der Untersuchungen

Mit den Versuchen sollte festgestellt werden, ob die Futterverteilung, das heißt die Futtermenge je Meter Troglänge, über der gesamten Troglänge konstant gehalten werden kann und welchen Einfluß die Beschickungsmenge, die Schneckendrehzahl und die Höheneinstellung beim offenen Schneckenfütterer beziehungsweise beim Schubrechenfütterer oder die Rohrdrehung beim geschlossenen Schneckenfütterer auf die Futterverteilung haben. Der Schubrechenförderer sollte insbesondere beim Fördern langhalmigen Gutes untersucht werden. Schließlich sollte der Leistungsbedarf aller Geräte ermittelt werden.

Der Versuchsaufbau ist dem Bild 3 zu entnehmen. Um eine gleichmäßige Silagezufuhr zu bekommen, wurde das Gut unter Verwendung eines Stallungstreuers schleierförmig in die Fütterungsanlage gebracht. Während des Versuches wurden die Zeit für den gesamten Fördervorgang und die Leistungsaufnahme des Antriebsaggregates der Fütterungsanlage gemessen. Nach dem Versuch wurden die Gutmengen der einzelnen Abschnitte der Förderstrecke auf einer Feldwaage ausgewogen.

Als Fördergut wurde kurzgehäckselte ( $l_{\text{theor}} = 13 \text{ mm}$ ) und unzerkleinerte Erbsensilage und im Harvestoresilo gesäuerte Grassilage verwendet<sup>2)</sup>. Der Feuchtegehalt der Erbsensilage betrug 70 bis 75 %, der der Grassilage 45 bis 55 %.

Da der offene Schneckenfütterer die ungehäckselte Erbsensilage nicht fördern und verteilen konnte, liegen für dieses Gerät Meßwerte nur für kurzgehäckselte Erbsensilage und Grassilage vor. Um genauere Angaben über die Futterverteilung zu bekommen, wurde bei diesen Untersuchungen mit zwei Schneckendrehzahlen ( $n = 100$  und  $150 \text{ U/min}$ ) und

mit zwei verschiedenen Abständen zwischen der Unterkante der Seitenbretter und dem Freßtrogboden ( $h = 12,5 \text{ cm}$  und  $25 \text{ cm}$ ) gearbeitet. Die zeitliche Beschickungsmenge  $Q$  [kg/min] wurde dreimal variiert.

Bild 8 zeigt die je Meter Troglänge zugeteilte Silagemenge bei kurzgehäckselter Erbsensilage für eine Schneckendrehzahl von  $150 \text{ U/min}$  in Abhängigkeit von der Troglänge, wobei der Abstand  $h$  und die Beschickungsmenge  $Q$  als Parameter auftreten. In Bild 9 sind die entsprechenden Kurven für Grassilage angegeben. Man erkennt, daß in allen Fällen die Meßpunkte mit zunehmender Troglänge etwa linear abfallen, was schon HEEGE [2] tendenzmäßig festgestellt hat. Der prozentuale Abfall der zugeteilten Mengen zwischen Anfang und Ende der Förderstrecke betrug bis zu 55 %. Die Begründung hierfür liegt einmal darin, daß durch die Schneckenbewegung das zu Anfang locker gelagerte Gut allmählich zusammengerüttelt wird, wodurch die Gutdichte mit steigender Förderlänge abnimmt. Würde dies der Hauptgrund sein, so müßte eine größere Beschickungsmenge  $Q$  bei gleicher Schneckendrehzahl niedere Werte und eine gleichmäßigere Verteilung für die zugeteilten Silagemengen ergeben, da die Förderzeit geringer ist. Das Gegenteil ist der Fall. Die Bilder 8 und 9 zeigen, daß die Beschickungsmenge einen ganz erheblichen und nicht zu erwartenden Einfluß auf die zugeteilte Silagemenge hat, und zwar, daß bei den untersuchten Höheneinstellungen die zugeteilte Silagemenge mit steigender Beschickungsmenge nicht abfällt, sondern erheblich ansteigt. Anhand des Bildes 10 soll dieses Versuchsergebnis erklärt werden. Während der Förderung wird das Gut an einem der beiden Begrenzungsbretter entlanggeschoben

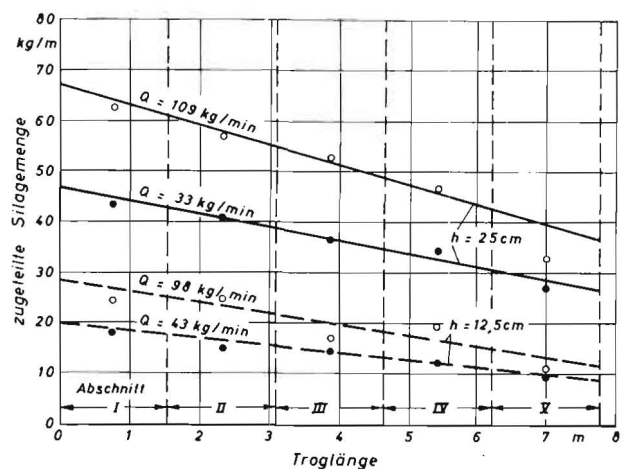


Bild 8: Futterverteilung beim untersuchten offenen Schneckenfütterer bei verschiedenen Beschickungsmengen  $Q$  und Einstellhöhen  $h$  (Material: kurzgehäckselte Erbsensilage;  $n = 150 \text{ U/min}$ )

<sup>2)</sup> Die Silage wurde vom Institut für Grünlandwirtschaft, Futterbau und Futterkonservierung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig, zur Verfügung gestellt, wofür an dieser Stelle noch einmal gedankt sei

