

Landtechnische Forschung

HERAUSGEBER: KURATORIUM FÜR TECHNIK IN DER LANDWIRTSCHAFT
FACHGEMEINSCHAFT LANDMASCHINEN IM VDMA
MAX EYTH-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER LANDTECHNIK

Heft 4/1954

MÜNCHEN

4. JAHRGANG

Dipl.-Ing. H. J. Matthies:

Der Vorgang des Schwadziehens und die Gestaltung von Heuwendern

Institut für Landmaschinen der TH Braunschweig

In Berichten und Veröffentlichungen des Instituts für Landmaschinen der Technischen Hochschule Braunschweig ist seit vielen Jahren darauf hingewiesen worden, daß für deutsche Verhältnisse die Schaffung eines Vielfachheuwenders ein erstrebenswertes Ziel sei. Die wesentlichen Aufgaben für einen solchen Vielfachheuwender bestehen darin, einen einwandfreien Schwad zu ziehen, diesen Schwad später in einem Arbeitsgang wieder gut breitzustreuen und das breitgestreute Heu zu wenden.

Das Wenden von breitgestreutem Heu (Breitwenden) wird von den dafür gebauten Maschinen ohne Schwierigkeiten durchgeführt. Es gab jedoch zu Beginn der hier geschilderten Arbeiten in Deutschland kaum eine Maschine, die das Breitstreuen eines vorher gezogenen Schwads in einem Arbeitsgang in zufriedenstellender Weise ausführen konnte. Da die Voraussetzungen für ein einwandfreies Breitstreuen schon beim Schwadziehen getroffen werden müssen und da ferner dem Trocknen des Heues in Schwaden und dem Schwadkehren in vielen Betrieben heute größere Beachtung geschenkt wird, erschien es notwendig, besonders den Vorgang des Schwadziehens und des Schwadkehrens eingehend zu untersuchen. Es sind bisher nur wenige Arbeiten bekannt geworden, die die Untersuchung der kinematischen Vorgänge beim Schwadziehen zum Gegenstand haben, und auch einige amerikanische Arbeiten [1, 2], die wesentliche Gesichtspunkte für die Behandlung dieses Problems enthalten, weisen keine ausreichenden Unterlagen für die Beurteilung oder die Weiterentwicklung von Schwadrechnen auf. Daher mußten eigene Untersuchungen angestellt werden, die zunächst das Ziel hatten, Meßverfahren und Grundlagen für die Beurteilung der Arbeitswerkzeuge zu schaffen. Darüber hinaus war es die Aufgabe dieser Untersuchungen, unter den heute vorhandenen Maschinen ein brauchbares Arbeitsgerät zu ermitteln, das in der Lage ist, einen lockeren, nicht in sich verzopften oder zusammengepreßten Schwad zu bilden und dabei das Heu so schonend wie möglich zu behandeln. Daneben sollte festgestellt werden, inwieweit dieses Gerät geeignet ist, auch das Breitstreuen und das Breitwenden zu übernehmen. Vorversuche mit einer Reihe verschieden arbeitender in- und ausländischer Heuwerbemaschinen brachten die Überzeugung, daß für die oben aufgestellten Forderungen für deutsche Verhältnisse, insbesondere die Arbeitsgeräte der in den Abbildungen 1 bis 3 dargestellten Maschinentypen, in Frage kommen könnten. Daher wurden diese Arbeitsgeräte, die Werkzeuge des normalen Trommelwenders, des Schräg-

trommelwenders²⁾ und des Sternradwenders für die Untersuchungen benutzt.

Verwendete Bezeichnungen:

v_F	Fahrgeschwindigkeit	m/s
$u_{0'}, u$	Umfangsgeschwindigkeit an der Wendertrommel (u_0 = theoretische Umfangsgeschw.)	m/s
u_{w_0}, u_w	wirksame mittlere Umfangsgeschwindigkeit der Zinken in horizontaler Richtung (u_{w_0} = theoretische Umfangsgeschw.)	m/s
u_v	Vertikalkomponente der Umfangsgeschwindigkeit	m/s
v_{Z_i}	horizontale Zinkengeschwindigkeit über dem Boden	m/s
v_{H_0}, v_H	mittlere Heugeschwindigkeit auf dem Wege in den Schwad (v_{H_0} = theoretische Geschw.)	m/s
v_ϵ	Anschlaggeschwindigkeit der Zinken beim Auftreffen auf das Heu	m/s
s_F	Fahrweg des Heuwenders	m
s_{H_0}, s_H	Heuweg in den Schwad (s_{H_0} = theoretischer Heuweg)	m
b	Arbeitsbreite des Wenders, rechtwinklig zur Fahrtrichtung gemessen	m
α	Anstellwinkel des Heuwenders	°
β	Schubwinkel, mit dem sich die Zinken bezüglich der Fahrtrichtung drehen	°
γ	= $\beta - \alpha$, Schrägungswinkel (Winkel zwischen der Normalen zur Trommelachse und der Drehrichtung der Zinken)	°
φ_0, φ	Richtungswinkel des Heues (φ_0 = theoretischer Winkel)	°
ϵ_A	Anschlagwinkel (Winkel der Kurbel des anschlagenden Zinkens zur Senkrechten durch die Trommelachse)	°
z_0', z	Schlagzahl der Zinken auf das Heu (z_0 = theoretische Schlagzahl)	°

1. Versuche zur Ermittlung der tatsächlichen Heubewegung

Es ist bekannt, daß die Bewegung des Heues beim Bilden des Schwads, wie sie durch die Arbeitsweise der drei Heuwendertypen zustande kommt, nicht als reine Wurfbewegung

¹⁾ Diese Untersuchungen wurden auf Anregung von Herrn Prof. Dr.-Ing. G. Segler am Institut für Landmaschinen der Technischen Hochschule Braunschweig mit Mitteln des KTL und mit ERP-Mitteln durchgeführt. Sie wurden von der Landmaschinenfabrik Essen und der Firma Heinrich Lanz A.G., Mannheim, durch Überlassung von Versuchsmaschinen unterstützt. Bei der Durchführung der Messungen und ihrer Auswertung leistete Herr Ing. Bruer wertvolle Hilfe. Er fertigte auch die Aufnahmen über den Vorgang des Schwadziehens an.

²⁾ Die Bezeichnung „Schrägtrommelwender“ wird hier neu gewählt, um dem Heuwender einen Namen zu geben, der nicht die Arbeitsweise, sondern, wie beim Gabelwender und Trommelwender, den Aufbau der Maschine kennzeichnet. Der Name sollte auch dem Landwirt leicht verständlich sein, so daß auf die Wahl eines technisch einwandfreien Ausdrucks, wie beispielsweise „Kurbelscheibenwender“, verzichtet wurde.

aufzufassen ist, sondern daß der Schwad aus dem breit ausgestreuten Heu heraus durch einen Vorgang gebildet wird, der dem Aufrollen eines Teppichs ähnlich ist. Die Fahrgeschwindigkeit und die horizontale Komponente der Umfangsgeschwindigkeit sorgen dabei für die Fortbewegung des Heues in waagerechter Richtung und die Vertikalkom-

ponente für das Anheben des Heues und damit für das Einleiten und das Aufrechterhalten der Rollbewegung. Die in Abbildung 4 gezeigten Grundrisse der Arbeitswerkzeuge mit den zugehörigen Vektordiagrammen geben Aufschluß über das Zustandekommen der Heubewegung in horizontaler Richtung. Sie stellen den Bewegungsvorgang — wie im Abschnitt II/B näher erläutert werden soll — zwar in vereinfachter Form dar, kennzeichnen ihn jedoch im wesentlichen.

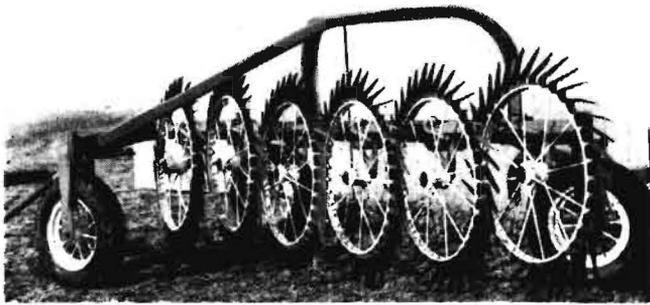


Abb. 1: Sternradwender

übliche Baudaten: Sternraddurchmesser (außer Zinken)	920 mm
Wendlerlänge	3000—3300 mm
Zinkenlänge (radial gemessen)	200 mm
Anstellwinkel	etwa 65°
Schrägungswinkel: $\gamma = (\beta - \alpha)$	etwa 70°
Umfangsgeschw. beim Schwadziehen:	
je nach Fahrgeschwindigkeit	

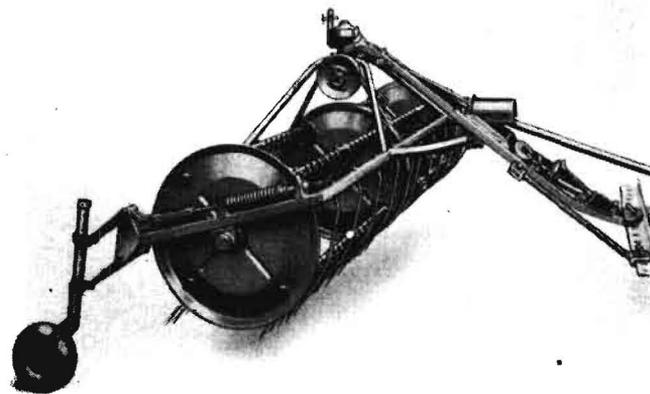


Abb. 2: Trommelwender

übliche Baudaten: Trommeldurchmesser	570—670 mm
Trommellänge	2000—2600 mm
Anstellwinkel	25—45°
Umfangsgeschw. beim Schwadziehen (bei 4 Rechen)	etwa 2—3 m/s
Umfangsgeschw. beim Wenden	etwa 4—6 m/s

