

Prüfung von Kraftfutterdosieranlagen für Rindviehställe

1 Vorbetrachtungen

Die mechanisierte Zuteilung, d. h. die Dosierung von Kraftfutter, stellt infolge des Wertes dieses Futtermittels und die notwendigen Variationen, die durch die Leistungsfütterung entstehen, weitaus höhere Ansprüche an die Güte des Dosiervorgangs, als es zum Beispiel bei der Saftfutterdosieranlage der Fall ist. Demgegenüber lassen die Beschaffenheit des Kraftfutters – d. h. seine mehlig bis körnige Konsistenz – und die relativ geringen Durchsätze weniger aufwendige Bauausführungen erwarten.

Da im Mühlenbau Dosiervorgänge mit ähnlichen Stoffen durchgeführt werden, lag es nahe, zu untersuchen, inwieweit die dort üblichen Dosiergeräte für die mechanisierte Rindviehfütterung anwendbar sind. Falls sich bewährte Dosiergeräte des Mühlenbaues für die Kraftfutterdosierung eignen würden, könnten Neuentwicklungen auf diesem Gebiet unterbleiben und standardisierte Elemente des Mühlenbaues benutzt werden.

Auch an dieser Stelle sei dem VEB Mühlenbau, Dresden, und dem VEB Fanal, Bad Frankenhausen, für die verständnisvolle Unterstützung durch Überlassung von Dosiergeräten für diese Vergleichsprüfung gedankt.

2 Beschreibung der untersuchten Kraftfutterdosiergeräte

Einige Kenndaten mit den Namen der Hersteller sind in der Tabelle 1 zusammengefaßt.

2.1 Dosiergerät A (Bild 1)

Das Dosiergerät A besteht aus einem Holzgehäuse mit aufgebautem Trichteransatz, in dem eine Rührwelle zur Auflockerung des Dosiergutes läuft. Am Boden des Gehäuses befindet sich ein gezahnter Schieber, mit dem die Auslaßöffnung und damit die Dosiermenge stufenlos verändert werden kann. Das

2.2 Dosiergerät B

stellt eine Zellenradschleuse üblicher Bauart mit sechs Zellen dar. Zellenradurchmesser und Zellenradbreite betragen 180 mm.

2.3 Dosiergerät C

In einem Schneckenrotor von 1200 mm Länge mit einem aufgebauten Trichteransatz läuft eine Schnecke von 150 mm Dmr. mit verstellbarem Schneckenwinde. Im Boden des Holztröges befindet sich eine Öffnung, durch die das Dosiergut austritt. Durch Änderung der Schneckensteigung und der Schneckenrehzahl ist man in der Lage, die Dosiermengen zu regeln.

2.4 Dosiergerät D (Bild 2)

Im Gehäuse des Dosiergerätes läuft ein 350 mm breites Zellenrad, das auf jeder Achsseite von einer Kurbelschwinge über einen Klinkentrieb in intermittierende Drehung versetzt wird. Der Antrieb beider Kurbelschwingen ist um 180° versetzt, so daß beide Klinkenwerke ebenfalls um 180° versetzt arbeiten. An beiden Klinkenwerken sind Begrenzungsschrauben angebracht, die den Drehwinkel φ des Zellenrades festlegen. Durch die Verstellung dieser Begrenzungsschrauben ist man somit in der Lage, die Dosiermengen in kleinen Stufen (von $\varphi = 0^\circ$ bis $\varphi = 50^\circ$) zu regeln.