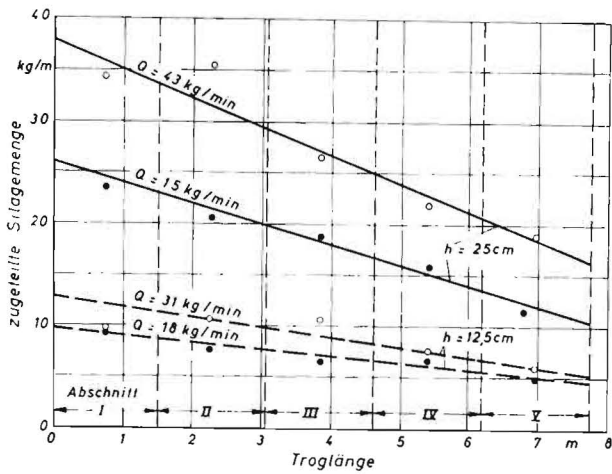


Bild 9: Futtermittelverteilung beim untersuchten Schneckenfütterer bei verschiedenen Beschickungsmengen  $Q$  und Einstellhöhen  $h$  (Material: kurzgehäckselte Grassilage;  $n = 150$  U/min)

ben (in Bild 10 am linken), wodurch an dieser Seite die zugeteilte Materialschicht so stark komprimiert wird, daß das Gut unterhalb des Begrenzungsbrettes herausgedrückt wird. Auf der anderen Seite des Förderkanals (in Bild 10 auf der rechten) wird die Gutschicht relativ locker liegen. Nun fällt während der Förderung ständig eine gewisse Silagemenge um einen Schneckengang zurück. Im Bild 10 ist gerade die Gutmenge (1) von links nach rechts gefallen. Die zurückgefallene Silage wird durch die Schnecke in die locker daliegende Gutschicht gedrückt. Bei größeren Beschickungsmengen wird die Gutmenge, die nachträglich auf diese Weise in die schon daliegende Gutschicht gedrückt wird, wesentlich größer sein als bei kleinen. In Bild 11 ist für kurzgehäckselte Erbsensilage die gesamte auf etwa 8 m verteilte Gutmenge in Abhängigkeit von der Beschickungsmenge für die beiden untersuchten Drehzahlen und Einstellhöhen dargestellt. Man erkennt den bisher nicht bekannten, jedoch sehr erheblichen Einfluß der Beschickungsmenge. So wird beispielsweise bei  $h = 12,5$  cm und  $n = 100$  U/min die zugeteilte Menge nahezu verdoppelt, wenn man die Beschickungsmenge von 40 auf 120 kg/min erhöht. Die entsprechenden Kurven für Grassilage waren in der Tendenz völlig gleich. Setzt man voraus, daß der geschilderte Einfluß entscheidend ist für die Größe der insgesamt zugeeilten Silagemenge, so müßte der Füllungsgrad der Schnecke und nicht die Beschickungsmenge das entscheidende Kriterium sein. Ein Maß für den Füllungsgrad ist die Beschickungsmenge je Schneckendrehzahl (relative Beschickungsmenge  $q$ ). Trägt man die insgesamt verteilte Silagemenge über der relativen Beschickungsmenge auf, so erhält man für kurzgehäckselte Erbsensilage das Bild 12 und für Grassilage das Bild 13. Es ist erstaunlich, welche klaren Tendenzen die dargestellten Kurven zeigen, so daß die oben gebrachte Erklärung gut bestätigt wird.



Bild 10: Offener Schneckenfütterer während des Förderns (1 Gut, das gerade um einen Schneckengang zurückgefallen ist)

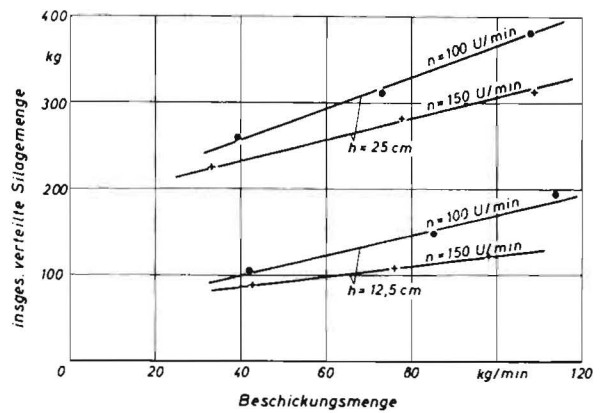


Bild 11: Insgesamt verteilte Silagemenge beim untersuchten offenen Schneckenfütterer in Abhängigkeit von der Beschickungsmenge bei verschiedenen Drehzahlen  $n$  und Einstellhöhen  $h$  (Material: kurzgehäckselte Erbsensilage)

Das Bild 14 gibt den Leistungsbedarf für die gefüllte 8-m-Anlage in Abhängigkeit von der Beschickungsmenge bei  $n = 100$  U/min wieder. Die Werte liegen in der gleichen Höhe wie die von HEEGE [2] gemessenen. Erwartungsgemäß steigen sie mit größer werdender Beschickungsmenge. Die Leerlaufleistung lag etwa bei 0,9 kW.

Bei dem geschlossenen Schneckenfütterer kann man durch Verdrehen der einzelnen Rohrabschnitte gegeneinander und das dadurch bewirkte Heben beziehungsweise Senken der Auswurföcher die gewünschte optimale Futterverteilung erzielen. Da eine bestimmte Rohreinstellung aber überlegungsgemäß und auch nach Angaben von HEEGE [2]

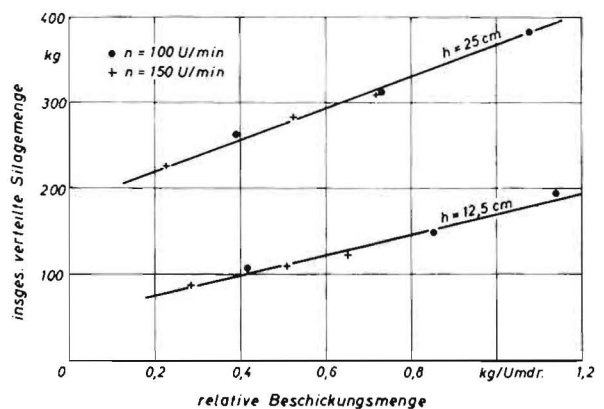


Bild 12: Insgesamt verteilte Silagemenge beim untersuchten offenen Schneckenfütterer in Abhängigkeit von der relativen Beschickungsmenge bei verschiedenen Einstellhöhen  $h$  (Material: kurzgehäckselte Erbsensilage)

