

# Voraussetzungen und Grenzen für den Einsatz von Lesepersonen an Kartoffelsammelrotern

Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik, Bad Kreuznach

Die Entwicklung von Kartoffelsammelrotern begann in den zwanziger Jahren; Vorläufer sind aus der Zeit um 1900 bekannt [1]. Die größte Schwierigkeit für diese Maschinen liegt in der notwendigen Trennung der Kartoffeln von den nicht absiebbaren Erdkluten, Steinen und Krautteilen.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den Arbeitsbedingungen des Menschen, der an einem Sammelroter arbeitet, und mit den Auswirkungen der Maschine auf den Menschen.

## Bisherige Untersuchungen

BRACKE [2] leistete wichtige gedankliche und experimentelle Vorarbeit für die nach dem Kriege einsetzende Entwicklung. Er erkannte klar, daß die Rodeleistung von der Greifleistung der Leser bestimmt wird, also von der gelesenen Stückzahl je Zeiteinheit. RÖHNER [3] fand den bei KRAUS [4] sich abzeichnenden Einfluß der Knollenzahl auf die Leseleistung und ermittelte in eigenen Versuchen eine mögliche Dauerleistung von 4000 Stück je Stunde. GILFILLAN und RAMSAY [5] sowie GREEN [6; 7] machten Feldversuche mit Sammelrotern, deren Auswertung aber schwierig ist, weil die Gemischzusammensetzung sich laufend ändert und damit die Anforderungen an die Lesepersonen kaum zu definieren sind. Mit Filmaufnahmen konnte man die Zusammenhänge beim Ergreifen von Kartoffeln erkennen und — durch Auszählen der Bilder — Zeitmessungen für Einzelphasen ausführen. Leider ist nur in Einzelfällen die Stückzahl angegeben; nachdem BRACKE [2] und RÖHNER [3] den Einfluß der Stückzahl auf die Leseleistung so klar fixieren konnten, ist eine Versuchsarbeit mit Gewichtsmengen nicht mehr interessant, denn sie verleitet zu Fehlschlüssen vor allem dann, wenn auch kein mittleres Knollengewicht ermittelt wurde. GREEN [7] hat erste Laborversuche gemacht. Ersatzgemische hergestellt und mit verschiedenen Bandgeschwindigkeiten eine Reihe von Kurzzeitversuchen (1/2 min) angestellt.

WILHELMY [8] ging nach zahlreichen Feldversuchen zu Laborversuchen über und kam dadurch zu gesicherten Werten für einzelne Abschnitte. Dabei ist von besonderem Interesse das mittlere Knollengewicht der gelesenen Knollen in Abhängigkeit von den Positionen der Leser am Leseband; jeder Leser versucht, die größten Kartoffeln aus dem vor ihm vorbeilaufenden Gemisch herauszugreifen, und so nimmt das mittlere Knollengewicht von Leseplatz zu Leseplatz gleichmäßig ab.

ROSSBUCKER [9] untersuchte den Einfluß der Wurfrichtung, der Laufrichtung des Lesebandes, der Breite des Lesebandes und des Beimengungssatzes. Auf Grund seiner sehr abstrakten Versuchsanstellung kam er jedoch zu Schlüssen, die im Widerspruch zu denen der anderen zitierten Autoren stehen.

## Feld- oder Laborversuche

Aus den oben genannten Arbeiten und auf Grund eigener Erfahrung wurde in Feldversuchen lediglich die Gemischzusammen-

setzung ermittelt, daraus ein Versuchsgemisch abgeleitet und die eigentlichen Leseversuche ausschließlich im Labor gemacht. Lediglich die Kreislaufbelastung wurde beim praktischen Einsatz eines Sammelroters gemessen, da aus physiologischen Gründen über einen längeren Zeitraum gemessen werden muß und beim Labor-Dauerversuch keine zusätzlichen Messungen dieser Art möglich waren.

Die Laborversuche verteilten sich — mit Unterbrechungen von 1—4 Monaten — über mehrere Jahre. Dabei konnte festgestellt werden, daß der Übungsgrad bei den Versuchspersonen praktisch unverändert erhalten blieb. Lediglich bei Temperaturen unter 7° C sank die Arbeitsfreude und die klammen Hände griffen nicht mehr so sicher wie bei normalen Tagstemperaturen. Während der Kartoffelernte-Zeitspanne wurden Arbeitsbeobachtungen in Rheinlanden gemacht; dabei konnten die Versuchspersonen auf den verschiedensten Sammelrotern mitarbeiten und ihren Übungsgrad kontrollieren.

## Ziel der Untersuchung

Nach dem eben Gesagten ist es klar, daß sich unsere Untersuchungen auf das Lesen von Beimengungen beschränken. Die ungenügende Vergleichbarkeit der ähnlichen Untersuchungen anderer Autoren zwang uns dazu, in einzelnen Versuchsreihen auch Kartoffeln aus Beimengungen zu lesen, um Vergleichsmaterial zu erhalten. Das Ziel der Untersuchung läßt sich mit fünf Fragen umschreiben:

- Wie setzt sich das „natürliche“ Gemisch auf dem Felde zusammen?
- Welche Leseleistung ist beim manuellen Trennen von Kartoffeln und Beimengungen zu erreichen?
- Welche Faktoren beeinflussen die Leseleistung?
- Wie muß der Arbeitsplatz gestaltet werden, damit die Leser über einen längeren Zeitraum ihre Optimalleistung beibehalten können?
- Sollen die Beimengungen aus den Kartoffeln oder die Kartoffeln aus den Beimengungen gelesen werden?

### 1. Kartoffelgemisch

Um ein möglichst wirklichkeitsnahes Versuchsgemisch zusammenstellen zu können, mußte in Feldversuchen die prozentuale Verteilung der Kartoffeln auf Gewichtgruppen ermittelt werden. Das Ergebnis eigener Versuche sowie die von BRACKE [2] und RÖHNER [3] sind in Tafel I zusammengestellt.

Auffällig an diesem Ergebnis ist, daß im Gegensatz zu den mitangeführten Veröffentlichungen die Gewichtgruppen über 130 g, die dort nicht erwähnt werden, einen Stückprozentanteil bis zu 20% und einen Gewichtsprozentanteil bis zu 47% erreichen. Das mittlere Knollengewicht aus allen Einzelwägungen betrug 67 g; 1955 = 64 g, 1958 = 77 g, 1959 = 54 g, 1960 = 71 g.

Tafel I: Natürliche Gemische von Kartoffeln

Stückprozent						Gewichtsgruppe	Gewichtsprozent					
B*	R**	D***	1958	1959	1960		B*	R**	D***	1958	1959	1960
15	17,6	26,2	21,6	33,3	22,8	10—30 g	6	5,9	7,6	5,2	11,2	8,2
75	28,7	21,7	19,4	26,9	23,3	30—50 g	74	19,4	12,6	9,2	18,2	14,5
	21,2	17,1	15,1	15,2	17,6	50—70 g		21,5	14,7	10,7	16,2	15,5
10	14,9	13,3	10,2	9,0	12,2	70—90 g	20	20,1	15,1	9,7	13,0	14,2
	17,7	12,4	13,6	8,4	11,5	90—130 g		32,9	26,5	17,7	16,3	16,7
		7,1	11,8	5,0	8,6	130—200 g		16,1	22,5	14,5	16,8	
		2,0	6,4	1,9	3,4	200—300 g		6,6	18,0	8,0	11,2	
		0,1	2,0	0,4	0,6	über 300 g		0,7	7,1	2,7	3,0	

\* BRACKE [1]  
 \*\* RÖHNER [3]  
 \*\*\* DCPICIS, Unveröffentlichte Werte aus einer Untersuchung 1956

Die Anzahl der Knollen je ha Erntefläche ist abhängig vom Ertrag und dem mittleren Knollengewicht. So sind beispielsweise bei einem Ertrag von 300 dz/ha und einem mittleren Knollengewicht von 60 g eine halbe Million Knollen auf der Fläche verteilt. Als Ausgangsbasis für alle Leseversuche diente die Zahl der Knollen je Meter Dammlänge (Tafel 2).

**Tafel 2: Knollenzahl in Abhängigkeit vom Ertrag, Reihenweite und Stückgewicht**

Ertrag		Knollenzahl [St/m]
[dz/ha]	[kg/m]	
192	1,2	15
240	1,5	19
288	1,8	22
337	2,1	26
400	2,5	32
Reihenweite 62,5 cm; Knollengewicht 80 g		

Die Durchflußmenge Kartoffeln in einem Sammelroder ist abhängig vom Ertrag [St/m] und der Rodegeschwindigkeit [km/h bzw. m/s]. Diese beiden Variablen lassen sich ersetzen durch die Menge je Zeiteinheit [St/s] (Bild 1). Wird zum Beispiel ein Versuch mit 16 Stück Kartoffeln je Sekunde durchgeführt, so gilt das Ergebnis für ein beliebiges Verhältnis von Ertrag zu Rodegeschwindigkeit gemäß der Kurve „16,0 St/s“ (zum Beispiel Ertrag 256 dz/ha, Knollengewicht 80 g, Rodegeschwindigkeit 2,88 km/h = Ertrag 280 dz/ha, Knollengewicht 70 g, Rodegeschwindigkeit 2,26 km/h).

Bei den Versuchsreihen im Labor wurde mit 7,5; 9,5; 11; 13; 16; 19 und 22 St/s gearbeitet.

