

Untersuchungen über die Möglichkeiten zur Steigerung der Verleseleistung bei der Kartoffelsammelernte

Institut für Landwirtschaftliches Maschinenwesen, Kiel

Vornehmlich zwei Entwicklungsrichtungen sind in den letzten Jahren bei der Konstruktion von Sammelroder fortgeführt worden und haben brauchbare Ergebnisse gebracht. Die einfache Lösung verwendet ein Verleseband, welches den Erntestrom von den vorgeschalteten Sieborganen übernimmt und ihn an mehreren zu beiden Seiten stehenden Verlesern vorbeiführt. Die früher als Sammler eingesetzten Arbeitskräfte erhalten jetzt als Verleser eine wesentlich leichtere Arbeit und haben lediglich den Abgang vom Erntegut zu trennen. Aus dem Ablauf der im Sammelroder einander folgenden Arbeitsgänge Roden, Sieben, Trennen, Sammeln und Laden wird allein der Vorgang des Trennens manuell ausgeführt.

Die technisch aufwendigere Lösung will auch die mitfahrenden, am Verleseband tätigen Arbeitskräfte einsparen und durch Trennvorrichtungen (z. B. Höckerband, Gummifingerband, schräges Verleseband) ersetzen, die dann die Beimengungen abscheiden sollen.

Beiden Lösungen gemeinsam sind die Grenzen ihres Einsatzbereiches, die sowohl von der Siebfähigkeit des aufgenommenen Erddammes als auch von der Leistung der mechanischen Trennelemente gezogen werden. Je ungünstiger die Erntebedingungen, das heißt je größer der Anteil an unabsehbaren oder zu verlesenden Beimengungen im Erntestrom ist, desto geringer wird die Flächenleistung und um so größer der Bedarf an mitfahrenden Arbeitskräften, welche die ungenügende Trennleistung der Maschine von Hand verbessern müssen. Der Anteil nicht siebfähiger Bestandteile in dem vom Rodeschar aufgenommenen Kartoffeldamm schwankt in Abhängigkeit von Bodenart und -zustand, Steingehalt und Krautwuchs und bedingt schon bei 30 Abgangsteilen unter 100 Kartoffeln auf dem Verleseband den gleichen Handarbeitsaufwand wie das Aufsammeln der Knollen hinter dem Vorratsroder [1].

Bei der Untersuchung der Trennleistung mehrerer in Schleswig-Holstein auf Böden mit Ackerzahl 18–25 eingesetzter Sammelroder (Tafel 1) zeigte sich, daß diese Grenze von 30% schnell erreicht sein kann, wobei diese Böden mit nicht überdurchschnittlichem Steingehalt als siebfähig und „sammelernte-günstig“ zu bezeichnen sind [2].

Bei ungünstigen Erntebedingungen ist zu überlegen, ob man nicht besser dazu übergeht, die Knollen zu verlesen statt den Abgang vom Verleseband zu entfernen. Hierbei wird unter dem Begriff

Tafel 1: Die Trennleistung der eingesetzten Sammelroder

Maschine	Abgangsanteil im reinen Erntegut						Arten der Beimengungen
	an Gewichts-%			an Stück-%			
	max.	min.	Durchschnitt	max.	min.	Durchschnitt	
1	55,5	14,1	32,0	48,8	17,2	26,9	vorwiegend Steine; wenig Kraut
2	96,7	9,1	38,1	20,9	7,3	12,9	vorwiegend Grassoden; wenig Kraut; keine Steine
3	55,4	19,2	33,8	—	—	—	überwiegend Steine; Kraut
4	51,6	5,1	18,0	17,8	7,6	11,1	Steine; Kraut; vereinzelt Mutterknollen
8	48,4	1,6	8,2	19,7	2,5	6,3	vorwiegend Erdkluten; wenig Kraut; kaum Steine
9	170,4	13,2	34,6	25,2	6,4	13,7	überwiegend Steine; Kraut; Mutterknollen

„Verlesen“ auch eine qualitative Auslese verstanden, bei welcher Mutterknollen und äußerlich erkennbar stark beschädigte oder angefaulte Kartoffeln auf dem Verleseband liegen bleiben und zu dem abzuführenden Abgang zählen.

Es war Gegenstand von Laboratoriumsversuchen festzustellen,

1. welchen Einfluß unterschiedliche Abgangsmengen auf die Leistung der Verlesepersonen ausüben;
2. in welcher Weise Hektarertrag und Rodegeschwindigkeit die Verleseleistung und die Anzahl der benötigten Personen beeinflussen;
3. welche Verlesebandgeschwindigkeiten für unterschiedliche Beschickungsmengen erforderlich sind und
4. welche Rodeleistung mit einer Verlesemannschaft bei Anwendung des Verfahrens „Verlesen der Kartoffeln“ erreichbar sind.

Versuchsordnung

Für die Versuche waren ein Verleseband und ein Zubringerband aufgebaut, die einander im rechten Winkel zugeordnet waren aus Gründen, die in der Konstruktion der späteren Versuchsmaschine lagen.

Das Verleseband (Lattenband) war 260 cm lang, 45 cm breit und wurde von einem E-Motor über ein Wechselgetriebe mit 28; 35; 40; 50 und 70cm/s angetrieben. Beiderseits des Verlesebandes wurden Plätze für fünf Verlesepersonen mit je einem Abwurftrichter in Arbeitsplatzbreite mit darunterliegendem Sammelbunker geschaffen. Diese Anordnung ermöglichte genaue, getrennte Feststellung der Leistung jedes einzelnen Verlesers. Die auf dem Band liegende Teile fielen am Kopfende ebenfalls in einen Bunker. Größe und Vorschub des von einem E-Motor angetriebenen Zubringerbandes von 345 cm Länge und 50 cm Breite wurden so bemessen, daß die für die Dauer jedes Einzelversuches benötigten Mengen an Kartoffeln und Abgang auf ihm untergebracht werden konnten. Diese Anordnung gewährleistete eine stetige Beaufschlagung des Verlesebandes und ersparte einen Einschaufler. Die Kartoffeln waren unsortiert und wurden dann gegen neue ausgetauscht, wenn Anzeichen stärkerer Druck- und Fallbeschädigungen zu erkennen waren.

Die Versuchsmischungen bestanden aus 0,5; 0,75; 1,0 und 1,5 kg/s Kartoffeln (entsprechend Versuchsserie 1–4), mit welchen die in Bild 1 gezeigten Bereiche von Rodegeschwindigkeit (m/s) und Flächenertrag (dz/ha) erfaßt werden konnten.