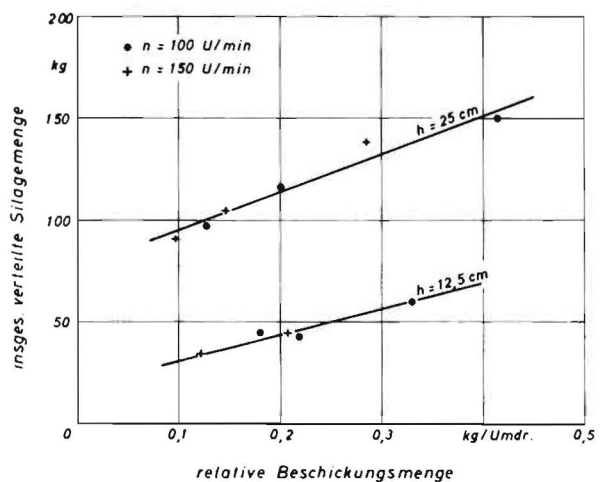


Bild 13: Insgesamt verteilte Silagemenge beim untersuchten offenen Schneckenfütterer in Abhängigkeit von der relativen Beschickungsmenge bei verschiedenen Einstellhöhen  $h$  (Material: kurzgehäckselte Grassilage)

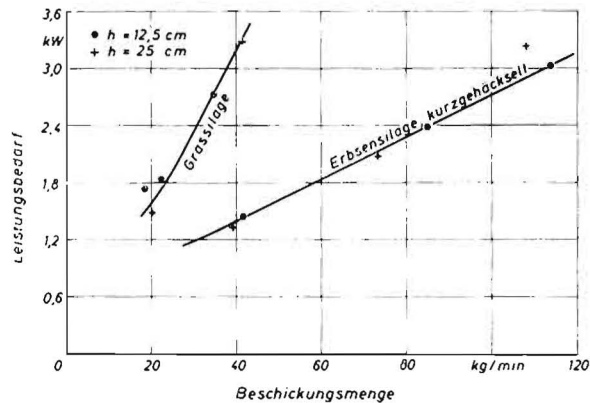


Bild 14: Leistungsbedarf des untersuchten offenen Schneckenfütterers in Abhängigkeit von der Beschildigungsmenge ( $n = 100$  U/min)

nur für eine bestimmte Schneckendrehzahl und Beschildigungsmenge eine optimale Gutverteilung im Trog gewährleistet, wurde die Schneckendrehzahl zweimal ( $n = 100$  und  $150$  U/min) und die zeitliche Beschildigungsmenge dreimal ( $Q = 25$ ;  $31$  und  $37$  kg/min) variiert, um bei konstanter Rohreinstellung den Einfluß dieser Größen auf die Futterverteilung im Trog zeigen zu können. Da auch diese Fütterungsanlage unzerkleinerte Silage nicht verteilen konnte, liegen Versuchsergebnisse nur für kurzgehäckseltes Gut vor.

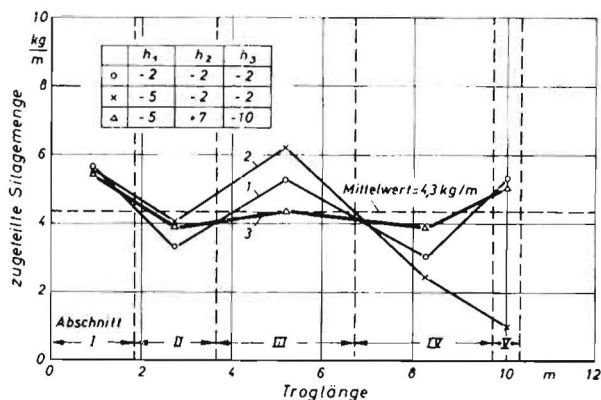


Bild 15: Futterverteilung beim untersuchten geschlossenen Schneckenfütterer bei verschiedenen Einstellwerten  $h_1$  bis  $h_3$  (Material: kurzgehäckselte Erbsensilage; insgesamt verteilte Silagemenge  $G = 45$  kg;  $Q = 25$  kg/min;  $n = 150$  U/min;  $a = 99$  mm)

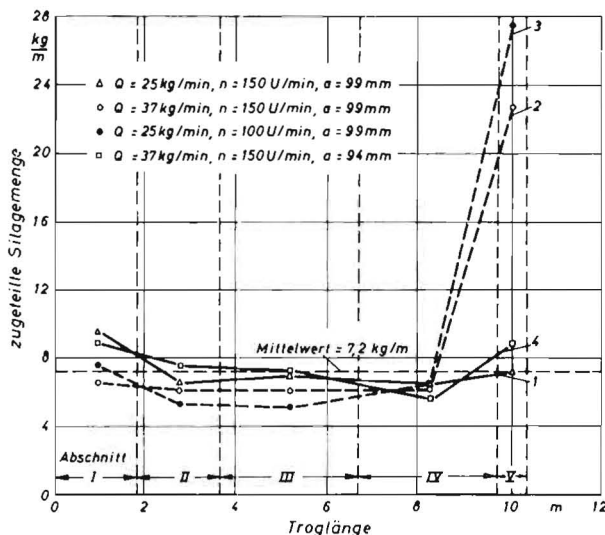


Bild 16: Einfluß der Beschildigungsmenge  $Q$ , der Schneckendrehzahl  $n$  und der Verstellgröße  $a$  auf die Futterverteilung beim untersuchten geschlossenen Schneckenfütterer (insgesamt verteilte Silagemenge  $G = 75$  kg;  $h_1 = -5$  mm,  $h_2 = +7$  mm,  $h_3 = -10$  mm; Material: kurzgehäckselte Erbsensilage)