2.5 Dosiergerät E (Bild 3)

ist in der Wirkungsweise ähnlich dem Dosiergerät D. Auch bei ihm läuft das Zellenrad in einem Gehäuse. Ein Unterschied ist lediglich in der Art des Antriebes vorhanden. Er erfolgt kontinuierlich. Das

2.6 Dosiergerät F (Bild 4)

ist ein Portionsdosierer mit zwei Ausläufen. Sein Zellenrad mit 80 mm Dmr. läuft in einem Gehäuse und wird von einem Getriebemotor mit konstanter Drehzahl angetrieben. Über dem Zellenrad befindet sich eine Rührwelle (Antrieb von Zellenradwelle), die das Dosiergut vor dem Zellenrad auflockern soll. Eine in der Mitte des Auffangtrichters befindliche Wand scheidet das vom Zellenrad ausgelegene Kraftfutter in zwei Ströme und leitet es den Fallrohren zu. Die Kraftfutterportionen entstehen dadurch, daß eine Schaltuhr den Austragvorgang nach einer vorgewählten Zeit unterbricht und den Antrieb des Zellenrades abschaltet. Auch

2.7 Dosiergerät G (Bild 5)

ist ein Portionsdosierer und arbeitet nach dem Schubradprinzip. In die Dosierwalze von 800 mm Länge und 320 mm Dmr., die von einem Gehäuse umschlossen ist, sind einseitig zwei gegenüberliegende Kammern von 400 mm Länge eingelassen. Durch axiales Verschieben der Dosierwalze wird die Kammergröße und damit die Portionsgröße verändert. Diese Verschiebung erfolgt durch eine Spindel mit Fernsteuerung und Vorwählung. Das Drehen der Dosierwalze um 180° bewirkt ein Getriebemotor über eine durch Fernsteuerung zu betätigende mechanische Schaltkupplung.

3 Beschreibung des Versuchsstands

Nach der Art des Dosierens wurden zwei Dosiertypen untersucht:

- Kontinuierlich arbeitende Dosierer (Dosierer A bis E),
- Portionsdosierer (Dosierer F und G).

Jeder Dosierertyp erforderte eine entsprechende Versuchsdurchführung.

Der Versuchsstand zur Ermittlung der Dosiergenauigkeit besteht aus einem Gestell zur Aufnahme des jeweiligen Dosierers, dem Vorratsbehälter und einer Vorrichtung zum Auffangen des Dosiergutes. Der auf dem Gestell befestigte Dosierer wird von einem Gleichstrommotor angetrieben, den man mit einem Leonardsatz stufenlos in der Drehzahl regeln kann. Das den Dosierer verlassende Gut fällt bei den kontinuierlich arbeitenden Dosierern in Kästen, die auf einem Brett aufgesteckt sind, das in Gleitschienen von einem Seilzug mit gleichmäßiger Geschwindigkeit gezogen wird. Der Antrieb des Seilzuges erfolgt durch eine kleine elektrische Seilwinde (Bild 6).

Bei der Prüfung von Portionsdosierern wird die durch Seilzug betriebene Auffangvorrichtung abgebaut und lediglich ein Kasten unter den Auslauf des Dosierers zum Auffangen der Kraftfutterportionen aufgestellt.

4 Versuchsdurchführung

4.1 Kontinuierlich arbeitende Dosierer (Dosierer A bis E)

Zu Beginn eines jeden Versuchs wurden der Vorratsbehälter auf eine bei allen Versuchen gleiche Höhe von 1,2 m aufgefüllt und die Auffangkästen in die hintere Auffangstellung geschoben. Nach der Wahl der jeweiligen Versuchsvariante wurde zuerst der Dosierer in Betrieb genommen. Nachdem sich ein Beharrungszustand am Dosierer eingestellt hatte, erfolgte das Einschalten des Vorschubs der Auffangkästen. Um Ungenauigkeiten des Vorschubs, die beim An- und Auslauf auftreten, auszuschalten, konnten die ersten zwei Kästen und der letzte Kasten nicht berücksichtigt werden, so daß für die eigentliche Auswertung nur der Inhalt von 12 Kästen zur Verfügung stand. Die Messungen jeder Versuchseinstellung erfolgten in dreifacher Wiederholung.

*) Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin (Direktor Prof. Dr. S. ROSEGGER).

