

Les résultats des essais commencés en 1962 et poursuivis en 1963 permettent de constater qu'une augmentation remarquable de la levée au champ est obtenue non seulement par une amélioration des propriétés de germination des grains, mais surtout par des méthodes de préparation inhabituelles mais mieux appropriées à la culture de la betterave.

Peter-Nils Evers: «Consideraciones y ensayos para la preparación conveniente del campo, la siembra y el cuidado del terreno, en el cultivo de la remolacha azucarera.»

La mecanización de los trabajos de cultivo de la remolacha azucarera exige que el número de brotes de las semillas sea más elevado y equilibrado, siendo preciso para conseguir condiciones óptimas para la germinación, una preparación más conveniente del campo y una forma de sembrar más adecuada. Estas condiciones pueden consi-

derarse como cumplidas, cuando las semillas descansen con seguridad a aprox. 3 cm de profundidad en el límite entre el terreno húmedo, conveniente para las raíces, con sistema capilar intacto, y una cubierta capaz de calentarse rápidamente.

Por ensayos efectuados en el campo en la primavera del año de 1962, se ha comprobado y confirmado que estas condiciones, conocidas como favorables para el cultivo de plantas, son exactas, habiéndose hecho los trabajos en buena parte por nuevos procedimientos y con nuevas herramientas. Dichos ensayos han demostrado que esta forma óptima de preparar el lecho para la germinación da un número de brotes relativo cuatro veces más elevado que los métodos actualmente practicados.

Los ensayos, empezados en 1962 y seguidos en 1963, han demostrado claramente que el aumento del número de brotes en el campo no sólo depende de la mejora de las condiciones germinales de la semilla, sino que también en primer lugar de los métodos más acertados, aunque parezcan extraños, de cultivo.

Dieter Grabenhorst:

Theoretische und experimentelle Untersuchungen an Halmgut-Wurfbändern

Institut für Landmaschinen, Braunschweig

Zum Laden von langem Halmgut und anderen Erntegütern, beispielsweise Rübenblättern, werden Fuderlader mit Wurfbändern eingesetzt. Um den Einmann-Betrieb zu ermöglichen, werden von den Wurfbändern große Wurfweiten verlangt, damit der angehängte Wagen vollständig gefüllt wird. Die erreichten Wurfweiten sind jedoch bei den Wurfbändern einfacher Bauart trotz erhöhter Gurtgeschwindigkeiten hinter den Erwartungen zurückgeblieben, weil der Weg, den das Fördergut zwischen Aufgabe und Abwurf auf den relativ kurzen Wurfbändern zurücklegt, nicht ausreicht, um das Gut auf die hohen Gurtgeschwindigkeiten zu beschleunigen. Daher sind in letzter Zeit — teilweise in Zusammenarbeit mit dem Institut für Landmaschinen der TH Braunschweig — von der Industrie Einrichtungen entwickelt worden, die das Gut zwangsläufig auf eine hinreichend hohe Abwurfgeschwindigkeit bringen. So wurde beispielsweise eine Andrückwalze oberhalb des Förderstromes auf dem Wurfband angebracht, oder es wurden gute Erfolge dadurch erzielt, daß das Halmgut zwischen zwei schnell umlaufenden Walzen hindurchläuft und dabei stark beschleunigt wird. Obwohl die praktische Entwicklung dieser Geräte bereits zu brauchbaren Lösungen geführt hat, wurden die 1960 begonnenen Untersuchungen weiter fortgesetzt¹⁾, um die erreichbaren Wurfweiten von Halmgut-Wurfbändern ohne Zusatzeinrichtung durch Zahlenangaben belegen zu können. Dem Konstrukteur sollen mit den gewonnenen Erkenntnissen die Möglichkeiten und Grenzen des einfachen Wurfbandes aufgezeigt werden.

Theoretische Zusammenhänge

Das zu untersuchende Wurfband, das durch eine Zuführeinrichtung beschickt wird, ist in Bild 1 schematisch dargestellt. Im folgenden sollen die Gesetzmäßigkeiten für die Wurfbewegung und für das Verhalten des Fördergutes auf dem Wurfband abgeleitet werden, wobei die Einflüsse der räumlichen Ausdehnung des Fördergutes und damit auch der Einfluß des Luftwiderstandes vernachlässigt werden. Die Bedeutung der verwendeten Formelzeichen ist aus Bild 1 und aus der nachstehenden Zusammenstellung zu entnehmen.

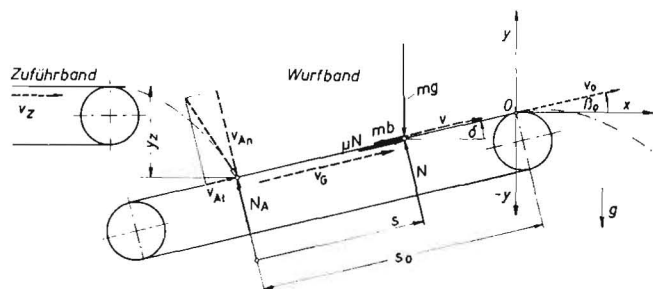


Bild 1: Bezeichnungen für die Darstellung der Wurfgesetze und für die Ableitung der Beschleunigungsverhältnisse auf dem Wurfband

- b Beschleunigung des Fördergutes auf dem Gurt
- f Feuchtigkeit des Fördergutes
- g Fallbeschleunigung
- m Masse des Fördergutes
- N Normalkraft zwischen Gurt und Fördergut
- N_A Normalkraft während der Aufgabe
- s Weg des Gutes auf dem Wurfband
- s_b notwendiger Beschleunigungsweg
- s_0 verfügbarer Beschleunigungsweg
- t Zeit
- v Geschwindigkeit des Fördergutes auf dem Wurfband
- v_{A_n} Normalgeschwindigkeit des Gutes unmittelbar vor der Aufgabe
- v_{A_t} Tangentialgeschwindigkeit des Gutes unmittelbar vor der Aufgabe
- v_G Gurtgeschwindigkeit des Wurfbandes
- v_Z Gurtgeschwindigkeit des Zuführbandes
- v_0 Ablösegeschwindigkeit des Gutes (am Anfang der Wurfbahn)
- x Wurfweite
- y Steighöhe, Fallhöhe (y negativ)
- y_z Höhenunterschied zwischen Zuführband und Aufprallpunkt auf dem Wurfband
- β_0 Neigungswinkel der Abwurf tangente (am Anfang der Wurfbahn)
- δ Neigungswinkel des Fördergutes
- ϵ Steigung der Funktion für μ
- μ Reibwert zwischen Gurt und Gut beim Gleiten