Aus einer größeren Zahl von Versuchen mit kurzgehäckselter Erbsensilage sind in den Bildern 15 und 16 einige wesentliche Ergebnisse wiedergegeben. Bild 15 zeigt die Verteilung der Silage bei verschiedenen Einstellungen (Änderung des Abstandes  $h$ ) der Rohrstücke, während aus Bild 16 der Einfluß von Schneckendrehzahl, Beschildigungsmenge und Drehung (Änderung des Abstandes  $a$ ) des ganzen Rohres auf die Verteilung zu erkennen ist. In beiden Darstellungen ist jeweils die je Meter Troglänge zugeteilte Silagemenge über der Länge des Futtertroges aufgetragen. Wenn aus allen Öffnungen des Schneckenrohres die gleiche Silagemenge ausgeworfen werden soll, ist es nicht zu vermeiden, daß auch am Schneckenende Gut herausgefördert wird. Deshalb wird das Ende des Schneckenrohres ebenfalls als Futterzuteilöffnung betrachtet, und die Troglänge gegenüber der Schneckenlänge um einen bestimmten Betrag vergrößert, der der Troglänge für eine seitliche Auswurföffnung entspricht. Bei guter Verteilung einer vorgegebenen Silagemenge muß also die am Ende des Schneckenrohres ausgeworfene Gutmenge mit der Futtermenge übereinstimmen, die aus einer seitlichen Öffnung ausgeworfen wird.

Der Hersteller empfiehlt, zum Erzielen einer gleichmäßigen Gutverteilung die einzelnen Rohrabchnitte so einzustellen, daß alle Auswurföffnungen über der gesamten Schneckenlänge um den gleichen Betrag gegeneinander versetzt sind. Da die Auswurföffnungen innerhalb eines Rohrabchnittes um jeweils etwa 2 mm versetzt sind (siehe Bild 6), müßte man  $h_1 = h_3 = -2$  mm einstellen. Wie aus Bild 15 ersichtlich ist, erhält man bei dieser Einstellung der Rohrabchnitte eine sehr ungleichmäßige Verteilung (Kurve 1). Gegenüber dem Mittelwert von 4,3 kg/m wird in den einzelnen Abschnitten abwechselnd zuviel oder zu wenig Silage ausgeworfen. Daraus geht hervor, daß eine gleichmäßige Futterverteilung nicht so ohne weiteres für jede Gutart, Beschildigungsmenge usw. durch eine derartige Einstellung erreicht werden kann. Die Einstellung der Rohre für eine gleichmäßige Verteilung kann also oft nur durch Probieren gefunden werden. Durch Verdrehen der Rohre nach unten oder oben konnte die ausgeworfene Silagemenge vergrößert oder verringert werden, da grundsätzlich mehr Futter aus einer Öffnung abgeworfen wird, je tiefer diese Öffnung liegt. Wie die Ergebnisse zeigen, müssen unter den vorliegenden Verhältnissen  $h_1 = -5$  mm,  $h_2 = +7$  mm und  $h_3 = -10$  mm gewählt werden (Kurve 3), wenn eine ausreichend gleichmäßige Futterverteilung erzielt werden soll.

Wird bei der optimalen Einstellung und sonst gleichen Versuchsbedingungen die Gesamtmenge der zugeleiteten Silage von 45 kg (Bild 15) auf 75 kg erhöht, so erhält man erwartungsgemäß ebenfalls eine gute Verteilung (Kurve 1 in Bild 16). Erhöht man dagegen bei gleicher Drehzahl außerdem die zeitliche Beschildigungsmenge von 25 auf 37 kg/min (Kurve 2), so wird fast ein Fünftel des gesamten Gutes am Ende der Schnecke herausgefördert, so daß im Bereich des Schneckenrohres die je Meter Troglänge ausgeworfene Silagemenge geringer ist als der gewünschte Mittelwert. Die Versuchsergebnisse zeigen die gleiche Tendenz, wenn bei der Beschildigungsmenge von 25 kg/min die Drehzahl von 150 U/min auf 100 U/min verringert wird (Kurve 3). Der Grund für diese Erscheinung muß darin gesucht werden, daß die relative Beschildigungsmenge  $q = Q/n$  von 0,17 kg/Umdrehung angestiegen ist. Während bei der geringeren relativen Beschildigungsmenge, das heißt einem geringeren Füllungsgrad der Schneckenzellen, die oberen unbelasteten Gutteilchen durch Zentrifugalkräfte radial nach außen beschleunigt und aus den entsprechend eingestellten seitlichen Auswurföffnungen abgeworfen werden, bewirkt die Erhöhung des Füllungsgrades, daß die Gutteilchen von den rotierenden Schneckenwindungen mehr radial nach oben beschleunigt werden, so daß der seitliche Auswurf verringert wird.