Tabelle 1. Kenndaten der untersuchten Dosiergeräte

Dosierer-Bezeichnung	Dosierer-Typ	Hersteller	Arbeitsprinzip	Dosierverfahren
A	Zumischer M 50	VEB Mühlenbau Dresden	Schlitzschieber	Kontinuierlich arbeitender Dosierer
B	Austragschleuse Größe 1	VEB Mühlenbau Dresden	Zellenrad	Kontinuierlich arbeitender Dosierer
C	Einschüttapparat 1200 lang	VEB Mühlenbau Dresden	Schnecke	Kontinuierlich arbeitender Dosierer
D	Volumendosierer 350/M 58	VEB Fanal Bad Frankenhausen	Zellenrad	Kontinuierlich arbeitender Dosierer
E	Bornim II	Inst. f. Landtechnik	Zellenrad	Kontinuierlich arbeitender Dosierer
F	—	VEB Fortschritt Neustadt/Sachsen	Zellenrad	Portionsdosierer
G	Bornim I	Inst. f. Landtechnik	Schubrad	Portionsdosierer

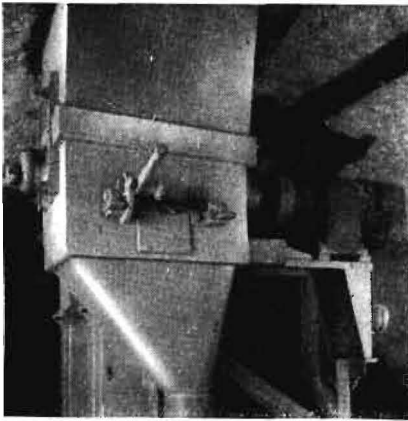


Bild 1. Ansicht des Dosiergerätes A

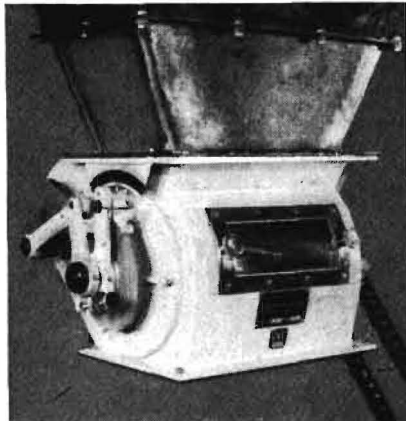


Bild 2. Ansicht des Dosiergerätes D

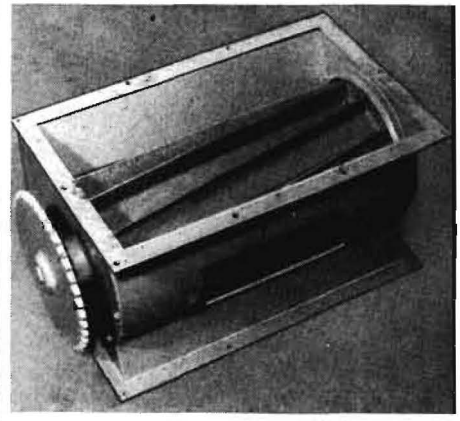


Bild 3. Ansicht des Dosiergerätes E

4.2 Portionsdosierer

4.21 Dosierer F

Nachdem die beiden Auffangkästen unter die beiden Ausläufe gesetzt wurden, erfolgte die Wahl der Dosierzeit mit der Schaltuhr. Durch Drücken des Startknopfes an der Schaltuhr wird der Antriebsmotor eingeschaltet und der Dosiervorgang beginnt. Das Dosiergut fällt dann durch beide Ausläufe in die beiden untergestellten Kästen. Nach Ablauf der gewählten Zeit unterbricht die Schaltuhr selbsttätig den Dosiervorgang. Von beiden Kästen wurde immer nur das Dosiergut des rechten Kastens ausgewertet, während das des linken unberücksichtigt blieb. Die Messungen jeder Versuchseinstellung erfolgten in zehnfacher Wiederholung.

