

Zur optimalen Greiferfüllmenge beim Futtertransport mit Greiferanlagen im Rinder-Anbindestall

Institut für Landmaschinen, Gießen

Neben zahlreichen technischen Möglichkeiten zum Futtertransport im Rinder-Anbindestall [1 . . . 8] werden ebenfalls Greiferanlagen verwendet. Greiferanlagen sind im landwirtschaftlichen Betrieb eines der wenigen Fördermittel, die das Fördergut erfassen und mit Hilfe von Hubkräften aus einer großen Gesamtmenge losreißen und heben können. Ferner werden der Horizontaltransport, das Abwerfen und die Rückfahrt mechanisch ausgeführt. Nur das Eingeben der abgeworfenen Greiferladung in die Krippe bleibt Handarbeit [9].

Neben Elektrogreifern sind vor allem durch Hand zu betätigende Greifer für derartige Anlagen im Gebrauch. Bei letzteren ist auf Handlichkeit und zweckmäßige Ausführung größter Wert zu legen, um Störungen beim Einsetzen in das Futter — besonders bei festlagerndem Silofutter — zu vermeiden. Das zu erreichende Füllgewicht kann bei zusammenhängendem Futter beträchtlich sein. Große Hubkräfte müssen zur Verfügung stehen, da nicht nur die Füllgewichte zu heben, sondern außerdem — besonders bei der Siloentnahme — große Abreißkräfte zu überwinden sind, die das zwei- und dreifache der Füllgewichte übersteigen können [10 . . . 12].

Entlang den Schienen wird der gefüllte Greiferwagen zur Stalleinfahrt geführt (Bild 1). Im Stall wird dann längs der Krippe auf dem Futterweg entleert. Er kann als Futtertisch oder als Futtergang ausgeführt sein. Bei zweireihiger Aufstallung wird heute ein gemeinsamer Futtergang bevorzugt. Aber auch ein gemeinsamer Mistgang ist möglich. Er bedingt allerdings zwei Futterwege längs der Außenwand und würde für den Greifertransport den Nachteil einer zusätzlichen zweiten Schienenführung einschließlich Weiche mit sich bringen [13; 14]. Die Anzahl der notwendigen Fahrten ist abhängig von der Größe des Viehbestandes, der Füllmenge des Greifers und der Größe der Futterration.

Neben der Fütterung kann eine Greiferanlage zusätzlich verschiedene Aufgaben übernehmen, wenn die Greifer leicht und schnell durch Transportmulden und andere Behälter für Stallmist-, Rüben-, Schüttgütertransport und dergleichen ersetzt werden können. Mit Hilfe eingebauter Weichen oder Steigungsstrecken sind auch schwierige Transportaufgaben in beengten Hoflagen zu lösen [9]. So sind in den letzten Jahren Greiferanlagen entstanden, die mit Recht als innerbetriebliche Vielzwecktransportgeräte zu bezeichnen sind.

Dafür zwei Beispiele: Bild 2 zeigt eine Anlage für einen Kuhstall mit 30 Tieren. Die Fahrschiene überquert, aus dem Stall kommend, den Dungstapel und führt über die Hochsiloanlage hinweg zum Fahrweg. Folgende Transportaufgaben können hier bewältigt werden:

1. Befüllen der Silos vom Fahrweg aus;
 2. Grünfuttertransport vom Fahrweg zum Stall;
 3. Silagetransport von den Silos zum Stall.
- Ein Dungtransport ist bei dieser Anlage nicht vorgesehen.

Bild 3 zeigt eine noch vielseitigere Anlage. Die Fahrschiene verläuft im Stall über dem Futtersilo der einreihig aufgestellten 14 Tiere. Außerhalb des Stalles ist sie so verlegt, daß sie über den Miststapel, den Fahrweg und die zwei Silos führt. Eine Weiche im Stall ermöglicht ferner die Führung der Schiene zum Mistgang. Von hier aus wird mit der bereitstehenden, auswechselbaren Mulde der Kuhstall und der anschließende Schweinestall entmistet. Ferner ermöglicht die Weiche die Verbindung zur jenseits der Tenne liegenden unterkellerten Scheune, wo Rüben- und Kartoffelsilos liegen. Diese vielseitige, aber auch nicht ganz billige Anlage ermöglicht folgende Transportaufgaben:

1. Grünfuttertransport in den Stall;
2. Silobefüllung vom Fahrweg aus;
3. Silagetransport in den Stall;

4. Kartoffel- und Rübentransport in den Stall;
5. Entmistung des Kuh- und Schweinestalles und Abwurf auf den Miststapel oder den bereitstehenden Stallmiststreuer;
6. Räumen des Miststapel und Abwurf auf den Stallmiststreuer.

1. Das Problem der optimalen Greiferfüllmenge

Wie kommt es nunmehr aufgrund der geschilderten Funktionsweisen des Greifers zur Fragestellung nach der optimalen Greiferfüllmenge?

Diese Frage soll zunächst mit einer allgemeinen Überlegung beantwortet werden, die am Beispiel eines Rinder-Anbindestalles für 40 Tiere durchgeführt wird (Bild 4). Hier ist eine Seilzug-Greiferanlage eingebaut, die in ihrer Funktion der bekannten Bauweise des Heuaufzuges entspricht. Es handelt sich um einen Stall mit zweireihiger Aufstallung und mittlerer Futterachse, die als Futtertisch angelegt ist. Giebelseitig liegt die Futtertenne, von der aus

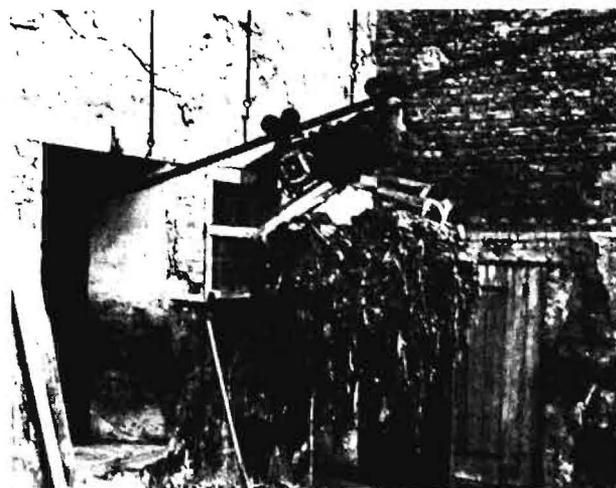


Bild 1: Greiferanlage mit selbstfahrender Laufkatze beim Futtertransport in den Stall

Der Antrieb erfolgt durch eingebauten Elektromotor, der auch die Seilwinde des Greifers bedient. Die Stromzuführung bei dieser Niederspannungsanlage mit 24 V Betriebsspannung erfolgt über die Laufschiene und zwei an ihr entlang geführten Stromschienen. An einem „Kommandostern“ kann die gewählte Abwurfstelle vor der Abfahrt eingestellt werden. Die Rückfahrt erfolgt nach dem Abwurf selbsttätig.

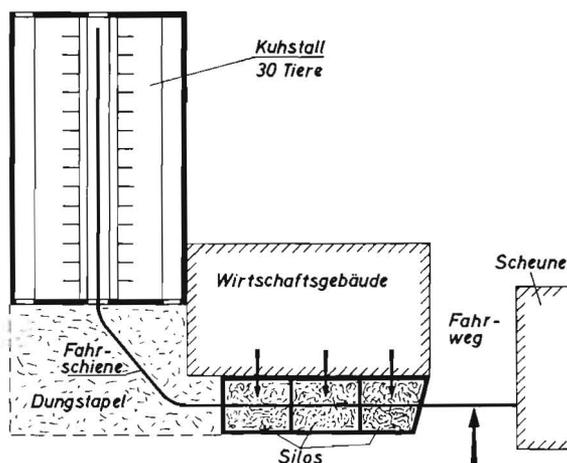


Bild 2: Betrieb mit selbstfahrender Greiferanlage

Bei der Planung einer Greifertransportanlage ist die zu bewältigende Transportaufgabe sorgfältig zu bestimmen. Danach richtet sich die Schienenführung. Außerhalb des Stalles, über dem Dungstapel und den Silos, dienen Gerüststrahlen zur Befestigung der Laufschiene. Die Pfeile zeigen die Lastaufnahmestellen

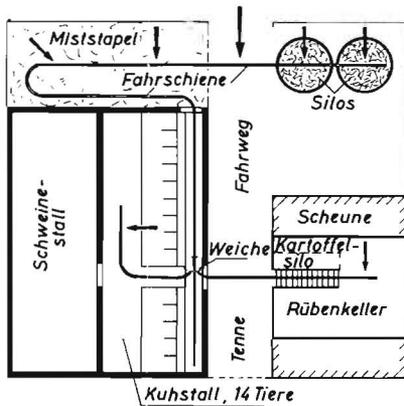


Bild 3: Die selbstfahrende Greiferanlage als Vielzwecktransportgerät in Hof und Stall

Werden bestimmte Abmessungen eingehalten, so kann solch eine Anlage alle Wirtschaftsgebäude befahren und dem Transport von Grünfutter, Silage, Stallmist, Rüben, Kartoffeln dienen. Durch Einbau von Kurven, Steigungsstrecken und Weichen können auch schwierige Transportaufgaben in benetzten Hoflagen bewältigt werden. Die Pfeile zeigen Lastaufnahmestellen an

die Schienenführung für den Greifer beginnt. Eine Arbeitskraft bedient an der Lastaufnahmestelle in der Futtertenne über das Steuerseil die Anlage, besorgt das Einsetzen des Greifers und verbleibt dort während der notwendigen Arbeitsspiele bis zur Beendigung der Arbeit. Die Entleerung des Greifers erfolgt im Stall über dem Futtertisch. Nach durchgeführter Transportarbeit wird das Futter von Hand in die Krippen eingegeben.

Stellt man sich nunmehr als Extrem vor, daß die Füllmenge des Greifers sehr klein wäre, so würden — so wie in Bild 4 dargestellt — sehr viele Fahrten zum Austeilen der vorgesehenen Futtermenge notwendig werden. Der damit verbundene Vorteil bestünde darin, daß das abgeworfene Futter vom Futtertisch lediglich in die Krippe eingeschoben zu werden brauchte. Der verhältnismäßig geringen Verteilzeit des Futters stünde aber, der vielen notwendigen Fahrten wegen, ein großer Fahrzeit- und Greiferladezeitbedarf an der Lastaufnahmestelle gegenüber. Die Gesamtzeit des Fütterns, als Summe aller Zeitelemente, wäre bei dieser Greifergröße, wie auch noch später gezeigt wird, beträchtlich.