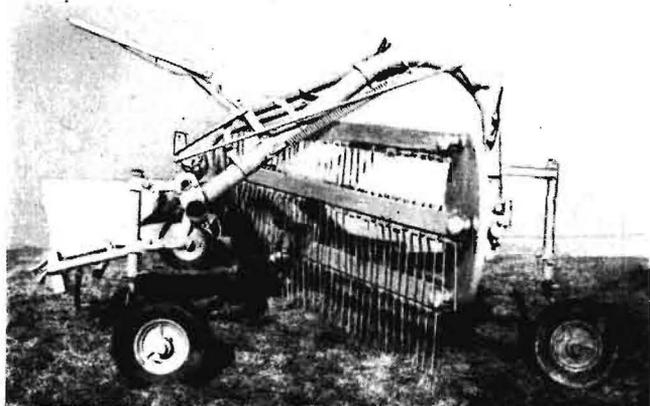


Abb. 3: Schrägtrommelwender

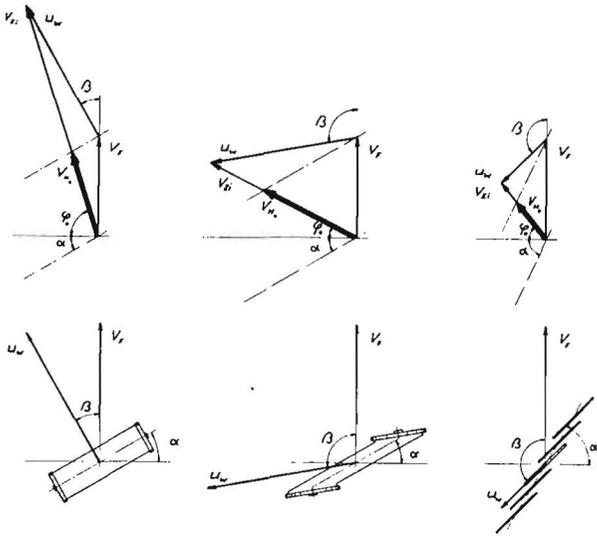
übliche Baudaten: Trommeldurchmesser	570—670 mm
Trommellänge	2000—2600 mm
Anstellwinkel	15—25°
Schrägungswinkel $\gamma = (\beta - \alpha)$	60—66°
Umfangsgeschw. beim Schwadziehen (bei 4 Rechen)	etwa 2—3 m/s
Umfangsgeschw. beim Wenden	etwa 4—6 m/s

Die Resultierenden aus den Fahrgeschwindigkeiten v_F und den Umfangsgeschwindigkeiten u_W , beziehungsweise deren Winkel mit der Waagerechten (φ) geben die Bewegungsrichtung des Heues an, und ihre Längen stellen ein Maß für die mittlere horizontale Zinkengeschwindigkeit v_{Zi} dar. Der Unterschied zwischen den Geschwindigkeiten v_{Zi} und den mittleren Heugeschwindigkeiten v_{H_0} entsteht — wie ebenfalls später gezeigt werden soll — dadurch, daß die Zinken während ihres waagerechten Weges über den Boden das Heu nur auf einer Teilstrecke wirklich befördern.

Die gewünschte schonende Behandlung des Heues und ein möglichst geringes Verzopfen des Schwads wird dann erreicht werden, wenn das Heu auf möglichst kurzem Wege und — bei den Trommelwendern — bei möglichst wenig Anschlägen der Rechen, vom breitgestreuten Zustand in den Schwad gefördert wird. Ein kurzer Heuweg, und damit im allgemeinen auch eine kleinere Anschlagzahl, bedeutet aber — auf die Vektorendiagramme in Abbildung 4 übertragen — einen kleinen Richtungswinkel φ_0 . Man erkennt nach diesen Überlegungen schon die in der Abbildung 4 gezeigten Unterschiede zwischen den Eigenschaften der drei Arbeitswerkzeuge. Eine Antwort auf die Frage, ob diese theoretischen Überlegungen mit den wirklichen Vorgängen beim Schwadziehen übereinstimmen und ob noch weitere Gesichtspunkte dabei zu beachten sind, konnte jedoch nur durch praktische Versuche gegeben werden. In diesen Versuchen mußte zunächst der Weg des Heues vom breitgestreuten Zustand in den Schwad sichtbar gemacht und versucht werden, die Richtung des Heues, seine Weglänge und seine mittlere Geschwindigkeit zu messen.

Eine Reihe von Vorversuchen, bei denen bestimmte Stellen des Heuteppichs mit Kalk bespritzt oder bei denen die Bewegung des Heues fotografisch festgehalten wurde, führten zu einer brauchbaren, einfach durchzuführenden Methode. Bei diesem Verfahren, das in ähnlicher Weise später auch in einer Arbeit von Giles und Routh [3] angedeutet wurde, wurden sechs bis acht Heualme mit einem etwa 10 cm breiten Streifen aus weißem Seidenpapier umklebt. Diese Halme wurden an einer Stelle der breitgestreuten Heufläche so in das Heu gesteckt, daß sie, wie die übrigen Halme, fest im Verband des Heuteppichs lagen (Abb. 5, links) und auch über die Schichthöhe gleichmäßig verteilt waren. Beim Schwadziehen bewegten sich im Normalfall alle Markierungshalme wieder an eine Stelle im Schwad (Abb. 5, rechts) und mindestens einige Markierungshalme konnten auf ihrem Weg in den Schwad verfolgt werden. Auch die Zeit, die sie für ihren Weg benötigten, konnte mittels Stoppuhr festgestellt werden. Es zeigte sich, daß es gleichgültig ist, ob man die Halme an der Innenseite vor dem Wender (nach dem späteren Schwad hin) oder an der Außenseite in das Heu steckt. In beiden Fällen werden sie etwa im gleichen Winkel in den Schwad gefördert (Abb. 6). Richtungswinkel und Heugeschwindigkeit lassen sich, wie in Abbildung 6 angegeben, leicht ermitteln. Da die Rollzeit des Heues im allgemeinen klein ist, empfiehlt es sich, die Heugeschwindigkeit aus den gemessenen Werten, nach den in Abbildung 7 dargestellten Beziehungen zu errechnen.

Mit Hilfe der oben beschriebenen Methode wurde für die drei Maschinentypen in über 400 Einzelversuchen der wirkliche Richtungswinkel φ und die wirkliche Heugeschwindigkeit v_H für verschiedene Fahrgeschwindigkeiten, Umfangsgeschwindigkeiten und Anstellwinkel ermittelt. Jeder der später gezeigten Versuchspunkte stellt den Mittelwert aus sechs Messungen dar, und den gewonnenen Werten liegen für die einzelnen Werkzeugtypen die in den Abbildungen 9, 19 und 20 aufgeführten, nicht veränderlichen Konstruktionsdaten



a. Trommelwender b. Schräglrommelwender c. Sternradwender

Abb. 4: Arbeitsweise der drei Heuwendertypen

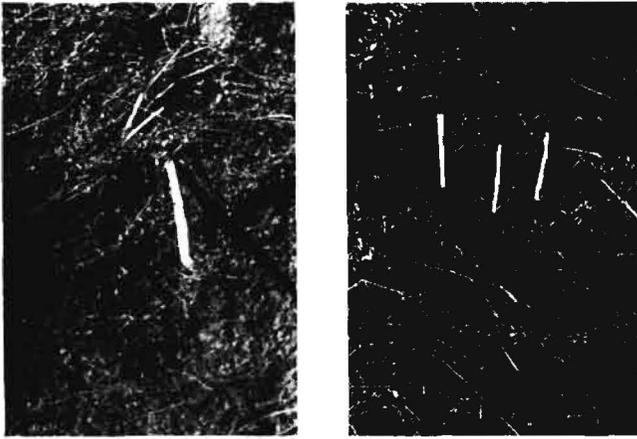


Abb. 5: Markierungshalme im Heu vor dem Schwadziehen (links) und im Schwad (rechts, durch weißen Stab gekennzeichnet)

zugrunde. Die Werte wurden bei gleichem Bestand von etwa 40 dz Heu je ha bei der Bearbeitung von Weidelgras mit 21 % Wassergehalt festgestellt; die Schnittlänge des Grases lag zwischen 30 und 50 cm. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die ermittelten Werte nicht unbedingt als absolute Größen aufgefaßt werden können. Sie gelten grundsätzlich nur für die geschilderten Versuchsbedingungen und sie sollen in erster Linie dazu dienen, die relativen Zusammenhänge zwischen den Konstruktionsdaten der einzelnen Wender und der Heubewegung zu erfassen. Darüber hinaus sollen sie einen Vergleich der Wender unter sich ermöglichen.

II. Untersuchung der Arbeitsweise der drei Typen

A. Der Sternradwender

Beim Sternradwender entsteht der Schwad durch eine reine Rollbewegung. An dem mit einem Anstellwinkel von etwa 50 bis 65° einstellbaren Wenderrahmen, sind wie Abbildung 1 zeigt, fünf oder sechs mit Zinken versehene Felgenräder (Sternräder) so angebracht, daß sie in vertikaler Ebene einzeln geschwenkt werden können. Die für die Bewegung des Heues nötige Drehbewegung wird vom Boden übertragen, und der auf den Boden durch das Gewicht der Räder ausgeübte Druck kann durch eine einstellbare Feder beliebig geregelt werden. Durch die Zugkraft des Schleppers oder des Gepanses wird auf das gegenüber dem Rahmen um etwa 20° versetzte Sternrad (Abb. 8) eine Kraft übertragen; diese

Kraft erzeugt am Rad ein Kippmoment in axialer und ein Drehmoment in Umfangsrichtung. Die den Kräften entsprechenden Geschwindigkeiten sind in das in Abbildung 8 im Grundriß gezeigte Sternrad eingezeichnet. Theoretisch müßte die Umfangsgeschwindigkeit $u_0 = v_F \cdot \sin(\beta - 90)$ betragen, infolge des Schlupfes zwischen Rad und Boden wird sie jedoch je nach dem eingestellten Bodendruck, nach den Bodenverhältnissen und der benutzten Fahrgeschwindigkeit mehr oder weniger kleiner sein.

Für die Vorwärtsbewegung des Heues sorgen die Zinken, und noch ein Teil des Rodes, und zwar jeweils der Viertelbögen, der senkrecht unter dem Radlager beginnt und in Fahrrichtung hinter dem Lager liegt. Die Vertikalkomponente der Umfangskraft leitet die Rollbewegung ein und sie erhält sie aufrecht, während die Horizontalkomponente im Zusammenwirken mit der Fahrgeschwindigkeit für die waagerechte Be-

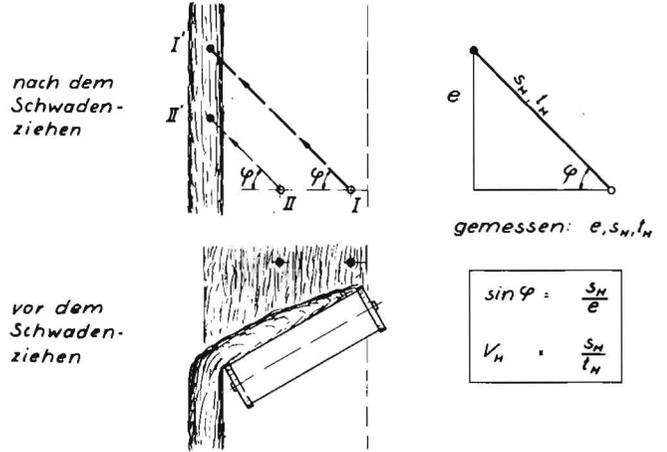


Abb. 6: Meßverfahren zur Ermittlung des Richtungswinkels und der Heugeschwindigkeit beim Schwadziehen