Der Abgang wurde für die Dauer aller Laboratoriumsversuche von Steinen in Kartoffel- bis Faustgröße gebildet, welche den Anteil von Erdkluten, Mutterknollen, Steinen und anderen praktisch in dieser Größenordnung vorkommenden Fremdkörpern (zum

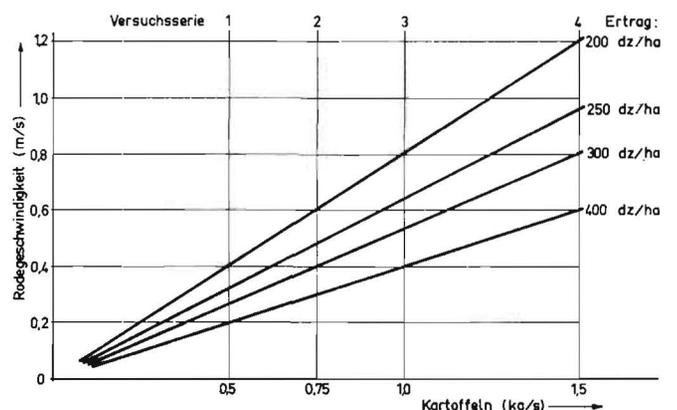


Bild 1: Zusammenhang zwischen Kartoffelzufuhr, Flächenertrag und Rodegeschwindigkeit

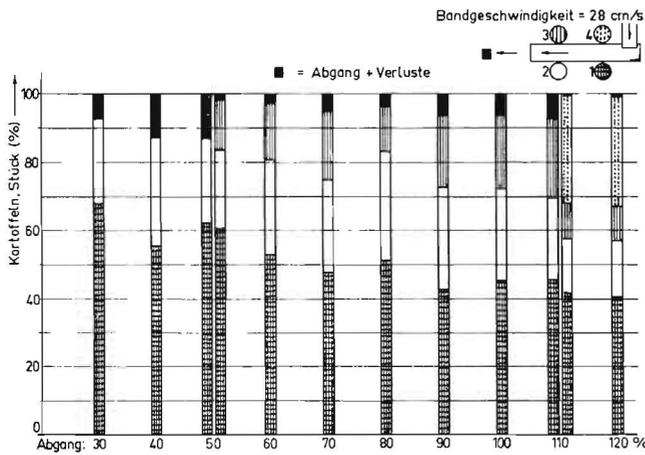


Bild 2: Verleseleistung bei verschiedenen Abgangsmengen
(angegeben in Prozent der Kartoffelstückzahl)
Beschildigung: 0,5 kg/s bzw. 30 kg/min = 18 dz/h

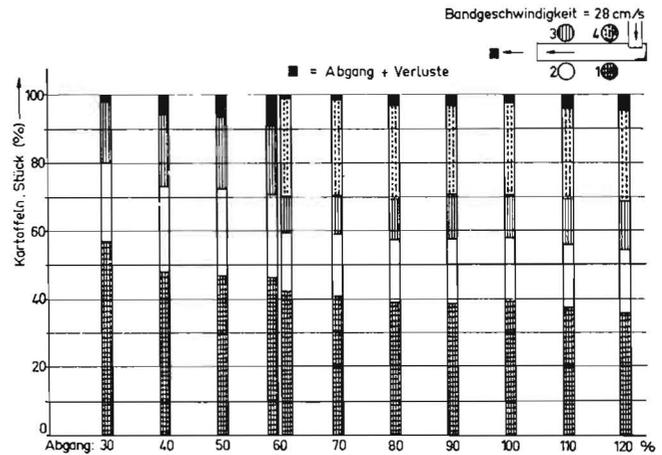


Bild 3: Verleseleistung bei verschiedenen Abgangsmengen
(angegeben in Prozent der Kartoffelstückzahl)
Beschildigung: 0,75 kg/s bzw. 45 kg/min = 27 dz/h

Beispiel Grassoden, Unkrautbüschel) darstellten. Der Abgangsteil wurde in jeder Versuchsserie stufenweise auf 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100; 110 und 120% der Kartoffelstückzahl gesteigert (Reihe „30—120“). Jede Reihe lief im Gemisch mit den oben genannten Kartoffelmengen in zwölfacher Wiederholung von je 1 Minute Dauer über das Verleseband.

Vor der Beschildigung des Zubringerbandes wurde das Verlesematerial durch Auszählen und Wiegen auf das gewünschte Verhältnis gebracht und gut durchgemischt. Echten Abgang zu verwenden, verboten Vielzahl und Dauer der Wiederholungen. Langstengeliges Kartoffelkraut und Unkraut („Grobkraut“) wurden als vorher mechanisch beseitigt und Erde, kleine Steine und Feinkraut als vorher abgesiebt unterstellt.

Nach jedem Einzelversuch wurden die zu den Verleseplätzen gehörenden Bunker entleert, die Kartoffeln und Steine gezählt und gewogen, sowie die Versuchsmischungen nach Gewicht und Stückzahl wiederhergestellt. Um eventuelle Ungenauigkeiten, die in der verschiedenen Leistungsfähigkeit der Verleser liegen konnten, auszuschalten, wechselten die Verleser nach jeder Wiederholung ihre Positionen im Uhrzeigersinn um einen Platz.

Die Verlesebandgeschwindigkeit wurde immer dann um eine Stufe erhöht, wenn es sich zeigte, daß die Beaufschlagung des Bandes sich nicht mehr in einer Schicht nebeneinander verteilte, sondern Steine und Kartoffeln übereinander lagen.

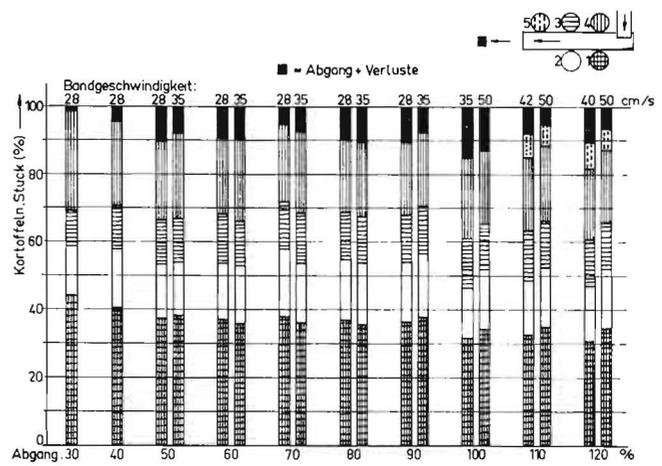


Bild 4: Verleseleistung bei verschiedenen Abgangsmengen
(angegeben in Prozent der Kartoffelstückzahl)
Beschildigung: 1,0 kg/s bzw. 60 kg/min = 36 dz/h

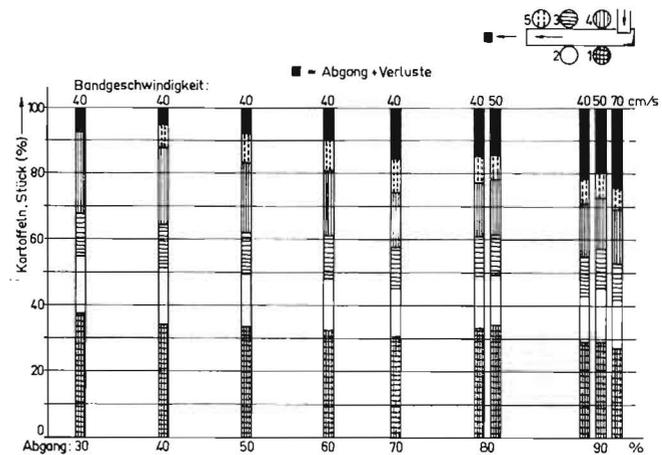


Bild 5: Verleseleistung bei verschiedenen Abgangsmengen
(angegeben in Prozent der Kartoffelstückzahl)
Beschildigung: 1,5 kg/s bzw. 90 kg/min = 54 dz/h