4.22 Dosierer G

Die elektrische Verstellregelung der Dosierwalze war nur für vier Stellungen vorgesehen, so daß die Versuche auch nur mit vier Portionsgrößen durchgeführt werden konnten. Nachdem der Vorratsbehälter auf seine Höhe aufgefüllt und die Dosierwalze in die entsprechende Stellung eingeregelt worden ist, erfolgte das Drehen der Dosierwalze um 180°. Die dabei ausgeworfene Kraftfutterportion wurde von einem untergestellten Kasten aufgefangen. Die Messungen jeder Versuchseinstellung erfolgten in fünfzehnfacher Wiederholung.

Weiterhin ist der mittlere Fehler

$$m = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

je Kasten berechnet worden.

In der Darstellung ist der mittlere relative Fehler

$$m' = \frac{m}{\bar{x}} \cdot 100 \quad [\%]$$

zugrunde gelegt. Es bedeuten

\bar{x} Mittelwert einer Versuchseinstellung

x_i Inhalt des Auffangkastens i

n Zahl der Auffangkästen

m mittl. Fehler der Einzelmessung

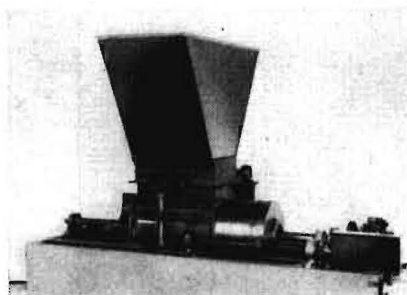
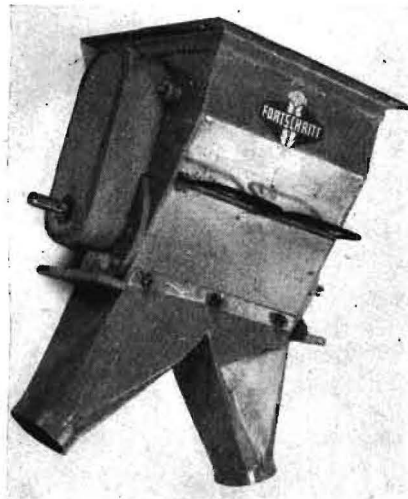
D Durchsatz

B Auffangkastenbreite

v Vorschubgeschwindigkeit der Auffangkästen = 10,0 cm/s.

5.2 Portionsdosierer

Die Versuchsauswertung der Portionsdosierer geschah wie bei den kontinuierlich arbeitenden Dosierern, lediglich erfolgte keine Umrechnung auf Durchsatz.



▲ Bild 5

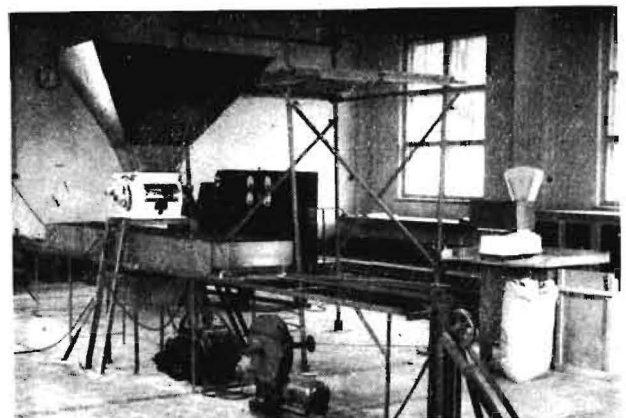
◀ Bild 4

Bild 6 ▶

Bild 4. Ansicht des Dosiergerätes F

Bild 5. Ansicht des Dosiergerätes G

Bild 6. Prüfstand zur Ermittlung der Dosiergenauigkeit von kontinuierlich arbeitenden Dosierern



5 Versuchsauswertung

5.1 Kontinuierlich arbeitende Dosierer

Aus den Werten (Inhalt der 12 Auffangkästen) jeder Versuchseinstellung ließ sich der Mittelwert

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

errechnen, woraus dann der Durchsatz nach der Gleichung

$$D = \frac{\bar{x} \cdot v}{B}$$

ermittelt wurde.