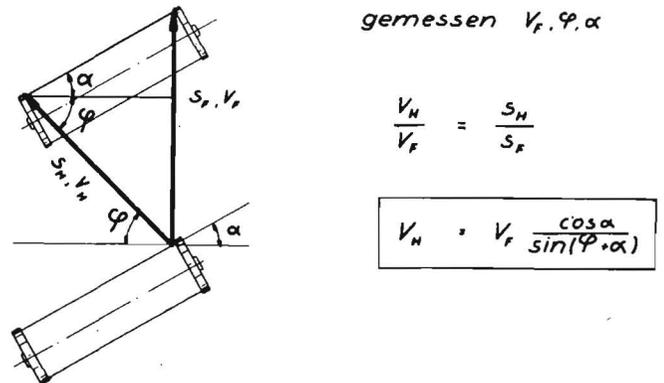


Abb. 7: Berechnung der Heugeschwindigkeit

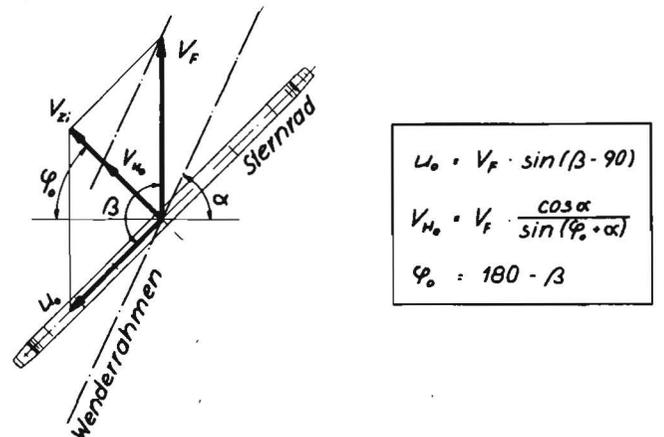


Abb. 8: Bewegungsgrößen am Sternradwender (Grundriß)

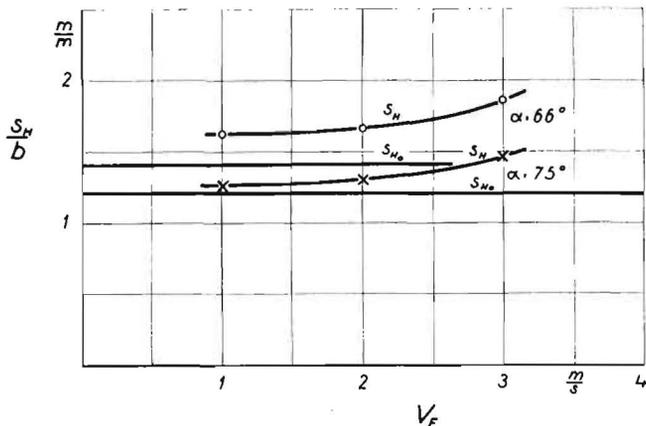


Abb. 9: Theoretischer und gemessener Heuweg (bezogen auf 1 m Arbeitsbreite) in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit des Sternradwenders

Felgendurchmesser	920 mm
Wendlerlänge	3000 mm
Zinkenlänge (radial gemessen)	200 mm
Anstellwinkel	66 °
Schrägungswinkel	70 °

wegung des Heues in den Schwad sorgt. Nach Abbildung 8 ergibt sich die Heurichtung theoretisch als rechter Winkel zur Radebene, praktisch wird der Winkel jedoch infolge des Schlupfes größer sein. Die Heugeschwindigkeit v_{H0} ist kleiner als die aus der Fahrgeschwindigkeit und der Umfangsgeschwindigkeit resultierende mittlere Zinkengeschwindigkeit v_{Zi} , da die Sternräder nicht direkt ineinander übergehen, sondern (Abb. 4c) stufenweise angeordnet sind. Durch diese Anordnung wird ein Teilchen der Heumatte, sobald es von den Zinken des vorhergehenden Rades losgelassen wird, vom nächsten Rade erst wieder aufgenommen, wenn der Wender die Wegstrecke gefahren ist, die dem Abstand der Räder (in Fahrtrichtung gemessen) entspricht.

Die Größe
$$\frac{S_{H0}}{b} = \frac{1}{\cos \varphi_0}$$

gibt den Weg an, den das Heu vor dem Wender hergeschoben werden muß, um einen Meter (rechtwinkelig zur Fahrtrichtung gemessen) zur Seite gefördert zu werden. Da φ_0 für eine bestimmte Einstellung des Wenders theoretisch bei jeder Fahrgeschwindigkeit gleich bleiben muß, ergibt sich theoretisch für alle Fahrgeschwindigkeiten der gleiche Heuweg (Abb. 9). Nur die Heugeschwindigkeit wird sich mit der Fahrgeschwindigkeit erhöhen. Der Schlupf hat jedoch in der Praxis — wie Abbildung 9 zeigt — auch ein Anwachsen des Heuweges mit der Fahrgeschwindigkeit zur Folge.

Der Sternradwender hat neben seiner einfachen Bauweise eine Reihe von Vorzügen. Er benötigt keine Antriebseinrichtung und kein Getriebe und damit nur eine geringere War-



Abb. 10: Der Vorgang des Schwadziehens beim Sternradwender

ting. Die Einzelanordnung der Räder löst diesen Wender alle Bodenebenenheiten, auch bei verhältnismäßig hohen Geschwindigkeiten bis zu etwa 12 km/h besser erfassen, als dies bei Trommelwendern möglich ist und er leistet schließlich auch bei größeren Beständen so gute Arbeit, daß er nur selten stopft.

Beim Schwadziehen schieben die Räder das Heu jedoch eine gewisse Wegstrecke vor sich her, bevor es durch die Zinken der Räder in eine Drehbewegung versetzt wird (Abb. 10).

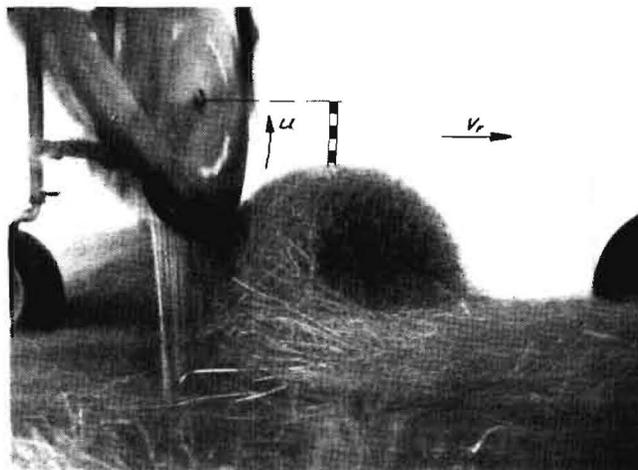


Abb. 11 bis 13: Der Vorgang des Schwadziehens beim Schrägtrommelwender

Abb. 11: Zinkenspitzen rechen liegendebliebene lose Halme an die Heurolle heran. Zinken berühren die Rolle noch nicht. Vorhergehende Zinken noch etwas im Eingriff



Abb. 12: Zinken beginnen die etwas zusammenfallende Heurolle zu berühren und zusammenzudrücken. Noch kein Vorwärtsschieben der Rolle

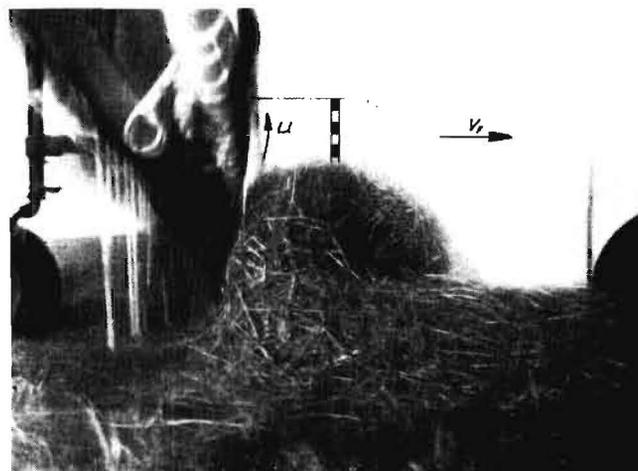


Abb. 13: Vorwärtsschieben und gleichzeitiges Anheben der Heurolle

Die Wechselwirkung zwischen Zusammendrücken und Verdrehen läßt einen festen, in sich verzopften Schwad entstehen, der später nur schwer wieder breitzustreuen und auch sonst schwerer zu entzerren ist, als ein von einem Trommelwender gezogener Schwad. Man kann dieses Zusammendrücken dadurch mindern, daß man die Federn der einzelnen Sternräder entlastet und das volle Gewicht der Räder auf dem Boden abrollen läßt. Dadurch gelangt aber wiederum zuviel unerwünschter Schmutz in das Heu. Ein Breitstreuen oder Breitwenden mit dem Sternradwender ist nicht möglich. Beim Schwadziehen und Schwadkehren wird jedoch das Heu verhältnismäßig schonend behandelt, da es keinerlei Schlägen ausgesetzt ist. Verluste entstehen vermutlich nur durch Abreiben zwischen Heu und Zinken und Heu und Boden.

B. Die Trommelwender

Die Abbildungen 11 bis 13 zeigen den Vorgang des Schwadbildens bei einem Schrägtrommelwender und in Abbildung 14 sind die Komponenten der Umfangsgeschwindigkeit skizziert, die zusammen mit der Fahrgeschwindigkeit für das Aufrollen und das Fortbewegen des Heues verantwortlich sind. In dieser Skizze wurde, wie in allen weiteren Betrachtungen, senkrechte Zinkenstellung und eine Logerhöhe des Heues vorausgesetzt, die nicht größer als die Zinkenlänge ist. Man erkennt aus der Skizze, daß die Vertikalkomponente der Umfangsgeschwindigkeit der angelenkten Zinken auf ihrem Wege vom Punkt B bis Punkt C von 0 bis zu ihrem Maximalwert u wächst, während die für die Fortbewegung maßgebende Horizontalkomponente von ihrem Maximalwert u bis auf 0 absinkt. Nimmt man vereinfachend, aber für die wirklichen Verhältnisse doch etwa zutreffend³⁾ an, daß der Zinken die Heurolle an der Stelle am Boden liegen löst, an der sein Drehpunkt A seine waagerechte Stellung (Punkt C in Abbildung 14) erreicht hat, so wird die Rolle dort so lange liegen bleiben, bis der nächste Zinken sie berührt. Die Stellung des Drehpunktes A am Trommelumfang im Augenblick der Berührung werde im folgenden mit Anschlagstellung, der Winkel zwischen der Senkrechten und dem Radius des Drehpunktes zur Zeit des Anschlages mit Anschlagwinkel ε_A und die sich aus einer horizontalen Komponente u_{ε_h} der Umfangsgeschwindigkeit und der Fahrgeschwindigkeit v_F ergebende Zinkengeschwindigkeit in diesem Augenblick mit Anschlaggeschwindigkeit bezeichnet. Wenn es nun gelingt, die Anschlagstellung, das heißt den Anschlagwinkel ε_A für eine gegebene Fahrgeschwindigkeit, eine Umfangsgeschwindigkeit und einen Anstellwinkel der Trommel zu ermitteln, so kann man daraus — zunächst theoretisch — den Richtungswinkel φ_0 und die mittlere horizontale Geschwindigkeit u_w errechnen, die der Zinken dem Heu auf seinem Wege vom Anschlagpunkt bis zum Punkt C (Abb. 14) erteilt. Ebenso lassen sich dann die Anschlaggeschwindigkeiten und die Schlagzahl, die die Zinken während des Schwadens auf das Heu ausüben, errechnen. Die Ermittlung dieser Größen würde die Voraussetzungen für die Beurteilung der Vorgänge beim Schwadziehen liefern. Die folgenden Betrachtungen zeigen nun, durch welche Überlegungen diese Größen gewonnen werden können.