Versuchsergebnisse

Der Einfluß der Abgangsmengen auf die Verleseleistung

In welchem Maße wechselnde Abgangs- und Kartoffelanteile im Erntestrom auf die Leistung der einzelnen Verleser einwirken, zeigen die Bilder 2 bis 5, in denen die Leistungen auf jedem Arbeitsplatz in den Versuchsreihen 1 bis 4 angegeben sind. Die zunächst erkennbaren und mit gleicher Tendenz in allen Versuchsreihen wiederkehrenden Unterschiede in der Leistung der sich am Band gegenüberstehenden Verleser 1 und 4 sowie 2 und 3 sind einmal damit zu begründen, daß infolge der rechtwinkligen Anordnung des Zubringerbandes zum Verleseband unterschiedliche Arbeitsbedingungen für die linke und rechte Bandhälfte (in Laufrichtung gesehen) bestanden. Obwohl mit der Anpassung des Bandvorschubes an die Zufuhrmenge immer eine gleichmäßig einschichtige Belegung des Verlesebandes gewährleistet werden konnte, ließ sich eine teilweise Entmischung des Versuchsgutes beim Fall vom Zubringerband auf das in seiner Querachse waagrecht liegende Verleseband auf Grund unterschiedlichen spezifischen Gewichtes und verschiedener Rolleigenschaften des zu trennenden Gutes nicht ganz vermeiden. So war die linke, den Plätzen 1 und 2 zugewandte Seite des Bandes mit einem etwas größeren Anteil an Kartoffeln, die rechte Hälfte mit mehr Steinen belegt.

Als Durchschnittswerte aller Versuchsreihen, bei denen mindestens vier Verleser tätig waren, lassen sich als Minderleistung auf Platz 4 etwa 30% der Leistung des gegenüberliegenden Platzes 1 angeben; auf Platz 3 liegen die Leistungen durchschnittlich um 20% unter denen des Platzes 2.

Ein weiterer Grund für die unterschiedlichen Leistungen der sich gegenüberstehenden Verleser dürfte in ihrer Rechtshändigkeit zu sehen sein. So ergreift die Hand des Verlesers 1 beispielsweise räumlich vor der Hand des Verlesers 4 auf das Band wie gleichfalls Verleser 2 vor 3.

Ein Vergleich der Verleseleistungen (in % der zugeführten Kartoffeln) zeigt weiter, daß die Leistungen auf jedem Verleseplatz gleich und unabhängig von der Höhe der Kartoffelzufuhr verlaufen und daß der Einfluß wachsenden Beimengungsanteils auf jedem Platz trotz steigender Kartoffelmengen ähnlich ist.

Am deutlichsten läßt sich der Abgangseinfluß auf den Arbeitsplätzen 1 und 4 in allen Serien erkennen. Hier wird die größte Leistung stets bei kleinstem Anteil an Fremdbestandteilen im Erntestrom erzielt; mit wachsendem Abgangsanteil nimmt die Leistung ständig ab.

Anders liegen die Verhältnisse bei den nachfolgenden Plätzen 2 und 3. Auch hier zeigt sich durch alle Versuchsserien hindurch (das heißt, mit wachsender Kartoffelmenge) gleichmäßig der leistungsmindernde Einfluß zunehmenden Fremdkörperanteils. Zunächst erhöht sich für diese Plätze der prozentuale Abgangsteil. Beläuft sich dieser am Anfang des Verlesebandes beispielsweise auf 100 Stückprozent und werden von den Verlesern 1 und 4 zusammen 65 Knollen/min verlesen, so vergrößert sich für die Verleser auf Platz 2 und 3 der Beimengungsanteil im Verhältnis zu den verbleibenden 35 Kartoffeln/min auf 285%. Diese relative Zunahme an Beimengungen ist jedoch nicht allein, sondern nur zusammen mit den beiden folgenden Faktoren für die Leistungen auf den Plätzen 2 und 3 maßgebend:

- die mit steigendem Abgangsanteil nachlassende Leistung der Verleser 1 und 4 sowie
- der im Vergleich zu den vorhergehenden Arbeitsplätzen hier größere Zwischenraum zwischen den noch auf dem Verleseband befindlichen Knollen.

So kann beobachtet werden, daß Höchstleistungen auf Platz 2 und 3 erst dann zu erzielen sind, wenn die mit steigendem Fremdkörperanteil nachlassende Leistung auf Platz 1 und 4 den Verlesern 2 und 3 mehr Knollen „übrig läßt“.

Der in jeder Versuchsserie auffallende Unterschied in den Leistungen auf Platz 2 und 3 gegenüber 1 und 4 ist durch die Tatsache zu erklären, daß es mit geringer werdendem Kartoffelanteil im Erntestrom schwieriger wird, mit einer Handbewegung mehrere Knollen zu erfassen. Durch die weniger dichte Lage der Kartoffeln vor ihrem Arbeitsplatz müssen die Hände der Verleser 2 und 3 einen weiteren Weg zurücklegen, wollten sie die gleiche Anzahl Knollen ergreifen wie die Verleser 1 und 4. Da die Griffgeschwindigkeit aller vier Verleser mit geringen Abweichungen als gleich groß angesehen werden kann, ergeben sich aus den längeren Griffwegen für Verleser 2 und 3 die wesentlich geringeren Leistungen.

Sinngemäß gilt für die nachfolgende fünfte Verleseperson das gleiche. Die Kartoffelzahl hat sich inzwischen weiter verringert, wodurch die Abstände von Knolle zu Knolle noch größer geworden sind. Die fünfte Arbeitskraft erzielt mit wachsendem Abgang auch Leistungsgewinne in Abhängigkeit der von den vorweg arbeitenden Verlesern durchgelassenen Knollenzahl.

Um allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten für die Leistung der an Verlesebändern arbeitenden Personen zu finden, werden die übereinstimmenden Leistungskurven der am Band gegenüberstehenden Verleser zu „Verlestufen“ zusammengefaßt. So bilden in der vorgeführten Versuchsordnung die Verleser 1 und 4 die erste, die Verleser 2 und 3 die zweite Stufe. Diese Einteilung gestattet unabhängig von ein- oder beidseitiger Anordnung der Arbeits-

kräfte Feststellungen, mit welchem Anteil jede Stufe prozentual an der gesamten Verlesemenge beteiligt ist und spiegelt damit den Grad der Ausnutzung des einzelnen Verlesers wider¹⁾.

Tafel 2 zeigt, wie sich die Gesamtmenge der Beaufschlagung von 1 kg/s Kartoffeln auf die einzelnen Stufen aufteilt. Bei einer Beaufschlagung des Verlesebandes mit 1,5 kg/s Kartoffeln ergeben sich die in Tafel 3 zusammengestellten Werte.

Die Einwirkung von Flächenertrag und Arbeitsgeschwindigkeit auf die Leistung der Verleserpersonen

Die dem Verleseband in der Zeiteinheit zugeführte Kartoffelmenge ist im Feldeinsatz sowohl von der Rodegeschwindigkeit als auch vom Hektarertrag abhängig. Eine Zunahme dieser Kartoffelmenge auf dem Verleseband im Laboratoriumsversuch kann deshalb entweder als Folge einer höheren Rodegeschwindigkeit oder eines größeren Hektarertrages aufgefaßt werden.

Bild 6 gibt die Verleseeleistungen bei 30% und 90% Abgangsanteil — repräsentativ für alle Abgangsreihen — wider und zeigt, daß ganz allgemein eine erhöhte Beschickung mit Kartoffeln bei allen Verlesern eine Zunahme der Leistungen zur Folge hat. Der Leistungsabfall des zweiten und dritten Verlesers bei Zufuhr von 1 kg/s Kartoffeln (30% Abgang) beziehungsweise 0,75 kg/s Kartoffeln (90% Abgang) ist auf den dort erfolgten Einsatz eines vierten Verlesers zurückzuführen. Einmal halbiert er für den Verleser 1 die Breite des Verlesebandes, zum anderen verringert er für die nachfolgende Verleststufe (Verleser 2 und 3) den Kartoffelanteil im Erntestrom und verschlechtert dadurch deren Arbeitsbedingungen.