Die Wurfgesetze

Das Fördergut schlägt nach Verlassen des Wurfbandes eine Bahn ein, die durch den Geschwindigkeitsvektor im Augenblick des Ablöses vom Wurfband vorbestimmt ist. Sofern der Nullpunkt des Koordinatensystems gemäß Bild 1 mit dem Ablösepunkt übereinstimmt, lautet die Funktion der Bahnkurve [1]:

$$y = x \tan \beta_0 - x^2 / 2 v_0^2 \cos^2 \beta_0 \quad (1)$$

Diese Wurfp parablen sind für verschiedene Werte des Abwurfwinkels β_0 in Bild 2 dargestellt, wobei der Betrag der Abwurfgeschwindigkeit mit $v_0 = 5$ m/s konstant gehalten wird. Mit Hilfe des Bildes oder unter Verwendung der nachstehenden Formel, die durch Umstellen der Gl. (1) entstanden ist, läßt sich die Wurfweite x für verschiedene Höhenlagen y ermitteln:

$$x = \cos \beta_0 \cdot (\sin \beta_0 \pm \sqrt{\sin^2 \beta_0 - 2gy/v_0^2}) v_0^2 / g \quad (2)$$

Das Maximum der Wurfweite x tritt bei dem Anfangswinkel β_0 ein, für den die erste Ableitung $dx/d\beta_0$ zu Null wird:

$$\sin \beta_{0_{opt}} = v_0 / \sqrt{2(v_0^2 - gy)} \quad (3)$$

¹⁾ Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt

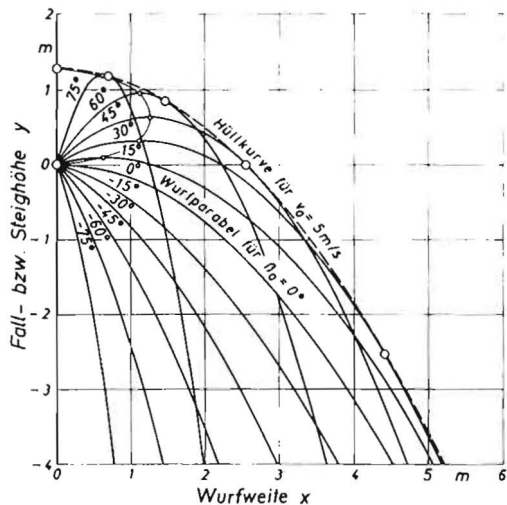


Bild 2: Wurfpfade mit Hüllkurve für die Abwurfgeschwindigkeit $v_0 = 5 \text{ m/s}$ und für verschiedene Abwurfwinkel β_0 .

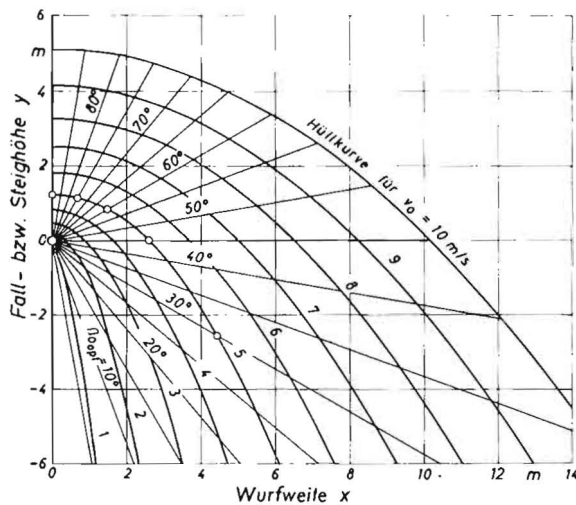


Bild 3: Hüllkurven für unterschiedliche Abwurfgeschwindigkeiten v_0 und Linien gleichen optimalen Abwurfwinkels β_0 .

Nach Einsetzen dieses Ausdruckes für die optimale Größe von β_0 in Gl. (2) bekommt man die maximale Wurflweite:

$$x_{\max} = v_0 \sqrt{v_0^2 - 2gy} / g \quad (4)$$

Nach Auflösen der Gl. (4) nach y wird die Einhüllende für alle Flugbahnen gewonnen, die in der Ballistik Sicherheitsparabel heißt [1]:

$$y = v_0^2 / 2g - x^2 g / 2v_0^2 \quad (5)$$

Die Berührungspunkte der gezeichneten Wurfpfade mit der Hüllkurve sind errechnet worden und in Bild 2 durch große Kreise gekennzeichnet. (Die kleinen Kreise auf den Wurfpfaden geben deren Scheitelpunkte an; sie liegen nachweislich auf einer Ellipse). Die Wurfpfad für $\beta_0 = 0^\circ$ trifft erst in unendlicher Entfernung auf die Hüllkurve, während die Wurfpfade für negative Abwurfwinkel β_0 die Hüllkurve nie erreichen.

Bild 3 zeigt die Hüllkurven für verschiedene Abwurfgeschwindigkeiten v_0 ; die durch Kreise markierten Punkte sind aus Bild 2 übernommen worden. Die Linien gleichen optimalen Abwurfwinkels gehören der Funktion

$$y = -x \cot 2\beta_0 \quad (6)$$

Aus ihren Lagen ist zu ersehen, welcher Abwurfwinkel einzustellen ist, wenn ein vorgegebener Punkt auf der Hüllkurve erreicht werden soll. Sowohl aus diesem Diagramm als auch aus Gl. (3) ist zu entnehmen, daß es nicht möglich ist, einen Abwurfwinkel anzugeben, der für alle Höhenunterschiede y und alle Abwurfgeschwindigkeiten v_0 maximale Wurflweiten garantiert.

Die Wurfgesetze lassen sich bei allen Abwurfvorgängen anwenden, bei denen für den Beginn des Wurfes die Größe der Bahngeschwindigkeit v_0 und der Neigungswinkel β_0 der Bahntangente bekannt sind. Die Neigung der Abwurf tangente stimmt bei Gurtförderern, die nicht zu langsam laufen und bei denen kein störender Einfluß durch Mitnehmer auftritt [2], mit der Gurtneigung überein: $\beta_0 = \delta$. Falls das Gut bis zum Erreichen der Kopftrommel auf die Gurtgeschwindigkeit v_G beschleunigt werden konnte, läßt sich die Ablösegeschwindigkeit $v_0 = v_G$ setzen. Anderenfalls muß die Ablösegeschwindigkeit aufgrund der nachfolgenden Überlegungen bestimmt werden.