Die Projektion des Zinkenweges auf die Bodenfläche während der in Abbildung 14 skizzierten Viertelumdrehung der Trommel (von Punkt B bis Punkt C) ergibt die in Abbildung 15 wiedergegebene Darstellung: Wenn ein im Punkt I' liegendes Heuteilchen von einem Zinken nach Punkt I befördert worden ist, so wird es kurze Zeit darauf von einem Zinken des nächstfolgenden Rechens von I nach II, dann von einem Zinken des folgenden Rechens von II nach III und immer so weiter befördert. Seine Bewegungsrichtung entspricht also von Punkt I am Winkel φ_0 . Die Rechen machen von II' bis I, von III' bis II und so fort einen Leerschub, bevor sie in I, II, III usw. auf das Heu treffen. Hieraus erklärt sich auch der weiter oben erläuterte Unterschied zwischen der Zinkengeschwindigkeit v_{Z_i} und der Heugeschwindigkeit v_{H_0} .

³⁾ Nach eingehendem Studium der Heubewegung an Hand von Filmaufnahmen konnte diese Annahme als zulässig betrachtet werden.

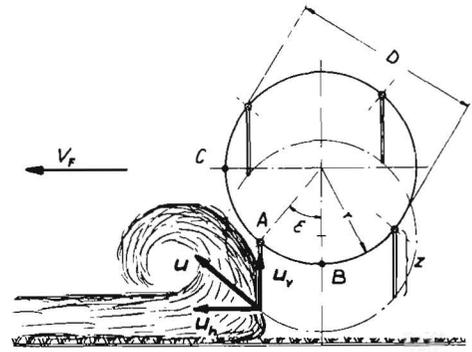


Abb. 14: Die Bildung des Schwads durch den Einfluß der Trommel-Umfangsgeschwindigkeit

Der der Zinkenstellung in den Punkten I, II, III usw. entsprechende Anschlagwinkel ε_A läßt sich geometrisch ebenso konstruieren, wie die mittlere horizontale Umfangsgeschwindigkeit u_w und Richtungswinkel φ_0 ⁴⁾. Die zuletzt genannten beiden Größen können jedoch — sobald ε_A durch Konstruktion gewonnen ist — nach den folgenden Ansätzen rechnerisch genauer bestimmt werden:

$$u_w = \frac{u}{\pi/2 - \varepsilon_A} \cdot (1 - \sin \varepsilon_A)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{v_F}{u_w \cdot \sin \beta} + \operatorname{ctg} \beta$$

Durch vektorielle Addition erhält man (Abb. 7) die theoretische Heugeschwindigkeit v_{H_0} .

Wie bereits im Abschnitt I angedeutet, überlagert sich der hier geschilderten, durch die Zinken hervorgerufenen Heubewegung, in Wirklichkeit noch eine Gleitbewegung, die die schräggestellte Wendertrommel, ähnlich wie einen Schneepflug, unter bestimmten Voraussetzungen auch dann noch wirken läßt, wenn die Horizontalkomponente der Umfangsgeschwindigkeit gleich 0 geworden ist. Der Effekt ist aber, wie die Versuche ergaben, gegenüber der durch Umfangs-

⁴⁾ Auf die Wiedergabe des benutzten Konstruktionsverfahrens muß hier aus Raummangel verzichtet werden.

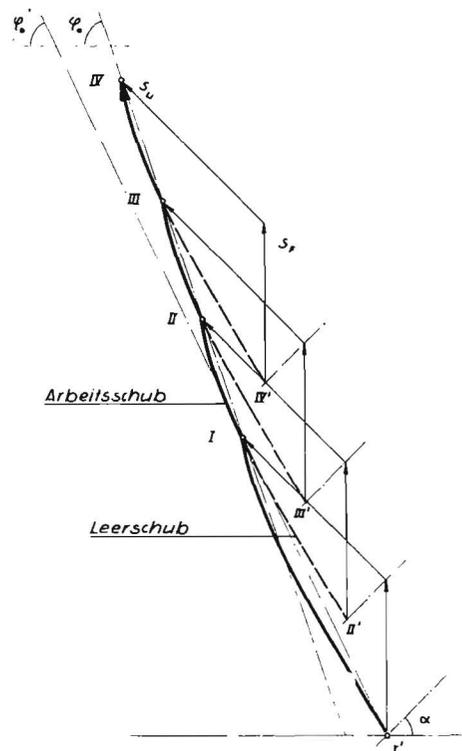
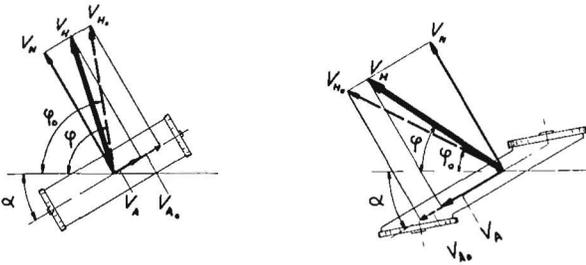


Abb. 15: Die Bewegungsbahn eines Heuteilchens über dem Boden (auf den Boden projiziert)



a. Trommelwender b. Schrägtrommelwender

Abb. 16: Die Unterschiede zwischen theoretischen und praktischen Richtungswinkeln und Heugeschwindigkeiten infolge des Schlupfes zwischen Heu und Zinken

geschwindigkeit und Fahrgeschwindigkeit verursachten Heubewegung von untergeordneter Bedeutung.

Vergleicht man nun diese auf Grund von Beobachtungen und theoretischen Überlegungen gewonnenen Vorstellungen über den Vorgang des Schwadziehens mit den praktischen Messungen, ergibt sich das folgende Bild: Die theoretisch errechneten Richtungswinkel φ_0 stimmen (Abb. 16) zunächst recht gut mit den gemessenen Winkeln φ überein. Das Heu bewegt sich im Rahmen der üblichen Werte für $v_F u$ und α und β beim Trommelwender im allgemeinen auf einem Wege in den Schwad, dessen Richtung (φ_0 und φ) rechts von der Normalen zur Trommelachse liegt, während der Richtungswinkel φ_0 , bzw. φ beim Schrägtrommelwender links der Normalen liegt. Ferner ist der theoretische Richtungswinkel φ_0 beim Trommelwender fast immer größer, beim Schrägtrommelwender jedoch kleiner als der wirklich gemessene. Diese zunächst widerspruchsvoll erscheinende Feststellung läßt sich jedoch an Hand der in Abbildung 16 wiedergegebenen Darstellung für beide Wender mit dem zwischen Zinken und Heu zu erwartenden Schlupf recht gut erklären.

Der Weg, den das Heu bei einer Arbeitsbreite von 1 m bis zur Ablage im Schwad zurücklegen muß, kann auch hier wiedergegeben werden durch den Ausdruck

$$\frac{s_H}{b} = \frac{1}{\cos \varphi}$$

Stellt man diesen Ausdruck über der Trommel-Umfangsgeschwindigkeit für verschiedene Anstellwinkel α dar, erhält man die in Abbildung 17 wiedergegebenen Diagramme. Sie zeigen, daß der Heuweg bei wachsender Umfangsgeschwindigkeit allmählich einen konstanten Wert annimmt und daß dieser Wert bei einem bestimmten Wender um so später erreicht wird, je kleiner der Anstellwinkel α gewählt wurde. Bei sinkender Umfangsgeschwindigkeit wird der Heuweg immer größer und er nähert sich schließlich einem unendlich großen Wert. Dieser Wert wird um so früher erreicht, je kleiner der Anstellwinkel ist.

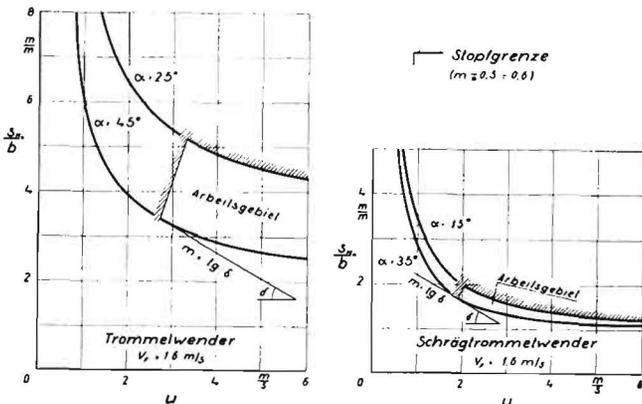


Abb. 17: Die Arbeitsbereiche für Trommelwender und Schrägtrommelwender ($v_F = 1,6 \text{ m/s}$)

Der waagerechte Verlauf der Kurve bedeutet, auf die Praxis übertragen, ein einwandfreies Fördern des Wenders, während bei senkrechtem Verlauf keine Förderung mehr möglich ist. Der Richtungsfaktor in den einzelnen Punkten der Kurven stellt also jeweils ein Maß für das Fördervermögen des Wenders dar, und ein bestimmter Wert oder ein Bereich für den Richtungsfaktor gibt die Grenze an, bis zu der noch eine einwandfreie Arbeit erwartet werden kann. Ein Vergleich der Kurven mit den praktischen Versuchen (Abb. 19, 20) zeigt, daß diese „Stopfgrenze“ tatsächlich durch den Richtungsfaktor der Kurve und nicht etwa durch die absolute Länge des Heuweges s_H bestimmt wird. Es ist schwierig, eine „Stopfgrenze“ in der Praxis eindeutig festzulegen, weil das Stopfen nie so plötzlich auftritt, wie etwa bei der Gebläseförderung, sondern weil es sich erst langsam durch die schlechter werdende Arbeitsweise des Wenders äußert. Außerdem ist der Beginn des Stopfens von Zufälligkeiten abhängig, wie sie beispielsweise durch Bodenunebenheiten oder verschiedene dichte Lagerung des Heues gegeben sind. Trotzdem haben die Versuche ergeben, daß ein Stopfen bei den beiden Trommelwendern und unter den geschilderten Versuchsbedingungen immer in dem Bereich eintrat, in dem der Richtungsfaktor der Kurve zwischen 0,5 und 0,6, also der Richtungswinkel δ etwa zwischen 27° und 31° lag. Die Prüfung der Frage, ob es möglich ist, für genau festgelegte Versuchsbedingungen und für verschiedene Wendertypen den Stopfbereich mit Hilfe dieses Verfahrens zu definieren, muß späteren Untersuchungen überlassen bleiben.