Nimmt dagegen der Greifer zur Verminderung der Gesamtzeit für die Fütterung größere Futtermengen auf, so steigt zwar die Verteilzeit an, da jetzt durch die kleinere Zahl abgeworfener Futter-

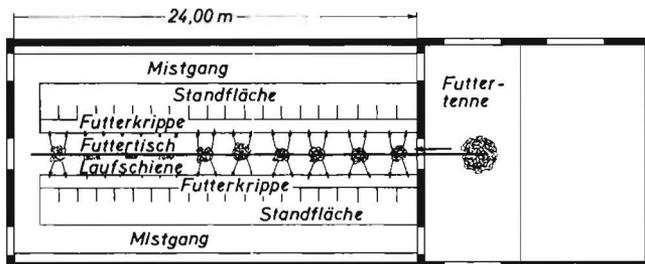


Bild 4: Greiferanlage im Rinder-Anbindestall mit zweireihiger Aufstallung. Bei extrem zahlreichen Fahrten des Greifers liegt das Futter vor der jeweiligen Krippe und braucht nur in die Krippe eingeschoben zu werden. Bei geringer Verteilzeit ergibt sich aber ein großer Transport- und Ladezeitbedarf

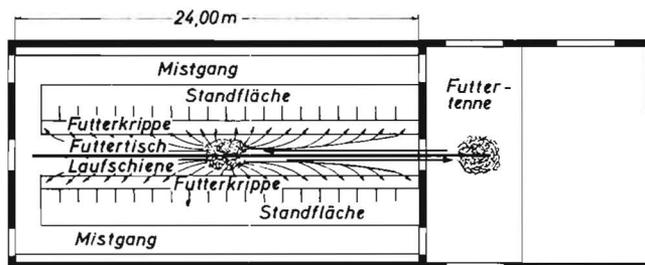


Bild 5: Greiferanlage im Rinder-Anbindestall mit zweireihiger Aufstallung. Könnte die Greiferfüllmenge so extrem groß gewählt werden, daß mit einer Ladung der ganze Stall abgefüttert werden kann, so ergeben sich große Verteilwege. Bei geringem Transport- und Ladezeitbedarf ergibt sich also ein großer Verteilzeitbedarf. Die optimale Füllmenge liegt zwischen beiden Extremen (siehe Bild 4)

haufen die Entfernungen zu den Freßstellen vergrößert werden. Aber der Fahrzeit- und Ladezeitbedarf fällt. Die Summe aller Aufwendungen wird offenbar geringer ausfallen als im ersten Fall, und zwar so lange der Fahr- und Ladezeitbedarf stärker abfällt als die Verteilzeit des Futters zunimmt. Könnte nun, um sich dem entgegengesetzten Extrem zu nähern, wie Bild 5 zeigt, die Füllmenge des Greifers so groß gewählt werden, daß mit einer in der Stallmitte abgeworfenen Ladung der gesamte Stall abgefüttert werden kann, dann würde der verhältnismäßig geringen Fahrzeit des Greifers ein großer Verteilzeitbedarf des abgeworfenen Futters gegenüberstehen, da zum Eingeben in die Krippen das Futter über große Entfernungen von Hand verzogen werden müßte. Der Gesamtzeitbedarf zur Fütterung wäre auch bei dieser Greifergröße beträchtlich.

Zwischen beiden Extremen liegt offenbar eine optimale Greiferfüllmenge, bei der zugleich auch die Gesamtzeit der Fütterung einen minimalen Wert erreicht. Die optimale Greiferfüllmenge ist also zeitabhängig definiert. Die geschilderten Verhältnisse lassen sich mathematisch erfassen, indem die Gesamtzeit der Fütterung als Funktion der Füllmenge, also der Greifergröße behandelt wird. Die graphische Darstellung dieser Beziehungen ergibt dann eine Kurve mit einem optimalen Wert für die Greiferfüllmenge [15].

2. Berechnung des optimalen Füllgewichtes eines Greifers

Zunächst wird der gesamte Arbeitsvorgang „Füttern“ in einzelne Arbeitselemente, entsprechend der technischen Ausführung der Greiferanlage, aufgelöst. Demnach setzt sich die Gesamtzeit der Fütterung T_{ges} aus folgenden Hauptzeiten zusammen:

- Greiferladezeit T_1 ;
- Fahrzeit des Greifers T_2 ;
- Zeit für Entladung des Greifers an der Abwurfstelle T_3 ;
- Verteilzeit für die abgeworfene Futtermenge T_4 .

Daraus ergibt sich die folgende grundlegende Beziehung, wenn noch der Betrag T_5 als notwendige Vorbereitungs- und Abschlußzeit hinzukommt:

$$T_{ges} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5. \quad (1)$$

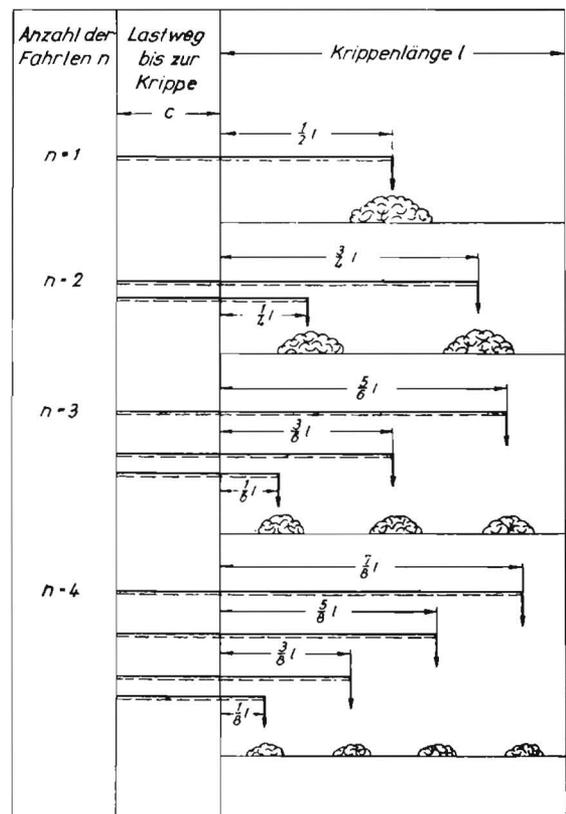


Bild 6: Weg des Greifers in Abhängigkeit von der Anzahl der Fahrten bei einreihiger Aufstallung

Die Greiferladezeit T_1 umfaßt alle diejenigen Operationen, die notwendig sind, um das Gerät an der Lastaufnahmestelle zu senken, in das Futter einzustecken und wieder zu heben, bis die Verriegelung mit dem Laufwagen durchgeführt ist und der Horizontaltransport erfolgen kann. Diese Arbeit wird von einer Arbeitskraft durch Betätigung der Steuereinrichtung erledigt. Dauert dieses eine Arbeitsspiel die Zeit t_1 [min], so beträgt nach n Arbeitsspielen die Greiferladezeit:

$$T_1 = n \cdot t_1 \text{ [min]}. \quad (1a)$$

Die Fahrzeit des Greifers T_2 entlang der Schienenbahn wird bestimmt von der Fahrgeschwindigkeit v und der Summe aller Wege s , die zurückzulegen sind. Demnach beträgt die Fahrzeit:

$$T_2 = \frac{s}{v} \text{ [min]}. \quad (1b)$$

Da die Geschwindigkeit v durch die technische Ausführung fixiert ist, geht sie als konstante Größe in diese Beziehung ein. Der Weg s ist abhängig von der vom Lastaufnahmepunkt bis zum Krippenanfang zurückzulegenden Wegstrecke c , der Krippenlänge l und der Anzahl der durchzuführenden Fahrten n (Bild 6).

2.1 Einreihige Aufstallung

Der Weg des Greifers entlang der Krippe (s_1) wird bestimmt von der Anzahl der durchzuführenden Fahrten und der Gesamtlänge der Krippe l . Erfolgt nur eine Fahrt, so wird das Futter zur Verteilung auf der halben Krippenlänge abgeworfen. Der Hin- und Rückweg ist dann gleich zweimal der halben Krippenlänge. Bei steigender Anzahl von Fahrten ergibt sich das in Tafel 1 gezeigte Bild.

Demnach beträgt der Weg, der bei n Fahrten und einreihiger Aufstallung entlang der Krippe zurückzulegen ist:

$$(s_1)_I = n \cdot l \text{ [m]}. \quad (1c)$$

Der Weg s_2 außerhalb des Stalles wird bestimmt durch die Länge des Lastweges c von der Lastaufnahmestelle bis zum Krippenanfang. Er beträgt, da er bei jeder Fahrt zweimal zurückgelegt werden muß:

$$s_2 = n \cdot 2c \text{ [m]}. \quad (1d)$$

Die Summe s beider Wegstrecken ($s = s_2 + s_1$) ergibt für die einreihige Aufstallung:

$$s_I = n \cdot 2c + n \cdot l \text{ [m]};$$

$$s_f = n(2c + l) \text{ [m]}.$$

Durch Einsetzen von s in Gl. (1b) ergibt sich die Gesamtfahrzeit des Greifers T_2 bei einreihiger Aufstallung:

$$(T_2)_I = n \cdot \frac{2c + l}{v} \text{ [min]}. \quad (1e)$$

Die Hauptzeit T_3 für die Entladung des Greifers an der Abwurfstelle wird durch die Anzahl der Fahrten n und die Zeit t_3 bestimmt, die jeweils die für den Abwurf einer Ladung bis zum Antritt der Rückfahrt benötigt wird. Demnach ergibt sich:

$$T_3 = n \cdot t_3 \text{ [min]}. \quad (1f)$$

Die notwendige Verteilzeit der Futtermenge T_4 wird, wie schon eingangs festgestellt wurde, von der Anzahl der durch eine Greiferladung zu versorgenden Tiere bestimmt und deshalb unterschiedlich ausfallen. Beträgt die Futtermenge je Tier F [dz] und werden von jeder Greiferladung m Tiere versorgt, so muß eine Greiferladung q

$$q = F \cdot m \text{ [dz]}$$

groß sein. Wenn sich die spezifische Verteilzeit für das Futter auf t_4 [min/dz] beläuft, dann dauert das Eingeben einer Greiferladung in die Krippe:

$$q \cdot t_4 = F \cdot m \cdot t_4 \text{ [min]}.$$

Die Hauptzeit T_4 für alle n Greiferladungen beträgt also:

$$T_4 = n q t_4 = n F m t_4 \text{ [min]}.$$

Da die Gesamtmenge eines Futterstoffes je Mahlzeit und Stall Q bei gegebener Einzelration F durch die Anzahl der aufgestellten Tiere z bestimmt wird, beträgt sie