Die Beschleunigung des Fördergutes auf dem Gurt

Die Integration der Bewegungsgleichung der auf dem Gurt befindlichen Fördergutmasse ergibt unter der Annahme, daß der Reibwert μ konstant ist:

$$v = (\mu g \cos \delta - g \sin \delta)t + v_{A1} + \mu v_{A_n} \quad (7)$$

Zum Zeitpunkt der Aufgabe ($t = 0$) besitzt das Gut also bereits die Anfangsgeschwindigkeit $v_{A1} + \mu v_{A_n}$. Der Anteil v_{A1} wird durch die Tangentialkomponente der Aufgabegeschwindigkeit verursacht, während der Anteil μv_{A_n} von der normal wirkenden Bewegungsgröße $m v_{A_n}$ herrührt, die sich beim Aufprall in einen Impuls $f N_A \cdot dt$ umsetzt. Dadurch wird während des Aufgabevorganges,

dessen Dauer als sehr kurz anzunehmen ist, der Reibschluß verbessert und damit die Beschleunigung erhöht.

Durch nochmaliges Integrieren von Gl. (7) und nach Eliminieren der Zeit t kann der Weg s abgeleitet werden:

$$s = \frac{v^2 - (\mu v_{A_n} + v_{A1})^2}{2g(\mu \cos \delta - \sin \delta)} \quad (8)$$

Es sind nunmehr zwei Abwurf Fälle zu unterscheiden:

- a) Das Gut wird auf die Gurtgeschwindigkeit beschleunigt, bevor es bei der Abwurfstelle angekommen ist. Der zur Verfügung stehende Beschleunigungsweg s ist größer als der notwendige, der sich durch Einsetzen von $v = v_G$ in Gl. (8) ermitteln läßt:

$$s_b = \frac{v_G^2 - (\mu v_{A_n} + v_{A1})^2}{2g(\mu \cos \delta - \sin \delta)} \quad (9)$$

Auf der restlichen Wurfbandlänge bewegt sich das Gut mit der Geschwindigkeit $v = v_G = \text{const}$. Dieser Teil des Wurfbandes dient also nur dem Transport und könnte unter Umständen eingespart werden. In die eingangs aufgeführten Formeln zum Berechnen der Wurfbewegung ist als Ablösegeschwindigkeit v_0 die Gurtgeschwindigkeit v_G einzusetzen.

- b) Der vorhandene Weg auf dem Wurfband reicht nicht aus, um das Gut entgegen seinem Trägheitswiderstand und dem möglicherweise auftretenden Steigungswiderstand auf die Gurtgeschwindigkeit zu beschleunigen, also $v_0 < v_G$. Aus Gl. (8) folgt:

$$v_0 = \sqrt{2gs_b(\mu \cos \delta - \sin \delta) + (\mu v_{A_n} + v_{A1})^2} \quad (10)$$

Unter der Voraussetzung, daß der Reibwert μ keine Funktion der Relativgeschwindigkeit zwischen Gut und Fördergurt ist, hängen beim Abwurf fall b die Ablösegeschwindigkeit v_0 und damit auch die Wurflweite x nicht von der Gurtgeschwindigkeit v_G ab. Eine Erhöhung von v_G wird also keinen Gewinn an Wurflweite bringen, ebenso, wie eine Verkleinerung von v_G keine geringere Wurflweite nach sich ziehen wird, solange $v_0 < v_G$ bleibt. Aus diesen Erwägungen ist zu empfehlen, die Gurtgeschwindigkeit so weit herabzusetzen, bis der Abwurf fall a eintritt, zumal dadurch die Betriebssicherheit und die Lebensdauer des Wurfbandes erhöht werden.

Voraussetzung für das Berechnen des Beschleunigungsverhaltens des Fördergutes auf dem Gurt ist die Kenntnis des Reibwertes μ . Deswegen wurde eine Einrichtung zur Ermittlung der Reibkräfte erstellt. Bei den experimentellen Untersuchungen wurde eine abgewogene Menge Halmgut mit einem Faden verbunden und auf den umlaufenden Gurt des Wurfbandes gelegt. Da das andere Ende des Fadens an einem mit Dehnungsmeßstreifen beklebten Biegestab befestigt war, konnte die Reibkraft mit Hilfe einer elektrischen Meß- und Registereinrichtung aufgeschrieben werden²⁾.

²⁾ Diese Versuche hat Herr Dipl.-Ing. Dipl.-Landw. ERTLING SCHÖDDEER dankenswerterweise durchgeführt und ausgewertet.

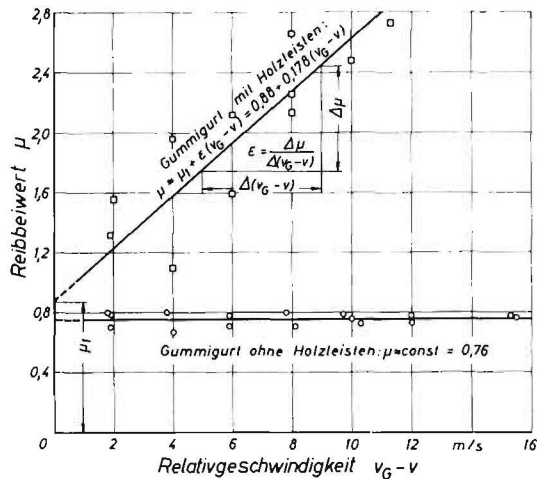


Bild 4: Gemessene Reibbeiwerte zwischen Wiesengras (weißes Straußgras, mittlere Halmlänge etwa 180 mm, Feuchtigkeit $f = 80\%$) und einem Gummigurt ohne beziehungsweise mit Holzleisten (Höhe 18 mm, Breite 20 mm, Abstand 200 mm)

Die Ergebnisse sind teilweise in Bild 4 dargestellt. Sofern ein Gummigurt ohne Mitnehmer verwendet wurde, blieben die Beiwerte für die Gleitreibung unabhängig von der Relativgeschwindigkeit zwischen Gurt und Halmgut nahezu konstant. Ein Einfluß der Flächenpressung und der Lage der Halme konnte nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden. Die aufgeführten Meßwerte gelten mit einer Toleranz von $\pm 10\%$:

Luzerne	($f = 80\%$)	$\mu = 0,88$
Wiesengras	($f = 80\%$)	$\mu = 0,76$
Weizenstroh, lose	($f = 11\%$)	$\mu = 0,50$
Weizenstroh, Ballen	($f = 11\%$)	$\mu = 0,57$
Haferstroh, lose	($f = 10\%$)	$\mu = 0,43$
Haferstroh, Ballen	($f = 10\%$)	$\mu = 0,49$
Kunststoff-Halmgut		$\mu = 0,95$

Sobald der Gurt mit Querleisten versehen wird, ist mit wachsender Relativgeschwindigkeit ein Anstieg des Reibwertes festzustellen, der dadurch zu erklären ist, daß mit wachsender Geschwindigkeit eine schnellere Impulsfolge auf das Halmgut einwirkt (Bild 4).