Die in Abbildung 17 dargestellten Kurven geben die theoretischen Werte für den Heuweg wieder. Praktisch liegen die Verhältnisse insofern günstiger, als die Stopfgrenze erst bei einer kleineren Umfangsgeschwindigkeit erreicht wird (Abb. 19, 20). Für den Trommelwender ergeben sich infolge des hier großen Schlupfes zwischen Heu und Zinken in der Praxis außerdem noch erheblich kleinere Heuwege. Im Hinblick auf die praktischen und konstruktiven Möglichkeiten können die in die Diagramme in den Abbildungen 17, 19 und 20 eingezeichneten Anstellwinkel als Grenzwinkel betrachtet werden.

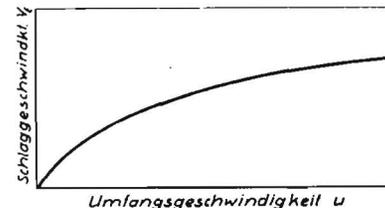
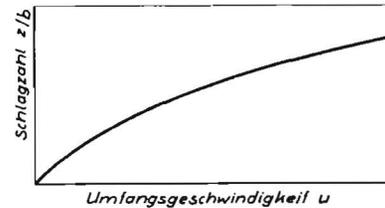
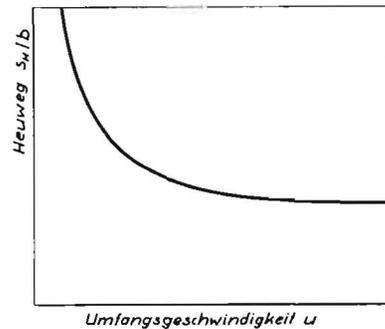


Abb. 18: Die Kennlinien eines Schwadrechens (für konstanten Anstellwinkel und konstante Fahrgeschwindigkeit)

Beide Trommelwender zogen etwa gleich lockere Schwaden. Wenn auch der vom Trommelwender gezogene Schwad infolge des längeren Heuweges (s_H) etwas dichter war, konnte doch von einer Verzapfung nicht gesprochen werden. Die von den Wendern hergestellten Schwaden waren gleich gut breit-zustreuen. Unterschiede zwischen beiden Arbeitsgeräten sind jedoch hinsichtlich der Substanzverluste zu erwarten, die nicht nur durch den verschiedenen langen Heuweg, sondern auch durch die Unterschiede in der Schlagzahl und der Anschlaggeschwindigkeit bedingt sein dürften.

Die beiden zuletzt genannten Größen lassen sich wie folgt errechnen:

$$\text{Schlagzahl } z = 3 \cdot n \cdot t_H$$

$$t_H = \frac{s_H}{v_H} = \frac{b}{\cos \varphi} \cdot \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{v_F \cdot \cos \alpha}$$

$$n = \frac{u}{\pi \cdot D}$$

$$z = \frac{b \cdot 3}{\pi \cdot D} \cdot \frac{u}{v_F} \cdot (\lg \alpha + \lg \varphi)$$

darin bedeuten

n = Trommeldrehzahl

3 = Anzahl der Rechen

Anschlaggeschwindigkeit

$$v_F = \sqrt{u^2 \cdot \varepsilon_h + v_F^2 + 2 \cdot u \cdot \varepsilon_h \cdot v_F \cdot \cos \beta}$$

Trommelwender

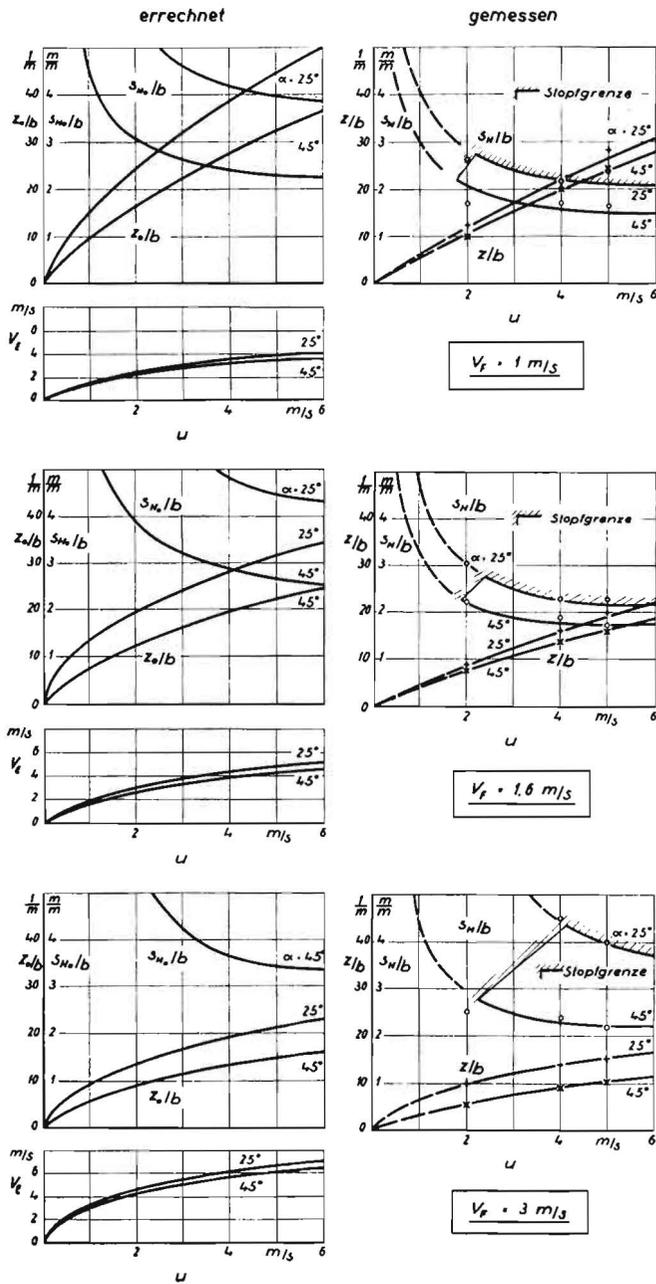


Abb. 19: Die Kennlinien des Trommelwenders (s_H = Heuweg, z = Anschlagzahl, v_F = Anschlaggeschwindigkeit, b = Arbeitsbreite, u = Trommel-Umfangsgeschwindigkeit)
gültig für: Trommeldurchmesser $D = 600$ mm
4 Rechen
Weidelgras 40 dz/ha
Wassergehalt 21 %
Schnittlänge 30–50 cm

Schrägtrommelwender

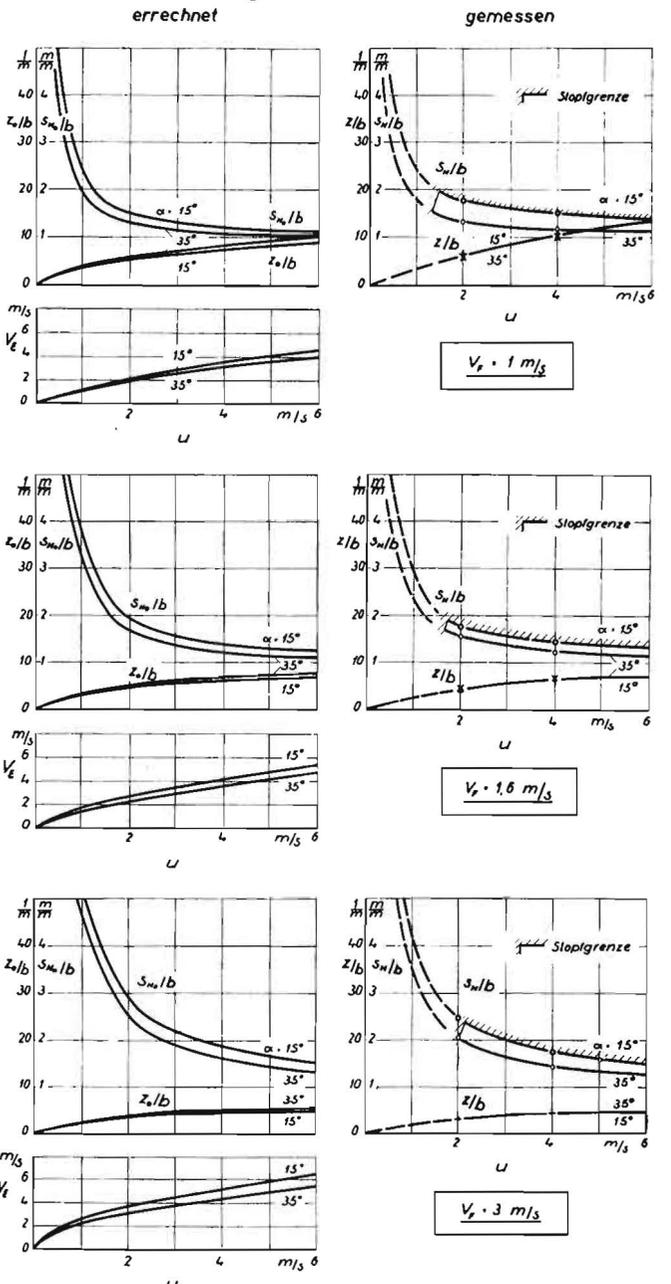


Abb. 20: Die Kennlinien des Schrägtrommelwenders (s_H = Heuweg, z = Anschlagzahl, v_F = Anschlaggeschwindigkeit, b = Arbeitsbreite, u = Trommel-Umfangsgeschwindigkeit)
gültig für: Trommeldurchmesser $D = 660$ mm
4 Rechen
Weidelgras 40 dz/ha
Wassergehalt 21 %
Schnittlänge 30–50 cm

darin ist

u_{eh} die Horizontalkomponente der Umfangsgeschwindigkeit, die im Augenblick des Anschlages der Zinken auf das Heu wirkt.

Bezieht man diese beiden Größen, die Schlagzahl und die Anschlaggeschwindigkeit und auch den Heuweg auf 1 m Arbeitsbreite und trägt sie wie in Abbildung 18 über der Trommelumfangsgeschwindigkeit auf, so erhält man Kurven, die das Schwadziehen der Trommel eines Heuwenders oder ähnlicher Geräte gut charakterisieren und als Kennlinien aufgefaßt werden können. Sie geben nicht nur einen umfassenden Einblick in die Arbeitsweise einer Heuwendertrommel, sondern sie ermöglichen vor allem einen objektiven Vergleich verschiedener Trommelbauarten untereinander.