Tafel 1: Schema zur Entwicklung der Formel für den Weg des Greifers entlang der Krippe

Anzahl der Fahrten ¹⁾	Weg des Greifers entlang der Krippe bei einreihiger Aufstallung	
"	(s_1) _I	
1	$2 \cdot \frac{1}{2} l$	= 1 l
2	$2 \cdot \frac{1}{4} l + 2 \cdot \frac{3}{4} l$	= 2 l
3	$2 \cdot \frac{1}{6} l + 2 \cdot \frac{3}{6} l + 2 \cdot \frac{5}{6} l =$ $= l \left(\frac{2}{6} + \frac{6}{6} + \frac{10}{6} \right) = \frac{18}{6} l$	= 3 l
·	·	·
·	·	·
·	·	·
"		= n · l

¹⁾ d. h. Anzahl der abgeworfenen Greiferfüllungen

$$Q = n \cdot q = z \cdot F \text{ [dz]}.$$

Nach Einsetzen in die letzte Gleichung wird

$$T_4 = Q t_4 \text{ [min]}. \quad (1g)$$

Da aber die spezifische Verteilzeit t_4 von der Anzahl der Tiere m bei der jeweiligen Aufstallungsart (siehe unten) abhängig ist, die von einer Ladung aus zu versorgen sind, bedingen sich die Größen t_4 und m gegenseitig. Steigt die Anzahl der von einer Greiferladung zu versorgenden Tiere m an, so vergrößert sich ebenfalls die zum Verteilen notwendige Wegstrecke und damit auch der spezifische Verteilungsaufwand t_4 .

Es gilt deshalb durch Arbeitszeitstudien zu ermitteln, wie groß die spezifische Verteilzeit ist, wenn von einer Greiferladung vier, acht, zwölf und mehr Tiere gefüttert werden sollen. Danach ist t_4 in eine funktionelle Beziehung zu m zu bringen; $t_4 = f(m)$. Damit wäre zugleich die Greiferfüllmenge q in funktionelle Beziehung zur Gesamtzeit T_{ges} gebracht und somit das notwendige Fassungsvermögen des Greifers in Abhängigkeit von der Gesamtzeit dargestellt.

Unter Vorwegnahme später folgender Ergebnisse sei mitgeteilt, daß die Beziehung zwischen t_4 und m mit hinreichender Genauigkeit eine lineare Funktion ist. Die Geradengleichung für t_4 in der allgemeinen Form lautet:

$$(t_4)_I = k \cdot m + b \text{ [min/dz]}. \quad (1h)$$

In dieser Gleichung ist k der Steigungsfaktor der Geraden, m die unabhängige, veränderliche Größe, die die Anzahl der durch einen Greifer zu versorgenden Tiere bedeutet, und b gibt den Abstand der Geraden auf der Ordinate an.

Gl. (1h) in Gl. (1g) eingesetzt ergibt:

$$(T_4)_I = Q (k \cdot m + b),$$

da $m = \frac{z}{n}$ ist, folgt:

$$(T_4)_I = Q \left(k \frac{z}{n} + b \right) \text{ [min]}. \quad (1i)$$

Damit ist die Verteilzeit des Futters von Hand in die Krippe bestimmt. Die Vorbereitungs- und Abschlußzeit T_5 ist ein Erfahrungswert, der in keiner Beziehung zur Greifergröße steht.

Alle Hauptzeiten, die den gesamten Fütterungsablauf beeinflussen, sind damit bekannt. Ihre Summe ergibt die Gesamtzeit T_{ges} für die Fütterung eines Futterstoffes mit dem Greifer.

Für die einreihige Aufstallung gilt nunmehr:

$$(T_{ges})_I = n \cdot t_1 + n \cdot \frac{2c + l}{v} + n \cdot t_3 + Q \left(k \frac{z}{n} + b \right) + T_5,$$

oder

$$(T_{ges})_I = n \left(t_1 + \frac{2c + l}{v} + t_3 \right) + Q \left(k \frac{z}{n} + b \right) + T_5 \text{ [min]}. \quad (2a)$$

Da $n = \frac{Q}{q}$ und $\frac{z}{n} = \frac{q}{F}$ ist, folgt:

$$(T_{\text{ges}})_I = \frac{Q}{q} \left(t_1 + \frac{2c+l}{v} + t_3 \right) + Q \left(k \frac{q}{F} + b \right) + T_s \text{ [min]}. \quad (2b)$$

Damit ist eine funktionelle Beziehung aller in Frage kommenden Größen zum Gesamtzeitbedarf hergestellt. Der Einfluß der Greiferfüllmenge auf die Gesamtzeit T_{ges} kann durch die Wahl verschiedener Größen von q dargestellt werden, indem die ermittelten Werte aus Arbeitszeitmessungen, sowie die bekannten Angaben für Futtermengen, Fahrgeschwindigkeit usw. eingesetzt werden.

Eine allgemeine Gleichung für die optimale Greifergröße erhält man durch die Differentialrechnung.

$$\begin{aligned} \frac{d(T_{\text{ges}})_I}{dq} &= -\frac{Q}{q^2} \left(t_1 + \frac{2c+l}{v} + t_3 \right) + \frac{Q \cdot k}{F} = 0; \\ \frac{Q}{q^2} \left(t_1 + \frac{2c+l}{v} + t_3 \right) &= \frac{Q \cdot k}{F}; \\ q^2 &= \left(t_1 + \frac{2c+l}{v} + t_3 \right) \cdot \frac{F}{k}; \\ (q_{\text{opt}})_I &= \pm \sqrt{F \left(t_1 + \frac{2c+l}{v} + t_3 \right) \cdot \frac{F}{k}} \text{ [dz]}. \quad (3) \end{aligned}$$

Damit ist die Gleichung entwickelt, aus der das optimale Füllgewicht des Greifers bei einreihiger Aufstellung ermittelt werden kann.

Das optimale Füllgewicht steigt proportional dem Wurzelwert der Futterration F und dem Wurzelwert der Arbeitszeit des Greifers an. Es fällt proportional dem Wurzelwert der Steigung k der Funktion für die spezifische Verteilzeit (Gl. 1h). Es ergibt sich daraus die Erkenntnis, daß es besser ist, bei stark anwachsendem Verteilaufwand, den Greifer etwas weniger zu beladen und dafür einmal mehr zu fahren als umgekehrt. Nur der positive Wurzelwert ist sinnvoll.

Nunmehr kann auch der minimale Gesamtzeitbedarf $(T_{\text{ges}})_{\text{min}}$ bestimmt werden, wenn die optimale Greiferfüllmenge q_{opt} (Gl. 3) in Gl. (2b) mit $Q = z \cdot F$ eingesetzt wird. Der minimale Gesamtzeitbedarf beträgt dann:

$$\begin{aligned} |(T_{\text{ges}})_{\text{min}}|_I &= z \left[2 \sqrt{k \cdot F \left(t_1 + \frac{2c+l}{v} + t_3 \right) + F \cdot b} \right] + T_s \text{ [min]}. \quad (4) \end{aligned}$$

Der minimale Gesamtzeitbedarf der einreihigen Aufstellung steigt und fällt proportional mit der Anzahl der Tiere z . Er verändert sich annähernd proportional dem Wurzelwert der Futterration F (annähernd infolge des Gliedes $F \cdot b$) und der unter der Wurzel in Klammern stehenden Transport- und Umschlagzeit.

2.2 Zweireihige Aufstellung

Die zweireihige Aufstellung der Tiere im Anbindestall kann auf zwei verschiedene Arten erfolgen:

1. Aufstellung um eine mittlere Futterachse;
2. Aufstellung an zwei äußeren Futterwegen.

Für den Futtertransport mit dem Greifer ergeben sich deshalb unterschiedliche Bedingungen, die nachfolgend getrennt dargestellt werden.

2.2.1. Aufstellung um eine mittlere Futterachse

Für diese Aufstellung gilt auch Gl. (1) des vorangegangenen Abschnittes. Die Greiferladezeit T_1 bleibt ebenfalls unverändert und kann nach Gl. (1a) übernommen werden. Bei der Fahrzeit des Greifers T_2 muß berücksichtigt werden, daß bei der zweireihigen Aufstellung zwei Krippenreihen parallel verlaufen. Aus dieser Anordnung ergibt sich eine Verkürzung des Stalles um die halbe Gesamtlänge der Krippe. Der Greifer hat im Stall deshalb auch nur längs der halben Gesamtlänge der Krippe zu verkehren,

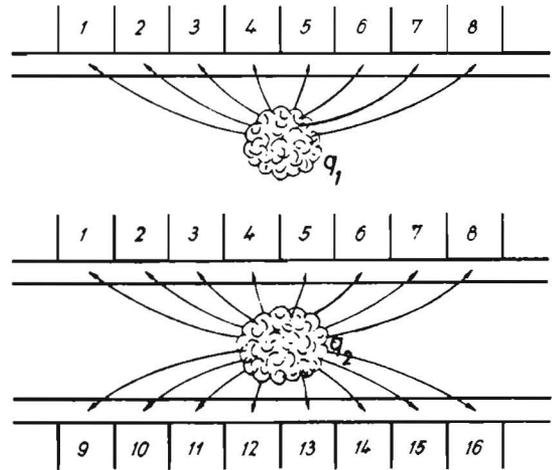


Bild 7: Mit gleichem spezifischem Verteilaufwand [min/dz] können bei Aufstellung um eine mittlere Futterachse doppelt soviel Tiere gefüttert werden

oben: Einreihige Aufstellung; Anzahl der gefütterten Tiere $m_1 = 8$
 unten: Zweireihige Aufstellung um eine mittlere Futterachse; Anzahl der gefütterten Tiere $m_2 = 16$

gleichgültig, wie sie angeordnet ist. Demnach beträgt der Fahrweg im Stall $(s_1)_{II}$ analog Gl. (1c):

$$(s_1)_{II} = n \cdot l/2 \text{ [m]}. \quad (5a)$$

Der Fahrweg s_2 außerhalb des Stalles bleibt nach Gl. (1d) unverändert. Der Gesamtfahrweg des Greifers $s_{II} = (s_1)_{II} + s_2$ beträgt also:

$$\begin{aligned} s_{II} &= n \cdot 2c + n \cdot l/2 \text{ [m]}; \\ s_{II} &= n(2c + l/2) \text{ [m]}. \end{aligned}$$

Daraus errechnet sich die Fahrzeit des Greifers T_2 :

$$(T_2)_{II} = n \frac{2c + l/2}{v} \text{ [min]}. \quad (5b)$$

Die Entladezeit des Greifers T_3 an der Abwurfstelle bleibt für die genannten Bedingungen unverändert, für sie gilt Gl. (1f).