Anhand der aus Bild 4 zu entnehmenden Reibwerte soll nun die Abhängigkeit der Wurfweite x von der Gurtgeschwindigkeit berechnet werden. Beim Abwurf von einem Wurfband mit dem Neigungswinkel $\delta = 0^\circ$ ist bei nicht allzu kleinen Gurtgeschwindigkeiten mit dem Abwurfwinkel $\beta_0 = 0^\circ$ zu rechnen. Nach Gl. (2) ist dann die Wurfweite:

$$x = v_0 \sqrt{-2y/g} \quad (11)$$

Diese Funktion erscheint in Bild 5 und den folgenden Diagrammen als Gerade, falls entsprechend dem Abwurf a mit $v_0 = v_G$ gerechnet werden kann. Liegt der Abwurf b vor, so muß die

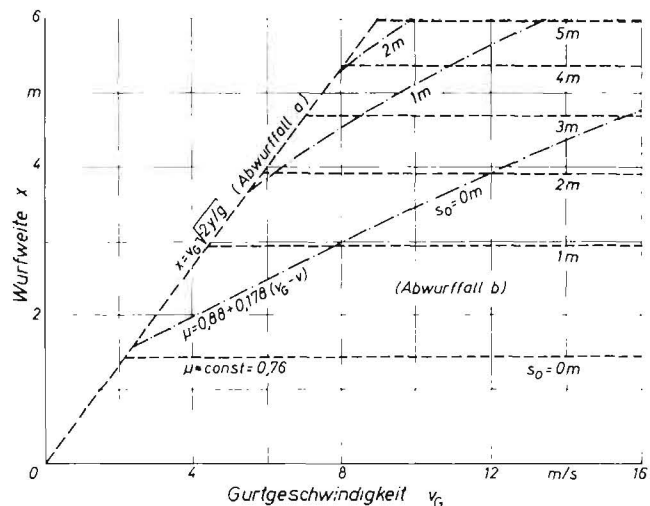


Bild 5: Theoretische Wurfweiten von Wiesengras ($f = 80\%$) Aufgrund der in Bild 4 dargestellten Ergebnisse der Reibwertversuche errechnet

Wurfweite x nach einer Kombination der Gl. (10) und (11) ermittelt werden.

Mit dem Reibwert für Wiesengras $\mu = 0,76$, der tangentialen Aufgabegeschwindigkeit $v_{A_t} = v_z = 0,5 \text{ m/s}$ und der normalen Aufgabegeschwindigkeit $v_{A_n} = \sqrt{2gy_z} = \sqrt{2g \cdot 0,235 \text{ m}} = 2,15 \text{ m/s}$ wurde x für verschiedene verfügbare Beschleunigungsstrecken s_0 ermittelt und in Bild 5 eingezeichnet. Für diesen Fall ergeben die Linien gleicher Beschleunigungsstrecke s_0 horizontale Geraden. Es ist zu erkennen, daß die Wurfweite x nicht im gleichen Maße zunimmt wie die Beschleunigungsstrecke s_0 .

Wenn der Reibwert nicht konstant ist, sondern wie beim Holzleistengurt mit wachsender Relativgeschwindigkeit ansteigt, wird der Aufwand zur Berechnung der Wurfweite beträchtlich höher. Für den Fall einer linearen Abhängigkeit entsprechend Bild 4 ergeben die Linien gleicher Beschleunigungsstrecke s_0 in Bild 5 leicht degressiv ansteigende Kurvenzüge. Beim Gummigurt mit Holzleisten ist also mit wachsender Gurtgeschwindigkeit ein Gewinn an Wurfweite auch beim Abwurf b zu erwarten, was beim unbewehrten Gummigurt nicht der Fall war.

Experimentelle Bestimmung der Wurfweite

Versuchsmethodik

Die in Bild 6 dargestellte Versuchseinrichtung besteht im wesentlichen aus dem Zuführband mit einem Variatorantrieb und dem durch einen Leonardsatz angetriebenen Wurfband, dessen Gurtgeschwindigkeit stufenlos bis 14 m/s eingestellt werden kann. Der 3 mm starke Gummigurt des Wurfbandes konnte mit 18 mm hohen Holzleistenmitnehmern in Abständen von etwa 200 mm bestückt werden. Die Gurtneigung des Wurfbandes läßt sich verändern; der Abwurfpunkt liegt stets 2,20 m über dem Fußboden. Das Zuführband ist in der Höhe und in der Längsrichtung verstellbar, so daß sowohl die Fallhöhe als auch die dem Gut bis zum Abwurf zur Verfügung stehende Beschleunigungsstrecke verändert werden kann.

Zu Beginn eines Versuchsablaufes wird die abgewogene Fördergutmenge gleichmäßig auf dem Zuführband verteilt, wenn schleierförmig zugeführt werden soll, oder sie wird in Form eines Haufens aufgeschichtet, wenn eine stoßartige Zufuhr erreicht werden soll. Nachdem die gewünschte Gurtgeschwindigkeit des Wurfbandes eingestellt worden ist, wird das Zuführband eingeschaltet. Das vom Wurfband fortgeschleuderte Gut bildet auf dem Fußboden einen Haufen, dessen Entfernung x von einem Punkt senkrecht unter der Abwurfstelle 0 (siehe Bild 1) gemessen wird. In das Protokoll wird die Lage des Mittelpunktes des Haufens sowie dessen Ausbreitung eingetragen.

Die zunächst untersuchten Naturprodukte Stroh, Heu, Gras, Rotklee und Rübenblatt haben den Nachteil, daß sie sich im Verlaufe einer Versuchsserie sowohl durch wechselnde Feuchtigkeit als auch durch mechanische Beanspruchung verändern. Ein fortwährender Ersatz des Gutes ist jedoch nur dann unproblematisch, wenn das neue Material die gleiche Beschaffenheit wie das alte besitzt.