Durch das Verdrehen des gesamten Rohres, das heißt durch Verändern des Wertes  $a$  (siehe Bild 6), kann die Futterverteilung ebenfalls beeinflusst werden. So wird beispiels-

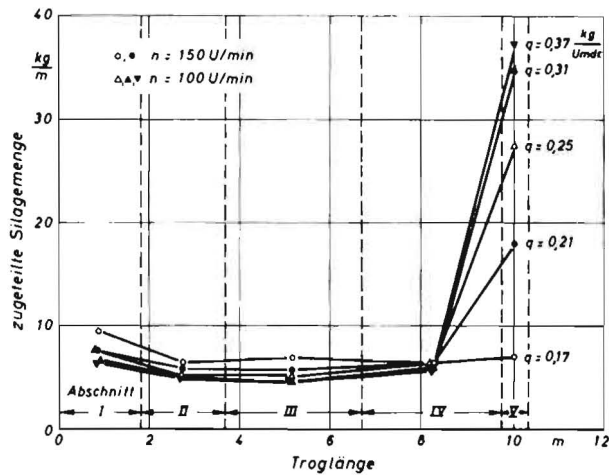


Bild 17: Futterverteilung beim untersuchten geschlossenen Schneckenfütterer bei verschiedenen relativen Beschickungsmengen  $q$  (insgesamt verteilte Silagemenge  $G = 75$  kg;  $h_1 = -5$  mm,  $h_2 = +7$  mm,  $h_3 = -10$  mm;  $a = 99$  mm; Material: kurzgehäckselte Erbsensilage)

weise durch Höherdrehen aller Auswurföffner der hintere Teil der Anlage stärker mit Futter beschickt, während durch Tieferdrehen mehr Futter am Anfang der Rohrschnecke ausgeworfen wird. Wie sich diese Maßnahme auswirkt, zeigt das Bild 16 ebenfalls: durch Absenken aller Auswurföffner um 5 mm (von  $a = 99$  mm auf 94 mm) wurde das Auswerfen der größeren Futtermenge am Schneckenende vermieden, wodurch sich statt Kurve 2 die Kurve 4 mit einer annähernd gleichmäßigen Futterverteilung ergab.

Den großen Einfluß der relativen Beschickungsmenge verdeutlicht nochmals das Bild 17. Die je Umdrehung der Schnecke zugeführte Silagemenge wurde von  $q = 0,17$  bis  $0,37$  kg/Umdrehung variiert, und die jeweils zugeleitete Silagemenge über der Troglänge aufgetragen. Man erkennt deutlich, daß bei einer Erhöhung der relativen Beschickungsmenge über den Betrag, für den die Rohrabschnitte eingestellt wurden ( $q = 0,17$  kg/Umdrehung), die aus den seitlichen Öffnungen ausgeworfene Silagemenge immer weiter abnimmt und immer mehr Futter zum Rohrende gefördert wird. Bei der größten untersuchten relativen Beschickungsmenge von  $0,37$  kg/Umdrehung wurde etwa ein Drittel der insgesamt zugeleiteten Silage am Schneckenende ausgeworfen.

Bild 18 zeigt den Leistungsbedarf des untersuchten geschlossenen Schneckenfütterers in Abhängigkeit von der Beschickungsmenge bei der Förderung von kurzgehäckselter Erbsensilage. Die Schneckendrehzahl tritt als Parameter auf. Die dargestellte maximale Antriebsleistung wurde gemessen, wenn gleichzeitig aus allen Öffnungen Silage ausgeworfen wurde. Erwartungsgemäß nimmt der Leistungsbedarf mit ansteigender Beschickungsmenge zu. Die Leerlaufleistung betrug bei der Drehzahl von 100 U/min etwa 0,85 kW, bei  $n = 150$  U/min etwa 1,0 kW. Dementsprechend wurden auch beim Fördern der Silage höhere Antriebsleistungen bei der größeren Drehzahl gemessen.

Wie bereits erwähnt, sollte beim Schubrechenfütterer insbesondere die Verteilung von unzerkleinertem Silage untersucht werden; daneben wurden aber auch Versuche mit Häckselgut durchgeführt. Die Anlage wurde mit zwei verschiedenen Beschickungsmengen ( $Q = 28$  und  $45$  kg/min) und vier unterschiedlichen Abständen zwischen Zinkenspitzen und Trog ( $h = 12,5; 17,5; 22,5; 27,5$  cm) untersucht.

Die Bilder 19 und 20 zeigen die Gutverteilung bei langer beziehungsweise kurzgehäckselter Erbsensilage in Abhängigkeit von der Beschickungsmenge  $Q$  und der Einstellhöhe  $h$ . In allen Fällen nahm die zugeleitete Silagemenge etwa linear mit der Troglänge ab (abgesehen von wenigen „Ausreißern“), was in ähnlicher Weise beim offenen Schneckenfütterer festgestellt wurde. Die tendenzmäßige Übereinstimmung war auch zu erwarten, da der Schubrechenförderer den Fördertrog ebenfalls allmählich von vorn nach

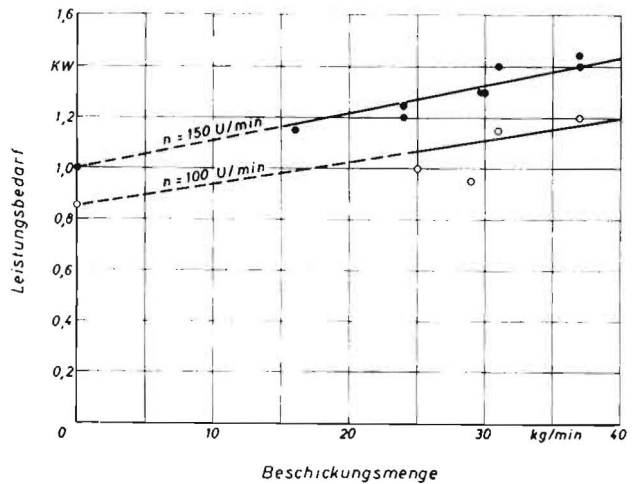


Bild 18: Leistungsbedarf beim untersuchten geschlossenen Schneckenfütterer in Abhängigkeit von der Beschickungsmenge bei verschiedenen Drehzahlen  $n$  (Material: kurzgehäckselte Erbsensilage)