### 2. Beimengungsanteil

In einem zu verlesenden Gemisch sind neben Kartoffeln die vier Beimengungsarten Kartoffelkraut (Unkraut), Kluten (Erdklumpen), Steine und Lesekartoffeln (Mutterknollen, beschädigte Knollen) enthalten. Es interessiert nun, mit welchem Anteil in Stückprozent von Kartoffeln diese Beimengungen auftreten und in welchem Verhältnis die einzelnen Beimengungsarten zueinander stehen.

Im Herbst 1958 wurde an zwei Siebkettengeräten das Gemisch am Ende der Siebkette aufgefangen und ausgezählt (Bild 2). Das Ergebnis war nicht sehr ermutigend; denn allein der Klutenanteil von im Mittel 24,5 Stückprozent ließ die Weiterarbeit auf diesem Wege aussichtslos erscheinen. Durch Arbeitsbeobachtungen an Sammelroder war bekannt, daß Klutenanteile in dieser Höhe von keinem Sammelroder gebracht werden.

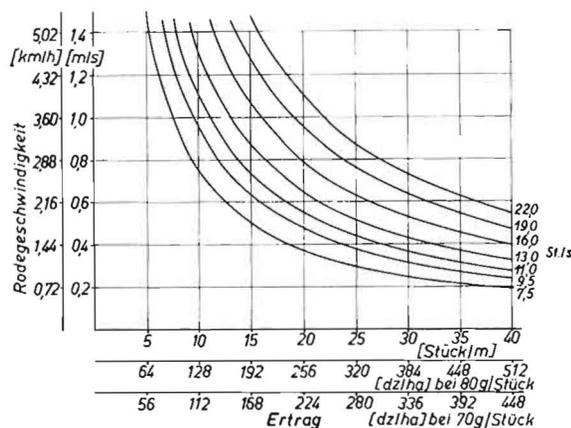
Die zur gleichen Zeit angestellten Versuche mit einem Sammelroder brachten Ergebnisse, die einmal auf längeren Strecken, zum anderen auf steinigere Böden gemacht wurden und deshalb wirklicheren näher erscheinen. Das in Tafel 3 zusammengefaßte Ergebnis bezieht sich auf 225 m Dammlänge, die zu unterschiedlichen Zeiten an sechs verschiedenen Stellen im Raume Kreuz-

**Tafel 3: Beimengungsanteil in Stückprozent von Kartoffeln**

	Kraut	Kluten	Steine	Lesekartoffeln	Beimengungen
Mittel	12	19	15	9	55
Minimum	8	0	4	2	15
Maximum	18	52	24	21	95

**Tafel 4: Anteil der Beimengungsarten in Stückprozent von Beimengungen**

	Kraut	Kluten	Steine	Lesekartoffeln
Mittel	24	39	23	13
Minimum	10	0	10	0
Maximum	52	62	60	26



**Bild 1: Abhängigkeit der Durchflußmenge bei Kartoffelroder von Ertrag und Rodegeschwindigkeit**

nach—Alzey untersucht wurden; dabei wurden etwa 6000 Knollen und 4000 Beimengungen ausgezählt.

Auf Grund dieses Ergebnisses (10—100 Stückprozent Beimengungen) mußte bei den Laborversuchen mit mehreren Beimengungsprozentanteilen gearbeitet werden, um die ganze Variationsbreite zu erfassen. Wir haben uns auf fünf Stufen mit 10, 30, 50, 70 und 100 Stückprozent Beimengungen beschränkt.

### 3. Beimengungsgemisch

Aus den eben erwähnten Feldversuchen ließ sich auch das Verhältnis der Beimengungen zueinander ermitteln, das für die Zusammenstellung der Laborgemische wichtig war (Tafel 4).

Für die Laborversuche wurde das Mittel aus den Zahlenreihen gewählt; die Beimengungen wurden bei fast allen Versuchen im Verhältnis 25% Kraut; 40% Kluten; 25% Steine; 10% Lesekartoffeln zugegeben. Bei einzelnen Versuchen wurde dieses Verhältnis geändert (10:60:20:10; 0:50:50:0), worüber an anderer Stelle berichtet wird.

### 4. Ersatzgemisch

Für Laborversuche lassen sich nur Steine in ihrer ursprünglichen Form und Größe — neben Kartoffeln — verwenden. Kraut, Kluten und Lesekartoffeln müssen durch andere Materialien ersetzt werden, weil sie in ihrer ursprünglichen Gestalt nicht zu konservieren sind und bei der Versuchsarbeit zu schnell verbraucht würden. Lesekartoffeln lassen sich durch halbierte Knollen einfach darstellen. Kartoffelkraut haben wir durch Rebholz ersetzt (Bild 3), das sehr zäh ist, durch die reiche Verzweigung ähnlich griffig ist wie Kartoffelkraut und auch in der Wichte kaum von diesem abweicht. Dieses Ersatzkraut hängt sich häufig in den Leseketten fest, so daß die Erfahrungsgemäß durch Kraut verursacht wird, mit Hilfe von Rebholz wirklicheren dargestellt werden konnte. Kluten lassen sich am schwersten darstellen; nach manchen Fehlschlägen wurde die Lösung mit lehm-



**Bild 2: Kontrolle der Siebleistung eines Vorratsroders mit untergelegter Plane**



Bild 4: Erdklumpen oder Kluten (dunkel) und lehmgefärbter Koks (hell)

Bild 3 (links): Absterbendes Kartoffelkraut (links), Rebholz (Mitte) und abgestorbenes Kartoffelkraut (rechts)

getränkten Koksstücken gefunden (Bild 4), deren Wichte fast genau derjenigen von trockenem Boden entspricht (Koks = 1,6 bis 1,9 p/cm<sup>3</sup>; Sand = 1,2–1,6 p/cm<sup>3</sup>; Ton = 1,8–2,6 p/cm<sup>3</sup>). Auch Form, Farbe und Größe lassen sich entsprechend herrichten, wie die hellen „Kokskluten“ auf dem Bild zeigen.

### 5. Versuchsgemisch

Auf Grund der beschriebenen gedanklichen, technischen und versuchsmäßigen Vorarbeiten konnte mit den eigentlichen Leseversuchen begonnen werden.

Das in den Felduntersuchungen gefundene Knollengemisch wurde zur Vereinfachung der Vorarbeiten in vier Gewichtgruppen zusammengefaßt. Die für die Versuche benutzten Knollen wurden nach Gewichtgruppen getrennt und dann, entsprechend der jeweiligen Menge, im stets gleichen Verhältnis zusammengestellt (Tafel 5). Im Bild 5 ist das auf einer Fläche von 0,5 × 0,6 m ausgelegte Versuchsgemisch „26/50“ dargestellt; Bild 6 zeigt die zuzugebenden Beimengungen.

### Leseversuche im Labor

Die Laborversuche wurden an einer Siebstab-Leskette aus industrieller Fertigung vorgenommen (Länge 240 cm, Breite 63,5 cm, Siebstababstand 2,8 cm, Stabdurchmesser 8 mm, Seiten-

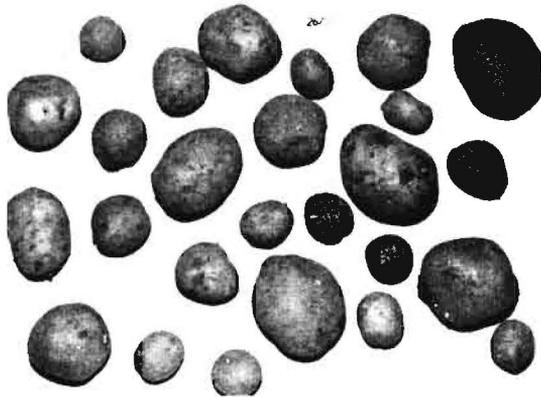


Bild 5: Versuchsknollengemisch auf einer Fläche von 0,5 × 0,6 m ausgelegt

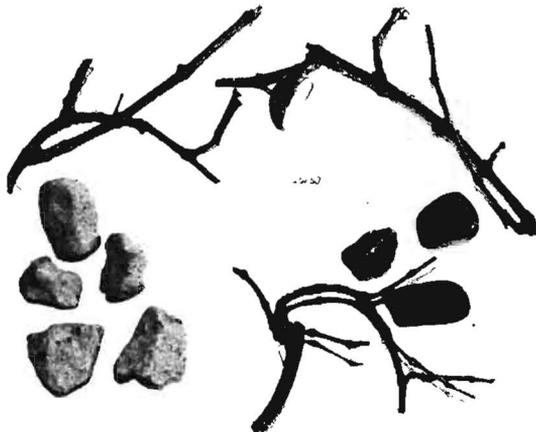


Bild 6: 50% Beimengungen für das Versuchsgemisch „26/50“

Tafel 5: Knollen- und Gesamtgemisch für die Versuche

Stückprozent	Gewichtsgruppe	Gewichtsprozent
40	10– 50 g	15
20	50– 80 g	16
20	80–130 g	26
20	130–230 g	44

Am Beispiel des Versuchsgemisches „26/50“ soll die Zusammensetzung erläutert werden („26/50“ = 26 St. Kartoffeln/2 s + 50% Beimengungen):	
Kartoffeln	Beimengungen
10– 50 g : 10,4 St.	Kraut : 3,25 St.
50– 80 g : 5,2 St.	Kluten : 5,20 St.
80–130 g : 5,2 St.	Steine : 2,25 St.
130–230 g : 5,2 St.	Lesekartoffeln : 1,30 St.