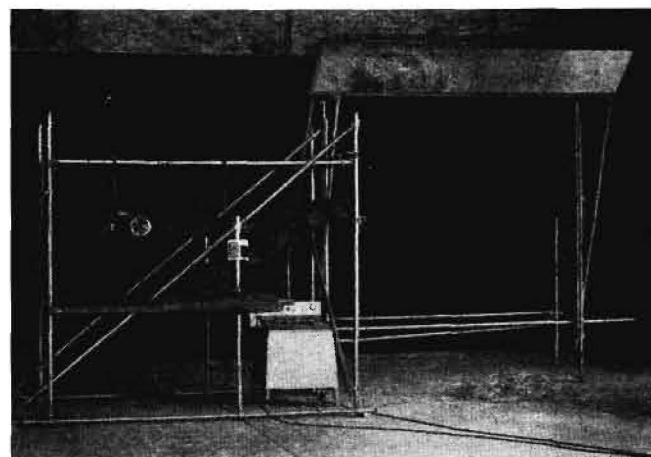


Bild 6: Einrichtung für experimentelle Untersuchungen am Halmgut-Wurfband



Bild 7: Modell-Halmgut aus Kunststoff für Untersuchungen an Wurfbändern

Um zu gewährleisten, daß jeder Versuch mit gleichbleibendem Fördergut durchgeführt werden kann, wurde für diese und ähnliche Forschungsvorhaben die Eignung von Modellkörpern untersucht, die es gegebenenfalls erlauben, reproduzierbare Meßergebnisse zu erhalten. Als recht haltbar haben sich Halme erwiesen, die aus handelsüblichen „Plastik“-Wäscheleinen von 2,5 mm Durchmesser nach Anrauen mit Sandpapier (zwecks Zerstörung der unnatürlich glatten Oberfläche) und durch Zerschneiden in 300 mm lange Stücke hergestellt worden sind (Bild 7). Die Kunststoffhalme lassen jedoch wegen ihres hohen Gewichtes nur Vergleiche mit sehr feuchtem, grobstengeligem Gut zu. Trotzdem können die mit ihnen gewonnenen Ergebnisse gut zur Sicherung der mit natürlichen Halmgütern gefundenen Tendenzen herangezogen werden.

V Versuchsergebnisse

Die gemessenen Wurfweiten x werden in den folgenden Diagrammen stets in Abhängigkeit von der Gurtgeschwindigkeit v_G des Wurfbandes aufgetragen. Auf den Bildern 8 bis 12 ist als immer wiederkehrende Tendenz zu erkennen, daß die praktisch erzielte Wurfweite bei niedrigen Gurtgeschwindigkeiten gut mit der Geraden $x = v_G \sqrt{-2y/g}$ übereinstimmt. Bei höheren Gurtgeschwindigkeiten lösen sich die gemessenen Wurfweiten allmählich oder plötzlich von dieser Geraden, weil das Gut vor dem Abwurf nicht auf die Gurtgeschwindigkeit beschleunigt werden kann und nach dem Abwurf dem Luftwiderstand ausgesetzt wird. Der Übergang der Wurfweite in den horizontalen Ast ist beim unbewehrten Gummigurt (Bild 8) in guter Übereinstimmung mit den erarbeiteten mathematischen Ableitungen (dünn gezeichnete Linien) sehr ausgeprägt.

Wie Bild 8 ferner erkennen läßt, ist nicht so sehr die Fördermenge selbst, sondern die Art ihrer Zuführung von wesentlicher Bedeutung für die erzielte Wurfweite. (In den Diagrammen auf den Bildern 8 bis 12 wurden wegen der besseren Übersicht nur die Wurfweiten für die Mittelpunkte des abgeworfenen Guthaufens eingezeichnet; die Begrenzungen wurden fortgelassen.) Wenn das Wurfband plötzlich beschickt wird, ist eine größere Wurfweite zu erreichen, als bei gleichmäßiger schleierförmiger Zufuhr derselben Menge. Der Hauptgrund dafür dürfte im Fehlen der Losreißkräfte bei stoßweisem Betrieb sein. Diese Vermutung wird durch die Beobachtung bestätigt, daß bei schleierförmiger Zufuhr die letzte Portion die vorangegangenen stets an Wurfweite übertraf. Nach der Auswertung einer Vielzahl von Versuchen mit unterschiedlichen Halmgütern darf als gesichert gelten, daß eine Vergrößerung der Fördermenge nicht die erwartete Verringerung der Wurfweiten zur Folge hat. So fallen nach Bild 8 die Meßpunkte von Kunststoff-Halmen für die Fördermengen 2 und 4 kp gut zusammen, gleichartige Beschickung vorausgesetzt. Bei anderen Fördergütern wurde sogar ein Wachsen der Wurfweite mit der Fördermenge festgestellt, und zwar gleichermaßen bei stoß- und schleierförmiger Aufgabe des Gutes (beispielsweise bei Kurzstroh,

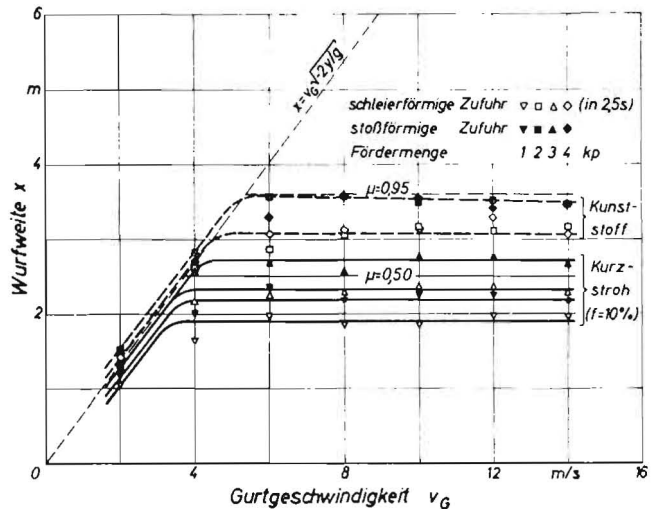


Bild 8: Einfluß der Gurtgeschwindigkeit auf die Wurfweiten von Kurzstroh und Kunststoffmodellkörpern
Gurtneigung $\delta = 0^\circ$; Abwurfhöhe $y = -2,2$ m; ohne Mitnehmer; Beschleunigungsstrecke $s_0 \approx 1,2$ m

ebenfalls Bild 8). Diese Beobachtungen wurden nicht nur bei unbewehrten Gummigurten, sondern auch bei Holzleistengurten gemacht.

Bild 9 zeigt die Meßergebnisse für die Fördermenge von 2 kp bei stoßartiger und schleierförmiger Zufuhr für den glatten Gurt und vergleicht sie mit den Wurfweiten, die erzielt wurden, nachdem quer zur Förderrichtung Mitnehmer aus 18 mm hohen Holzleisten in Abständen von 200 mm auf dem Gurt befestigt worden waren. Im unteren Geschwindigkeitsbereich, also für den Abwurf a, bei dem die Ablösegeschwindigkeit gleich der Gurtgeschwindigkeit ist, wurde, wie zu erwarten war, kein Gewinn an Wurfweite gemessen. Bei höheren Gurtgeschwindigkeiten jedoch bringt die Verbesserung des Reibschlusses durch die Mitnehmer einen Gewinn an Wurfweite bei stoßartiger und bei schleierförmiger Zufuhr des Gutes. Aus diesen und erst recht aus den folgenden drei Bildern geht hervor, daß die Bestückung des Gurtes mit Holzleisten beim Abwurf b einen degressiv ansteigenden Verlauf der Wurfweite in Abhängigkeit von der Gurtgeschwindigkeit bewirkt; eine Bestätigung der in Bild 5 niedergelegten Ergebnisse der theoretischen Betrachtungen.