6 Versuchsergebnisse

Aus dem umfangreichen Versuchsprogramm soll an dieser Stelle nur ein kleiner Ausschnitt gebracht werden. Alle hier dargestellten Dosierversuche wurden mit Gerstenschrot durchgeführt, das sich, wie die praktische Erfahrung lehrt, sehr schwer dosieren läßt.

6.1 Kontinuierlich arbeitende Dosierer

6.11 Dosiergerät A

Die Versuchsergebnisse mit konstanter Schieberöffnung und veränderlicher Drehzahl der Rührwelle zeigt Bild 7, bei konstanter Rührwelledrehzahl und veränderlicher Schieberöffnung (Normalfall) (Bild 8).

6.12 Dosiergerät B

Der mittlere relative Fehler ist bei Drehzahlen über 30 min^{-1} sehr gering, da eine zwangsläufige Austragung erfolgt. Das starke Ansteigen des mittleren relativen Fehlers bei geringen Drehzahlen n_z

liegt in den relativ großen Volumina der einzelnen Zellen und durch die kurze Dosierzeit von 2 s je Auffangkasten begründet (Bild 9).

6.13 Dosiergerät C

Die Form der Durchsatz- und der Fehlerkurve ist stark vom Steigungswinkel der Schnecke abhängig. Für jeden Steigungswinkel gibt es ein Optimum des mittleren relativen Fehlers und ein Maximum des Durchsatzes bei einer bestimmten Schneckendrehzahl. Bei kleinen Dosiermengen ist der mittlere relative Fehler beträchtlich hoch (Bild 10).

6.14 Dosiergerät D

Durch die intermittierende Bewegung des Zellenrades tritt ein Pulsieren im Vorratsbehälter auf, so daß der mittl. relative Fehler bei kleinen Drehwinkeln ansteigt. Erst bei größeren Drehwinkeln erfolgt ein gewisses Fließen aus dem Vorratsbehälter, so daß der mittlere relative Fehler absinkt (Bild 11).

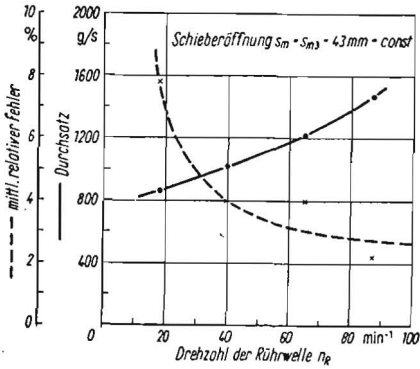


Bild 7. Dosierringlinien des Dosiergerätes A bei konstanter Schieberöffnung und veränderlicher Rührwelledrehzahl

Bild 9. Dosierringlinien des Dosiergerätes B in Abhängigkeit von der Zellenradrehzahl

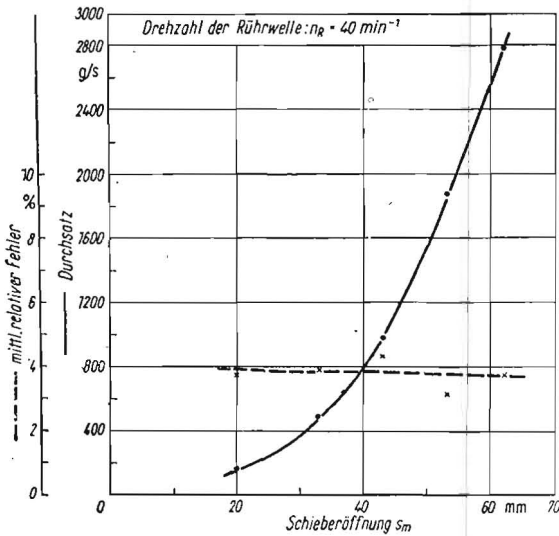
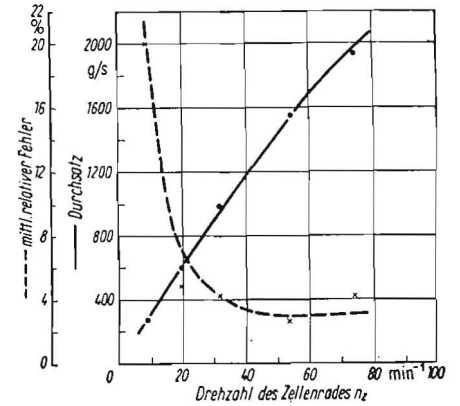