wandhöhe 8,5 cm). Dieser Lesekette (Bild 7) wurde das fertige Gemisch mit einem Förderband (Bild 8) zugeführt, das in Abständen von 0,5 m unterteilt war. Das Förderband lief mit gleichbleibender Geschwindigkeit von 0,25 m/s; die Lesekette wurde über ein stufenloses Getriebe von einem Elektromotor angetrieben. Vor Beginn eines Versuchslaufes konnten auf dem Förderband 15 „Zellen“ gefüllt werden, während eines Versuchslaufes wurden weitere 25 „Zellen“ aus Kartons nachgefüllt, so daß bei diesen Versuchen insgesamt 40 „Zellen“ in 80 s auf die Lesekette gegeben wurden. Es wurde mit zwei Versuchspersonen<sup>1)</sup> (R; W) gearbeitet,

<sup>1)</sup> Daten der Versuchspersonen

	W ♂	R ♂	Normalmensch ♂ [10]
Alter [Jahre]	34	36	—
Gewicht [kg]	80	65	—
Größe [cm]	178	178	175,0
Armlänge [cm]	58	59	55,5
Beinlänge [cm]	90,5	88,5	89,2
Unterarmlänge [cm]	27	27	24,7
Handlänge [cm]	20,5	19	18,7



Bild 7: Lesekette für Laborversuche



Bild 8: Zuführungsband mit „Zellen“ für Laborversuche

die sich gegenüberstanden und in Körben die ausgelesenen Teile sammelten. Die relativ hohe Seitenwand zwang dazu, beim Lesen die Teile über die Kante anzuheben und außerhalb der Lesekette abzulegen, was als erschwerte Arbeitsbedingung angesehen werden muß. Die Versuchspersonen standen neben der Lesekette und regulierten die Höhe dieser über der Standfläche nach Gutdünken, wobei selbstverständlich Körpergröße und Länge der Extremitäten eine Rolle spielten.

### 1. Lesefläche

Als Lesefläche soll diejenige Fläche bezeichnet werden, auf der das Gemisch den Lesepersonen vorgelegt wird, so daß Teile ausgelesen werden können (der Begriff „verlesen“ sollte auf die Arbeit an Sortiermaschinen beschränkt bleiben). Die von ROSSRUCKER [9] benutzte Versuchsanstellung mit stillstehender Lesefläche und sich daran entlang bewegenden Versuchspersonen ist zu abstrakt, als daß damit aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen wären.

#### a) Band, Kette, Tisch, Sieb

Als Leseband soll ein Bandförderer bezeichnet werden, dessen waagrecht umlaufendes Förderelement aus Gummiband, Segeltuch oder ähnlichem besteht, also eine geschlossene Fläche bildet. Mit Lesekette sei ein gleichfalls waagrecht arbeitender Förderer bezeichnet, dessen Förderelement eine Siebstabkette (Siebstabband) bildet; die Oberfläche wird von Stäben (Latten) verschiedener Stärke mit verschiedenen Zwischenräumen gebildet. Eine weitere Form stellt der Lesetisch dar, bei dem eine Kreisfläche mit geschlossener Oberfläche rotiert. Schließlich sind noch Lesesiebe bekannt, bei denen ein horizontal schwingendes Sieb mit Maschen oder nur Längsstäben benutzt wird. In allen Fällen wird das Gemisch mehr oder weniger horizontal vor den Lesepersonen vorbeigeführt.

Mit dem Leseband wurden keine Versuche angestellt. Aus Arbeitsbeobachtungen und aus den Erfahrungen mit Leseketten kann gefolgert werden, daß dem Leseband der Vorzug vor der Lesekette zu geben ist, da sich keine Beimengungen verhaken oder verklemmen können und keine unmittelbare Gefahr für die Finger der Lesepersonen besteht. Hinzu kommt, daß hin- und rücklaufendes Trum einer Lesekette ein sehr unruhiges Bild vor den Augen des Lesers erzeugen (Flimmern). Der Nachteil des Lesebandes, daß Kleinteile und Feinerde nicht durchrieseln können, ließe sich durch eine nachgeschaltete Siebstrecke leicht beheben.

Der runde Lesetisch hat bei unseren Versuchen keine Nachteile gegenüber der Lesekette gezeigt (Tafel 6), obwohl die einzelnen Abschnitte einer rotierenden Scheibe mit unterschiedlicher Geschwindigkeit umlaufen, was nach Aussage der Lesepersonen die systematische Arbeit erschwert. Bei einer nutzbaren Breite des

Lesetisches von 40 cm und einer mittleren Umlaufgeschwindigkeit von 0,2 m/s beträgt die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Innen- und Außenkante  $\pm 0,07$  m/s; entsprechend  $\pm 35\%$ .

Mit dem Lesesieb wurden keine Versuche angestellt. Es ist zu vermuten, daß eine schwingende Fläche die Lesearbeit mehr stört als fördert.

#### b) Greifraum

Für die Abmessungen einer Lesefläche ist der Mensch mit seinen unveränderbaren Körpermaßen bestimmend. Die sitzende Körperhaltung ist besser als die stehende; ein Wechsel der Körperhaltung sollte ermöglicht werden, um einseitige Muskelbelastungen, die zur vorschnellen Ermüdung führen, zu vermeiden.

Die günstigste Höhendifferenz zwischen Sitz- und Lesefläche liegt bei 27–28 cm (alle Maßzahlen beziehen sich auf den männlichen Normalmenschen nach SCHULTE [10]). Bei unbewegtem Oberkörper reichen die Hände etwa 50 cm schräg nach vorne und nach den Seiten je 30 cm. Mit diesen Maßen hätten wir den Greifraum als Fläche von  $0,5 \times 0,6$  m bestimmt; dabei muß allerdings der Oberkörper bewegt werden, um die Ecken dieses Greifraumes zu erreichen. Dieses Maß gilt für stehendes und sitzendes Arbeiten gleichermaßen. Die Sichtverhältnisse sind in einem solchen Greifraum noch zufriedenstellend, da der seitliche Unschärfbereich der Augen beim Geradeaussehen mit den Seitenkanten des Greifraumes zusammenfällt. Lediglich dicht vor dem Körper ist eine Zone von etwa 15 cm Breite, die schlecht zu sehen ist, das heißt, die nur durch willentliche Änderung der Kopfhaltung betrachtet werden kann; während dieser Zeit kann der übrige Raum nicht weiterbeobachtet werden. Schon aus diesem Grund sollte dicht vor dem Körper in etwa 15 cm Breite eine Sammelvorrichtung (Band, Trichter) für die ausgelesenen Teile sein.

#### c) Laufgeschwindigkeit und Belegungsdichte

Über die zweckmäßigste Laufgeschwindigkeit werden recht unterschiedliche Angaben gemacht. BRACKE [2] erzielte bei langsamer Bandgeschwindigkeit bessere Lesequalität und nennt als Höchstgeschwindigkeit 0,4 m/s. SCHMITZ [11] beschränkt die Geschwindigkeit bei Verlesebändern an Sortiermaschinen auf 0,15 m/s. GILFILLAN und RAMSEY [5] arbeiteten mit einer Geschwindigkeit von 0,29 m/s; die Gruppenleseleistung fiel bei Geschwindigkeiten über 0,35 m/s ab. GREEN [6, 7] fand eine Geschwindigkeit von 0,15 m/s als optimal. WILHELMY [8] arbeitete mit Geschwindigkeiten von 0,28; 0,35; 0,40 und 0,50 m/s in Abhängigkeit von der Belegungsdichte.

Wir haben eine eigene Versuchsserie mit einem Gemisch „26/50“ durchgeführt mit Geschwindigkeiten zwischen 0,1 und 0,8 m/s (Bild 9). Jede Geschwindigkeitsstufe wurde mit sechs Wiederholungen gefahren, die Geschwindigkeitsstufe wurde nach jedem Lauf geändert, so daß keine Gewöhnung bei den Versuchspersonen eintreten konnte. Die ausgelesenen Beimengungen wurden je