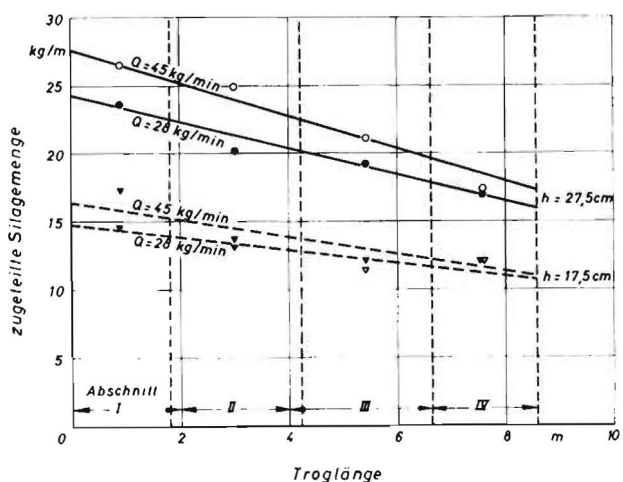


Bild 19: Futterverteilung beim untersuchten Schubrechenfütterer bei verschiedenen Beschickungsmengen  $Q$  und Einstellhöhen  $h$  (Material: lange Erbsensilage; Zinkengeschwindigkeit =  $0,75$  m/s)

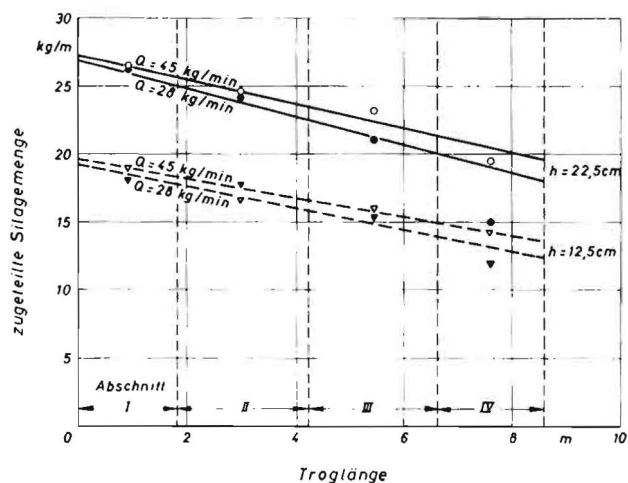


Bild 20: Futterverteilung beim untersuchten Schubrechenfütterer bei verschiedenen Beschickungsmengen  $Q$  und Einstellhöhen  $h$  (Material: kurzgehäckselte Erbsensilage; Zinkengeschwindigkeit =  $0,75$  m/s)

hinten füllt. Die Abnahme der Zuteilmenge mit der Troglänge läßt sich damit begründen, daß beim Förderhub infolge des großen Widerstandes, den das Gut der Zinkenspitzen entgegensetzt, eine gewisse Silagemenge zwischen den Zinkenspitzen und der schon daliegenden Gutschicht hindurchgepreßt und somit in das Futter hinein-

gedrückt wird. Dieser Einfluß wird natürlich am Anfang der Förderstrecke, wo ständig Gut über die schon daliegende Schicht gefördert wird und der Gutwiderstand wegen der größeren Silagemenge je Förderhub größer ist, stärker vorhanden sein. Hiermit findet auch die in den Bildern 19 und 20 gezeigte Tendenz, daß mit zunehmender Beschickungsmenge die zugeteilte Silagemenge größer wird, eine Erklärung. Weiterhin kann man den beiden Diagrammen den großen Einfluß der Häcksellänge auf die zugeteilte Silagemenge entnehmen. Bei Förderung von langer Erbsensilage wird bei Einstellhöhen von 27,5 beziehungsweise 17,5 cm weniger zugeteilt gegenüber kurzer Erbsensilage und Einstellhöhen von 22,5 beziehungsweise 12,5 cm. Zum Fördern und Verteilen langer Erbsensilage benötigte der Schubrechenfütterer bei einer Zinkengeschwindigkeit von 0,75 m/s und bei den untersuchten Beschickungsmengen von 28 beziehungsweise 45 kg/min eine Antriebsleistung von 1,1 beziehungsweise 1,3 kW (Leerlaufleistung 0,75 kW). Bei kurzgehäckseltem Gut betragen die entsprechenden Werte 1,4 beziehungsweise 1,7 kW.

### Zusammenfassung

Die Mechanisierung der Rindviehfütterung hat durch die in den USA eingeleitete Entwicklung neuer Silagefütterungsanlagen, die das Futter nicht nur fördern, sondern über die Troglänge verteilen und ganz grob dosieren, auch in Deutschland zunehmend an Bedeutung gewonnen. Deshalb wurden zwei der wichtigsten Gerätetypen (offener und geschlossener Schneckenfütterer aus den USA) in erster Linie im Hinblick auf die Güte der Futterverteilung im Freßtrog untersucht. Es wurde festgestellt, wie sich die Beschickungsmenge, die Schneckendrehzahl, gewisse Verstellgrößen und die Gutart auf die Verteilung auswirken. Da diese Fütterungsanlagen nur gehäckseltes Futter verteilen können, wurde ein Schubrechenfütterer entwickelt und gebaut, der auch mit unzerkleinertem Gut erprobt wurde. Auch bei diesem Gerät wurde die Futterverteilung im Freßtrog untersucht. Daneben wurde bei allen Geräten der Leistungsbedarf ermittelt.

Es wurden folgende Ergebnisse erzielt: Die Schneckenfütterer sind nur für kurzgehäckseltes Gut geeignet, was schon weit hin bekannt ist. Demgegenüber kann der Schubrechenfütterer auch langhalmiges Futter fördern und verteilen. Neben den Versuchen mit langer Erbsensilage, deren Ergebnisse diskutiert wurden, sind noch Untersuchungen mit langem Wiesen gras und ungehäckseltem Stroh gemacht worden. Auch diese Gutarten konnte der Schubrechenfütterer einwandfrei fördern und verteilen.