Bild 8. Dosierringlinien des Dosiergerätes A bei konstanter Drehzahl der Rührwelle und veränderlicher Schieberöffnung

Bild 11. Dosierringlinien des Dosiergerätes D in Abhängigkeit vom Drehwinkel der Dosierwalze

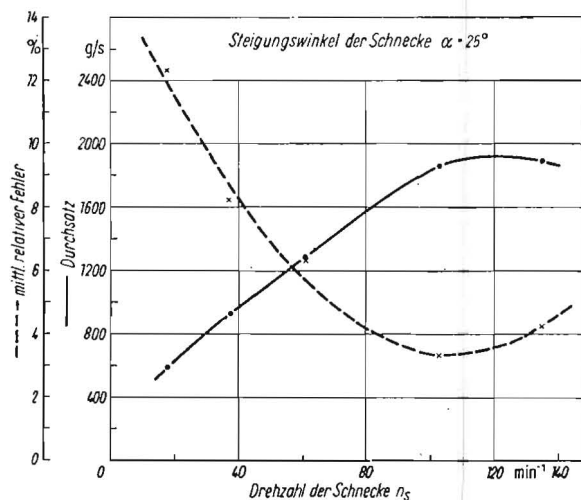
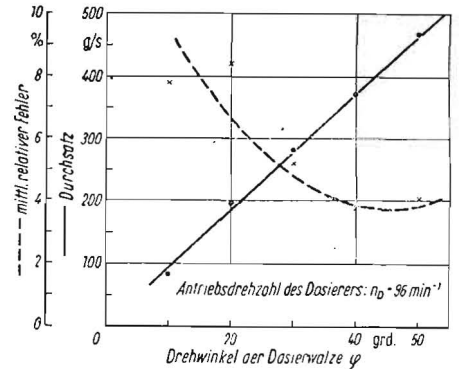
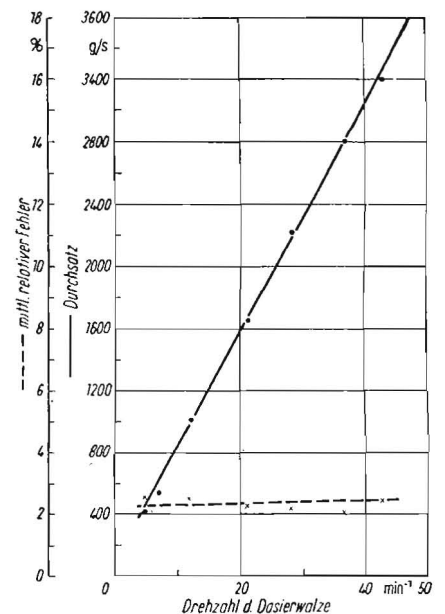


Bild 12. Dosierringlinien des Dosiergerätes E in Abhängigkeit von der Drehzahl der Dosierwalze

Bild 10. Dosierringlinien des Dosiergerätes C bei konstantem Steigungswinkel der Schnecke und veränderlicher Schneckendrehzahl