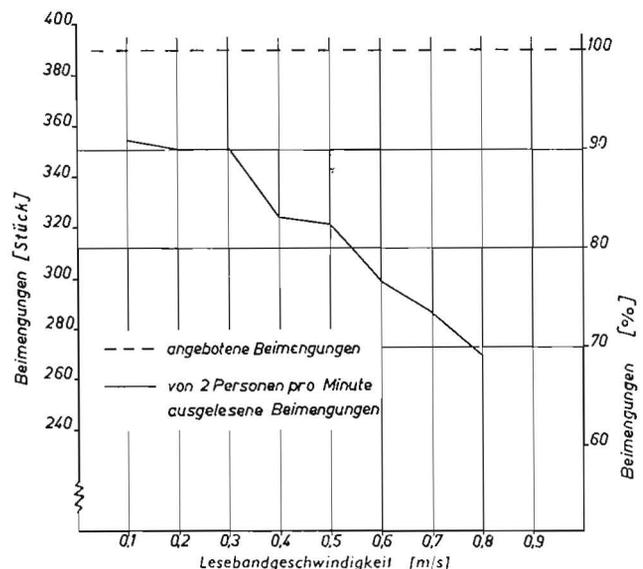


Bild 9: Abhängigkeit der Leseleistung von der Lesebandgeschwindigkeit

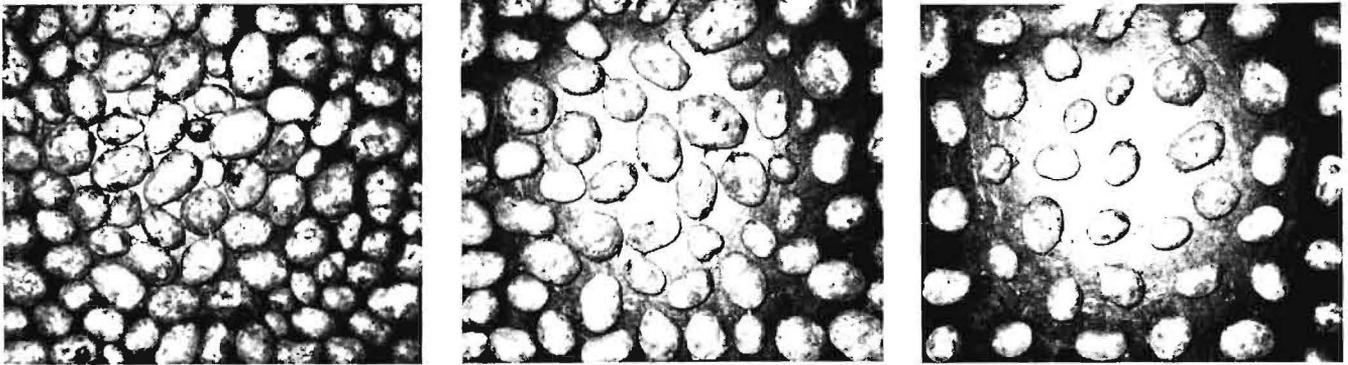


Bild 10: Belegung des Greifraumes  
links: Belegungsichte 100%; Mitte: Belegungsichte 65%; rechts: Belegungsichte 40%

Person gezählt. Auf Grund dieses Ergebnisses wurden die folgenden Versuche durchweg mit einer Bandgeschwindigkeit von 0,2 m/s gefahren.

Mit der Bandgeschwindigkeit hängt die Belegungsichte zusammen, denn bei gleicher Menge je Zeit wird mit steigender Geschwindigkeit die Belegungsichte abnehmen und umgekehrt. WILHELMY [8] ist dieser Frage nachgegangen, konnte aber keine klare Beziehung zwischen Belegungsichte und Leseleistung (Kartoffel lesen; nur Steine als Beimengungen) finden. Wir haben den Greifraum von  $0,5 \times 0,6 \text{ m} = 0,3 \text{ m}^2$  mit 100 Knollen im oben genannten Mischungsverhältnis belegt; die Knollen lagen dicht aneinander und bedeckten die Fläche (Bild 10). Im Mittel hatte demnach eine Kartoffel eine Fläche von  $0,003 \text{ m}^2$  beansprucht. Die Flächenbedeckung von Beimengungen, vor allem von Kraut, ist schwerer zu klären; deshalb unterstellten wir, daß 1 Stück Kartoffel = 1 Stück Beimengung sei. Für die Richtigkeit dieser Unterstellung spricht die Tatsache, daß bei 100%iger Belegungsichte nach dieser Rechnung die Lesekette zwar voll, aber noch klar einschichtig belegt war. Für die später beschriebenen Versuche errechnet sich bei der Bandgeschwindigkeit von 0,2 m/s eine Belegungsichte von 20—110%; eine Abhängigkeit der Leseleistung von der Belegungsichte konnte nicht festgestellt werden. Es muß auch bedacht werden, daß die Belegungsichte nur für den ersten Leser gilt, denn bei den folgenden ist das Gemisch „günstiger“, weil die Belegungsichte niedriger ist.

#### d) Bandneigung

Bei der Erntearbeit am Seitenhang könnte die Schräglage der Lesestrecke einen Einfluß auf die Leseleistung haben. Deshalb wurde eine Versuchsserie mit je zehn Wiederholungen bei einem Gefälle (Steigung) der gesamten Anlage von 8% und 16% quer zur Laufrichtung durchgeführt. Eine nachweisbare Beeinflussung der Leseleistung trat nicht ein, wenn die Leistung von zwei Personen, die sich gegenüberstehen, zugrundegelegt wird.

#### c) Laufrichtung

Die Lesefläche kann vor dem Körper der Lesepersonen vorbeilaufen, entweder von links nach rechts oder umgekehrt. Es ist aber auch eine Anordnung denkbar, bei der die Lesefläche auf den Leser zuläuft. Für die zuletzt genannte Lösung spricht die Überlegung, daß die Relativgeschwindigkeit der einzelnen Teile geringer ist als bei einem querlaufenden Band, die Teile lassen sich längere Zeit anvisieren und auswählen. Hinzukommt das Ergebnis der WASMUNDschen Untersuchungen [12], bei der genau entgegengesetzte Greifbewegungen (seitlich greifen, mittig ablegen) auszuführen waren. WASMUND fand die größte Zielgenauigkeit und Arbeitsgeschwindigkeit bei einem Legerad, das sich auf den Leser zubewegte. Bei Leseketten ist allerdings eine erhöhte Gefahr für die Finger an der Umlenkstelle vorhanden! Versuche mit dieser Anordnung wurden nicht gemacht. Bei einem querlaufenden Band wird die eine oder andere Person „lieber links“ oder „lieber rechts“ arbeiten. Wir haben zum Ausgleich die Plätze nach jeder Wiederholung gewechselt; eine Gewöhnung war dadurch nicht möglich und eine Beeinflussung der Versuchsergebnisse vermieden.

Tafel 6: Auslesen von Beimengungen

Zwei Lesepersonen, Kettengeschwindigkeit 0,2 m/s

Versuchsnummer	Angebotene Beimengungen [Stück/min]	Ausgelesene Beimengungen	
		[Stückprozent]	[Stück/min/Person]
13/10	78	98	38
16/10	96	97	47
7,5/30	135	100	68
9,5/30	171	99	84
7,5/50	225	98	111
13/30	234	95	111
9,5/50	285	88	126
16/30	288	91	131
7,5/70	315	86	136
13/50	390	79	154
22/30	396	76	150
9,5/70	399	83	165
7,5/100	450	68	154
16/50	480	74	178
13/70	546	61	167
9,5/100	570	63	176
19/50	570	60	171
22/50	660	54	178
16/70	675	56	193
13/100	780	48	187
19/70	798	48	193
22/70	924	44	203
16/100	960	43	207
19/100	1140	41	232
22/100	1320	39	260

## 2. Lesen von Beimengungen

### a) Leistungsvermögen

Entsprechend den bereits gemachten Angaben zum Gemisch wurden Versuche mit je zehn Wiederholungen durchgeführt. Das Ergebnis zeigt Tafel 6.

Ausgehend von der angebotenen Stückzahl Beimengungen ist die ausgelesene Stückzahl Beimengungen je Minute und Person an-

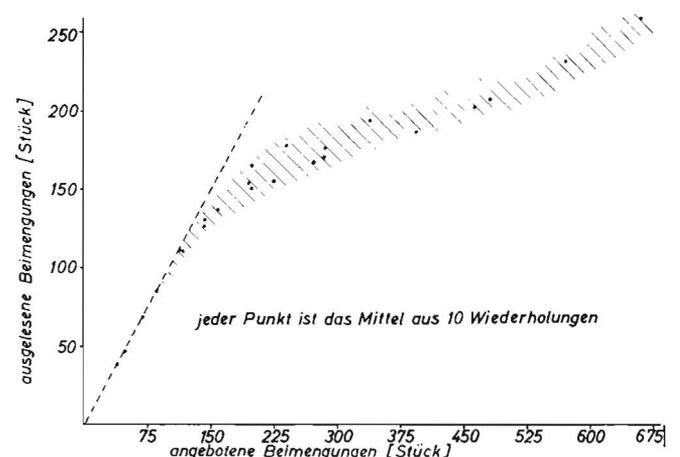


Bild 11: Abhängigkeit der Leseleistung vom Angebot in Stück (Stück/min/Person)

gegeben, die sich unabhängig vom prozentualen Anteil der Beimengungen am Gesamtgemisch in einem sehr schmalen Bereich hält (Bild 11). Es kann also gesagt werden, daß beim Auslesen von Beimengungen allein die zugeführte Stückzahl je Zeiteinheit für die Leistung maßgebend ist und nicht der Prozentsatz der einzelnen Beimengungen am Gesamtgemisch.

Die Anzahl der Knollen, die gleichfalls über das Band laufen, scheint keinen Einfluß auf die Leseleistung zu haben. Eine exakte Begründung hierfür läßt sich nicht ableiten, doch scheint die Leseperson sich mit Auge und Hand so auf das Erkennen und Ergreifen der Beimengungen einzustellen, daß die Knollen kaum mehr wahrgenommen werden; das starke Absinken der ausgelesenen Stück Lesekartoffeln bei steigender Beimengungszahl spricht für diese Annahme. Diese Aussage gilt jedoch nur, solange die Beimengungen vorwiegend mit gezielten Einzelgriffen ausgelesen werden müssen und Sammelgriffe nicht möglich sind.