Bei der zweireihigen Aufstellung um den mittleren Futtertisch können von einem abgeworfenen Futterhaufen zwei gegenüberliegende Krippenreihen mit Futter beschickt werden. Dadurch verändern sich die Verteilbedingungen gegenüber der einreihigen Aufstellung (Bild 7), weil bei der zweireihigen Aufstellung mit gleicher spezifischer Verteilzeit doppelt soviel Tiere gefüttert werden wie bei einreihiger Aufstellung. Werden m Tiere von einer Greiferladung bei einreihiger Aufstellung gefüttert, so ist bei zweireihiger Aufstellung derselben Tierzahl m nur der spezifische Verteilaufwand t_1 für $\frac{m}{2}$ Tiere notwendig. Der funktionelle Zusammenhang zwischen Tierzahl und spezifischer Verteilzeit bei zweireihiger Aufstellung um einen mittleren Futterweg lautet dann:

$$(t_1)_{II} = k \frac{m}{2} + b \text{ [min/dz]}. \quad (5c)$$

Nach Einsetzen von Gl. (5c) in Gl. (1g) beträgt die Verteilzeit für die Gesamtfuttermenge:

$$\begin{aligned} (T_1)_{II} &= Q \left(k \frac{m}{2} + b \right) \text{ [min] bzw.} \\ (T_1)_{II} &= Q \left(k \frac{z}{2n} + b \right) \text{ [min]}. \quad (5d) \end{aligned}$$

Für die zweireihige Aufstellung um eine mittlere Futterachse gilt nunmehr analog der Funktion der einreihigen Aufstellung (Gl. 2b):

$$\begin{aligned} (T_{\text{ges}})_{II} &= \frac{Q}{q} \left(t_1 + \frac{2c + l/2}{v} + t_3 \right) + \\ &+ Q \left(k \frac{q}{2F} + b \right) + T_s \text{ [min]}. \quad (5e) \end{aligned}$$

Das optimale Füllgewicht des Greifers wird

$$(q_{opt})_{II} = 1,41 \sqrt{F \left(t_1 + \frac{2c + l/2}{v} + t_3 \right)} \quad [dz]. \quad (6)$$

Vergleicht man Gl. (6) mit der entsprechenden Gleichung der einreihigen Aufstallung (Gl. 3), so erkennt man, daß bei der zweireihigen Aufstallung das Füllgewicht des Greifers größer sein muß als bei der einreihigen. Es verhält sich annähernd:

$$\frac{(q_{opt})_{II}}{(q_{opt})_I} \approx \frac{1,41}{1}.$$

Die optimale Füllmenge für eine zweireihige Aufstallung desselben Tierbestandes ist also etwa 1,41 mal größer als für eine einreihige. Der Wert gilt nur angenähert, weil bei zweireihiger Aufstallung lediglich die halbe Krippenlänge zu befahren ist, was durch den Wert $l/2$ unter der Wurzel in Gl. (6) zum Ausdruck kommt.

Den minimalen Gesamtzeitbedarf $(T_{ges})_{min}$ für die Fütterung bei dieser Aufstallung erhält man durch Einsetzen von Gl. (6) in Gl. (5e). Er beträgt dann:

$$\begin{aligned} |(T_{ges})_{min}|_{II} = z & \left[\sqrt{2k \cdot F \left(t_1 + \frac{2c + l/2}{v} + t_3 \right)} + \right. \\ & \left. + F \cdot b \right] + T_3 \quad [\text{min}]. \end{aligned} \quad (7)$$

Ein Vergleich dieser Gleichung mit Gl. (4) für die einreihige Aufstallung zeigt einen bedeutsamen Unterschied. Bei einreihiger Aufstallung ist die kleinstmögliche Zeit zur Fütterung bei optimalen Füllgewichten etwa um das $\sqrt{2}$ fache größer als bei zweireihiger Aufstallung um eine mittlere Futterachse. Diese zweireihige Aufstallung ist also in bezug auf den Futtertransport mit dem Greifer der einreihigen arbeitswirtschaftlich eindeutig überlegen.

2.2.2. Aufstallung an zwei äußeren Futterwegen

Dieser Stall kann als Aufstallung mit zwei getrennt, aber parallel liegenden einreihigen Standreihen verstanden werden. Es entfallen die günstigen Bedingungen der Futterverteilung, die sich bei mittlerer Futterachse ergeben. Deshalb gilt für die spezifische Verteilzeit t_1 die Funktion nach Gl. (1h) und Gl. (1i) für die Hauptzeit des Futterverteils. Die Greiferladezeit T_1 und die Entladezeit T_3 bleiben unverändert. Ebenfalls kann für die Fahrzeit des Greifers T_2 Gl. (5b) übernommen werden, da hinsichtlich der zurückzulegenden Fahrwege kein Unterschied zwischen den verschiedenen zweireihigen Aufstallungsmöglichkeiten besteht. Demnach beträgt der Gesamtzeitbedarf:

$$\begin{aligned} (T_{ges})_{IIa} = \frac{Q}{q} & \left(t_1 + \frac{2c + l/2}{v} + t_3 \right) + \\ & + Q \left(k \frac{q}{2F} + b \right) + T_3 \quad [\text{min}]. \end{aligned} \quad (8)$$

Damit beträgt die optimale Greifergröße für die zweireihige Aufstallung zu zwei äußeren Futterwegen:

$$(q_{opt})_{IIa} = \sqrt{F \left(t_1 + \frac{2c + l/2}{v} + t_3 \right)} \quad [dz]. \quad (9)$$

Diese Funktion mit Gl. (6) verglichen zeigt, daß das optimale Füllgewicht des Greifers für die Aufstallung an zwei äußeren Futterwegen um den Faktor 1,41 kleiner ist als bei zweireihiger Aufstallung der Tiere um eine mittlere Futterachse.

Nach Einsetzen von Gl. (9) in Gl. (8) ergibt sich der minimale Gesamtzeitbedarf $(T_{ges})_{min}$. Er beträgt:

$$\begin{aligned} |(T_{ges})_{min}|_{IIa} = z & \left[2 \sqrt{k \cdot F \left(t_1 + \frac{2c + l/2}{v} + t_3 \right)} + \right. \\ & \left. + F \cdot b \right] + T_3 \quad [\text{min}]. \end{aligned} \quad (10)$$

Ein Vergleich mit Gl. (7) (zweireihige Aufstallung um eine mittlere Futterachse) läßt erkennen, daß bei zwei äußeren Futterwegen der minimale Gesamtzeitbedarf um den Faktor $\sqrt{2} = 1,41$ größer ist.

Man wird also bei dieser Aufstallungsart immer mit höheren Zeitaufwendungen zu rechnen haben.

2.3. Vierreihige Aufstallung

Nachfolgend wird nur die vierreihige Aufstallung um zwei Futterachsen behandelt. Sie kann als zwei nebeneinanderliegende zweireihige Aufstallungen angesehen werden, allerdings mit entsprechend verkürzten Transportwegen innerhalb des Stalles. Diese haben sich nunmehr analog der Entwicklung Gl. (5a), auf den vierten Teil der Gesamtlänge der Krippe reduziert. Somit wird der Transportweg innerhalb des Stalles:

$$(s_1)_{IV} = n \cdot l/4 \quad [\text{m}]. \quad (11a)$$

Da der Fahrweg s_2 außerhalb des Stalles unverändert bleibt (Gl. 1d), beträgt der Gesamtfahrweg des Greifers

$$\begin{aligned} s_{IV} &= (s_1)_{IV} + s_2; \\ s_{IV} &= n(2c + l/4) \quad [\text{m}], \end{aligned}$$

und die Fahrzeit des Greifers T_2 :

$$(T_2)_{IV} = n \frac{2c + l/4}{v} \quad [\text{min}]. \quad (11b)$$

Für die vierreihige Aufstallung gilt ebenfalls Gl. (5e) der zweireihigen Aufstallung um einen mittleren Futterweg, wenn in diese Gl. (11b) sinngemäß eingeführt wird:

$$\begin{aligned} (T_{ges})_{IV} = \frac{Q}{q} & \left(t_1 + \frac{2c + l/4}{v} + t_3 \right) + \\ & + Q \left(k \frac{q}{2F} + b \right) + T_3 \quad [\text{min}]. \end{aligned} \quad (11c)$$

Die daraus zu errechnende optimale Greifergröße beträgt:

$$(q_{opt})_{IV} = 1,41 \sqrt{F \left(t_1 + \frac{2c + l/4}{v} + t_3 \right)} \quad [dz]. \quad (12)$$

Diese Gleichung ist fast identisch mit Gl. (6) der zweireihigen Aufstallung um eine mittlere Futterachse, sie unterscheidet sich nur um den Betrag $l/4$ unter der Wurzel, der in bezug auf die anderen Bestimmungsgrößen relativ klein ist.

Den minimalen Gesamtzeitbedarf erhält man durch Einsetzen von Gl. (12) in Gl. (11c):

$$\begin{aligned} |(T_{ges})_{min}|_{IV} = z & \left[\sqrt{2k \cdot F \left(t_1 + \frac{2c + l/4}{v} + t_3 \right)} + \right. \\ & \left. + F \cdot b \right] + T_3 \quad [\text{min}]. \end{aligned} \quad (13)$$

Auch bei dieser Aufstallung verhält sich der kleinstmögliche Gesamtzeitbedarf proportional der aufgestellten Anzahl der Tiere z. Ebenso zeigt ein Vergleich mit Gl. (7) der zweireihigen Aufstallung um einen mittleren Futterweg, daß beide sich nur um den Betrag $l/4$ unter der Wurzel unterscheiden, also auch hier nur geringe Zeitunterschiede bestehen.