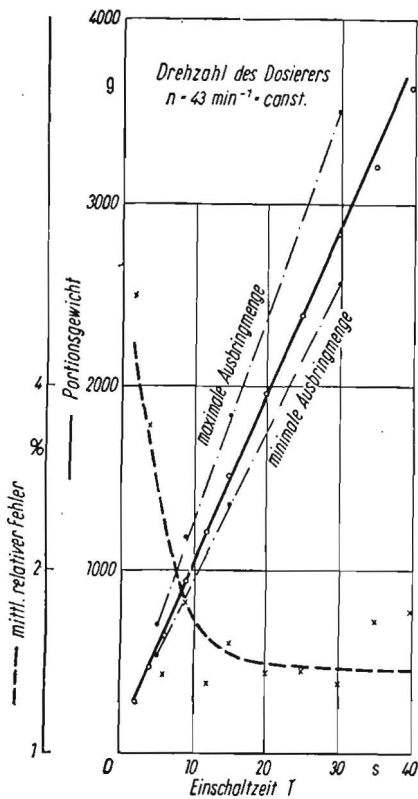


Bild 13. Dosierkennlinien des Dosiergerätes F bei konstanter Antriebsdrehzahl und veränderlicher Einschaltzeit

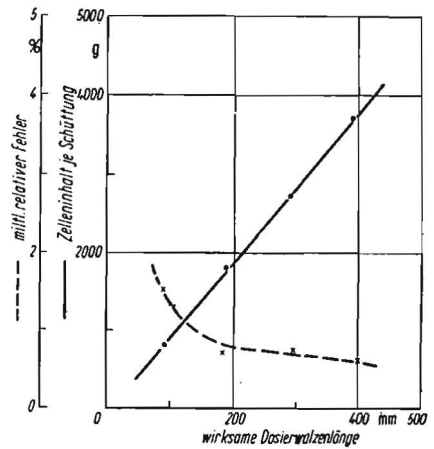
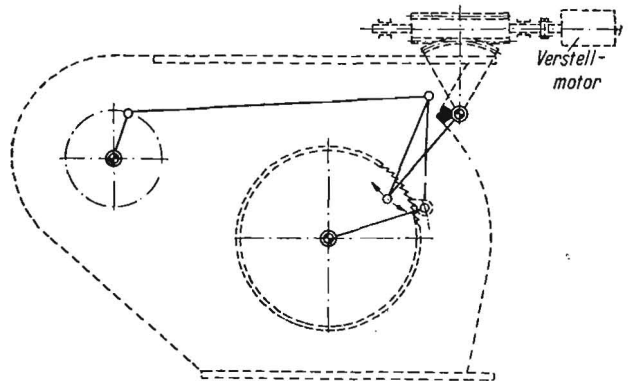


Bild 14. Dosierkennlinien des Dosiergerätes G in Abhängigkeit von der wirksamen Dosierwalzenlänge

Bild 15. Vorschlag zum Umbau des Dosierers D auf stufenlose Schnellverstellung während des Betriebes



6.15 Dosiergerät E

Durch die kontinuierliche Drehbewegung des Zellenrades tritt ein ständiges Fließen aus dem Vorratsbehälter ein, so daß der mittlere relative Fehler sehr gering und über den gesamten Drehzahlbereich fast konstant ist (Bild 12).

6.2 Portionsdosierer

6.21 Dosiergerät F

Aus dieser Versuchsreihe ist zu ersehen, daß die Portionsmenge linear mit der Einschaltzeit T ansteigt. Diese Gerade geht auf Grund des Dosierernachlaufs beim Abschalten des Motors nicht durch den Nullpunkt. Der mittlere relative Fehler ist bei größeren Einschaltzeiten sehr gering und fast konstant. Bei kleinen Einschaltzeiten steigt er mit Abnahme der Einschaltzeit stark an, liegt aber trotzdem noch weit unter den geforderten Werten. Aus dem Diagramm ist weiter zu ersehen, daß eine kleine Korrektur der Portionsmenge durch Änderung des Austragquerschnitts möglich ist (Bild 13).