Bis zu 110 Stück/min/Person werden praktisch alle angebotenen Beimengungen bei der hier gewählten Versuchsanordnung ausgelesen. Ein verbleibender Rest von 3,5 Stückprozent Beimengungen in den Kartoffeln ist ohne Bedeutung, sowohl für die Lagerung wie auch für den Verkauf, wenn man berücksichtigt, daß die Knollen vor dem Verkauf als Speiseware sowieso nochmals über eine Sortiermaschine laufen. Mit weiter steigendem Angebot steigt die Leseleistung langsamer und erreicht bei etwa 300 Stück/min/Person (Angebot) ihr Optimum mit etwa 170 Stück/min/Person. Dieser Wert kann, unabhängig von den hier vorliegenden Verhältnissen, als Dauerleistung für den praktischen Betrieb gelten und wurde auch, wie die später noch zu besprechenden Dauerversuche zeigen, über längere Zeiträume beibehalten.

Im mittleren Teil zeigt die Kurve in Bild 11 die zu erwartende Tendenz zur Waagerechten, die aber bei einem Angebot von 500 Stück unterbrochen wird: Die Kurve zeigt wieder steigende Tendenz. Die Erklärung hierfür liegt in der Änderung der Greifbedingungen, denn bei einem so großen Angebot kann die Leseperson beidhändige Sammelgriffe tätigen, mit denen zweifellos eine größere Stückzahl erreicht wird als mit gezielten Einzelgriffen. Bei dieser Greiftechnik läßt sich allerdings nicht vermeiden, daß Knollen mit erfaßt werden, doch liegt der Prozentsatz dieser „Fehlstücke“ unter 1%, fällt also kaum ins Gewicht.

Bild 12 zeigt das Ergebnis in einer anderen Form: In Abhängigkeit von der angebotenen Stückzahl Beimengungen wird das Ausleseergebnis in Prozent vom Angebot angegeben. Außerdem sind die Meßpunkte, die bei gleichem Beimengungsanteil am Gesamtgemisch ermittelt wurden, durch Linien verbunden. Hier zeigt sich vielleicht noch klarer als in Bild 11, daß die Beimengungsstückzahl das Ausleseergebnis beeinflußt und nicht der Beimengungsanteil, nicht die Knollenzahl und auch nicht die Gesamtstückzahl des Gemisches.

Aus Bild 12 läßt sich beispielsweise entnehmen, daß bei einem Angebot von 350 Stück/min/Person jede Person über 50% des Angebotes (etwa 185 Stück) ausliest. Die Versuchung liegt nahe, daraus nun weiter zu folgern, daß vier Personen somit annähernd 100% auslesen würden, was aber keineswegs zutrifft. Alle hier wiedergegebenen Versuche wurden mit zwei Personen durchgeführt; daneben wurden auch kleine Versuchsreihen mit drei Lesepersonen angesetzt, um einen Anhaltspunkt zu bekommen für die Leistung beim Einsatz mehrerer Personen. Genau genommen müßten für die Beantwortung der Frage nach der Leseleistung mehrerer Personen noch umfangreiche Versuchsreihen angestellt werden, doch läßt die Fülle des Materials der bisherigen Versuche zusammen mit den Ergebnissen mit drei Lesepersonen schon jetzt eine klare und gesicherte Aussage zu:

Bei der Arbeit an Leseketten von Kartoffelsammelrodern, bei denen die Lesepersonen zu beiden Seiten der Kette arbeiten können, sollte möglichst mit 2, 4 oder 6 Personen gelesen werden, die sich paarweise versetzt gegenüberstehen (-sitzen). Die Leseleistung einer solchen Mannschaft kann mit 140 Stück/min/Person im Dauereinsatz angesetzt werden.

Diese Mannschaftsleistung läßt sich wie folgt belegen: Bei einem Angebot von 560 Stück/min lesen zwei Personen zusammen 340 Stück/min aus; es verbleibt somit ein Rest von 220 Stück/min. Bei einem Angebot von 220 Stück/min lesen weitere zwei Personen ohne Schwierigkeit diese Zahl bis auf einen geringen Rest aus.

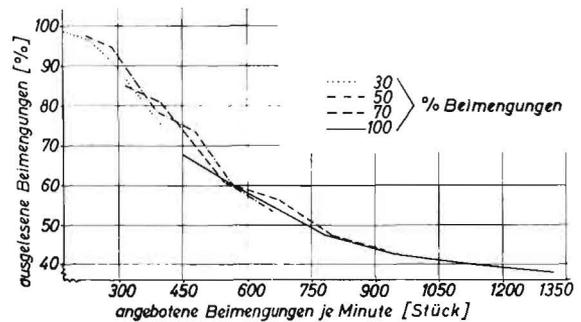


Bild 12: Prozentuale Leseleistung in Abhängigkeit vom Angebot in Stück

so daß also vier Personen zusammen das ganze Angebot von 560 Stück bewältigen, je Person mit einer durchschnittlichen Leistung von 140 Stück/min. Es ist nicht richtig, die Leseleistung am einzelnen Arbeitsplatz zu ermitteln und daraufhin beispielsweise festzustellen, daß „der Leser Nr. 4“ unrentabel sei, weil ihm nur noch ein kleiner Prozentsatz zum Auslesen verbleibt. Schon oben wurde gezeigt, daß mit steigenden Beimengungszahlen auch die Leseleistung steigt, weil das Ergreifen der auszulesenden Stücke leichter bei großen Stückzahlen erfolgt (Sammelgriff) und umgekehrt bei geringem Angebot das Ergreifen der Einzelstücke zeitaufwendiger ist (Einzelgriff).

Die Frage nach dem Einfluß der Gemischzusammensetzung auf die Leseleistung wurde in einer gesonderten Versuchsreihe geklärt, bei der im Gegensatz zu den sonstigen Versuchen (25% Kraut, 40% Kluten, 25% Steine, 10% Lesekartoffeln) mit einem Mischungsverhältnis von 10% Kraut, 60% Kluten, 20% Steinen und 10% Lesekartoffeln gearbeitet wurde. Ein gesicherter Einfluß auf die Leseleistung war durch die geänderte Gemischzusammensetzung nicht festzustellen; insgesamt war eine etwas höhere Leistung zu verzeichnen, die vielleicht auf den hohen Anteil Kluten zurückzuführen ist, die sich besser greifen lassen als Steine und Lesekartoffeln.

#### b) Relative Bevorzugung von Beimengungsarten

Bei der Aufarbeitung des gewonnenen Zahlenmaterials stellten wir fest, daß mit steigendem Angebot einzelne Beimengungsarten vernachlässigt wurden; die Auswertung führte zu Bild 13. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, daß die Lesepersonen jeder Beimengungsart die gleiche Sorgfalt widmen; in diesem „Idealfall“ würden alle Punkte auf der Waagerechten liegen, bei vier Beimengungsarten demnach 25%. Die „Vernachlässigung“ bzw. „Bevorzugung“ beginnt schon bei niedrigem Angebot und nimmt stetig zu. Die Lesekartoffeln lassen sich viel schwerer erkennen als Kluten, Steine oder gar Kraut, was sich in dem fast geradlinig abfallenden Bereich für Lesekartoffeln im Bild 13 ausdrückt. Diese „Benachteiligung“ hat zwangsläufig eine „Bevorzugung“ der anderer Teile zur Folge, die zunächst — bei Beimengungszahlen bis etwa 300 Stück/min — Kraut, Kluten und Steinen gleichermaßen zugute kommt. Zwischen 300 und 600

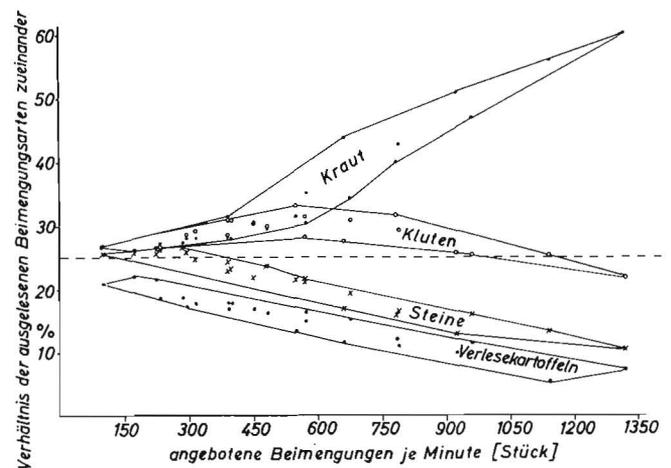


Bild 13: Relative Bevorzugung beziehungsweise Vernachlässigung einzelner Beimengungsarten in Abhängigkeit vom Angebot in Stück

Stück/min bleiben nur noch Kraut und Kluten im Bereich der „Bevorzugung“, Steine werden dagegen mehr und mehr „vernachlässigt“. Über 600 Stück/min liegt die „Bevorzugung“ ausschließlich bei Kraut.

Wie kommt es zu dieser „Bevorzugung“ beziehungsweise „Benachteiligung“ der einzelnen Beimengungsarten? Das Erkennen und Greifen dürften für das Verhältnis der ausgelesenen Beimengungsarten zueinander ausschlaggebend sein; vor allem die Krautteile lassen sich nicht nur gut erkennen und greifen, sondern stören auch — besonders bei größeren Stückzahlen — stark den weiteren Lesevorgang, weshalb zunächst diese Teile herausgelesen werden. Auch die erdfarbigen, rauen Kluten unterscheiden sich gut von den hellen Kartoffeln und sind in großer Zahl im Gemisch, lassen sich also leicht erkennen und greifen. Steine sind dagegen glatt und in geringerer Zahl im Gemisch, werden schwerer erkannt und rutschen leichter aus der Hand. Das Erkennen der auszuweisenden Knollen ist am schwierigsten, denn mit nach unten liegenden oder vom Leser abgewandten Schnittstellen lassen sie sich kaum von gesunden Knollen unterscheiden.