3. Bestimmung der Zeitfaktoren

Wird der durch den Greifer abgeworfene Futterhaufen bei einreihiger Aufstallung nach rechts und links verteilt, so wächst der Arbeitszeitbedarf je dz verteilten Futters — die spezifische Ver-

Tafel 2: Spezifischer Arbeitszeitbedarf t_4 für das seitliche Verteilen des Futters auf dem Futtertisch an m Tiere [min/dz] einreihige Aufstallung

Futterart	$m = 4$	8	12	16	20
Grünfutter, lang	0,76	0,94	1,15	1,40	1,72
Grünfutter und Mais-silage, gehäckselt	1,05	1,40	1,80	2,31	—
Rübenblatt	1,05	1,30	1,64	2,00	2,42
Rübenblattsilage	0,95	1,20	1,55	1,90	—
Heu, lang	—	3,00	3,40	4,00	4,70

Tafel 3: Spezifischer Arbeitszeitbedarf t_4 für das seitliche Verteilen des Futters auf dem Futtergang an m Tiere [min/dz] einreihige Aufstallung

Futterart	$m = 4$	8	12	16	20
Grünfutter, lang	1,28	1,51	1,83	2,20	—
Grünfutter und Mais-silage, gehäckselt	1,65	1,95	2,38	2,80	—
Rübenblatt	1,66	1,90	2,20	2,60	3,04
Heu, lang	—	3,55	4,10	4,80	5,60

zeitzeit t_4 — mit steigender Tierzahl auf Grund von Zeitmessungen entsprechend den Werten in den Tafeln 2 und 3 an. Dabei sind für Grün- und Saftfuttermittel Futterrationen von 0,2–0,3 dz und für Heu 0,03 dz je Tier zugrunde gelegt.

Die Zahlenwerte lassen erkennen, daß für den Futtergang der Arbeitszeitbedarf immer höher liegen wird als für den Futtertisch. Letzterer ist also arbeitswirtschaftlich überlegen und sollte deshalb bevorzugt werden.

Die graphische Darstellung dieser Werte ergibt Kurven (Bilder 8 bis 10), die mit genügender Genauigkeit durch Geraden ersetzt werden können. Damit ist es möglich, durch lineare Funktionen die spezifische Verteilzeit t_4 in Abhängigkeit von der Anzahl der von einem Futterhaufen zu versorgenden Tiere m zu bestimmen. Im einzelnen ergeben sich für die Futterstoffe die in den Tafeln 4 und 5 genannten Funktionen für t_4 .

Von Bedeutung sind weiterhin folgende Glieder für die entwickelten Gleichungen:

1. Die Zeit eines Arbeitsspieles für die Lastaufnahme des Greifers t_1 (Senken—Erfassen—Heben) ist großen Schwankungen unterworfen und abhängig von der Hubhöhe, der Hub- und Senkgeschwindigkeit, der Zeit, die für das Ansetzen und Einstechen in das Futter benötigt wird und nicht zuletzt von der Übung und Geschicklichkeit der bedienenden Arbeitskraft. Bei einer durchschnittlichen Hubhöhe von 3 m wird der oft gemessene Wert von 1 min zugrunde gelegt.
2. Die Fahrgeschwindigkeit v des Greifers weist entsprechend der technischen Ausführung der einzelnen Fabrikate beträchtliche Unterschiede auf. Verschiedentlich sind auch mehrere Geschwin-

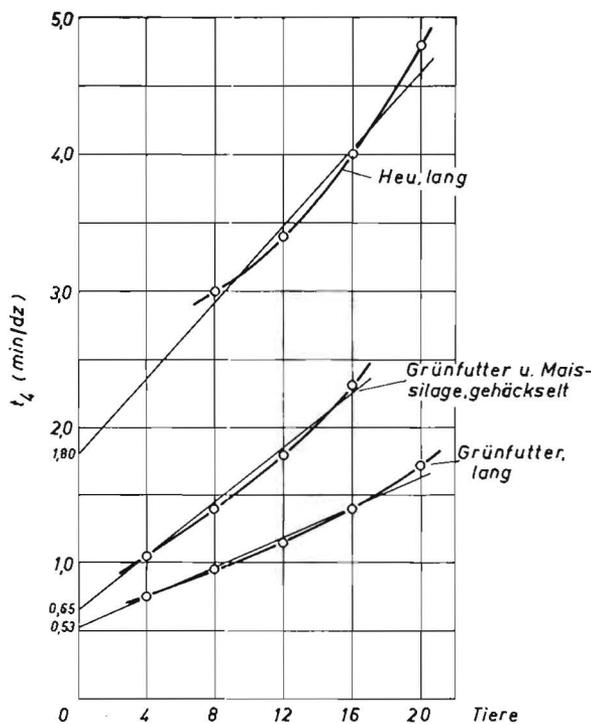


Bild 8: Die spezifische Verteilzeit t_4 der Futterstoffe in Abhängigkeit von der Je Greiferladung zu versorgenden Tierzahl m Einreihige Aufstallung, Futtertisch

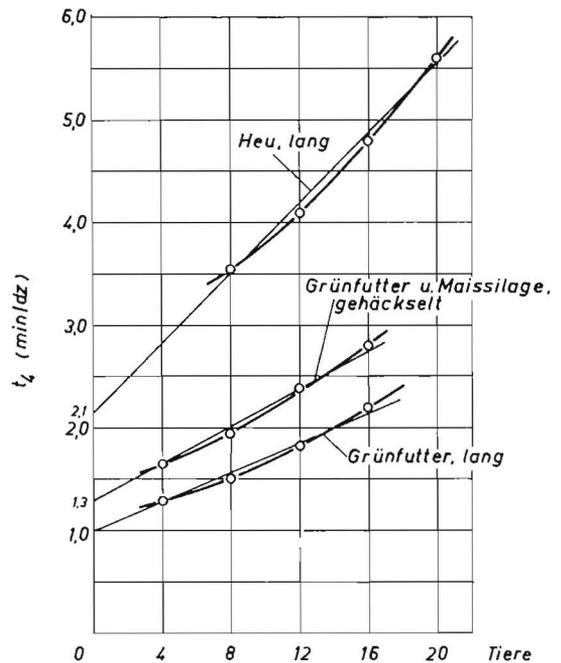


Bild 9: Die spezifische Verteilzeit t_4 der Futterstoffe in Abhängigkeit von der Je Greiferladung zu versorgenden Tierzahl m Einreihige Aufstallung, Futtergang

digkeiten vorgesehen, um unterschiedlichen Betriebsverhältnissen entsprechen zu können. Für die vorliegenden Berechnungen wurde eine durchschnittliche Geschwindigkeit von $v = 40$ m/min angenommen.

3. Die Entfernung c von der Ladestelle bis zum Krippenanfang richtet sich nach der Anlage und den örtlichen Gegebenheiten des landwirtschaftlichen Betriebes. Den folgenden vergleichenden Untersuchungen liegt ein äußerer Fahrweg von $c = 10$ m zugrunde.

4. Die Vorbereitungs- und Abschlußzeit T_3 beträgt 2 min, die Abwurfzeit des Greifers t_3 an der Entladestelle 0,10 min. Die Standbreite je Tier ist allgemein 1,1 m groß. Daraus berechnet sich die Krippenlänge l bei z aufgestallten Tieren zu $l = 1,1 \cdot z$ [m].

4. Größe der optimalen Füllgewichte

Aus den Gleichungen können nunmehr durch Einsetzen der ermittelten Zeitwerte die optimalen Füllmengen für die verschiedenen Aufstallungsarten und Stallgrößen bestimmt werden. In den folgenden Darstellungen beträgt die zugrunde gelegte Futterration F für Grün- und Saftfuttermittel 0,25 dz/Tier, für Heu 0,03 dz/Tier.

Tafel 4: Funktionen für t_4 [min/dz] Futtertisch, einreihige Aufstallung

Futterart	$t_4 = k \cdot m + b$
Grünfutter, lang	$t_4 = 0,055 m + 0,53$
Grünfutter und Mais-silage, gehäckselt	$t_4 = 0,100 m + 0,65$
Rübenblatt	$t_4 = 0,080 m + 0,70$
Rübenblattsilage	$t_4 = 0,075 m + 0,65$
Heu, lang	$t_4 = 0,140 m + 1,80$

Tafel 5: Funktionen für t_4 [min/dz] Futtergang, einreihige Aufstallung

Futterart	$t_4 = k \cdot m + b$
Grünfutter, lang	$t_4 = 0,07 m + 1,00$
Grünfutter und Mais-silage, gehäckselt	$t_4 = 0,09 m + 1,30$
Rübenblatt	$t_4 = 0,08 m + 1,32$
Heu, lang	$t_4 = 0,17 m + 2,10$

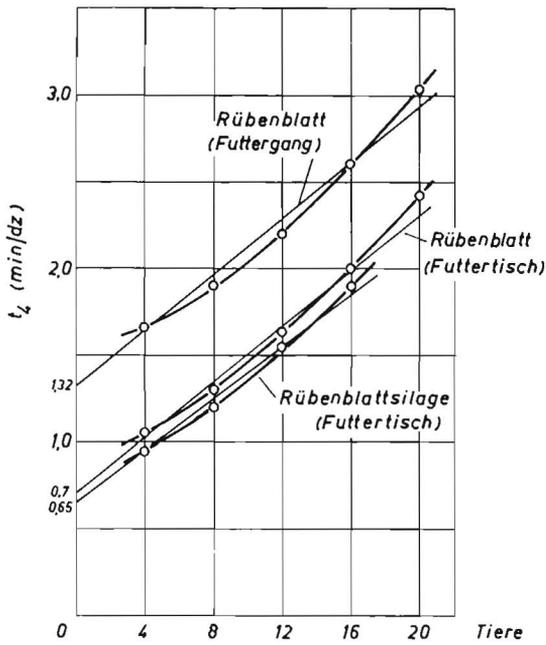


Bild 10: Die spezifische Verteilzeit t_4 der Futterstoffe in Abhängigkeit von der je Greiflerladung zu versorgenden Tierzahl m Einreihige Aufstallung

Die Bilder 11 und 12 zeigen die optimalen Füllgewichte bei zweireihiger Aufstallung (mittlerer Futtermisch und zwei äußere Futtermische) in Abhängigkeit von der Tierzahl z , also von der Stallgröße. Auffallend ist bei beiden Darstellungen, daß die Füllmengen fast linear mit der Stallgröße zunehmen. Von den Grün- und Saftfuttermitteln benötigt langes Grünfutter die größten optimalen Füllgewichte, gehäckseltes Grünfutter und gehäckselte Maissilage die geringsten. Dazwischen liegen die Werte für Rübenblattsilage und Rübenblatt. Für Langheu ergeben sich die geringsten Füllmengen. Ferner fällt auf, daß bei mittlerem Futtermisch die optimalen Füllmengen größer sind als bei zwei äußeren Futtermischen. Sie liegen im ersten Fall bei langem Grünfutter zwischen 4,1 dz bei 20 Tieren und 5,2 dz bei 100 Tieren. Die entsprechenden Werte für zwei äußere Futtermische betragen 2,9 dz und 3,7 dz. Die Ursache dafür liegt in den beiden Ausgangsgleichungen (6) und (9), die sich nur um den Faktor 1,41 unterscheiden, wie bereits erwähnt wurde.