Ein weiterer Faktor, welcher die zum Kartoffelverlesen benötigte Anzahl an Arbeitskräften bestimmt, ist der Anteil der Beimengungen am Erntestrom.

Bild 7 gibt die Bereiche wieder, in welchen Mannschaften von drei bis sechs AK unter Beachtung der Verlustgrenze von 2% Verleseeleistungen bis 1,5 kg/s = 54 dz/h Kartoffeln je nach Höhe des Abgangsanteils erzielen können.

Die Beeinflussung der Verlesebandgeschwindigkeit durch unterschiedliche Beschickungsmengen

Grundsatz bei der Wahl der Verlesebandgeschwindigkeit ist, einen auf dem Band gleichmäßig verteilten und nur einschichtig lagernden Erntestrom zu erhalten. Dieser Erntestrom kann in sehr unterschiedlicher Stärke fließen, je nachdem ob

¹⁾ Aus den vorliegenden Ergebnissen kann die anteilige Leistung der voll besetzten dritten Stufe, welche bei den Versuchen nur mit einer Person besetzt werden konnte, ermittelt werden, da sich die Leistung einer sechsten AK abschätzen läßt. Nach den vorliegenden Erfahrungen liegen die Leistungen der Verleser an der rechten Bandhälfte unter denen der anderen Seite. Der Verleseanteil auf Platz 4 ist um 30% geringer als der auf Platz 1 und der Anteil auf Platz 3 um 20% kleiner als der auf Platz 2. Aus dem sich hieraus ergebenden Abfall kann angenommen werden, daß Verleser 6 mit seinem Anteil um etwa 10% über der Leistung des Verlesers 5 liegen würde.

Tafel 2: Verteilung der Aufgabemenge auf die einzelnen Stufen (bei 1 kg/s Kartoffeln)

Anteil der	Bei einem Abgang von Stückprozent									
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1. Stufe (%)	73	65	63	60	60	58	58	56	56	56
2. Stufe (%)	25	29	30	31	31	32	32	31	30	30
3. Stufe (%)	2	6	7	9	9	10	10	13	14	14

Tafel 3: Verteilung der Aufgabemenge auf die einzelnen Stufen (bei 1,5 kg/s Kartoffeln)

Anteil der	Bei einem Abgang von Stückprozent						
	30	40	50	60	70	80	90
1. Stufe (%)	62	57	55	52	49	47	45
2. Stufe (%)	31	30	28	28	28	27	27
3. Stufe (%)	7	13	17	20	22	18	16
Verlust bzw. 4. Stufe (%)	—	—	—	—	1	8	12

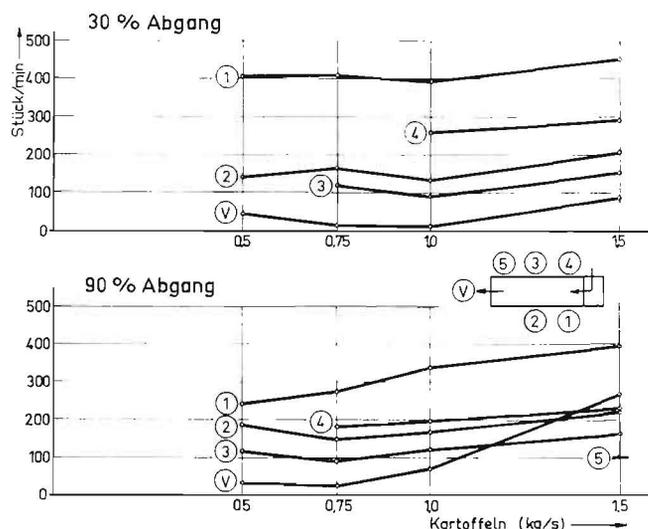


Bild 6: Verleseeleistung bei 30% und 90% Abgangsanteil

1. der Flächenertrag sich bei gleichbleibendem Abgangsanteil und gleichförmiger Rodegeschwindigkeit ändert;

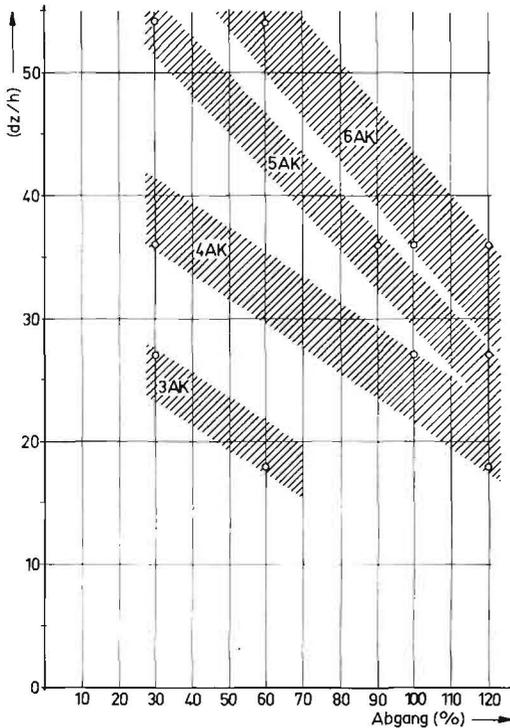


Bild 7: Theoretische Mannschaftsleistung bei verschiedener Verleserzahl

2. der Abgangsanteil bei gleichbleibendem Ertrag und gleich hoher Arbeitsgeschwindigkeit zu- oder abnimmt;
3. die Rodegeschwindigkeit bei gleichem Ertrag und konstantem Fremdkörperanteil schwankt und ob
4. alle Einflußfaktoren (Flächenertrag, Abgangsanteil, Rodegeschwindigkeit) gleichzeitig Veränderungen unterworfen sind.

Die Vergrößerung eines Faktors allein kann schon genügen, schnell an die Grenze der geforderten einschichtigen Belegung zu gelangen. Da im allgemeinen der Flächenertrag innerhalb eines Feldstückes keinen großen Schwankungen unterliegt, kann man sich mit der Wahl der Rodegeschwindigkeit den oft innerhalb weniger Meter wechselnden Abgangsmengen und -verhältnissen anpassen. Eine solche gleichmäßig dichte Belegung des Verlesebandes bei ansteigendem Fremdkörperanteil kann theoretisch durch Verringerung der Fahrgeschwindigkeit erreicht werden und damit zu einem verminderten Kartoffelanteil im Erntestrom führen mit der Folge, daß die Leistungen der einzelnen Verleser sinken. Gerade das soll aber vermieden werden! Als einziger Ausweg bietet sich an, die Verlesebandgeschwindigkeit zu steigern, um zu erreichen, daß der stärker werdende Erntestrom weiter auseinandergezogen wird.

Der Bandgeschwindigkeit sind naturgemäß Grenzen gesetzt, von denen die untere aus Gründen der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens von der verlangenden Mindestverleseleistung der einzelnen Arbeitskraft beziehungsweise der ganzen Mannschaft gezogen wird, während die obere Grenze dort liegt, wo vor dem einzelnen Verleser in der Zeiteinheit eine zu große Bandfläche vorbeiläuft. Er kann seine mögliche Griffzahl dann zwar absetzen, aber weniger Knollen mit einem Griff erreichen. Zwischen diesen Extremen galt es, einen praktisch anwendbaren Bereich zu ermitteln. Die gefundenen Werte werden nicht immer und ohne Änderung verwertbar sein, weil die flächenmäßige Ausdehnung der verschiedenartigen Fremdkörper zu unterschiedlichen Dichteverhältnissen auf dem Verleseband führen.