Beim offenen Schneckenfütterer und beim Schubrechenfütterer, die beide den Freßtrog allmählich von vorn nach hinten füllen, nahm die je Meter Troglänge zugeteilte Futtermenge mit der Troglänge ab. Eine gleichmäßige Verteilung könnte jedoch dadurch erreicht werden, daß der Abstand zwischen Schnecke beziehungsweise Zinken und Trog mit zunehmender Entfernung vom Einfülltrichter vergrößert wird. Bei beiden Anlagen bewirkte eine Erhöhung der Beschickungsmenge, daß insgesamt mehr Silage im Trog verteilt wurde. Es zeigte sich, daß beim offenen Schneckenfütterer auch die Schneckendrehzahl von Einfluß auf die Zuteilmenge ist. Es wurde in diesem Zusammenhang eine lineare Abhängigkeit zwischen der dem Freßtrog insgesamt zugeteilten Silagemenge und der relativen Beschickungsmenge festgestellt. Während beim offenen Schneckenfütterer die Beschickungsmenge, Schneckendrehzahl, Gutart usw. keinen wesentlichen Einfluß auf die Güte der Futterverteilung haben, wurde beim geschlossenen Schneckenfütterer eine erhebliche Abhängigkeit von diesen Größen festgestellt, so daß die Einstellmaßnahmen zur Erzielung einer gleichmäßigen Futterverteilung je nach Versuchsdaten zum Teil nicht unerheblichen Zeitaufwand erforderten. So wurde unter anderem bei der Rohrschnecke ein großer Einfluß der relativen Beschickungsmenge auf die Verteilung festgestellt: Bei Erhöhung der relativen Beschickungsmenge über einen bestimmten Betrag

wurde bei konstant gehaltenen Einstellwerten ein immer größer werdender Anteil der insgesamt zugeteilten Silage am Schneckenende herausgefördert, so daß die Verteilung immer ungleichmäßiger wurde. Gleichmäßigkeit der Beschickungsmenge ist also beim geschlossenen Schneckenfütterer Voraussetzung für eine gleichmäßige Gutverteilung, was in der Praxis beispielsweise bei Verwendung einer Silofräse als Zuführorgan nicht immer möglich ist, da die Dichte im Silo nicht einheitlich zu sein braucht.

### Schrifttum

- [1] WEIDINGER, A.: Füttern von Silage aus dem Hochsilo. Bauen auf dem Lande 16 (1965), S. 141—144
- [2] HERGE, H. J.: Die Endglieder der Feldhäckler-Hochsilo Futterkette in den Vereinigten Staaten. Wissenschaftliche Berichte der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn, Heft 7. Bonn 1963

### Résumé

*Eckhard Scheffler and Alfred Stoppel: "Examinations on Silage Feeding Systems for Cattle"*

*Owing to the development of new silage feeding systems in the U.S.A., which do not only convey the food, but spread it also over the whole trough and dose it roughly, the mechanization of cattle feeding has become increasingly important also in Germany. Therefore, two of the most important types of equipment (open and closed screw conveyor from the U.S.A.) were examined primarily with respect to the quality of food distribution in the feeding trough. It was found that distribution is affected by the amount of feed, screw speed, certain settings, and the kind of crop. Since only chopped food can be distributed by these feeding systems, a feed rake conveyor had been developed and constructed, which was also test with unchopped material. The food distribution in the feeding trough was examined, too. Besides the power requirement of all devices was determined.*

*The following results were obtained: Screw conveyors are only suitable for short-chopped crop, as is already well-known. As against that the feed rake conveyor can transport and distribute also long-stalked food. Apart from the experiments with long pea silage, the results of which were discussed, examinations with long meadow grass and unchopped straw had been made as well. Also these kinds of crop could easily be moved and distributed by the feed rake conveyor.*

*With both the open screw conveyor and feed rake conveyor filling the feeding trough gradually through the entire length, the food quantity apportioned per meter trough length declined as the trough length decreased. However, a uniform distribution might be obtained when the distance between screw respectively tooth and trough is enlarged with an increasing distance from the filling hopper. With both systems an increase of the amount of feed brings about that altogether more silage is spread in the trough.*

*It was shown that with the open screw conveyor also the screw speed affects the amount apportioned. In this connection a linear dependency was found to exist between the total silage quantity apportioned to the feeding trough and the relative amount of feed. Whereas with the open screw conveyor the amount of feed, screw speed, kind of crop and so on do not influence substantially the quality of food distribution, the closed screw conveyor was found to depend greatly on these factors, so that the adjustments for obtaining a uniform food distribution, according to experimental data, partly required much time.*

*With the pipe screw the distribution was found to be greatly affected by the relative amount of feed. When the relative feed quantity was increased beyond a certain amount, it followed that with constant settings an increasing percentage of the total silage apportioned was discharged at the screw*

end, so that distribution became increasingly non-uniform. Consequently, with a closed screw conveyor a uniform food distribution presupposes a uniform amount of feed. Under practical conditions, for instance at the use of a silage milling cutter, this is not always possible, as the density in the silo need not be uniform.

Eckhard Scheffler et Alfred Stroppel: „Recherches effectuées sur les dispositifs de distribution d'ensilages aux bovins.“

La mécanisation de la distribution d'aliments aux bovins a gagné de plus en plus d'importance également en Allemagne après que l'on a développé aux Etats-Unis de nouveaux dispositifs de distribution de produits ensilés qui non seulement transportent les fourrages mais les répartissent sur toute la longueur de l'auge en les dosant grossièrement. C'est pourquoi on a examiné deux de ces types d'installation, à savoir le convoyeur à vis nue et le convoyeur à vis sous tube en tenant compte en premier lieu de la qualité de répartition des fourrages. On a déterminé comment la quantité distribuée, le nombre de tours de la vis, certaines grandeurs variables et la sorte de fourrage influent sur la répartition. Etant donné que ces dispositifs ne peuvent distribuer que des produits hachés, on a étudié et construit un convoyeur à tige de poussée qui a été essayé également avec des fourrages non hachés. Dans ce cas on a examiné également la répartition des fourrages dans l'auge. En même temps on a déterminé la consommation électrique.