### c) Dauerleistung

Über die Dauerleistung finden sich in der Literatur divergierende Angaben, die vermutlich mehr auf Beobachtungen, Überlegungen usw. denn auf Versuchen basieren. So nennt HECHELMANN [13] eine „durchschnittliche Dauerleistung von 65 Stück Beimengungen in der Minute. Form und Größe der Beimengungen bewirken dabei Leistungsabweichungen nach oben und unten.“ Bei Sammelgriffen lassen sich nach HECHELMANN durchschnittlich 100 Beimengungen sammeln, bei „raffender Bewegung“ sogar bis 200 Stück/min. SCHÄFER [14] fand beim Lesen von Steinen nach mechanischen Trennvorrichtungen eine Dauerleistung von 90 Stück/min. GREEN [7] konnte beim Lesen von Steinen eine Maximalleistung von 195 Stück/min bei einem Angebot von 400 Stück/min nachweisen.

Die Versuche zur Ermittlung der Leseleistung dauerten aus technischen Gründen nur jeweils 80 s. Ob die Ergebnisse dieser Kurzzeitversuche übertragbar auf beispielsweise einen Halbtage sind, mußte offenbleiben, solange nicht im Dauerversuch der Beweis dafür erbracht werden konnte.

Für einen Dauerversuch wurde ein Sammelroder benutzt. Dieser Roder hat eine Lesekette, die den oben genannten Abmessungen fast genau entspricht, so daß mittels Abteillatte leicht die gewünschten Maße hergestellt werden konnten (Bild 14). Mit Hilfe eines Förderbandes wurde der Kreislauf von der Lesekette zur Siebkette geschlossen; die gelesenen Beimengungen wurden von der Abgangskette sofort in den Kreislauf zurückgegeben. Der Antrieb der Maschine erfolgte mit einem Schlepper, so daß die Feldbedingungen wirklichkeitsnah simuliert waren. Da der Roder mit einer Krauttrennung versehen ist, mußte das Beimengungsverhältnis geändert werden in 0:60:40:0. Je Sekunde wurden 13 Kartoffeln zugeführt, die Lesekettengeschwindigkeit betrug 0,2 m/s. Jede Person las 6×15 min mit dazwischenliegenden Pausen von je 5 min. Das fehlende Erdpolster auf den beiden Siebketten führte zu starken Beschädigungen, so daß nach 1½ St das Gemisch verbraucht war. Das Ergebnis dieses Versuches zeigt Tafel 7.



Bild 14: Lesestrecke am Sammelroder; günstige Arbeitsrichtung

**Tafel 7: Auslesen von Beimengungen im Dauerversuch**  
Gemisch „26/50“; 60 % Kluten, 40% Steine, Bandgeschwindigkeit 0,2 m/s, 1 Leseperson

Laufzeit [Minuten]	an- geboten [St/min]	Versuchsperson W ausgelesen		Versuchsperson R ausgelesen	
		[St/min]	[Stück- prozent]	[St/min]	[Stück- prozent]
15	390	183	47	219	56
15	390	184	47	214	55
15	390	180	46	214	55
15	390	183	47	214	55
15	390	197	51	224	58
15	390	206	53	221	57
Mittel	390	189	49	218	56

(W) las im Mittel 189, R 218; dieser Unterschied muß auf die größere Fingerfertigkeit von (R), aber auch auf dessen Ehrgeiz zurückgeführt werden, denn (W) las am Vormittag des gleichen Tages und seine Leistung war schon bekannt, als (R) nachmittags las. Man kann dieses Ergebnis nicht direkt auf den praktischen Fall übertragen. Zusammen mit den Ergebnissen der Serienversuche ergibt sich aber eine mit Sicherheit zu erreichende Dauerleistung von 170 Stück/min. Dabei darf auch nicht übersehen werden, daß Männer für solche Arbeiten weniger geeignet sind als Frauen und in der Mehrzahl der Fälle diese Arbeit von Frauen ausgeführt wird.

### 3. Lesen von Kartoffeln

Das Lesen von Kartoffeln aus einem Gemisch wurde von GILFILLAN und RAMSEY [5], vor allem aber von WILHELMY [8] ausführlich untersucht, so daß kein Anlaß vorlag, diese Frage zusätzlich aufzugreifen. Zur Kontrolle und zu Vergleichszwecken haben wir aber bei einigen Versuchsreihen je zwei Durchgänge mit der Aufgabenstellung „Kartoffellesen“ angehängt.

#### a) Leistungsvermögen

Die Leseversuche „Kartoffeln aus Beimengungen“ wurden mit der oben beschriebenen Versuchsanlage gemacht. Zwei Lesepersonen standen sich gegenüber und lasen die Knollen in Behälter, die neben der Kette angeordnet waren. Versuchsdauer je 80 s, Vorschub 0,2 m/s; es wurde das gleiche Gemisch wie bei den Versuchen „Beimengungen aus Kartoffeln“ benutzt.

Wie Tafel 8 zeigt, sinkt mit steigendem Beimengungsanteil die Leseleistung und steigt mit steigendem Angebot, sinkt jedoch relativ gesehen rasch ab (bei 50% Beimengungen von 70% über 51% auf 46%; bei 70% Beimengungen von 66% über 48% auf 43%). Die geringe Zahl von Versuchen läßt keinen endgültigen Schluß zu, doch wird sich bei ausgedehnteren Versuchsreihen die Tendenz vermutlich in dem aufgezeigten Bereich halten.

#### b) Dauerleistung

Für das Lesen von Kartoffeln mußte, genau wie für das Lesen von Beimengungen, die Frage nach der Dauerleistung gestellt werden. Gleichzeitig interessierte auch, ob eine Beziehung zwischen Tageszeit und Leistung besteht, wie sich der Übungsgrad auswirkt und wo die obere physische Leistungsgrenze liegt.

Im März 1960 wurde während 3×8 Std die Leseleistung ermittelt. Gelesen wurde von zwei Personen, die sich an einer Lesekette gegenüberstanden, die bereits oben beschrieben wurde. Die ausgelesenen Kartoffeln wurden gezählt; die Lesekette war etwa 2,5 m

**Tafel 8: Leseleistung bei Kartoffeln**  
(Stück/min/Person)

Beimengungen [Stückprozent]	Angebotene Kartoffeln		
	570 Stück/min	780 Stück/min	960 Stück/min
30	—	213	252
50	200	205	221
70	187	188	207

über Flur angeordnet, die ausgelesenen Teile liefen durch Rinnen und wurden dort gezählt. Am Ende der Lesekette wurden die nicht gelesenen Teile gleichfalls auf eine Rinne übergeben, die gemeinsam mit den beiden anderen Rinnen zu einem Förderband führten, wo die ursprüngliche Zusammensetzung des Gemisches wieder erreicht wurde. Über der Lesekette befanden sich zwei Siccatherm-Lampen mit je 250 W zur Beleuchtung und Erwärmung des Arbeitsfeldes.

Eine mechanisch oder elektrisch gesteuerte Zählrichtung für die ausgelesenen Knollen konnte nicht gebaut werden, da 2—3 Knollen zur gleichen Zeit die Rinne passieren und eine Zählrichtung einfacher Bauart diesen gleichzeitigen Durchgang mehrerer Stücke nicht registrieren kann. So mußte von Beobachtungspersonen gezählt werden, die mit Stückzählern ausgerüstet waren und je fünf Knollen als eine Einheit auf dem Zählwerk registrierten. Trotz starker zusätzlicher Beleuchtung der Sammelrinnen war das Zählen für die Beobachtungspersonen anstrengend und ermüdend, so daß die Zählung nur im Abstand von 5—10 min während 10 min vorgenommen werden konnte. Das Gemisch entsprach der Versuchs-Nr. 32/30, d.h. es wurden 16 Kartoffeln je Sekunde (960/min) mit 30% Beimengungen (288/min) den Lesern zugeführt; das Einzelknollengewicht betrug 80 g.

Entsprechend der Rodearbeit auf dem Feld, wo jeder Furchenzeit eine Wendezeit folgt, regelmäßig die Versorgungszeit für das Umladen der Säcke auftritt, also kurze und lange Pausen gemacht werden, wurde bei den Dauerversuchen etwa 15 min ohne Unterbrechung (von Störungen abgesehen) gearbeitet und dann eine kurze Pause von 2—5 min eingelegt. Einmal am Halbtage wurde eine längere Pause von 15—25 min gemacht. Die gesamte Arbeitszeit lag bei der Halbtagsarbeit bei etwa 4 Std. Die Versuche liefen über insgesamt sechs Halbtage. Während der ersten vier Halbtage wurde im Stundenlohn gearbeitet, an den letzten beiden Halbtagen wurde dagegen Akkordlohn bezahlt, was aber erst am Morgen des letzten Tages bekanntgegeben wurde, damit die Versuchsperson ihre Arbeitsleistung nicht vorher bewußt oder unbewußt darauf abstimmen konnte. Während der Akkordarbeit sollte die Höchstleistung erreicht werden; deshalb wurde für eine 30%ige Mehrleistung gegenüber den Vortagen eine 100%ige Lohnerhöhung vereinbart, was einen echten Anreiz darstellte. Die Versuchsperson (J) war eine verheiratete Landarbeiterin von 23 Jahren, die abwechselnd mit zwei Versuchstechnikern (W, R) zusammenarbeitete.