Die Abbildungen 19 und 20 geben die theoretisch errechneten und die praktisch gemessenen Kennlinien für beide Trommelwender für die Fahrgeschwindigkeiten 1; 1,6 und 3 m/s wieder. Die Anschlaggeschwindigkeit ließ sich versuchsmäßig mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nicht feststellen. Sie konnte daher auch nicht eingezeichnet werden; es ist aber anzunehmen, daß sie auch praktisch dem theoretischen Wert sehr nahe kommt. Die mit den gemessenen Werten gezeichneten Kurven zeigen eine überraschend gute Übereinstimmung mit den theoretisch errechneten. Die errechneten Linien für den Heuweg und die Schlagzahl liegen infolge des Schlupfes zwischen Heu und Zinken beim Trommelwender erheblich höher als die praktischen, während sie beim Schrägtrommelwender nur wenig niedriger liegen als die praktischen.

Die Weglinien zeigen das bereits geschilderte Verhalten. Die drei übereinandergestellten Diagramme für verschiedene Fahrgeschwindigkeiten geben beim Trommelwender ein erhebliches, beim Schrägtrommelwender ein weniger schnelles Anwachsen des Heuweges mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit an. Ebenso nimmt der Richtungsfaktor der Kurve bei größer werdender Fahrgeschwindigkeit mit abnehmender Umfangsgeschwindigkeit schneller zu, denn es ist selbstverständlich bei größeren Fahrgeschwindigkeiten früher ein Stopfen zu erwarten, als bei kleinen. Während der Schrägtrommelwender auf Änderungen des Anstellwinkels weniger stark reagiert, macht sich eine solche Änderung beim Trommelwender, besonders bei hohen Fahrgeschwindigkeiten, stark bemerkbar.

Aus den Weg-Kennlinien ersieht man, welche Umfangsgeschwindigkeit der Heuwender mindestens erhalten muß, um beim größtmöglichen Anstellwinkel noch einwandfrei zu tödern. Sieht man beispielsweise $v_F = 3$ m/s als größte vorkommende Fahrgeschwindigkeit an, müßte man beiden Wendern mindestens eine Umfangsgeschwindigkeit von 2,5 bis 3 m/s geben. Das entspricht auch etwa den gebräuchlichen Drehzahlen für Schwadenwender. Einer allzu starken Erhöhung der Umfangsgeschwindigkeit stehen nicht nur konstruktive Bedenken gegenüber, sondern auch die Tatsache, daß sich damit die Schlagzahl und die Anschlaggeschwindigkeit ebenfalls erhöhen würden.

Die Schlagzahl nimmt beim Trommelwender mit der Umfangsgeschwindigkeit, vor allem bei kleineren Umfangsgeschwindigkeiten erheblich zu, während sie beim Schrägtrommelwender, besonders bei größeren Fahrgeschwindigkeiten, weniger stark ansteigt. Wesentliche Unterschiede bestehen (Abb. 19, 20) im Hinblick auf die Schlagzahl aber zwischen den beiden Wendern. Bei beiden Geräten wirkt sich ferner eine Änderung des Anstellwinkels bei mittlerer Geschwindigkeit auf die Schlagzahl in der Praxis nur unerheblich aus. Der Einfluß dieser Änderung auf die Schlaggeschwindigkeit ist jedoch größer.

Leider liegen zur Zeit noch keine verwertbaren Zahlen über Bearbeitungsverluste vor, die einen einwandfreien Vergleich der beiden Arbeitsgeräte ermöglichen würden. Es konnte auch im Rahmen der Versuche aus verschiedenen Gründen nicht geklärt werden, welche Bedeutung die Schlaggeschwindigkeit im Verhältnis zur Schlagzahl hat, so daß hier keine Aussagen darüber gemacht werden können, ob es im Hin-

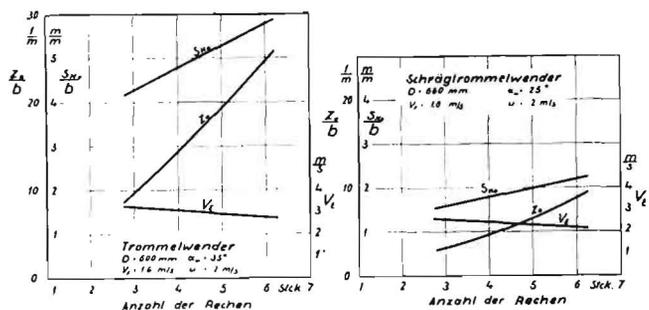


Abb. 21: Der Einfluß der Rechenzahl auf die Kennlinien der beiden Trommelwender (theoretisch errechnet)

blick auf die Verluste besser ist, eine hohe Schlagzahl und eine niedrige Schlaggeschwindigkeit zu wählen, oder ob eine höhere Schlaggeschwindigkeit und eine niedrige Schlagzahl zweckmäßiger wäre. Sollte es sich beispielsweise bei späteren Versuchen erweisen, daß die Schlaggeschwindigkeit im Rahmen der aus dem Diagramm zu entnehmenden Werte einen nicht allzu bedeutenden Einfluß auf die Verluste beim Schwadziehen hat, so könnte auf Grund der Kennlinien für den Schrägtrommelwender auch für das Schwadziehen ohne Bedenken die Drehzahl empfohlen werden, die für das Wenden üblich ist. Wenn die Ursachen für die Bearbeitungsverluste bei der Bodenheuerwerbung einwandfrei aufgedeckt werden sollen, wird es notwendig sein, besonders die Fragen des Einflusses von Schlagzahl und Schlaggeschwindigkeit zu prüfen. Wenn man sich überlegt, daß die Heurolle beim Schwadziehen mit dem Trommelwender bei 2 m Arbeitsbreite im Mittel etwa 20 Schläge mit einer Auftreffgeschwindigkeit der Rechen von rund 3 m/s erhält, kann man sich vorstellen, daß die Verluste nicht unerheblich sind.

Die Versuche konnten keine eindeutige Auskunft über den Einfluß der Bestandesdichte auf den Richtungswinkel des Heues und dessen Weg, oder seine Geschwindigkeit geben. Bei dem verwendeten Heu konnten bis zu einem Bestand von 80 dz/ha keine Unterschiede zu dem bei der Bearbeitung von 40 dz/ha erzielten Werten festgestellt werden. Dasselbe galt für Heu mit einem höheren Wassergehalt von etwa 60 v. H. Es ist jedoch möglich, daß sich diese Verhältnisse unter anderen Versuchsbedingungen, etwa bei größerer Schnittlänge oder bei der Bearbeitung von Blattheu, ändern; sehr erhebliche Unterschiede dürften jedoch solange nicht zu erwarten sein, wie die Schichthöhe geringer bleibt als die Zinkenlänge. Die bisher erörterten Kennlinien gelten, wie erwähnt, für Trommeln mit vier Rechen und Durchmessern von 600 bis 660 mm. Die für eine Fahrgeschwindigkeit von 1,6 m/s und einer Umfangsgeschwindigkeit von 2 m/s aus den entsprechenden Zinkenbewegungsbahnen errechneten Kennlinien in den Abbildungen 21 und 22 geben Aufschluß über das Verhalten von Trommeln mit anderen Rechenzahlen und anderen Durchmessern. Nach Abbildung 21 ergibt sich für eine dreirechige Trommel ein geringerer Heuweg und eine geringere Schlagzahl als für eine vierrechige. Die Unterschiede sind bei der normalen Trommel größer als bei der Schrägtrommel, sie treten aber in der Praxis infolge des Schlupfes nicht so stark in Erscheinung wie in diesen theoretisch errechneten Diagrammen. Daher ist es mit Rücksicht auf

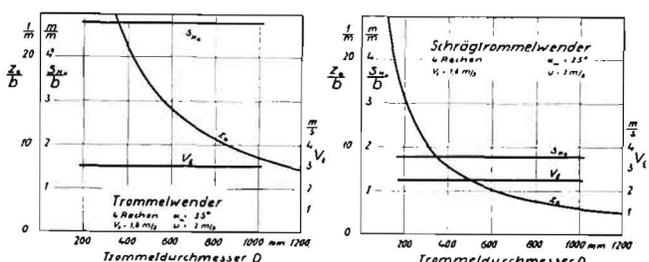


Abb. 22: Der Einfluß des Trommeldurchmessers auf die Kennlinien der beiden Trommelwender (theoretisch errechnet)

die bei niedriger Rechenzahl höhere Anschlaggeschwindigkeit auch im Hinblick auf das Breitstreuen und Wenden nicht zu empfehlen, die Rechenzahl allzu niedrig zu wählen. Allerdings scheint auch eine Erhöhung der Rechenzahl auf sechs, wie sie bei amerikanischen Maschinen zu finden ist, nicht zweckmäßig zu sein. Eine solche Erhöhung hätte nur dann Sinn, wenn der Einfluß der Schlaggeschwindigkeit entgegen den Erwartungen im Rahmen der angegebenen Größenordnungen wesentlich höher ist als der der Schlagzahlen.

Der Trommeldurchmesser sollte, wie Abbildung 22 erkennen läßt, nicht zu niedrig gehalten werden, da bei höheren Durchmessern bei beiden Trommeln mit niedrigeren Schlagzahlen zu rechnen ist. Es sei erwähnt, daß der in Abbildung 14 eingezeichnete Durchmesser zwischen zwei Zinkendrehpunkten als Trommeldurchmesser anzusehen ist.

Neben der Wahl eines günstigen Trommeldurchmessers ist es zweckmäßig, auch die Zinkenlänge nicht zu klein zu wählen. Eine Trommel, deren Zinkenlänge durch Einfügen eines Tragbalkens zwischen Kurbelende und Zinken vergrößert wurde, arbeitet im allgemeinen besonders bei höheren Beständen besser als ein Gerät mit kürzeren Zinken.

III. Vergleich der drei Schwadwender

Es wurde bereits festgestellt, daß von beiden Trommelwendern gleich lockere und zum Breitstreuen gleich gut geeignete Schwaden gezogen werden können. Lediglich der Sternradwender liefert stark verdichtete und verzopfte Schwaden, die sich schwerer breitstreuen lassen. Aus diesem Grunde und infolge der Tatsache, daß die Sternräder als Elemente für einen Vielfachheuwender annehin nicht verwendet werden können, bleibt hier zunächst ein Vergleich der Arbeitswerkzeuge der beiden Trommelwender übrig. Aus den Abbildungen 19 und 20 ergeben sich besonders im Hinblick auf den Heuweg und die Schlagzahl für beliebige Verhältnisse sehr unterschiedliche Leistungen bei beiden Wendern. Diese Verhältnisse sind in einer Gegenüberstellung der Geräte für eine bestimmte Einstellung ($\alpha = 35^\circ$, $u = 2 \text{ m/s}$, $v_F = 1,6 \text{ m/s}$) in Abbildung 23 noch einmal herausgestellt. Das aus den Meßwerten ermittelte Diagramm (rechtes Bild) gibt bei vergleichbaren Arbeitsverhältnissen für den Trommelwender einen Heuweg von 2,65 m je Meter Arbeitsbreite, für den Schrägtrommelwender einen solchen von nur 1,55 m an, und die Schlagzahlen verhalten sich wie 8,2 : 4,5, auch die Anschlaggeschwindigkeit ist beim Schrägtrommelwender etwas kleiner. Aus diesen Zahlen ergibt sich ziemlich eindeutig, daß im Hinblick auf das Schwadziehen die Schrägtrommel mit einem Schrägungswinkel von etwa 65° das am besten arbeitende Gerät für einen Vielfachheuwender ist.