Es wurden folgende Grenzwerte festgestellt:

1. Bis zu einer Beschickungsmenge von 1 kg/s Kartoffeln und einer Beimengung von 80 Stückprozent ließ eine Bandgeschwindigkeit von $v_B = 28$ cm/s eine höhere Verleseleistung der Mannschaft erzielen als mit $v_B = 35$ cm/s. Das Band war hierbei belegt mit 60,0 kg/min Kartoffeln = 887 Stück und 135,2 kg/min Steinen =

710 Stück, insgesamt also 195,2 kg/min Zufuhrmenge = 1597 Stück. Diese Mengen entsprechen einer Belegungsdichte von 25,8 kg/m² oder 211,2 Stück/m².

2. Bei gleicher Kartoffelmenge (1 kg/s) im Erntestrom, jedoch Beimengungsanteilen von 90 Stückprozent waren die Mannschaftsverleseleistungen mit $v_B = 35$ cm/s höher als mit $v_B = 28$ cm/s, sinngemäß bei einem Abgangsanteil von 100 bis 120 Stückprozent mit $v_B = 50$ cm/s besser als mit $v_B = 35$ cm/s beziehungsweise $v_B = 40$ cm/s.

Die Bandbeaufschlagung je Minute sowie die Belegungsdichte sind in Tafel 4 dargestellt. Der bei einem Abgang von 110% eingesetzte fünfte Verleser erreichte jedes Mal bei der kleineren der beiden Bandgeschwindigkeiten eine höhere Leistung.

Eine einprägsamere Darstellung der Belegungsdichte bietet der Vergleich der je Sekunde — in Abhängigkeit von der Bandgeschwindigkeit — vom Verleseband dargebotenen Beaufschlagungsfläche („Nutzfläche“) mit der vom Erntestrom tatsächlich belegten Bandfläche.

Im Bereich der vorgenommenen Änderungen der Bandgeschwindigkeit bei 1 kg/s Kartoffeln und Abgangsanteilen von 80 bis 120% wurden die in Tafel 5 zusammengestellten Dichteverhältnisse ermittelt²⁾.

Wie die Versuchsergebnisse (Bild 4) zeigten, waren von einem Fremdkörperanteil von 90% ab die Leistungen bei der jeweils höheren Bandgeschwindigkeit größer. Die Spalten e und g aus Tafel 5 ergänzen hierzu, daß die zur Verfügung stehende Bandfläche möglichst nur zu 40 bis 50% belegt sein sollte.

²⁾ Um den Begriff „dichte“ oder „zu dichte“ Belegung aus dem Bereich subjektiver Deutung herauszulösen, wurde die in der Sekunde zugeführte Versuchsmischung, wie sie sich für Kartoffeln (kg/s) und den jeweiligen Beimengungsanteil ergab, in einen Rahmen mit den Innenmaßen 45 cm (= Verlesebandbreite) mal 28 cm beziehungsweise 35 cm (Bandvorschub/s) gelegt und die bedeckte wie freie Grundfläche gemessen. Zur Feststellung der von den Kartoffeln und Steinen effektiv bedeckten und frei gelassenen Fläche wurden sämtliche Einzelstücke bis zu enger gegenseitiger Berührung, aber noch einschichtiger Lage zusammengeschoben und die Flächen gemessen

Tafel 4: Einfluß von Bandbeaufschlagung und Bandgeschwindigkeit auf Belegungsdichte

Abgang (Stückprozent)	90		100		110		120	
Kartoffeln (kg)	60		60		60		60	
(Stück)	887		896		912		915	
Steine (kg)	153,7		180,8		184,3		200,6	
(Stück)	799		896		1003		1098	
Gesamtmenge (kg)	213,7		240,8		244,3		260,6	
(Stück)	1686		1792		1915		2013	
v_{Band} (cm/s)	28	35	35	50	40	50	40	50
Belegungsdichte (kg/m ²)	28,3	22,6	25,5	17,8	22,6	18,0	24,1	19,4
(Stück/m ²)	233	178	189	133	177	142	186	149

Tafel 5: Einfluß der Bandgeschwindigkeit auf die Dichteverhältnisse

Beimengungen (%)	v_{Band} (cm/s)	Nutzfläche = 100 (cm ² /s)	Fläche vom Erntestrom			
			bedeckt (cm ² /s) (% von c)		frei (cm ² /s) (% von c)	
a	b	c	d	e	f	g
80	28	1260	742,5	58,9	517,5	41,1
80	35	1575	742,5	40,8	832,5	59,2
90	28	1260	765	60,7	495	39,3
90	35	1575	765	48,6	810	51,4
110	35	1575	945	60,0	630	40,0
110	40	1800	945	52,5	855	47,5
110	50	2250	945	42,0	1305	58,0
120	40	1800	1035	57,5	765	42,5
120	50	2250	1035	46,0	1215	54,0

3. Bei einer Kartoffelzufuhr von 1,5 kg/s und einem Fremdkörperanteil von 30 bis 70 Stückprozent war ein Verlesebandvorschub von $v_B = 40$ cm/s notwendig, um den Erntestrom einschichtig und locker zu lagern. Bei einem Abgangsanteil von 80 bis 90% zeigten vergleichsweise Bandgeschwindigkeiten von 50 cm/s leichte Vorteile gegenüber 40 cm/s. Der fünfte Verleser hatte auch hier bei der langsameren Bandgeschwindigkeit die größte Leistung aufzuweisen.

Es muß daher für den Platz 5 beziehungsweise für die dritte Verlesestufe gefordert werden, daß im Gegensatz zu den vorhergehenden Stufen die kleinere zweier zur Wahl stehenden Bandgeschwindigkeiten optimale Leistungen erbringt. Diese Tatsache erscheint einleuchtend, da auf dieser Stufe bei dem hohen Abgangsanteil das Erkennen der Kartoffeln erschwert ist und die geringere Kartoffeldichte längere Griffwege und folglich einen höheren Zeitaufwand für den Einzelgriff verlangt.

Die Bandbeaufschlagung betrug hierbei 90 kg/min Kartoffeln = 1366 Stück/min; 256,4 kg/min Steine = 1226 Stück/min; insgesamt also 346,4 kg/min = 2592 Stück/min.

Hieraus ergaben sich folgende Belegungsichten: Bei einer Bandgeschwindigkeit von 40 cm/s waren es 24,5 kg/m² beziehungsweise 240 Stück/m², bei einer Bandgeschwindigkeit von 50 cm/s waren es 19,6 kg/m² beziehungsweise 186 Stück/m² und bei einer Bandgeschwindigkeit von 70 cm/s waren es 14,0 kg/m² beziehungsweise 143 Stück/m². Die Dichteverhältnisse nach Nutzfläche und bedeckter Fläche sind in Tafel 6 angegeben.