Bild 15 zeigt über der Fortschrittszeit in Minuten, die während der sechs Halbtage fortlaufend gezählt wurde, die Leseleistung der weiblichen Versuchsperson (J). Trotz der recht starken Schwankung<sup>2)</sup> in der Leseleistung ist in den ersten drei Halbtagen eine steigende Tendenz klar erkennbar; dies ist die Einübungszeit. Die starken Schwankungen kommen wahrscheinlich daher, daß sehr viel mehr Stück je Minute angeboten wurden als jemals ausgelesen werden konnten und weiterhin daran, daß sich aus diesem hohen Angebot kein psychologischer Zwang zur möglichst vollständigen Auslese ergab. So geben die Meßwerte neben der manuellen Geschicklichkeit (Übungsgrad) vor allem die jeweilige Leistungsbereitschaft an. Umgekehrt läßt sich aber aus diesen Schwankungen wieder ableiten, daß kurzzeitige Änderungen im Angebot — die bei der Feldarbeit häufig auftreten — von den Lesepersonen bis zu einem bestimmten Grad aufgefangen werden können.

Beim Wiederbeginn der Arbeit nach längeren Pausen (Mittagessen, Nachtruhe, Wochenende) liegt die Leistung deutlich tiefer als vor Beginn der Pausen. Läßt man den ersten Halbtage (Nachmittag) als Übungszeit unberücksichtigt, so zeigen die Leistungen am Vormittag auch bei dem Akkordversuch steigende Tendenz, wogegen der Nachmittag leicht sinkende Tendenz zeigt. Beim Vergleich mit der bekannten physiologischen Leistungskurve zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung. Die mittlere Leistung je Halbtage zeigt Tafel 9.

<sup>2)</sup> Anfangs wurde bemerkt, daß die Lesepersonen jeweils beim Einsetzen der Zählungen ihre Leistung steigerten, weshalb im weiteren Verlauf die Zählungen möglichst unauffällig ausgeführt wurden und die Lesepersonen im unklaren blieben, ob gerade gezählt wurde oder nicht

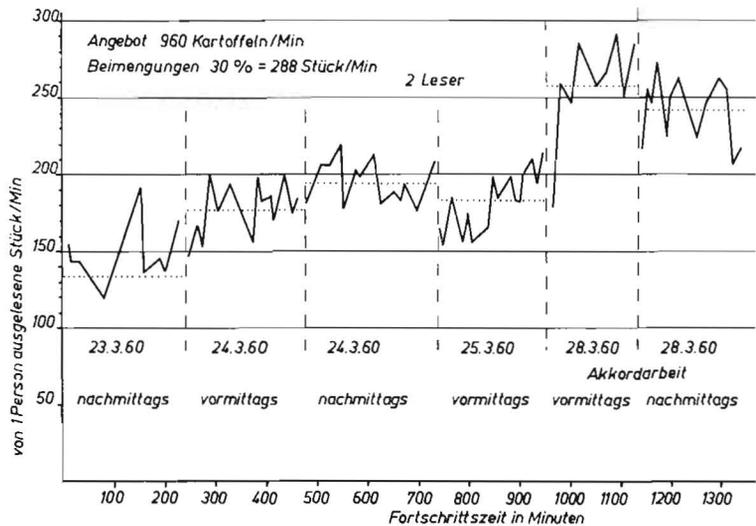


Bild 15: Leseleistung der weiblichen Leseperson beim Dauerversuch „Kartoffellesen“

Verglichen mit den Kurzzeitversuchen (Tafel 6) liegt die Dauerleistung deutlich niedriger; eine mittlere Leistung von 170 Stück/min wird sicher erreicht. Das Ergebnis deckt sich also mit den Ergebnissen des Dauerversuches „Beimengungen aus Kartoffeln“.

Das Ergebnis der Akkordleistungsversuche liegt über Erwartung hoch und darf keinesfalls zur Festlegung irgendwelcher Leistungssätze herangezogen werden. Es ging bei diesem Versuch lediglich darum, die mögliche Höchstleistung für Vergleiche mit den Kurzzeitversuchen festzustellen. Die Versuchspersonen waren am Ende der letzten beiden Halbtage regelrecht ausgepumpt und nicht mehr bereit, in diesem Tempo weiterzuarbeiten; das schnelle Absinken der Leistung am Ende des letzten Halbtages macht dieses deutlich.

### c) Kreislaufbelastung

Über die Belastung des Menschen beim Lesen von Kartoffeln sind Untersuchungen und Versuche nur von LÜDEMANN und FREUDENBERG [15] gemacht worden. LÜDEMANN ließ auf einer Versuchsfläche von 200,0 × 1,5 m durch Frauen einmal in der üblichen Form Kartoffeln nach einem Schleuderröder in Körbe sammeln, zum anderen von einem sogenannten Tiefsitzkarren aus auflösen und maß die Pulsfrequenzdifferenz. Inwieweit die Ergebnisse des Tiefsitzkarrens mit einer Arbeitspulzfrequenz-Differenz (APFr, Diff.) von 8—15 wirklich erreicht werden können, soll nicht weiter diskutiert werden. Die Werte für das althergebrachte Verfahren mit einer APFr, Diff. von 30—50 scheinen zutreffender, weisen aber auch in ihrer absoluten Höhe auf schnelle Arbeit hin. Leider sind die gelesenen Stück Kartoffeln nicht bekannt, so daß ein Vergleich mit unseren Ergebnissen schwierig ist. Die Autoren gingen von einem Ertrag von 250 dz/ha aus, ließen jede Versuchsperson einen Streifen von 0,75 m Breite lesen und fuhren den Tiefsitzkarren mit 0,32 km/h (0,084 m/s) über die Versuchsstrecke.

Wir stellten eigene Versuche 1960 an, und zwar mit einer Lesekette; es wurden Kartoffeln aus dem Gemisch gelesen. Die Furchenlänge betrug 92,5 m, die Rodegeschwindigkeit 0,55 km/h (0,15 m/s),

Tafel 9: Mittlere Dauerleseleistung je Halbtage

Datum	Tageszeit	Versuchsperson		
		J ♀	W ♂	R ♂
23. 3.	nachm.	144	148	—
24. 3.	vorm.	178	—	175
24. 3.	nachm.	194	—	195
25. 3.	vorm.	183	179	—
28. 3.	vorm.	258	203	—
28. 3.	nachm.	242	—	244

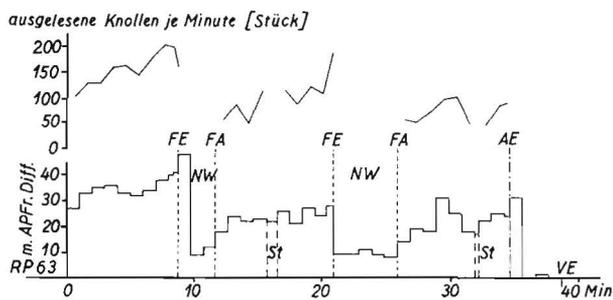


Bild 16: Mittlere Arbeitspulsfrequenzdifferenz und Leseleistung beim Lesen von Kartoffeln an einem Sammelroder

die Lesekette lief mit 0.2 m/s. Die gelesenen Stück wurden fortlaufend gezählt, desgleichen der Puls der Versuchsperson (N) mit einem Pulszähler nach BROICHER. Nach je drei Furchen wurde der Ruhepuls eingestellt. Bild 16 gibt einen typischen Verlauf der Leseleistung und der mittleren APFr. Diff. bei diesen Versuchen wieder. Das arithmetische Mittel der gemessenen APFr. Diff. betrug 27,5 mit Schwankungen von 21—34. Bei einer Dauerleistungsgrenze von 30—40 Arbeitspulsen nach LEHMANN [16] entsprechen die gemessenen Werte etwa der Kreislaufbelastung mittelschwerer Arbeit. Die Muskelarbeit war bei diesen Versuchen nicht schwer, allerdings wurden schnelle Bewegungen verlangt. Die nervliche Belastung stand sicherlich über der Muskelbelastung, was auch ans dem schnellen Absinken der Kurve am Furchenende und bei Versuchsende abgeleitet werden darf. Berücksichtigt man die geringe Übung der Versuchsperson (N) (drei Tage vor dem Versuch wurde 5 Std bei normaler Ernte geübt), so dürfte die mittlere APFr. Diff. für das Lesen von Kartoffeln an einer Lesekette etwa 22—25 betragen.

Bild 17 gibt die Beziehung zwischen der Leseleistung (Stück/min) und den Arbeitspulsen (mAPFr. Diff.) zu erkennen. Die Regressionsgerade wurde aus 61 Meßwerten errechnet. Bei einer mittleren Leseleistung von 140 Stück/min ergibt sich schon der genannte mittlere Arbeitspuls von 27,5. 35 Arbeitspulse — was etwa der Dauerleistungsgrenze einer männlichen Arbeitsperson entspricht — werden bei etwa 184 Stück/min erreicht.

#### 4. Feldversuche

Um einen Vergleich zwischen unseren Laboratoriumsversuchen und dem praktischen Betrieb zu bekommen, führten wir 1960 auf einer Parzelle unseres Versuchsgutes einen Feldversuch durch. Der benutzte Kartoffelsammelroder hat keine Krauttrennvorrichtung und eine waagrecht liegende Lesekette mit beidseitiger Abgangskette, die in etwa unserer Versuchlesekette entspricht. Die Laufgeschwindigkeit der Lesekette betrug durch entsprechend gewählte Motordrehzahl des Schleppers und Getriebeeinstellung am Roder 0.2 m/s.