Ein weiterer Vorteil des Schrägtrommelwenders bei Verwendung als Schwadreden besteht in der besseren Ausnutzbarkeit seiner Trommellänge. Betrachtet man 25, 35 und 65° als die optimalen Anstellwinkel, so verhalten sich die auf 1 m Trommellänge bezogenen Arbeitsbreiten für den Schrägtrommelwender, den Trommelwender und den Sternradwender etwa wie 0,9 : 0,8 : 0,4 (Abb. 24). Die Trommel des Schrägtrommelwenders wird also am besten ausgenutzt werden können. Die Verhältnisse beim Sternradwender liegen allerdings praktisch insofern günstiger als es in dieser Darstellung erscheint, als auch bei dieser Maschine Anstellwinkel bis zu 50° möglich sind. Außerdem kann die Arbeitsbreite des Sternradwenders durch Hinzufügen eines Sternrades ohne weiteres vergrößert werden, während der Vergrößerung der Trommellänge beim Trommelwender bekanntlich Grenzen gesetzt sind.

IV. Das Breitstreuen eines Schwads und das Wenden von breitgestreutem Heu

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, war es eine Nebenaufgabe dieser Untersuchungen, die Arbeitsweise der beiden Trommeln beim Breitstreuen und beim Breitwenden zu beobachten. Die hierbei gemachten Feststellungen sollen im folgenden kurz geschildert werden.

Beide Trommelwender zeigten sowohl beim Breitstreuen als auch beim Breitwenden recht unterschiedliche Arbeitsleistun-

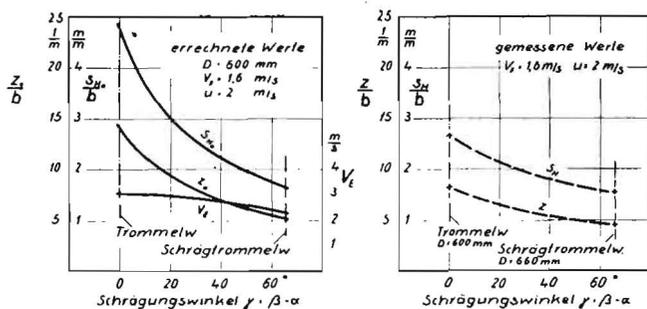


Abb. 23: Der Einfluß des Schrägungswinkels auf die Kennlinien von Trommelwendern mit vier Rechen

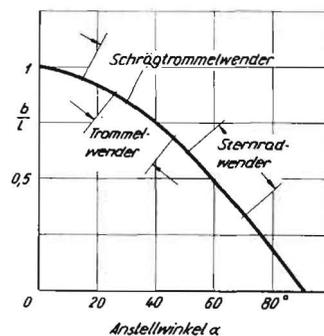


Abb. 24: Die Ausnutzung der Trommellänge

gen, die in der grundsätzlich verschiedenen Arbeitsweise der Geräte bei diesen Arbeitsgängen begründet liegen. Die Arbeitsweisen des Trommelwenders und des Schrägtrommelwenders beim Breitstreuen sind in Abbildung 25 in Form von schematischen Skizzen und Vektordiagrammen gegenübergestellt.

Das linke Diagramm zeigt, daß der Trommelwender beim Breitstreuen oder Wenden dem Heu eine Relativgeschwindigkeit erteilt, die entgegen der Fahrtrichtung etwa rechtwinklig zur Wenderachse wirkt. Die Rechen reißen also jeweils ein Stück vom Schwad ab und werfen es nach hinten weg. Die Wurfgeschwindigkeit wird dabei kleiner sein als die Trom-

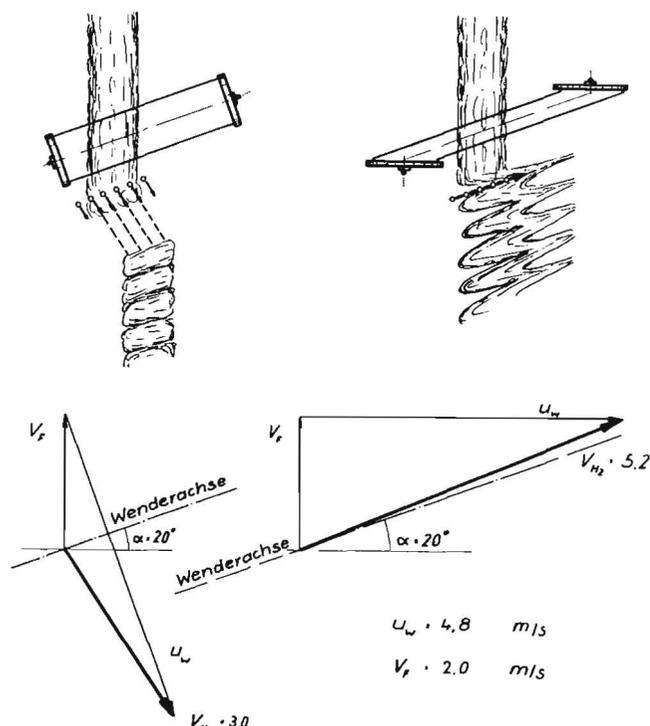


Abb. 25: Der Vorgang des Breitstreuens beim Trommel- und beim Schrägtrommelwender

melumfangsgeschwindigkeit; weil sie der Fahrtrichtung entgegenwirkt.

Der Schrägtrommelwender (mit einem Schrägungswinkel von 65°) wirkt dagegen mit einer Relativgeschwindigkeit auf das Heu ein, die infolge der Bauweise dieses Wenders etwa in der Trommelachse liegt und nicht wie beim Trommelwender senkrecht dazu. Dadurch wirken die Rechen praktisch wie ein Kamm, der rechtwinklig zur Fahrtrichtung auf den Schwad gesetzt und mit dem der Schwad dann auseinandergezogen wird. Beim Breitstreuen wird der aufgerollte Schwad in dieser Weise nach der Seite aufgerissen, wobei die Rolle gleichzeitig das Bestreben hat, sich wieder in ihren ursprünglichen Zustand als Heumatte zu verwandeln. Durch diese hier idealisiert geschilderte Arbeitsweise kann der Schrägtrommelwender einen Schwad besser breitstreuen als der Trommelwender, zumal sich seine Zinken im allgemeinen mit der Fahrtrichtung bewegen und dadurch eine Relativgeschwindigkeit erhalten, die größer ist als die Umfangsgeschwindigkeit. Da fast alle heute in Deutschland gebauten Heuwender für das Wenden mit nahe beieinanderliegenden Umfangsgeschwindigkeiten (zwischen 5 und 6 m/s) ausgestattet sind, ergibt der Unterschied in den Relativgeschwindigkeiten mit einer Erklärung dafür, daß der Schrägtrommelwender besser breitstreut. Andererseits liefern die oben angestellten Überlegungen eine Erklärung dafür, daß der Schrägtrommelwender beim Wenden von breitgestreutem Heu (Breitwenden) im allgemeinen schlechtere Arbeit leisten muß als der Trommelwender. Das liegt zum Teil aber auch daran, daß beim Trommelwender die Zinken für das Wenden häufig nach hinten angestellt werden. Eine solche Verstellung, wie sie bei vielen Trommelwendern vorgenommen werden kann, kann die Wurfwirkung dieser Geräte wesentlich erhöhen und damit die Arbeit des Wenders verbessern.

Folgerungen aus den Versuchen

Die in dieser Arbeit geschilderten Untersuchungen geben dem Konstrukteur einen Einblick in das Zusammenwirken derjenigen Einflußgrößen, die die Arbeitsweise der untersuchten Heuwender insbesondere beim Schwadziehen bestimmen. Die ermittelten Kennlinien für verschieden gestaltete Arbeitswerkzeuge und Trommeln ermöglichen es ihm, die optimalen

Werte für seine Konstruktion zu wählen. Darüber hinaus ergaben die Versuche, daß die Schrägtrommel für das Schwadziehen und das Breitstreuen des Schwads das am besten geeignete Arbeitsgerät darstellt, daß jedoch der Trommelwender beim Breitwenden im allgemeinen sauberere Arbeit zu leisten vermag.

Im Hinblick auf die Schaffung eines Vielfachheuwenders zeichnet sich auf Grund der getroffenen Feststellungen zunächst die Möglichkeit ab, einen Wender zu bauen, dessen Trommel beim Schwadziehen und beim Breitstreuen als Schrägtrommel und beim Breitwenden als normale Trommel arbeitet. Die Fertigung und die Bedienung eines solchen Wenders würde natürlich einen erheblich größeren Aufwand erfordern, und es ist fraglich, ob dieser Aufwand mit den praktischen Vorteilen des Wenders und mit seinen Absatzmöglichkeiten in Einklang zu bringen ist. Eine andere, schon verschiedentlich ausgenutzte Möglichkeit besteht darin, einen Kompromiß zwischen den Vor- und Nachteilen beider Wender zu schließen und einen Wender mit einer Trommel zu bauen, deren Schrägungswinkel (Winkel zwischen der Senkrechten zur Trommelachse und der Kurbelscheibe) zwischen 0° und dem bei der Schrägtrommel üblichen Wert von etwa 65° liegt. Diese Lösung würde sich konstruktiv am einfachsten durchführen lassen und es ist anzunehmen, daß auch die Arbeitsleistungen eines solchen Wenders sowohl beim Schwadziehen als auch beim Breitstreuen zufriedenstellend sein werden.

Schrifttum

- [1] Elliot, B. G.: A new Concept of the Side-Delivery Rake. Agricultural Engineering, März 1950, S. 114.
- [2] Bainer, R.: New Concepts in Side-Delivery Rakes. Agricultural Engineering, Mai 1951, S. 266.
- [3] Giles, G. W., Routh, C. A.: The Finger-Wheel Rake. Agricultural Engineering, Okt. 1951, S. 537.
- [4] Fischer-Schlemm, W. E.: Untersuchungen über Heuwerbungsapparate. Technik in der Landwirtschaft 1931, S. 252.
- [5] Segler, G.: Wege zur Verbesserung der Grünfütter- und Heuernte. Berichte über Landtechnik, Heft IX.
- [6] Segler, G.: Die Mechanisierung der Rauhfütterernte. Landtechnik 1951, S. 35.
- [7] Segler, G.: Die Mechanisierung des Grünlandbetriebes. Mitteilungen für die Landwirtschaft 1952, S. 244.
- [8] Schulze-Lammers, H.: Geräte und Maschinen für die Rauhfütterernte. Landtechnik 1953, S. 205.