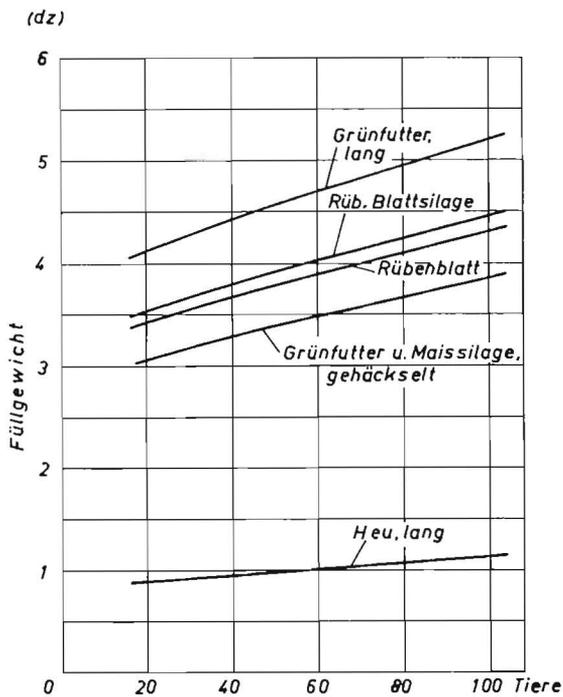


Bild 11: Das optimale Füllgewicht in Abhängigkeit von der Tierzahl z mittlerer Futtermisch, zweireihige Aufstallung

Die optimalen Werte der Füllgewichte für Grün- und Saftfuttermittel sind relativ hoch. Doch können sie, zumindest für eine mittlere Stallgröße, von einzelnen Fabrikaten für langes Grünfutter, Rübenblattsilage und Rübenblatt noch erreicht werden. So konnten von uns in verschiedenen Betrieben, entsprechend der Absicht und der Geschicklichkeit der bedienenden Arbeitskraft, Füllgewichte bei Handgreifern von 2,2 bis 4,5 dz festgestellt werden. Dagegen sind Füllmengen von 3 dz bei gehäckseltem Futter zur Zeit kaum erreichbar [11; 12].

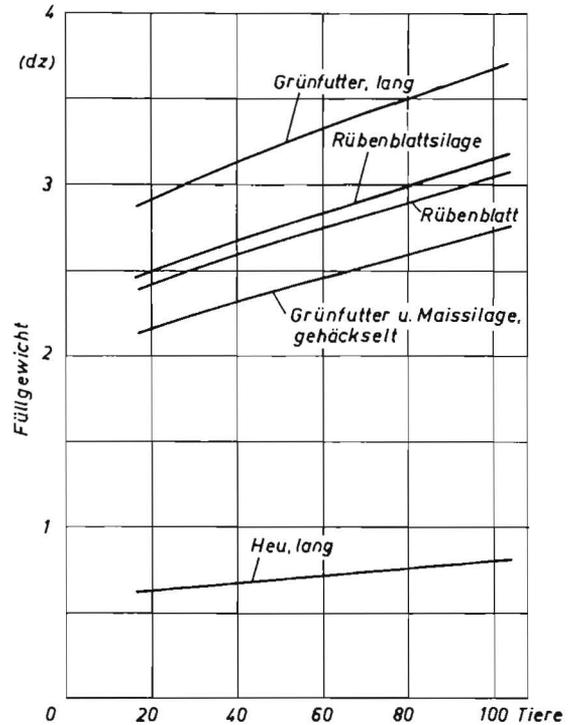


Bild 12: Das optimale Füllgewicht in Abhängigkeit von der Tierzahl z zwei äußere Futtermische, zweireihige Aufstallung

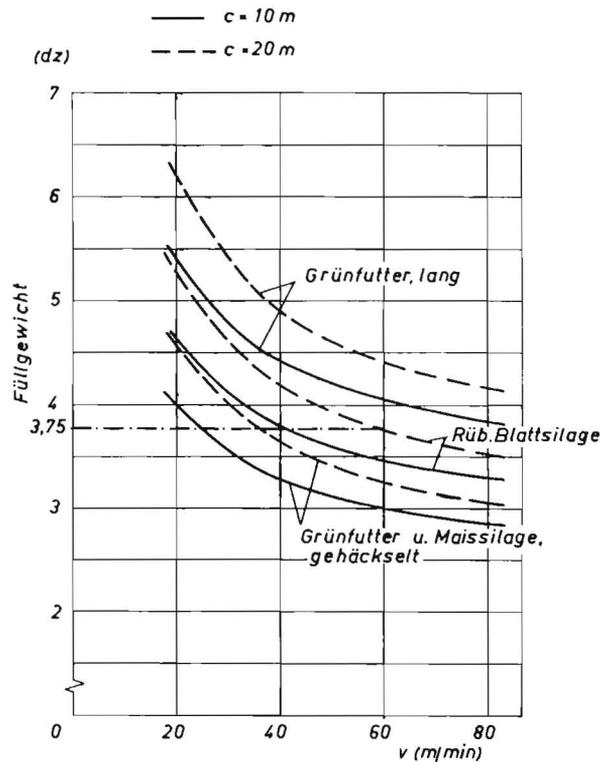


Bild 13: Das optimale Füllgewicht in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit v

Mittlerer Futtermisch, zweireihige Aufstallung. Das Füllgewicht von 3,75 dz bei dem äußeren Fahrweg von $c = 10$ m und der Fahrgeschwindigkeit $v = 40$ m/min kann auch bei nachträglicher Vergrößerung des äußeren Fahrweges auf 20 m beibehalten werden, wenn die Fahrgeschwindigkeit auf 60 m/min erhöht werden kann

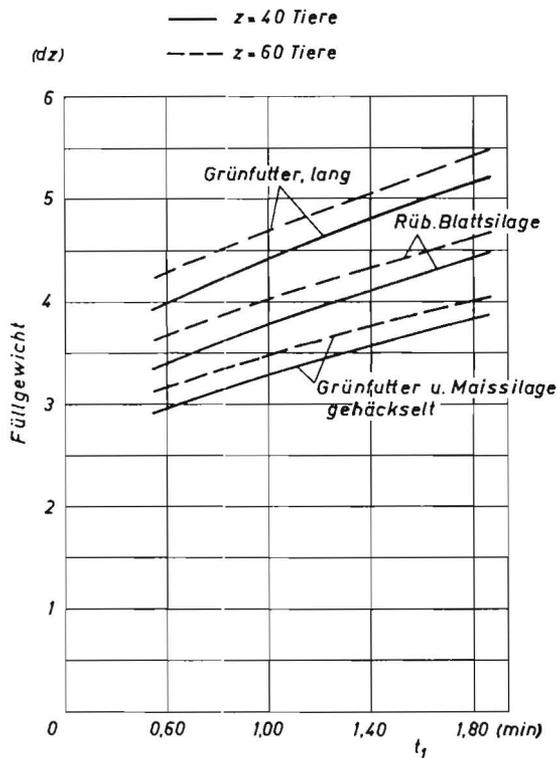


Bild 14: Das optimale Füllgewicht in Abhängigkeit von der Greiferladezeit t_1
Mittlerer Futtertisch, zweireihige Aufstellung

Wesentlich wird die optimale Füllmenge mitbestimmt von der verwendeten Fahrgeschwindigkeit und der Greiferladezeit. Die optimalen Füllgewichte fallen mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit hyperbolisch ab (Bild 13) und bei größerem äußeren Fahrweg c wirkt eine Geschwindigkeitserhöhung stärker auf die Veränderung der Füllmengen als bei kleinerem Fahrweg. Desgleichen zeigt die Darstellung, daß eine vorhandene optimale Füllmenge auch bei nachträglicher Vergrößerung des äußeren Fahrweges beibehalten werden kann, wenn die Möglichkeit einer Geschwindigkeitserhöhung gegeben ist und damit eine Anpassung an neue Betriebsverhältnisse erfolgen kann.

Mit steigender Greiferladezeit t_1 nehmen die optimalen Füllmengen erheblich zu (Bild 14). Da immer die Aufgabe besteht, den absoluten Zeitaufwand beim Füttern zu senken und übergroße Füllmengen aus praktischen Gründen zu vermindern, ergibt sich die Forderung, die Greiferladezeit t_1 so klein wie möglich zu halten.

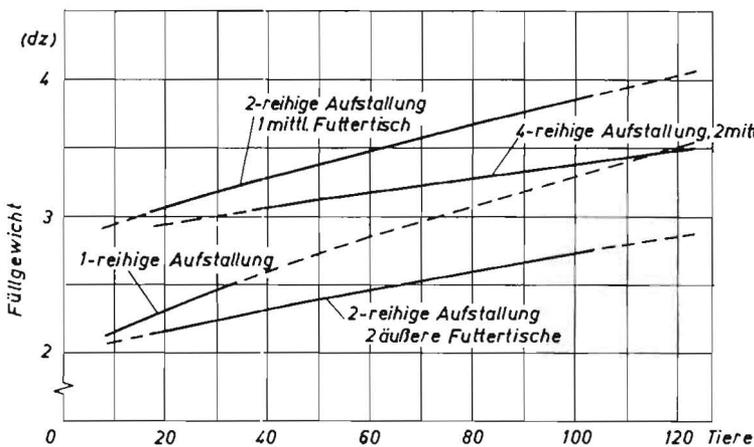


Bild 15 (oben): Vergleich der optimalen Füllmengen Futtertisch, Grünfutter und Maissilage, gehäckselt. Der Vollstrich kennzeichnet den gültigen Bereich, die gestrichelte Weiterführung dient dem Vergleich

Bild 16 (rechts): Der Gesamtzeitbedarf T_{ges} in der Abhängigkeit von der Anzahl Fahrten n und der Füllmenge q
Grünfutter und Maissilage gehäckselt, einreihige Aufstellung, Futtertisch, $z = 20$ Tiere, Futtermenge je Tier $F = 25$ kg

Dazu sind konstruktive Maßnahmen geeignet, die die Handlichkeit und Gestaltung des Greifers betreffen, damit die Handhabung bei Handgreifern erleichtert und der Zeitaufwand für das Ansetzen und Einstechen in das Futter vermindert wird. Müssen bei Silos größere Hubhöhen bewältigt werden, so kommt ebenfalls der Auslegung der Hub- und Senkgeschwindigkeit große Bedeutung zu [10].