Tafel 6: Die Dichteverhältnisse nach Nutzfläche und bedeckter Fläche

Beimengungen (%)	v_{Band} (cm/s)	Nutzfläche = 100 (cm ² /s)	Fläche vom Erntestrom			
			bedeckt		frei	
a	b	c	d (cm ² /s)	e (%vone)	f (cm ² /s)	g (%vone)
30	28	1260	742,5	60,7	495	39,3
30	35	1575	765	48,6	810	51,4
30	40	1800	765	42,5	1035	57,5
80	40	1800	1125	62,5	675	37,5
80	50	2250	1125	50,0	1125	50,0
90	40	1800	1350	75,0	450	25,0
90	50	2250	1350	60,0	900	40,0
90	70	3150	1350	43,5	1800	56,5

Zusammengefaßt kann über die Auswirkungen verschiedener Bandgeschwindigkeiten festgestellt werden: Für die erste und zweite Verlesestufe liegt der praktisch anwendbare Geschwindigkeitsbereich zwischen 28 und 50 cm/s und richtet sich innerhalb dieser Grenzen nach der Höhe des im Erntestrom befindlichen Fremdkörperanteils. Anzustreben ist hierbei möglichst ein Verhältnis von freier zu bedeckter Bandfläche wie 60:40. Eine Steigerung über $v_B = 50$ cm/s hinaus bringt zwar eine Auflockerung der Bandbelegung, führt aber gleichzeitig zu einem Absinken der Handarbeitsleistung der Verleser.

Gegensätzlich liegen die Verhältnisse für die dritte Verlesestufe. Hier ist entweder eine möglichst langsame Bandgeschwindigkeit oder eine Verringerung der Bandbreite zu wählen, um zu einer optimalen Verlesleistung der hier arbeitenden Personen zu gelangen. Bandvorschub oder Bandbreite sollten hier stets geringer sein als für die beiden vorhergehenden Stufen und haben ihre untere Grenze dort, wo der Erntestrom das Band nicht mehr locker bedeckt.

Die Rodeleistung einer Verlesemannschaft bei Anwendung der Methode „Verlesen der Kartoffeln“

Zur Beantwortung dieser Frage sind die Ergebnisse der Versuchsreihen herangezogen und in Feldversuchen auf zwei verschiedenen Bodenarten überprüft worden.

Im Feldversuch ließen sich unter den Bedingungen des Versuchsortes 1³⁾ die in Tafel 7 angegebenen Leistungen erreichen.

Tafel 7: Einfluß von Verleserzahl und Rodegeschwindigkeit auf die Verlesleistung

Verleser Anzahl	Rodegeschwindigkeit (m/s)	Verlesleistung der Mannschaft je AK (dz/h)	
		(dz/h)	(dz/h)
3	0,44	23,7	7,9
4	0,56	30,2	7,5
5	0,75	40,5	8,1
Am Versuchsort 2 ⁴⁾ ergab sich:			
5	0,47	29,6	5,9

Die Leistungen der Feldversuche sind mit den unter Dach durchgeführten Versuchen direkt vergleichbar, da in allen Fällen ein theoretisch pausenloser Betrieb unterstellt ist. Tafel 7 läßt erkennen, daß die Feldeleistungen im Bereich der vorher im Laboratoriumsversuch ermittelten Werte (Bild 7) liegen.

Versuche zur Hebung der Verlese-Einzelleistung

Die Laboratoriums- und Feldversuche zeigten eindeutig ein Nachlassen der Einzelleistung, je weiter der Arbeitsplatz vom Anfang des Verlesebandes entfernt liegt. Diese abnehmende Leistungsfähigkeit ist auf die relative Zunahme der Beimengungen von der vorhergehenden zur nachfolgenden Verlesestufe und auf die dünnere Belegung des Verlesebandes, also auf die Verschlechterung der Arbeitsbedingungen zurückzuführen.

Will man die Leistungen der zweiten und dritten Verlesestufe erhöhen, müssen dort annähernd gleiche Arbeitsbedingungen geschaffen werden, wie sie auf der ersten Stufe vorliegen. Das setzt eine Abänderung der Verlesmethode voraus in der Form, daß jetzt nach der ersten Stufe Steine abgesammelt werden und sich damit für die zweite Stufe eine der ersten ähnlich zusammengesetzte Mischung ergibt. Die verschiedenen Möglichkeiten der Anordnung der Verleser sind in Bild 8 dargestellt.

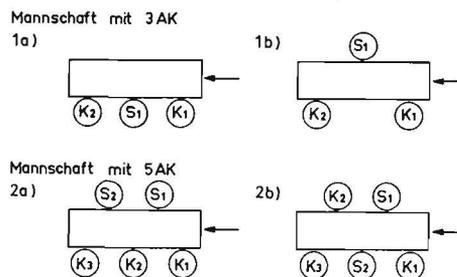


Bild 8: Möglichkeiten zur Anordnung der Verleser

Zur Überprüfung, ob eine Leistungssteigerung sowohl der zweiten Verlesestufe als auch der gesamten Mannschaft möglich ist, wurden analog den in den Bildern 2 und 3 dargestellten Versuchen drei Arbeitskräfte eingesetzt, von denen K₁ und K₂ Kartoffeln verlesen und S₁ Steine absammelte.

Zunächst erwies sich die Anordnung 1a der anderen Möglichkeit 1b überlegen. Das erscheint einleuchtend, da jede Arbeitskraft erst die ihr am nächsten liegenden Stücke vom Bande streift. Der

³⁾ Versuchsort 1: Bodenart: Lehm, Ackerzahl 42; Bodenzustand: feucht, schlecht siebfähig, Klutenbildung, wenig Steine; Kraut: unterschiedlich, noch grün bis abgestorben; Ertrag: 240 dz/ha $\hat{=}$ 1,5 kg/lfdm; Abgangsanteil: im Mittel 70–80%; Dauer des Rodens: 6 Std.; Bandgeschwindigkeit: $v_B = 35$ cm/s.

⁴⁾ Versuchsort 2: Bodenart: Hochmoor, Ackerzahl 20; Bodenzustand: trocken, gut siebfähig, keine Steine, viele Grassoden (Dauerweide); Kraut: lang, quer über den Dämmen liegend, im Absterben; viel Unkraut; Ertrag: 280 dz/ha $\hat{=}$ 1,75 kg/lfd m; Abgangsanteil: > 90%; Dauer des Rodens: 5 Std.; Bandgeschwindigkeit: $v_B = 35$ cm/s.