Da die verschiedenen Halmgutarten auf dem Wurfband mehr oder weniger stark beschleunigt werden und nach dem Abwurf infolge des unterschiedlichen Luftwiderstandes mehr oder weniger stark gebremst werden, müssen die Wurfweiten bei sonst gleichen Verhältnissen voneinander abweichen. Die zu erwartenden Relationen

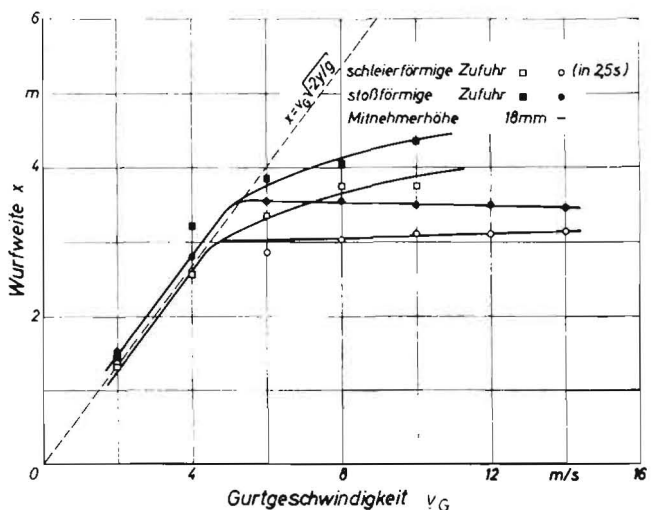


Bild 9: Gemessene Wurfweiten von Kunststoff-Modellkörpern für den Gurt mit Holzleisten-Mitnehmern (Höhe 18 mm, Breite 20 mm, Abstand etwa 200 mm) im Vergleich mit den gemessenen Wurfweiten für den unbewehrten Gummigurt
Gurtneigung $\delta = 0^\circ$; Abwurfhöhe $y = -2,2$ m; Fördermenge $G = 2$ kp; Beschleunigungsstrecke $s_0 \approx 1,2$ m

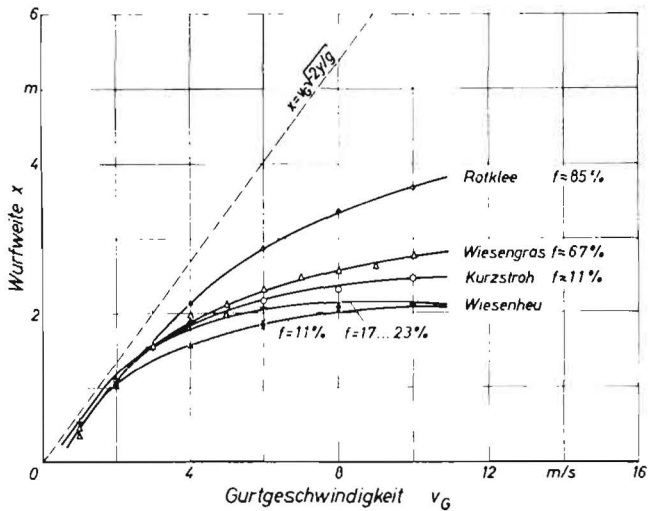


Bild 10: Einfluß der Art des Fördergutes auf diewurfweite bei kleiner Fördermenge

(1 kp in 2,5 s, schleierförmige Zufuhr) Gurtneigung $\delta = 0^\circ$; Abwurfhöhe $y = -2,2$ m; Mitnehmerhöhe $h = 18$ mm; Beschleunigungsstrecke $s_0 \approx 1,2$ m

werden in Bild 10 mit Zahlenangaben für schleierförmige Zufuhr von 1 kp in 2,5 s belegt. Die Wurfweiten des Wiesengrasses wurden zunächst unmittelbar nach dem Mähen und später nach dem Trocknen gemessen (siehe „Wiesenheu“). Trockenes Kurzstroh weist zwar etwas bessere Werte auf als Heu, jedoch ist bei Stroh die Wurfweitenzunahme mit steigender Fördermenge geringer als bei Heu, so daß bereits für 2,5 kp Gut in 2,5 s bei Heu größere Wurfweiten als bei Stroh beobachtet wurden.

In die Messungen wurden Rübenblätter einbezogen, da diese oft mit den Ladegeräten, an denen die untersuchten Wurfbänder angebaut sind, gefördert werden müssen. Die Blätter saßen an Rübenköpfen von unterschiedlicher Größe. Im Mittel verhielten sich die Gewichte des Blattgutes zu denen der Köpfe wie etwa 3:1. Wegen des hohen Feuchtigkeitsgehaltes der Blätter und wegen der Festkörperanteile wurden hohe Raumbewichte erreicht, wodurch eine gleichmäßige Beschickung bei Fördermengen unter 5 kp in 2,5 s nicht möglich war. Daher wurde ein zweites Diagramm (Bild 11) angefertigt, das die gemessenen Wurfweiten unterschiedlicher Güter für eine Fördermenge von 5 kp in 2,5 s zeigt. Bei Heu und Gras ist gegenüber Bild 10 (Fördermenge 1 kp in 2,5 s) eine nicht unerhebliche Steigerung der Wurfweiten festzustellen, während die Verbesserung bei Rotklee kaum zu bemerken ist. An der Spitze aller gemessenen Wurfweiten liegen die der Rübenblätter mit Köpfen; sie kommen der Grenzgeraden $x = v_G^2 / 2g$ am nächsten. Bei Erhöhung der Fördermenge auf 10 kp in 2,5 s oder bei stoßförmiger Zufuhr dieser Menge