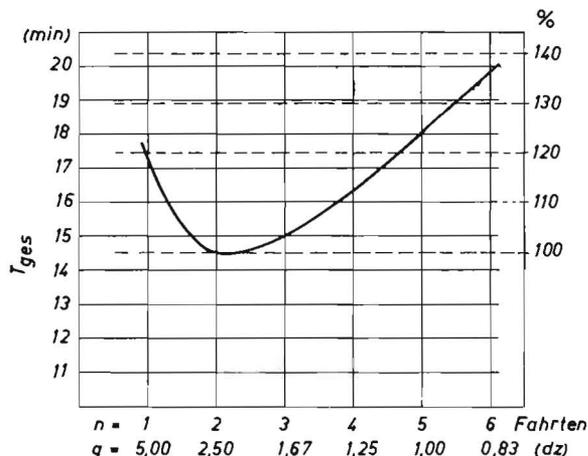
Ein Vergleich der optimalen Füllmengen aller untersuchten Aufstellungsarten (Bild 15) zeigt die charakteristischen Unterschiede der Ausgangsgleichungen (3), (6), (9) und (12). Am größten sind die Füllmengen für die zweireihigen Aufstellungen um einen mittleren Futterweg, am kleinsten und zugleich um den Faktor 1,41 kleiner die derselben Aufstellung an zwei äußeren Futterwegen. Dazwischen liegen die optimalen Füllmengen der vierreihigen und einreihigen Aufstellung.

5. Der Einfluß des Greiferfüllgewichtes auf den Gesamtzeitbedarf

In der Praxis wird man, entsprechend den vorliegenden Verhältnissen, in der überwiegenden Zahl der Fälle Greiferfüllmengen annehmen, die mehr oder weniger von den zuvor bestimmten optimalen Füllmengen abweichen. Damit ergibt sich die Frage, in welchem Umfang der notwendige Gesamtzeitbedarf für die Fütterung mit dem Greifer ansteigt, wenn keine optimalen Greiferfüllmengen Verwendung finden. Die graphische Darstellung des Gesamtzeitbedarfs in Abhängigkeit von der Greiferfüllmenge muß, das geht aus dem bisher Gesagten hervor, in ihrem Verlauf ein Minimum für T_{ges} aufweisen, bei dem auch die optimale Greiferfüllmenge liegt.

Für die einreihige Aufstellung ergeben sich — für die genannten Bedingungen — Verhältnisse nach Bild 16. Der geringste Zeitbedarf fällt bei $n = 2$ Fahrten und der Füllmenge $q = 2,50$ dz an. Für davon abweichende Füllmengen ist immer ein höherer Zeitbedarf notwendig, der um so größer wird, je mehr Fahrten wegen geringerer Füllmengen notwendig sind. Da man aber bei Häckselfutter auch mit Füllmengen unter einem Doppelzentner rechnen muß, können Zeitbedarfswerte anfallen, die wesentlich über dem minimalen Wert liegen. Werden aus diesem Grunde nur 0,83 dz geladen, so sind bereits sechs Fahrten notwendig und der Gesamtzeitbedarf steigt um 36% an.

Noch deutlicher treten diese Verhältnisse bei größeren Ställen in Erscheinung. Für die zweireihige Aufstellung um einen mittleren Futterweg (Bild 17) ergibt sich wieder ein charakteristischer Kurvenverlauf. Der optimale Zeitbedarf von knapp 22 min stellt sich bei einem Füllgewicht von 3,33 dz und drei Fahrten ein. Bei wenigen Fahrten über den optimalen Wert hinaus steigt der Gesamtzeitbedarf zunächst nur unwesentlich an, dafür nimmt aber die notwendige Greiferladung merklich ab und kommt in einen Bereich, der auch für gehäckseltetes Futter ausführbar und möglich erscheint. Nimmt man einen Anstieg des Gesamtzeitbedarfs um



22% hin, so fällt die notwendige Greiferladung auf eine möglich erscheinende Größe von 1,43 dz ab, wozu nunmehr sieben Fahrten benötigt werden. Werden aber Greifer eingesetzt, die weniger als 1 dz Häckselfutter fassen, so ist mit einer wesentlich höheren Gesamtarbeitszeit zu rechnen. Sie steigt bei einer Ladung von nur 71 kg sogar um 85% über den minimalen Wert an, wobei 14 Fahrten notwendig sind.

Etwas anders liegen die Verhältnisse bei der zweireihigen Aufstallung an zwei äußeren Futtertischen (Bild 18). Hier beträgt die optimale Füllmenge 2,5 dz, die viermal in den Stall gebracht werden muß, wozu 27 min notwendig sind. Da für die gleiche Arbeit bei mittlerem Futtertisch nur etwa 22 min notwendig waren, ergibt sich für diese Aufstallung ein Mehrbedarf von etwa 25%. Dieses Ergebnis ist allgemein gültig und zugleich kennzeichnend für beide zweireihigen Aufstallungsarten. Der Grund dafür liegt in den ungünstigeren Verteilbedingungen, unter denen das Futter bei zwei äußeren Futterwegen in die Krippe eingegeben werden muß.

Je mehr Fahrten aber wegen geringerer Greiferfüllmenge notwendig werden, um so mehr nimmt der Unterschied im Gesamtzeitbedarf bei beiden Aufstallungsarten ab. Schließlich treten bei Füllmengen von 71 kg und 14 Fahrten nur noch unwesentliche Abweichungen auf.

Die vorstehenden Darstellungen zeigen deutlich, welche Bedeutung der optimalen Füllmenge beim Futtertransport mit dem Greifer zukommt. Die in bäuerlichen Betrieben anzutreffenden Verhältnisse erfordern wegen der vorhandenen Aufstallungsart, der gegebenen baulichen Situation und nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Gründen fast immer Lösungsmöglichkeiten, die nicht als vollmechanisch bezeichnet werden können. Eine von diesen ist gewiß die Greiftransportanlage, die mit ihrer guten Anpassungsfähigkeit den verschiedensten Transportaufgaben auf dem Hof nachkommen kann.

Zusammenfassung

Ausgehend von der Darstellung der Funktionsweise einiger in der Praxis anzutreffenden Greiferanlagen für den Futtertransport im Rinder-Anbindestall sind die Gründe erläutert, die zur Fragestellung nach der optimalen Greiferfüllmenge führen. Um die optimale Greiferfüllmenge rechnerisch ermitteln zu können, ist der gesamte Arbeitsvorgang „Füttern“ in einzelne Arbeitselemente aufgelöst worden. Diese Arbeitselemente sind auf Grund von Arbeitszeitmessungen großemäßig bestimmt, zu Gleichungen verarbeitet und zusammengefaßt worden, woraus sich eine Funktion für den Gesamtzeitbedarf beim Füttern mit dem Greifer ergibt. Solche Gleichungen für den Gesamtzeitbedarf werden für die einreihige, zweireihige und vierreihige Aufstallung entwickelt. Durch Maximum-Minimum-Rechnung ergeben sich die entsprechenden Gleichungen der optimalen Greiferfüllmenge. Nach Einsetzen der ermittelten Zeitwerte und angenehmen Futterration lassen sich die optimalen Füllmengen bestimmen und in Abhängigkeit von der Stallgröße, der Fahrgeschwindigkeit und weiteren beeinflussenden Faktoren graphisch darstellen.

Die Arbeit schließt ab mit einer Untersuchung über den Einfluß des Greiferfüllgewichtes auf den Gesamtzeitbedarf beim Füttern. Hierbei ergibt sich, daß zwangsläufig immer ein höherer Gesamtzeitbedarf anfällt, wenn von optimalen Füllmengen abgewichen werden muß. Der Mehrbedarf an Zeit kann bei entsprechender

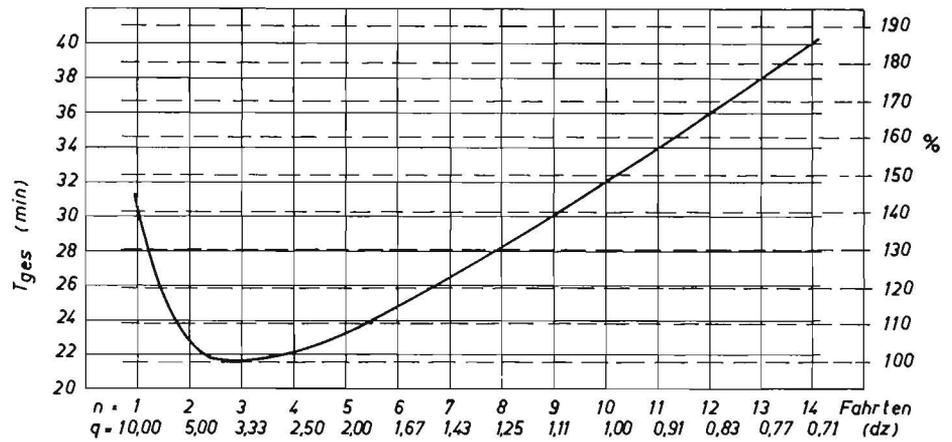


Bild 17: Der Gesamtzeitbedarf T_{ges} in Abhängigkeit von der Anzahl der Fahrten n und der Füllmenge q

Zweireihige Aufstallung, mittlerer Futtertisch, $z = 40$ Tiere, Grünfütter und Maissilage gehäckselt, Futtermenge je Tier $F = 25$ kg

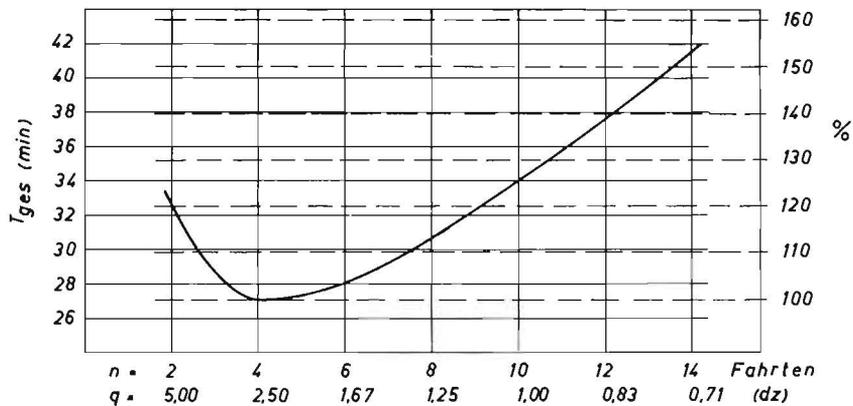


Bild 18: Der Gesamtzeitbedarf T_{ges} in Abhängigkeit von der Anzahl der Fahrten n und der Futtermenge q

Zweireihige Aufstallung, zwei äußere Futtertische, $z = 40$ Tiere, Grünfütter und Maissilage gehäckselt, Futtermenge je Tier $F = 25$ kg

Stallgröße 80% und mehr über dem minimalen Wert liegen, wenn Einflußfaktoren wie beispielsweise Fahrgeschwindigkeit, Hubgeschwindigkeit, Greifergröße und Greiferbauart ungenügend auf die gegebene Betriebssituation abgestimmt sind.