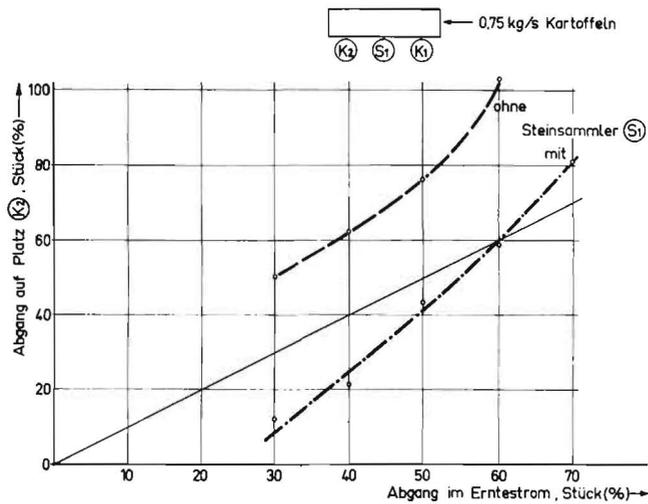


Bild 9: Der Abgangsanteil auf Platz K₂

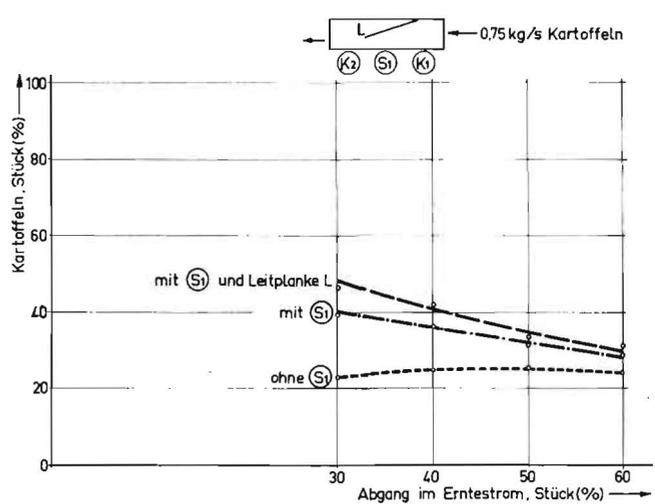


Bild 10: Verleseeleistung auf Platz K₂

gegenüber den Kartoffelverlesern (K₁, K₂) arbeitende Steinsammler (S₁) greift unwillkürlich mehr auf die ihm zugewandte Bandhälfte und verringert den Steinanteil in der Mischung für den zweiten Kartoffelverleser (K₂) nur ungleichmäßig.

Bei der Anordnung 1a stehen Kartoffelverleser und Steinsammler nebeneinander. Da auch hier der Steinsammler vornehmlich die ihm am nächsten liegenden Steine entfernt, ist es dem zweiten Kartoffelverleser eher möglich, mehrere Knollen mit einer Handbewegung vom Bande zu streifen, während er nur die auf der hinteren Bandhälfte liegenden Knollen mit gezieltem Griff über die noch liegengelassenen Steine herüber zu heben braucht.

Die Annahme, daß die vorgeschaltete Steinentfernung eine ungefähr gleich prozentuale Zusammensetzung von Kartoffeln und Steinen (als Darstellungsmittel für alle Abgangsarten) für den nachfolgenden Kartoffelverleser herstellen kann, traf zu. Bild 9 läßt erkennen, daß zumindest im Bereich mit einem Abgangsanteil von 30 bis 60% am Erntestrom die tatsächlichen Abgangsmengen für den Platz K₂ noch geringer sind als für Platz K₁. Ab einem Abgangsanteil von 60% am Erntestrom werden die Verhältnisse ungünstiger als auf Platz K₁.

Einen Vergleich der auf Platz K₂ möglichen Leistung mit und ohne Steinabscheiden zeigt Bild 10. Es ist erkennbar, daß der hier herausgenommene Kartoffelanteil größer ist, wenn ein Steinsammler vorweg arbeitet, als ohne diesen. Der Wirkungsgrad des zweiten Kartoffelverlesers wird somit erhöht, liegt aber noch unter dem des Verlesers K₁. Der Grund hierfür ist in der aufgelockerten, weniger dichten Belegung des Bandes auf Platz K₂ zu sehen. Die Griffwege sind hier länger und die Möglichkeit, mit einem Griff mehrere Knollen zugleich zu erfassen, weniger oft gegeben.

Durch eine auf dem Verleseband angebrachte verstellbare Leitplanke läßt sich die Nutzbreite des Bandes in dem Maße verringern, um welches durch vorausgegangenes Verlesen und Absammeln die Belegungsdichte abnimmt. Die Arbeitsbedingungen auf Platz K₁ und K₂ werden hierdurch weitgehend ähnlich (Kurve „mit Leitplanke“ in Bild 10) und die Leistungsunterschiede zwischen den beiden Arbeitsplätzen so gut wie ausgeglichen.

Vergleicht man nun die Leistungen einer Mannschaft mit drei Arbeitskräften, welche einmal nur Kartoffeln verliest, im anderen Falle von einer Arbeitskraft Steine absammelt und zwei Arbeitskräften Kartoffeln verlesen läßt, miteinander (Bild 11), so zeigt sich deutlich eine Überlegenheit der Methode „Kartoffelverlesen“ gegenüber der Methode „Steine-Kartoffelverlesen“.

Obwohl die Leistung auf Platz K₂ durch das vorausgegangene Entfernen der Steine erhöht werden konnte, erreicht sie jedoch nicht den Betrag, welcher notwendig wäre, die für das Kartoffelverlesen ausgefallene Leistung des Steinsammlers wettzumachen.

Zusammenfassung

Bislang war es üblich, von den Verlesebändern der Kartoffelsammelroder die mechanisch nicht abgeschiedenen Fremdkörper

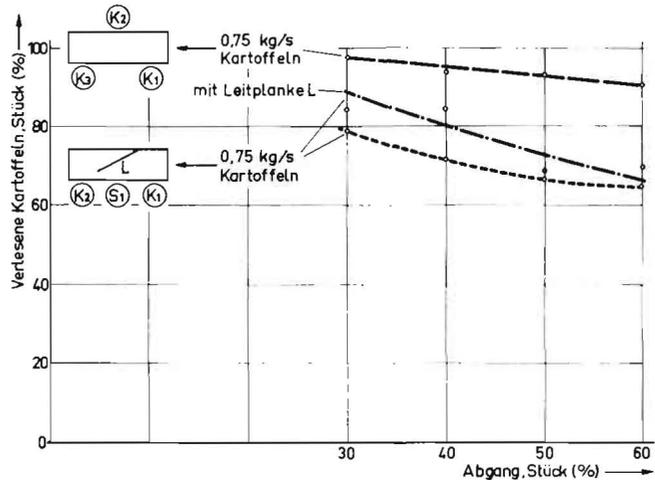


Bild 11: Verleseeleistung einer 3-AK-Mannschaft

von Hand zu entfernen. Im Gegensatz zu dieser Methode wurde untersucht, welche Sammelleistungen erreicht werden, wenn die Kartoffeln vom Verleseband entfernt werden und welche Faktoren hierbei die Verleseeleistung beeinflussen.

Als leistungsbeeinflussende Faktoren für jede Verleseperson wurden ermittelt:

1. der prozentuale Anteil der Beimengungen am Erntegut;
2. die Stückzahl und das Durchschnittsgewicht der in der Zeiteinheit zugeführten Kartoffelknollen;
3. die Verlesebandgeschwindigkeit (als Regulator für die Belegungsdichte des Bandes) und
4. die Lage des Arbeitsplatzes am Verleseband.

Die labormäßig ermittelten Verleseeleistungen wurden im praktischen Feldeinsatz überprüft und bestätigt. Die verhältnismäßig großen Leistungsunterschiede zwischen den Verlesern einer Sammelrodermannschaft führten zu Versuchen mit dem „gebrochenen Verfahren“. Hierbei wurden im Wechsel auf einer Verleseeinheit Kartoffeln verlesen, auf der nächsten Stufe der Abgang entfernt. Mit diesem Verfahren konnten die Leistungen der Kartoffelverleser gesteigert werden. Es wurde jedoch nicht die Höhe erreicht, welche notwendig gewesen wäre, um den Leistungsausfall der zum Steinentfernen verwendeten Arbeitskräfte wettzumachen. Bei zahlenmäßig gleichstarken Mannschaften erzielte das Verfahren des ausschließlichen Kartoffelverlesens gegenüber dem gebrochenen Verfahren die größere Leistung.

Schrifttum

- [1] STEFFEN, G.: Mechanisierung der Kartoffelernte. (Berichte über Landtechnik Heft 30) Wolfratshausen 1953
- [2] WILHELMY, D.: Über die Probleme und derzeitigen Lösungen der Kartoffelsammel- und -vollernte. Dissertation, Kiel 1958

Dieter Wilhelmy: "Investigations on the Possibilities of Increasing the Output of Potato Sorters during Harvesting Operations."