Les essais ont donné les résultats suivants: Les convoyeurs à vis ne conviennent que pour des produits hachés; ce fait est déjà suffisamment connu. Par contre, le convoyeur à tige de poussée peut transporter et distribuer indifféremment des produits hachés et non hachés. A côté des essais entrepris avec des ensilages constitués par des plantes de petits pois dont on a discuté les résultats, on a effectué également des essais avec de l'herbe de prairie et de la paille non hachées. Le convoyeur à tige de poussée transporte et distribue ces produits de façon impeccable. La quantité de fourrage distribuée par mètre d'auge par le convoyeur à vis nue et le convoyeur à tige de poussée qui remplissent tous les deux l'auge du point de départ vers le bout, abaisse progressivement avec la distance. Cependant on pourrait obtenir une distribution uniforme en augmentant la distance entre la vis respectivement les râclottes du convoyeur à tige de poussée et l'auge au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la trémie d'alimentation. Une augmentation du débit d'alimentation a eu pour effet que les deux dispositifs jettent plus d'ensilage dans l'auge. On a constaté que le nombre de tours de la vis nue a également une influence sur la quantité distribuée. On a constaté qu'il existe une dépendance linéaire entre la quantité totale distribuée dans l'auge et le débit d'alimentation relatif. Tandis que le débit d'alimentation, le nombre de tours de la vis, la sorte de fourrage etc. n'ont pas une influence sensible sur la qualité de répartition du convoyeur à vis nue, on a pu constater que la qualité de répartition obtenue par la vis sous tube dépend étroitement de ces facteurs. Une répartition uniforme exige donc des mesures de réglage nombreuses suivant les données d'essai qui coûtent parfois un temps de travail relativement élevé. On a ainsi constaté que le débit d'alimentation relatif a une grande influence sur la qualité de répartition obtenue par le convoyeur à vis sous tube. Quand le débit d'alimentation relatif dépasse une certaine valeur et les réglages restent inchangés, une partie croissante de l'ensilage distribué sort au bout de la vis de sorte que la répartition devient de plus en plus irrégulière. Une alimentation uniforme de la vis sous tube est donc absolument nécessaire pour que l'on obtienne une bonne répartition ce qui n'est pas toujours possible dans la pratique quand on utilise une désileuse comme dispositif d'alimentation puisque la densité des produits dans le silo varie toujours.

Eckhard Scheffler y Alfred Stroppel: „Estudio de instalaciones de alimentar ganado vacuno.“

La mecanización del trabajo de alimentar el ganado vacuno ha ganado importancia también en Alemania, debido al desarrollo en los EE. UU., de nuevas instalaciones de alimentar el ganado con piensos ensilados que no sólo los transportan, sino que los reparten también equitativamente hasta cierto punto. De ahí que se efectuaron estudios con dos modelos destacados (un alimentador helicoidal abierto y otro cerrado, importados de los EE.UU.), en primer lugar con vistas al reparto de los piensos en los comederos. Se ha podido apreciar el efecto que ejercen en el reparto la cantidad transportada, el número de rotaciones de la hélice, ciertos dispositivos de ajuste y la clase del pienso. Como estas instalaciones pueden repartir sólamente pastos cortados, se ha ideado y construido un alimentador con rejilla de empuje que se ha ensayado también con pastos sin desmenuzar. También en este dispositivo se ha estudiado el reparto en los comederos. En todos estos aparatos se ha estudiado la potencia que requieren, encontrándose los resultados siguientes:

Los alimentadores helicoidales convienen exclusivamente para el reparto de piensos cortados en trozos cortos, como es generalmente sabido. En cambio el alimentador de rejilla transporta y reparte también piensos de tallo largo. Además de efectuar pruebas con plantas de guisantes ensiladas, cuyos resultados se discutieron, se hicieron también pruebas con hierba larga de prados y con paja sin cortar, piensos éstos que el alimentador de rejilla de empuje ha transportado y repartido muy bien.

En el alimentador helicoidal abierto y en el de rejilla de empuje que llenan poco a poco los comederos de un extremo al otro, la cantidad de los piensos prevista por metro de comedero va decreciendo a lo largo del comedero. Pero sería posible conseguir un reparto igual, aumentando progresivamente la distancia entre la hélice de transporte, respectivamente entre la rejilla y la pared del comedero, a medida que aumente la distancia desde la tolva de carga. Un aumento de la carga resultó en ambos sistemas en un aumento de pienso silado en todo el largo del comedero. Se ha podido apreciar también una influencia del número de rotaciones de la hélice en el alimentador abierto sobre el reparto y una relación lineal entre la cantidad total repartida y la cantidad relativa. Mientras en el alimentador helicoidal abierto la cantidad de carga, el número de rotaciones, la clase de pienso etc. no ejercieron mucha influencia en la calidad del reparto, se ha podido apreciar en el alimentador helicoidal cerrado una dependencia considerable de dichos factores, exigiendo los trabajos de ajuste del reparto igual de los piensos una pérdida de tiempo considerable. Se ha podido apreciar p.e. una influencia considerable de la cantidad de carga relativa sobre el reparto en el alimentador tubular con rosca: Aumentando la cantidad relativa de carga sobre un valor determinado y quedando los ajustes invariables, la cantidad de pienso que salía del extremo, iba creciendo cada vez más, es decir que el reparto resulta cada vez más desigual. Por consiguiente en el alimentador helicoidal cerrado la carga de cantidades constantes es una condición indispensable para el reparto igual. En la práctica esta condición no puede cumplirse siempre, p.e. empleando una fresa para silos como elemento de carga, porque la densidad del material en el silo no suele ser constante.

Der Aufsatz „Theoretische Untersuchung über das konvektive Trocknen von Futterbriketts“ von F. W. BAKKER-ARKEMA und W. G. BICKERT in Heft 1/66 der LTF hat als Zeitschriftenartikel der Michigan Agricultural Experiment Station die Nr. 3810 bekommen.