Schrifttum

- [1] DENCKER, C. H.: Die Entwicklungslinien der Technik in der Außenwirtschaft und ihre Rückwirkungen auf die Innenwirtschaft. Landtechnik 12 (1957), S. 699—705
- [2] HAMMER, W.: Arbeitsbedarf der Rindviehhaltung. Diss. Hohenheim 1955
- [3] OTT, F. O.: Hoftransporte — Hofgeräte. Landtechnik 17 (1962), S. 593—595
- [4] SPEISER, H., und H. GENTNER: Versuchsgut Neuhof. Druckschriften der Hanomag H. 14. Hannover 1956
- [5] STEFFEN, G., und H. O. HAMANN: Fütterungsverfahren in der Rindviehhaltung — ein Vergleich. Deutsche Landwirtschaftliche Presse 85 (1962), S. 13—14
- [6] WALTER, H.: Möglichkeiten der Fütterung im Rinderanbindestall mit mechanisch betriebenen Futterwagen. Deutsche Agrartechnik 8 (1958), S. 445—447
- [7] WALTER, H.: Der fahrbare Futtertisch als Möglichkeit zur Mechanisierung der Fütterung. Deutsche Agrartechnik 6 (1956), S. 230—231
- [8] WANDER, J. P.: Die arbeitswirtschaftliche Beurteilung der Milchviehhaltung. Teil II: Das Füttern. ALB-Mitteilungen 6 (1955), S. 41—46
- [9] SEIFERT, H.: Greiferanlagen — Bauarten. KTL-Arbeitsblatt für Landtechnik Nr. 35. Frankfurt 1964
- [10] SCHURIG, M.: Ein- und Auslagerung von Silogut. Landtechnik 17 (1962), S. 525—528
- [11] STÜRENBURG, P.: Untersuchungen von Selbstgreifern bei deren Verwendung in Gärfutter. Tätigkeitsbericht des KTL für 1961. Unveröffentlichtes Manuskript
- [12] TRAPHAGEN, F.: Gärfutterentnahme mit Greiferanlagen. Futterkonservierung 5 (1959), S. 132—138
- [13] CORDS-PARCHIM, W.: Das Handbuch des Landbaumeisters. Bd. I und II. Berlin 1951 und 1953
- [14] HALPAAP, M.: So baut man richtig in der Landwirtschaft. Hamburg und Berlin 1954
- [15] WALTER, H.: Die optimale Greiferfüllmenge beim Futtertransport. Ein methodischer Beitrag zum Füttern mit Greiferanlagen im Rinderanbindestall. Diss. Gießen 1963

Résumé

Hans Walter: "The Optimum Quantity of Filling at Feed Handling with Grippers in Tie-Up Cowsheds".

Describing first the function of some gripping systems, as they are used in practice for feed handling in tie-up cowsheds, the reasons leading to the question of the optimum quantity of filling are explained. In order to determine the optimum gripping capacity by calculation, the whole "feeding" operation has been divided into individual elements of work. Based on labour time measurements, these elements of work have been determined according to magnitude and formed into equations. Thus a function for the total time required for feeding with grippers is obtained.

These equations for the total time required are developed for a single, double and fourfold range of stalls. The corresponding equations of the optimum quantity of filling are obtained by maximum-minimum calculation. By using the time values determined and a supposed feed ration, the optimum quantities of filling can be ascertained and represented graphically in relation to size of cowshed, driving speed and other factors of influence.

In conclusion an examination on the influence of the filling weight on the total time required for feeding is reported. It follows that necessarily more time is needed, when the optimum quantity of filling varies. With a corresponding stable size the requirement of time can increase to 80% or more above the minimum value, if influencing factors such as driving speed, elevating speed, gripper size and gripper design do not agree sufficiently with the operating situation given.

Hans Walter: «La quantité optimum prise en une seule fois par une grue utilisée pour le transport du fourrage dans un étable de vaches à stabulation entravée.»

En décrivant d'abord le mode de fonctionnement de quelques types de grue utilisés pour le transport du fourrage dans les étables de vaches à stabulation fixe, l'auteur explique les raisons qui ont conduit aux réflexions sur la quantité optimum prise en une seule fois par une grue. Afin de pouvoir déterminer par des calculs cette quantité optimum, il a divisé la chaîne de travail «alimentation du bétail» en ses différents éléments. Il a ensuite déterminé par le mesure du temps nécessaire à chaque élément de cette chaîne l'importance de chacun et en a établi des équations dont résulte une fonction exprimant le temps total nécessaire à l'alimentation des vaches au moyen de la grue.

Il a dressé de telles équations du temps de travail total pour les étables à un rang, à deux rangs et à quatre rangs. Par des calculs maximum/minimum il a obtenu des équations correspondant à la quantité optimum prise en une seule fois par une grue. Après y avoir introduit les temps de travail déterminés et les rations de fourrage prévues, il a pu déterminer les charges optimum et les représenter graphiquement en fonction de la grandeur de l'étable, de la vitesse d'avancement et des autres facteurs déterminants.

L'auteur termine son étude en examinant l'influence du poids d'une charge de grue sur le temps total nécessaire à l'alimentation du bétail et constate que ce temps augmente automatiquement quand on doit s'écarter de cette quantité optimum. Le supplément de temps peut atteindre 80% et plus de la valeur maximum dans les grands étables si les facteurs d'influence comme par exemple la vitesse de parche, la vitesse de levage, la taille et le type de la grue sont mal adaptés aux conditions de l'exploitation en question.

Hans Walter: «De la cantidad de llenado óptimo de la pala en el transporte con instalación de pala mecánica en la vaqueriza.»

Saliendo de la descripción y del funcionamiento de algunas de las instalaciones para el transporte de piensos que suelen encontrarse en las vaquerizas, en las que se atan las vacas, se explica la razón de la pregunta por la cantidad óptima que debe agarrar la pala. Para que pueda calcularse esta cantidad, se ha subdividido el trabajo de dar de comer a las vacas, en varias fases. El valor tiempo de estas fases se ha medido, expresado en ecuaciones que se han resumido, dando por resultado un factor del tiempo total, necesario para dar de comer a las vacas con pala.

Se han desarrollado estas ecuaciones para el tiempo total necesario en establos de una, de dos y de cuatro hileras, resultando las ecuaciones correspondientes para la cantidad de llenado óptima de cálculos del máximo y del mínimo. Aplicando los valores de tiempo medidos y la ración de forraje, se pueden encontrar las cantidades de llenado óptimas y diseñarse gráficos en dependencia del tamaño del establo, de la velocidad de marcha de la pala y de otros factores que puedan influir.

El trabajo termina con una investigación sobre la influencia del peso que contenga la pala, en el tiempo total necesario para dar de comer, resultando que el gasto de tiempo aumenta, cuando el llenado de la pala difiera del óptimo. Este aumento de tiempo puede llegar hasta el 80% del valor mínimo, según extensión del establo, cuando los factores que influyen, como velocidad de marcha y del elevación, tamaño de la pala y su construcción, no se ajusten bien a las circunstancias dadas.

Deutsche Gesellschaft für Bewässerungswirtschaft

Das Gründungskomitee, das um Unterstützung durch alle interessierten Kreise bittet, hat seinen Sitz im DLG-Haus, Frankfurt am Main, Zimmerweg 16.

Zur Vorbereitung der Gründung einer „Deutschen Gesellschaft für Bewässerungswirtschaft“ hat sich ein Kreis von Personen gebildet.

Es sind dies:

Dr. F. AHLGRIMM, Frankfurt (Main),
Dr. H. ANGERER, Frankfurt (Main),
Prof. Dr. Dr. h. c. F. BAABE, Bonn,
Prof. Dr. H. BAUMANN, Kiel,
Prof. Dr.-Ing. H. BILLIB, Hannover,
Prof. Dr.-Ing. M. BREITENÖDER, Karlsruhe,
Prof. Dr. M. DIEM, Karlsruhe,
Dr. F. K. FRHR. VON KOENIG-WARTHAUSEN, Sommershausen,
Reg. Dir. Dr. C. KUHLEWIND, Düsseldorf,
Dr. R. LAÏS, Frankfurt (Main),
Dir. J. LOUIS, Düsseldorf,
Min.Rat E. METZKES, Hannover,
Senator H. PERROT, Calw,
Prof. Dr.-Ing. h. c. mult. Dr.-Ing. H. PRESS, Berlin,
Dr. G. SCHONNOFF, Goslar,
Dr.-Ing. Dr. h. c. WINKHAUS, Düsseldorf,
Prof. Dr.-Ing. F. ZIMMERMANN, Braunschweig.

Die Gesellschaft hat sich folgende Aufgaben gestellt:

1. Die Aufklärung der Öffentlichkeit über die Bedeutung des Wassers für den Landbau, die Unterrichtung aller mit der Landwirtschaft in Verbindung stehenden Kreise über die natürlichen und ökonomischen Auswirkungen der Bewässerung in der heimischen Landwirtschaft und in den Entwicklungsländern.
2. Die Anregung verstärkter Förderung der Nachwuchsausbildung auf dem Gebiete der Bewässerungswirtschaft sowie der Forschung auf allen einschlägigen Fachgebieten der Wissenschaft und Technik.
3. Die Pflege der Zusammenarbeit der auf dem umfassenden Gebiet der Bewässerungswirtschaft tätigen Fachleute und Praktiker im Inland, im Einvernehmen mit den bestehenden Organisationen, sowie der Erweiterung des Erfahrungsaustausches mit entsprechenden Organisationen des Auslandes.
4. Die Durchführung von Fachtagungen und Kongressen zur Intensivierung des Gedankenaustausches im nationalen und internationalen Bereich und als Plattform für eine verstärkte Mitarbeit deutscher Bewässerungsfachleute im Rahmen internationaler Aufgabenstellungen.
5. Die beratende Unterstützung gegenüber den staatlichen Organen in Fragen der Entwicklungshilfe auf dem Bewässerungssektor, in wohlverstandener Pflicht eines deutschen Beitrags zur Beseitigung von Armut und Not in aller Welt.