Up to the time of writing it was usual to remove by hand all of foreign substances that had not been ejected by the mechanical potato digger. Investigations were made to ascertain what outputs could be realised when the potatoes are removed from the collector belt and what factors influence the sorting output.

The following factors influencing output were determined for each sorter:

1. The percentage amount of foreign matter in the quantity of potatoes harvested.

2. The number and average weight of potatoes passing per unit of time.

3. The speed of the sorting belt (as a measure of the quantity on the belt).

4. The location of the sorter at the sorting belt.

The sorting outputs as determined in the laboratory were checked and confirmed in actual practice in the field. The comparatively large differences in the outputs of the members of the sorting teams led to tests with the "two-stage" method, wherein the potatoes are sorted at one point and removed at the next point.

The use of this method enabled the outputs of the sorters to be increased. However, it will not attain the level necessary to make up for the loss in output of the labour used for picking out the stones. With teams that are numerically equal, the first sorting method ensures higher outputs than is the case with the "two-stage" method.

Beitrag zur Lenkgeometrie der Ackerschlepper

Landtechnische Forschung, Heft 1, 1960

Zu der obigen Veröffentlichung in Heft 1/1960 der „Landtechnischen Forschung“ gibt uns der Autor E. E. SCHILLING folgende Berichtigung:

Die Herleitung des mathematischen Zusammenhanges zwischen den Einschlagwinkeln α und β und dem Spurkreisradius R anhand von Bild 5 führte unter Vernachlässigung der Länge c des Achsschenkels zu der Formel (8):

$$R = l \sqrt{1 + \cot^2 \alpha}$$

Die numerische Auswertung auf Seite 4 des genannten Beitrages ergibt bei dem meist vorliegenden Verhältnis $b/l = 0,6$ für vorgegebene Einschlagwinkel β des kurveninneren Rades für den Einschlagwinkel α des kurvenäußeren Rades folgende Werte:

$\beta = 10^\circ$	20°	30°	40°	50°	60°	70°
$\alpha = 9^\circ 4'$	$16^\circ 38'$	$23^\circ 13'$	$29^\circ 10'$	$34^\circ 48'$	$40^\circ 21'$	$46^\circ 3'$

Dieser in Bild 6 dargestellte Zusammenhang ist in beistehendem Bild berichtigt worden.

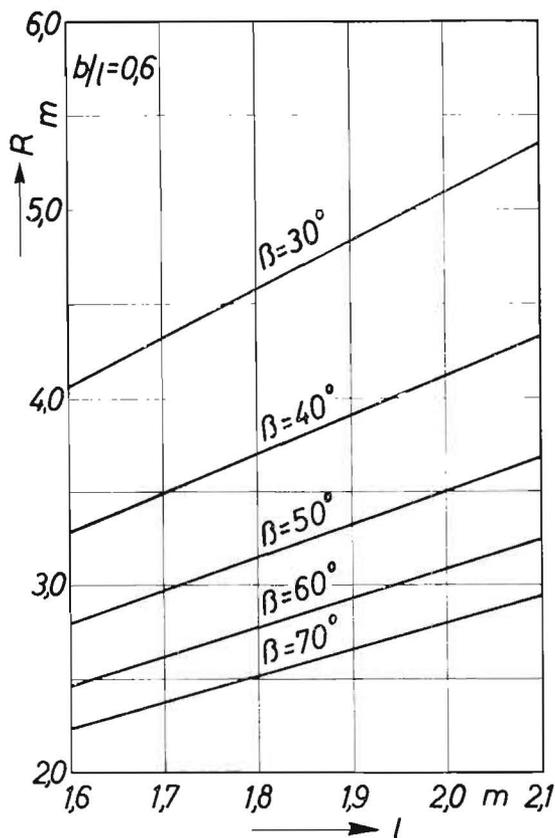


Bild 6: Spurkreisradius in Abhängigkeit des Radstandes und des Einschlagwinkels am kurveninneren Rad bei idealisiertem Lenkverhältnis für $b/l = 0,6$

Dieter Wilhelmy: «Recherches sur les possibilités d'accroissement du rendement de triage lors de la récolte des pommes de terre à l'aide d'arracheuses-chargeuses.»

On a jusqu'ici enlevé à la main des tables de triage des arracheuses-chargeuses le objets étrangers que les organes mécaniques n'avaient pas éliminés. Au cours des recherches, on a examiné le rendement que l'on peut atteindre si l'on enlève au lieu des objets étrangers les pommes de terre de la table de triage et quels facteurs influent sur le rendement de triage.

On a déterminé comme facteurs influant sur le rendement de chaque personne employée au triage:

1. Le pourcentage des objets étrangers mélangés aux pommes de terre.
2. Le nombre et le poids moyen des tubercules passant dans l'unité de temps.

3. La vitesse de marche de la table de triage (qui règle la densité de passage des pommes de terre sur la table de triage).

4. Le positionnement des personnes employées au triage).

Les rendements de triage déterminés au laboratoire ont été contrôlés et confirmés pendant la récolte dans le champ. Etant donné les différences de rendement relativement élevées entre les personnes d'une équipe, on a essayé le «procédé dit alternatif». Il consiste à enlever alternativement sur un palier de triage les pommes de terre et sur le suivant les objets étrangers. Grâce à ce procédé, on a pu augmenter le rendement des personnes employées à retirer les pommes de terre. Cependant, ce rendement n'a pas atteint la hauteur nécessaire pour compenser la perte de rendement des personnes employées à l'enlèvement des pierres. En employant le même nombre de personnes dans les deux équipes, on a atteint un rendement plus élevé par le triage des pommes de terre seules que par le «procédé alternatif».

Dieter Wilhelmy: «Ensayos hechos sobre las posibilidades de mejorar el rendimiento al escoger las patatas en la cosecha.»

Hasta aquí se solía seguir el procedimiento de escoger a mano los cuerpos extraños de entre las patatas cosechadas con máquina de arrancar en la cinta de transporte que hubiesen quedado después de la separación mecánica. Los ensayos hechos con el procedimiento contrario, de escoger las patatas en la cinta de transporte, se hicieron con el fin de averiguar el rendimiento posible que podría dar este procedimiento, y los factores que influyen en él.

Se encontraron los siguientes factores correspondientes a cada persona ocupada en el trabajo de escoger:

1. La parte de cuerpos extraños en el total recogido en porcientos.
2. El número de tubérculos y el promedio del peso en unidad de tiempo que se lleva a la cinta.
3. La velocidad de marcha de la cinta (como regulador para la alimentación de la cinta y).
4. El lugar conveniente de trabajo en la cinta.

Los ensayos prácticos en el campo han confirmado los resultados conseguidos en los ensayos de laboratorio. Las diferencias relativamente grandes entre los resultados individuales de las personas que formaban un equipo, dieron lugar al procedimiento mixto, es decir que en un tramo de la cinta se escogieron las patatas, en el siguiente los cuerpos extraños.

Con este procedimiento ha sido posible aumentar el rendimiento que dieron los escogedores, pero no se llegó a compensar el rendimiento que se hubiese conseguido, ocupando a todas las personas en la eliminación de las piedras. Siendo el número de personas igual en ambos equipos, el procedimiento de escoger exclusivamente patatas ha resultado más conveniente que el procedimiento mixto.