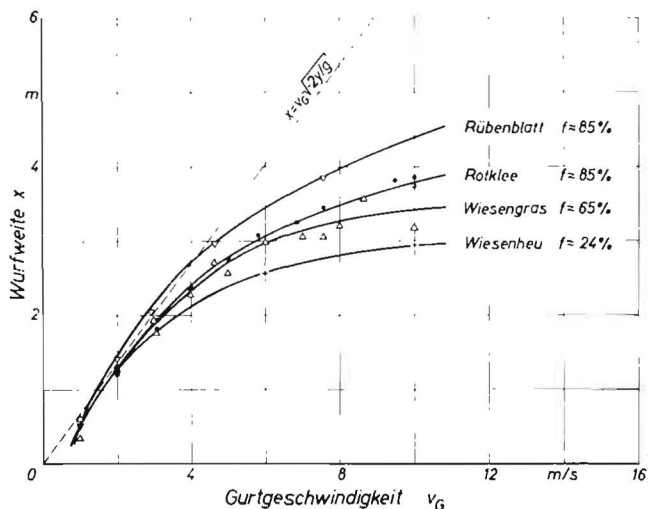


Bild 11: Einfluß der Art des Fördergutes auf diewurfweite bei größerer Fördermenge

(5 kp in 2,5 s, schleierförmige Zufuhr) Gurtneigung $\delta = 0^\circ$; Abwurfhöhe $y = -2,2$ m; Mitnehmerhöhe $h = 18$ mm; Beschleunigungsstrecke $s_0 \approx 1,2$ m

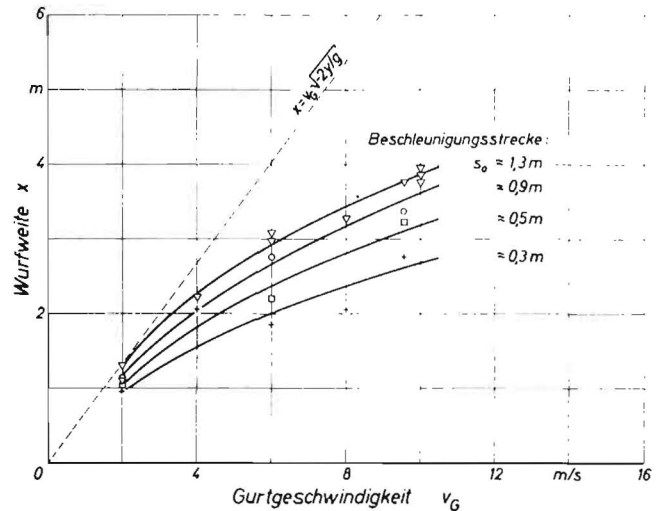


Bild 12: Erreichbare Wurfweiten von Rotklee ($f = 85\%$) bei schleierförmiger Zufuhr von 2,5 kp in 2,5 s für verschiedene Beschleunigungsstrecken, das heißt für verschiedene nutzbare Wurfbandlängen s_0 . Gurtneigung $\delta = 0^\circ$; Abwurfhöhe $y = -2,2$ m; Mitnehmerhöhe $h = 18$ mm

fand eine weitere Annäherung an die theoretisch mögliche Wurfweite statt.

Versuche mit dem Holzlatten-Wurfband bei unterschiedlichen wirksamen Beschleunigungsstrecken ergaben, daß eine Verkürzung der Wurfbandlänge in guter Übereinstimmung mit den theoretisch ermittelten Tendenzen (vgl. Bild 5, strichpunktierte Linien) eine geringere Wurfweite zur Folge hat, weil die zur Verfügung stehende Beschleunigungsstrecke immer unzureichender wird. Wie aus Bild 12 zu erkennen ist, werden die Streuungen der Meßwerte mit sinkender Beschleunigungsstrecke größer, die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse und damit der eingezeichneten Kurven fragwürdiger. Außerdem wird der Haufen, den das Gut nach erfolgtem Abwurf bildet, immer weiter auseinandergezogen; ein Effekt, der durchaus erwünscht sein kann. Wenn eine gute Verteilung des abgeworfenen Gutes angebracht erscheint, wäre also ein kurzes Wurfband einzusetzen. Aus dem Diagramm ist weiter zu entnehmen, daß ein kurzes Wurfband mit 0,3 m Beschleunigungsstrecke eine Gurtgeschwindigkeit von 9 m/s aufweisen muß, um die Wurfweite von 2,5 m zu erreichen. Bei Verlängerung der Beschleunigungsstrecke um 1 m genügt für dieselbe Wurfweite eine Gurtgeschwindigkeit von 5 m/s. Da die gemessene Wurfweite immer auf die Lage der Kopftrommel bezogen wurde, ist natürlich bei einer Verlängerung des Wurfbandes um 1 m die dadurch erzielte Wurfweitenvergrößerung, die beispielsweise bei einer Gurtgeschwindigkeit von 8 m/s auch gerade 1 m beträgt, hinzuzuzählen. Vom vorgeschalteten Elevator aus gerechnet wird also 2 m weiter gefördert.

Unter Zuhilfenahme eines solchen Diagramms wird dem Konstrukteur die Entscheidung erleichtert, ob ein langes Wurfband, das nur langsam zu laufen braucht, funktions- und fertigungsmäßig günstiger ist als ein kurzes Band, an das wegen der notwendigen hohen Gurtgeschwindigkeit hohe Festigkeitsansprüche gestellt werden.

Zusammenfassung

Wenn mit einem Wurfband große Wurfweiten erzielt werden sollen, muß das Fördergut zwischen Aufgabe und Abwurf auf eine möglichst hohe Geschwindigkeit beschleunigt werden. Die Beschleunigung wird beim Wurfband mit flachen Holzleisten ohne Zusatzeinrichtungen wie beispielsweise Andrückrollen nur durch den Reibschluß zwischen Gurtoberfläche und Fördergut hervorgerufen. Deswegen muß eine gewisse Beschleunigungsstrecke, d. h. nutzbare Wurfbandlänge, zur Verfügung stehen, um das Gut bis auf die Gurtgeschwindigkeit zu beschleunigen. Dazu reichen die üblichen Wurfbandlängen nicht aus, falls die Gurtgeschwindigkeit zu hoch ist. Bei vorgegebener Beschleunigungsstrecke bleiben daher die erreichten Wurfweiten mit wachsender Gurtgeschwindigkeit immer mehr hinter den Erwartungen zurück. Im Falle des Gummigurtes ohne Holzleisten ist nach Überschreiten einer bestimmten Gurtgeschwindigkeit sogar überhaupt keine Steigerung der Wurfweite mehr möglich.

Erprobungsmethoden für Landmaschinen

Vom 22. bis 24. Oktober 1963 veranstaltet die Fachgruppe „Landtechnik“ im Verein Deutscher Ingenieure (VDI) eine Tagung, die unter das Thema „Erprobungsmethoden für Landmaschinen“ gestellt ist. Diese Veranstaltung soll in Heidelberg stattfinden.