6.22 Dosiergerät G

Durch die großvolumigen Dosierkammern ist der mittlere relative Fehler als sehr gering zu bezeichnen. Erst bei einer extremen Verkleinerung der Kammergröße durch das axiale Verschieben der Dosierwalze dürfte eine gute Füllung der Kammer fraglich sein, so daß hier der mittlere relative Fehler beträchtlich ansteigen würde (Bild 14).

7 Schlußfolgerung

Für die kontinuierliche Kraftfutterdosierung in Rinderställen muß die Auswahl nach den Gesichtspunkten des geringen Bauaufwands und der Fernbedienungsmöglichkeit bei hinreichender Dosiergenauigkeit und Betriebssicherheit erfolgen.

Von den kontinuierlich arbeitenden Dosieranlagen erreichte die Anlage E die höchste Dosiergenauigkeit. Sie ist im zentralen Futterhaus der Versuchsanlage zur Mechanisierung der Vieh- und Vorratswirtschaft des Instituts für Landtechnik zur Beschickung des fahrbaren Futtertisches eingebaut und arbeitet seit einem Jahr ohne Beanstandungen. Die Drehzahlregelung des Zellenrades erfolgt durch Fernregelung von einem Leonardsatz über einen Gleichstrommotor. Diese Anlage mit der hohen Dosiergenauigkeit dient als reines Forschungsobjekt und wäre für die allgemeine Praxis nicht zu empfehlen, da das angewandte Regelungsverfahren sehr aufwendig ist.

In der Praxis wird man im allgemeinen keine so hohe Dosiergenauigkeit fordern, so daß die Dosieranlage D, die weniger aufwendig betrieben werden kann, den praktischen Forderungen vollkommen genügt.

Allerdings ist es bei dieser Anlage nicht möglich, den Durchsatz während des Betriebes zu ändern, was bei einer Gruppen-Leistungsfütterung erwünscht ist. Deshalb dürfte sich diese Anlage nur mit einer Schnellverstellung während des Betriebes zur Kraftfutterdosierung in Rinderställen eignen. Ein Vorschlag für eine Schnellverstellung durch eine stufenlose Änderung des Drehwinkels von 0° bis 65° zeigt Bild 15. Diese Schnellverstellung, sei es durch einen Verstellmotor oder durch einen Hebel, eignet sich auch zur Rationalisierung von Mühlenbetrieben.

Die günstigste Lösung dürfte die Dosieranlage A darstellen. Sie ist im Aufbau sehr einfach und liegt in der Dosiergenauigkeit noch in den geforderten Grenzen.

Dieses Gerät erscheint als stationäre Anlage (Antrieb durch einen Drehstrommotor) und als fahrbarer Kraftfutterdosierer (Antrieb durch die Zapfwelle) geeignet.

Die Dosieranlagen B und C sind wegen schlechter Regelmöglichkeiten, geringer Dosiergenauigkeiten und anderer Gründe nicht zur Dosierung von Kraftfutter in Rindviehställen zu empfehlen.

Von den zwei untersuchten Portionsdosierern dürfte die Dosieranlage F die günstigste Lösung darstellen. Sie ist im Vergleich zur Dosieranlage G sehr einfach aufgebaut und erfordert bei hinreichender Dosiergenauigkeit zur Regelung der Portionsgrößen nur geringen technischen Aufwand.

8 Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsauftrages wurden die in der DDR hergestellten Dosierer und zwei Eigenentwicklungen auf ihre Eignung für Kraftfutterdosierung in Rinderställen untersucht. Auf einem dazu gebauten Prüfstand wurden der Durchsatz und der mittlere relative Fehler in Abhängigkeit der jeweiligen Regelmöglichkeit ermittelt. Diese gewonnenen Werte und der erforderliche technische Aufwand dienen als Grundlage für die Auswahl von geeigneten Kraftfutterdosierern in Rinderställen.

A 4115