Résumé:

Dipl.-Ing. H. J. Matthies: „Der Vorgang des Schwadziehens und die Gestaltung von Heuwendern.“

Das Schwadziehen ist, besonders im Hinblick auf das spätere Breitstreuen des gezogenen Schwads, ein Arbeitsgang, der von vielen Heuwendern noch nicht befriedigend ausgeführt wird. Der Bericht schildert auf Grund eingehender Untersuchungen an einigen der in Deutschland verbreiteten Heuwendertypen die kinematischen Vorgänge beim Schwadziehen. Es wird ein Verfahren zur Ermittlung der praktischen Arbeitsleistungen von Schwadrechen und eine Methode zur Auswertung der damit gewonnenen Versuchsergebnisse beschrieben. Mit der Zusammenfassung der gefundenen Untersuchungsergebnisse zu Kennlinien wird ein Weg aufgezeigt, der es ermöglicht, das Schwadziehen der Werkzeuge verschiedenartiger Heuwendertypen einer objektiven Beurteilung zu unterziehen und ihre Arbeitsleistungen zu vergleichen. Die dargestellten Kennlinien für Trommelwender geben dem Konstrukteur einen guten Einblick in das Zusammenwirken aller Einflußgrößen beim Schwadziehen und sie ermöglichen ihm die Bestimmung der optimalen Daten für seine Konstruktion. Am Schluß des Aufsatzes werden Möglichkeiten untersucht, die für die Schaffung eines vielseitig verwendbaren Heuwenders bestehen.

Dipl.-Ing. H. J. Matthies: "Swath Turning and the Design of Hay Tedders."

Swath turning is an operation that is not yet always satisfactorily carried out by many of the present designs of hay tedders. This applies particularly to the subsequent spreading of the swaths. The report describes the kinematic cycle of operations as determined from investigations made on one or two hay tedders of types generally used in Germany. Methods for the determination of the useful work performed in swath turning and for the evaluation of the results thereby obtained, are described. By the use of curves obtained from the summarised results, a method is worked out whereby the swath turning efficiency of the rakes of various types of hay tedders may be judged objectively and their performance compared. The curves obtained in the case of rotary drum type tedders furnish the designer with a good survey of the combined results of the forces involved in swath turning and enable optimal data to be obtained. The article concludes with an examination of the possibilities of designing and constructing a multi-purpose tedder.

Dipl.-Ing. H. J. Matthies: «L'opération de mise en andains et la construction des faneuses.»

La mise en andains est une opération qui n'est pas encore réalisée d'une façon satisfaisante par beaucoup de faneuses, surtout en vue de l'étalement ultérieur de l'andain. Partant de recherches approfondies, le rapport expose les phénomènes cinématiques constatés sur certains types de faneuses utilisées en Allemagne, et qui se produisent pendant l'andainage. Un procédé permettant de déterminer les rendements pratiques des faneuses et une méthode servant à exploiter les résultats ainsi obtenus, sont décrits par l'auteur. A l'aide de diagrammes reproduisant les résultats des essais, un chemin est tracé qui permet de porter un jugement objectif sur les rendements des pièces travaillantes des divers types de faneuses, et de comparer leur rendement. Les courbes reproduites, relevées sur des faneuses à tambour, donnent au constructeur une excellente idée des relations réciproques des différents paramètres entrant en jeu lors de la mise en andains, et permettent de déterminer les données techniques optima pour la construction de la machine. A la fin de l'exposé, l'auteur examine les possibilités offertes pour la construction d'une faneuse polyvalente.

Dipl.-Ing. H. J. Matthies: «La formación de andanadas y la construcción de revolvedores de heno.»

La formación de andanadas es una operación que muchos revolvedores dejan de ejecutar a satisfacción, principalmente con miras al reparto ancho posterior. El informe describe los procesos cinemáticos de la formación de andanadas a base de investigaciones detalladas en varios modelos de revolvedores de uso corriente en Alemania. Se describe un procedimiento para la averiguación del rendimiento práctico que rinden los rastrillos con descarga lateral y un método para aprovechar los resultados conseguidos con estas pruebas.

Por la recopilación de los resultados conseguidos en curvas se presenta un procedimiento que permite juzgar de forma objetiva la formación de andanadas de los elementos de diferentes revoladores y de comparar su rendimiento. Las curvas dadas para revoladores de tambor dan al constructor buena idea de la combinación de todos los factores que influyen en la formación de andanadas, permitiéndole fijar los datos óptimos para su construcción. Al final del artículo se investigan las posibilidades que existen para la construcción de un revolador de heno de aplicación múltiple.

Prof. Dr.-Ing. K. Gallwitz und Dr. v. Hülst:

Untersuchungen an Pflanzenschutz-Brühbehältern aus Metall

Landmaschineninstitut der Universität Göttingen

In Heft 3/1954 dieser Zeitschrift berichteten die Verfasser über ihre Untersuchungen an Pflanzenschutz-Brühbehältern aus Holz. In den vorliegenden Untersuchungen wurden die metallischen Baustoffe, Messing, verzinktes Eisenblech und Tiefziehblech vergleichend auf ihre Reaktionen den verschiedenen Pflanzenschutzmitteln gegenüber geprüft. Die beiden ersteren haben sich als Material für Pflanzenschutz-Brühbehälter in der Praxis eingeführt, doch war das Ausmaß der auftretenden Korrosion bei Einwirkung der einzelnen Spritzbrühen an Tiefziehblech unter Einfluß von Pflanzenschutzbrühen interessierte hier, weil ermittelt werden sollte, wie es sich bei Verwendung als Grundmaterial unter Schutzbezügen, auf die später eingegangen wird, verhalten würde, wenn diese versagen.

Da die Temperatur für Vergleichsversuche von entscheidender Bedeutung sein kann (die Aggressivität der Elektrolyte kann durch sie beeinflußt werden), wurden die Untersuchungen in einer Laborhalle durchgeführt, deren Temperatur relativ konstant gehalten werden konnte. Sie betrug im Durchschnitt $14,5^{\circ}\text{C}$, mit einer mittleren Abweichung von $\pm 1,85^{\circ}\text{C}$.

Die metallischen Brühbehälterbaustoffe wurden in zweifacher Weise geprüft: Einmal in der Art, daß die Brühen hintereinander im „Wechsel“ auf sie einwirkten, zum anderen, daß die Reaktionen der Spritzbrühen auf den Baustoff einzeln in Abhängigkeit von der Dauer der Einwirkung untersucht wurden. Das Ausmaß der Korrosion wurde nach den Richtlinien für allgemeine Korrosionsuntersuchungen DIN 4850—4860 bestimmt und ausgewertet.

Abbildung 1 zeigt den Gewichtsverlust in mg/cm^2 Oberfläche der drei metallischen Werkstoffe nach ein- und zweimaligem Durchgang durch den „Wechsel“. Die einzelnen Proben waren dabei jeweils 24 Stunden einer Spritzbrühe und 24 Stunden der Luft ausgesetzt. Die Reihenfolge der Pflanzenschutzbrühen, die auf die Proben einwirkten, entsprach der bei den Holzlacken bereits angegebenen (LTF 3/54).

Bei der Prüfung der Werkstoffe in den einzelnen Pflanzenschutzbrühen betrug die Versuchsdauer 25, 75, 125, 250, 500 und 1000 Stunden. Die Proben blieben hier ohne Unterbrechung in den Spritzbrühen, um die Wechselwirkung, die zwischen der Einwirkung der Mittel und der Luft auftreten, auszuschalten, und um zu klaren Ergebnissen über die Aggressivität der verschiedenen Pflanzenschutzmittel in Abhängigkeit von der Zeit und von der Konzentration kommen zu können.

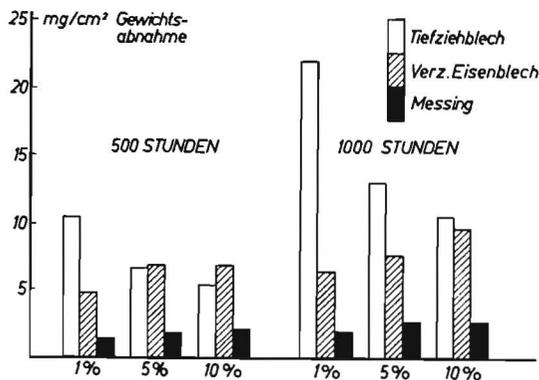


Abb. 1: Gewichtsverlust der metallischen Proben nach Einwirken der Pflanzenschutzmittel im „Wechsel“ nach ein- und zweimaligem Durchgang durch alle elf Brühen in den drei Konzentrationen

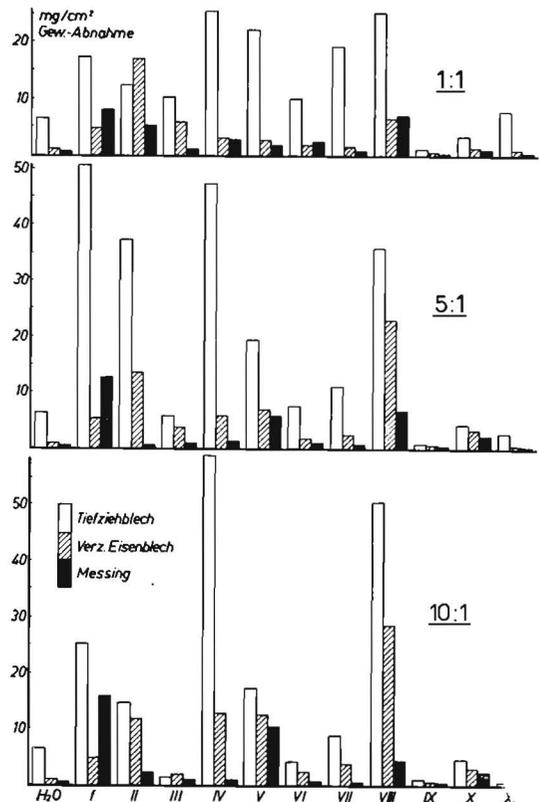


Abb. 2: Gewichtsverlust der metallischen Proben nach 1000-stündigem Einwirken der Pflanzenschutzbrühen der Gruppen I—XI in den drei Konzentrationen

Aus den Untersuchungen ergibt sich: Zwischen den drei Baustoffen ist kein einheitlicher Ablauf der Korrosion zu erkennen, was besonders deutlich aus dem Schaubild zu ersehen ist. Es drängt sich daher die Frage auf: Worauf kann dieses unterschiedliche Verhalten zurückgeführt werden? Die Korrosion muß als Sammelbegriff für den zerstörenden Angriff an Metalloberflächen aufgefaßt werden. Man nimmt heute an, daß es sich bei der Korrosion in der Hauptsache um elektrochemische Vorgänge an den Grenzflächen zwischen Metall und Nichtmetallen handeln dürfte. Nach G. M a s i n g gibt es jedoch „einen unmittelbaren exakten Beweis für den elektrochemischen Ablauf der Korrosion im Elektrolyten nicht“.