Die Bewährung einer neuen Maschine und ihr Verkaufserfolg hängen wesentlich von der gründlichen Erprobung ab. Jeder Hersteller, ob von Landmaschinen, Baumaschinen oder Fahrzeugen, ist deshalb an Erprobungsmethoden interessiert. Praktische Erprobungen in der rauhen Praxis sind oft nur wenige Wochen im Jahr möglich, insbesondere bei Landmaschinen. Hoch beanspruchte Bauteile und Baugruppen werden deshalb immer mehr in den Versuchswerkstätten erprobt. Das bedeutet eine wesentliche Zeit- und Kostenersparnis.

Über die Methoden solcher Erprobungen, die die lange Entwicklungszeit einer neuen Maschine wesentlich verkürzen, werden Fachleute aus verschiedenen Branchen sprechen und ihre Erfahrung als Anregung weitergeben.

Die Vorträge werden je 30 Minuten nicht überschreiten, damit für Diskussionen genügend Zeit bleibt.

Folgende Kurzvorträge sind vorgesehen:

Wirtschaftliche Bedeutung und Möglichkeiten einer verkürzten Erprobungszeit für Landmaschinen
Dr.-Ing. W. FAHR, Gottmadingen

Festigkeitsberechnung im Landmaschinenbau und deren Grenzen
Dr.-Ing. G. WELSCHOFF, Neuß

Untersuchungen an Modellen als Hilfsmittel für die Form- und Festigkeitsgestaltung
Obering. Dr. W. BERGMANN, Oberhausen

Technische Formgebung an Landmaschinen
Ing. G. KERSTING, Düsseldorf

Der Betriebsfestigkeitsversuch als Mittel zur Weiterentwicklung von Fahrzeugbauteilen

Dipl.-Ing. W. SCHÜTZ, Darmstadt

Lebensdauerprüfungen von Fahrzeugbauteilen im Labor

Dipl.-Ing. H. KLING, Köln

mit Film „Die Straße im Labor“

Ermittlung der Übertragungsfähigkeit von Schleppertriebswerken auf Prüfständen mit Leistungskreislauf

Ing. A. GRABHERR, Friedrichshafen

Systematik einer Versuchsdurchführung — erläutert am Beispiel von Kolbenringen

Dr. H. BÄUMLER, Burscheid

Funktionelle Erprobung und Messungen am Schlepper und Gerät

Dr. H. SCHULZ, Köln

Durchführung von Untersuchungen für extreme Einsatzbedingungen in den Tropen:

Motor, Hydraulik, Luftfilter in Staub und Hitze

Direktor Dr. O. CORDIER, Köln

Bodenbearbeitung, Tiefe und Geschwindigkeit im harten Boden

Obering. L. SCHERER, Ulm

Mähdrescher in extrem trockener Ernte

Getreide: Obering. E. HARMENING, Harsewinkel

Mais und Reis (mit Film): Chefig. F. J. HERBSTHOFER, Kassel

Am 24. Oktober vormittags sind Werksbesichtigungen bei den Firmen International Harvester Company mbH, Heidelberg, und John Deere-Lanz, Mannheim, vorgesehen.

Interessenten erfahren weitere Einzelheiten bei der VDI Fachgruppe „Landtechnik“, 4 Düsseldorf, Prinz-Georg-Straße 77/79 (siehe Beilage).

Schrifttum

- [1] Hütte — Des Ingenieurs Taschenbuch, 27. Aufl. Band 1, Berlin 1949, S. 377 und S. 405
[2] MATTHIES, H. J., und D. GRABENHORST: Ein Beitrag zur Gestaltung von Kartoffelförderbändern. Landtechnische Forschung 10 (1960) S. 76—80

Résumé

Dieter Grabenhorst: „Theoretical and Experimental Examinations with Throw-Out Conveyor Belts for Cereals“.

If large throwing ranges are to be obtained by a throw-out conveyor belt, the material to be delivered has to be accelerated to the highest possible speed between the take-up end and drop point. With a throw-out conveyor belt having wooden slats without attachments, as for example pressing rollers, the acceleration is caused only by the friction of rest between the belt surface and the material delivered. Therefore, a certain distance of acceleration, i.e. an effective length of the throw-out belt must be available, in order to accelerate the material to the speed of the belt. However, the usual lengths of throw-out belts do not suffice, if the speed of the belt is too high. With a predetermined distance of acceleration the throwing ranges reached remind behind the expectations as the speed of the belt increases. In case of a rubber belt without wooden slats no increase at all of the throwing range can be attained when a certain belt speed has been surpassed.

Dieter Grabenhorst: «Recherches théoriques et expérimentales sur les bandes projectrices destinées au transport de produits en tiges.»

Si l'on veut obtenir des distances de projection importantes avec une bande projectrice, il faut accélérer le produit à transporter entre le point de réception et le point de chute à une vitesse aussi élevée que possible. Si la bande projectrice n'est équipée que de barreaux plats

en bois et ne possède pas d'autres dispositifs comme par exemple des rouleaux de pression, le produit n'est accéléré que par le phénomène d'adhérence provoqué par le frottement entre la bande et le produit à transporter. C'est pourquoi la longueur du trajet d'accélération, c'est-à-dire la longueur utile de la bande doit avoir une certaine valeur afin que le produit puisse acquérir la vitesse de la bande. Les longueurs utiles généralement adoptées ne suffisent pas si la vitesse de la bande est trop élevée. Si le trajet d'accélération a une longueur déterminée, les distances de projection restent de plus en plus au-dessous des distances espérées au fur et à mesure que la vitesse de la bande accroît. En utilisant une bande en caoutchouc sans barreaux en bois, aucune augmentation de la distance de projection n'est possible après le dépassement d'une certaine vitesse de la bande.

Dieter Grabenhorst: «Comprobaciones teóricas y experimentales con cintas transportadoras de proyección para cereales.»

Desearíase conseguir alcances largos con una cinta transportadora de proyección, es preciso que el material transportado alcance una velocidad lo más elevada que sea posible entre el punto de carga y el de proyección. La aceleración en la cinta con listones de madera planos se produce exclusivamente por el rozamiento entre la superficie de la cinta y el material transportado, sin dispositivos adicionales, como rodillos etc. — De ahí que el trayecto necesario para la aceleración, es decir la cinta, haya de ser bastante larga, para que la velocidad del material alcance la de la cinta. Siendo la velocidad de marcha de la cinta elevada, el largo corriente de las cintas de proyección resulta ser insuficiente para esto. Para un trayecto de aceleración dado las distancias de proyección conseguidas responden cada vez menos a las esperadas, a medida que aumente la velocidad de marcha de la cinta. Empleándose cintas de caucho sin listones de madera, el aumento de la distancia de proyección se hace completamente imposible, cuando la velocidad pase de un valor determinado.