Die Lesearbeit wurde von zwei männlichen Versuchspersonen durchgeführt: Ein Versuchstechniker (R), der schon bei den Laboratoriumsversuchen mitgearbeitet hatte sowie eine aus der praktischen Landarbeit kommende, aber für die Arbeit dieses Versuches ungebühte Versuchsperson (N). Es wurden Beimengungen aus dem Kartoffelgemisch gelesen. Gerodet wurde mit einer mittleren Geschwindigkeit von 0.55 km/h.

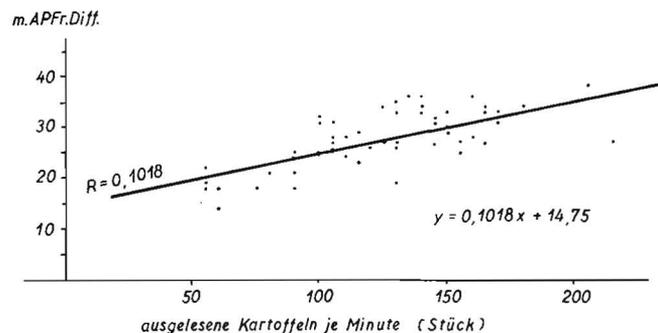


Bild 17: Abhängigkeit der mittleren Arbeitspulsfrequenzdifferenz von der Leseleistung; bei Sammelroder

Obgleich es sich um eine kleine Versuchsparzelle mit 90 m Damnlänge und gleichmäßigem Boden handelte, schwankten die Beimengungsprozentsätze zwischen 141 und 490 Stückprozent. Dasselbe gilt für die einzelnen Beimengungsarten innerhalb des Gemisches (Tafel 10). Die gesamte Versuchsstrecke, auf der ausgelesen und ausgezählt wurde, betrug 354,78 m.

Bei der Lesearbeit selbst machte sich der Übungsfaktor der Versuchsperson (R) weniger bemerkbar durch größere Leseleistung als durch gezieltere Griffe, also weniger Fehlleistungen. Im Mittel der 24 durchgeführten Versuche las (N) 186 Stück Beimengungen je Minute aus mit 7.2 Fehlstücken (= Stück gesunde Kartoffeln) und (R) 196 Stück je Minute mit nur 1,9 Fehlstücken.

Wegen des sehr stark schwankenden Angebotes sind diese Versuche zum Vergleich mit den Laboratoriumsversuchen nicht geeignet. Verwertbar ist lediglich die gezählte Leseleistung von 186 beziehungsweise 196 Stück je Minute, die beweist, daß bei Laboratoriumsversuchen ermittelte Werte auch in der Praxis Gültigkeit haben.

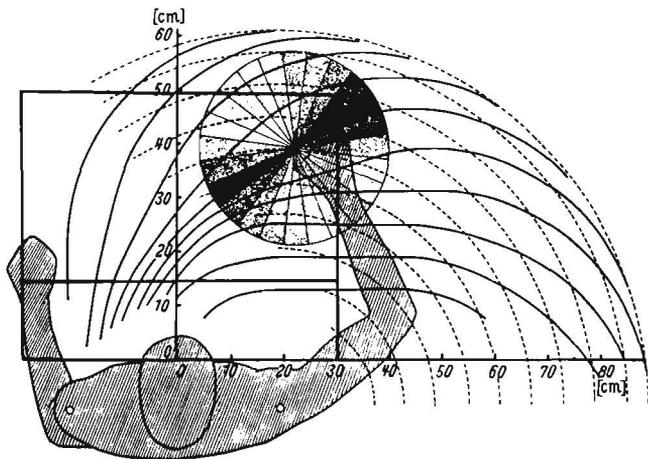
#### 5. Greifen und Auswählen

Beim manuellen Trennen eines Gemisches wird mit den Augen ausgewählt, was mit den Händen und Fingern gegriffen werden soll. Kleine Korrekturen, also nachgreifen oder wieder zurückfallen lassen, werden durch das Tastgefühl gelenkt. Bei den oben beschriebenen Versuchen konnten die Zusammenhänge nur beobachtet und subjektive Feststellungen getroffen werden.

Aus dem Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund sind mehrere Arbeiten über Arm- und Handbewegungen bekannt geworden, die von grundsätzlichem Interesse sind. So berichtet ROHMERT [17] über neuere amerikanische Untersuchungen zum Thema „Geschwindigkeit und Genauigkeit von Handbewegungen“. Nach diesen Untersuchungen ist die günstigste Richtung für Handbewegungen 145°—325° (0° = sagital fern, 180° = sagital nah), also „von links vorne nach rechts hinten“. STIER [18] präzierte dieses Ergebnis und entwickelte ein Schema (Bild 18), das für jeden Punkt des Greifbereiches die günstigste Arbeitsrichtung angibt, also die Richtung, bei der die kürzeste Zeit für eine bestimmte Bewegung benötigt wird. Er schreibt wörtlich: „Tangenten an die ausgezogenen Linien (der Darstellung) geben für jeden Punkt des Arbeitsfeldes die Richtungen vorwiegender Unterarmbewegungen an. Der Kreis mit den verschieden stark getönten Sektoren ist beweglich vorzustellen und an der fraglichen Stelle so einzurichten, daß der schwarze Sektor parallel zu

Tafel 10: Leseleistung bei Feldversuchen

Ver- suchs- Nr.	Angebotene			Ausgelesene		Fehlgelesene	
	Kar- toffeln [Stück/ min]	Beimengungen [Stück/ min]	[Stück- proz.]	N	R	N	R
3	167	558	333	190	232	12	1,5
4	161	617	383	211	252	13,5	—
5	145	711	490	274	234	9	1
6	192	680	355	247	206	10,5	2,5
7	193	602	312	254	188	13,5	0,8
8	214	669	313	238	264	8,8	2,5
9	190	734	386	289	235	—	22
10	201	632	315	201	287	7,4	—
11	201	618	308	255	226	24,7	0,6
12	202	670	331	213	263	5,1	2,2
13	187	342	183	129	148	5,2	1,9
14	222	362	163	120	144	7,6	—
15	210	374	178	121	184	9,0	—
16	192	299	155	157	104	2,4	0,7
18	180	343	191	162	131	4,6	—
19	156	262	165	79	167	—	—
20	179	348	195	198	117	2,1	—
21	177	250	141	72	160	1,8	0,7
22	200	585	293	153	256	7,4	0,6
23	192	533	278	217	185	3,1	1,0
24	181	355	197	138	146	3,2	1,8
21	188	502	267	186	196	7,2	1,9



**Bild 18: Bewegungsrichtungen des Armes für jeden Punkt des Arbeitsfeldes**  
(nach STIER [18]). Das eingezeichnete Rechteck entspricht der Lesefläche von  $0,5 \times 0,6$  m

der nächsten ausgezogenen Linie verläuft. Dann gibt die zunehmende Helligkeit der Sektoren Richtungen zunehmender Bewegungszeit an“. Der Greifraum für die Leseleistung wurde bereits mit  $0,5 \times 0,6$  m ermittelt. Er wurde in das Schema von STIER eingetragen: Die Bewegungen beim Lesen sind vorwiegend mit dem Unterarm auszuführen und liegen dadurch im günstigen Bereich sowohl was die Genauigkeit als auch die Geschwindigkeit betrifft.

#### a) Beobachtungen

Das Auswählen der Teile, die aus einem Gemisch herausgelesen werden sollen, erfolgt nach Farbe, Form und Größe durch die Augen der Lesepersonen. Beim Lesen von „Beimengungen aus Kartoffeln“ werden vermutlich alle drei Unterscheidungsmerkmale mitwirken: Bei „Kraut“ vorwiegend die Größe, bei „Steinen“ die Farbe und bei „Kluten“ die Form; bei „Lesekartoffeln“ ist keines dieser Unterscheidungsmerkmale klar erkennbar, es sei denn, die Verletzung (Schnittstelle) liegt oben und wirkt als Farbunterschied. Damit ist das schnelle Absinken der Zahl gelesener Lesekartoffeln zu erklären. Je länger ein Gemisch zu Versuchen benutzt wurde, um so ähnlicher wurde die Färbung. Eine Beinträchtigung der Lescarbeit trat aber nicht ein, denn die Formunterschiede zwischen den runden Kartoffeln und den kantigen Kluten blieben, ebenso der Farbunterschied zwischen Steinen und den übrigen Gemischteilen.

Das Lesen verlangt neben dem Auswählen das Greifen der Teile, den Transport zur Ablegestelle (Lastweg) und das Zurückführen der Hände zum neuerlichen Greifen (Leerweg). Beim Greifen lassen sich mehrere Techniken unterscheiden:

1. der Einzelgriff; ein Stück wird erfaßt und sofort anschließend abgelegt.
2. der Mehrfachgriff; die Stücke werden von jeder Hand für sich ergriffen und gemeinsam abgelegt.
3. der Sammelgriff; die Stücke werden mit beiden Händen gemeinsam (schöpfend) erfaßt und gemeinsam abgelegt.

Alle diese Techniken werden unbewußt in Abhängigkeit vom Angebot angewendet, wobei individuelle Unterschiede beobachtet werden konnten: Flinke Personen, vor allem Frauen, greifen öfter — dabei weniger Stück je Griff. Bei den Dauerversuchen „Lesen von Kartoffeln“ wurde zeitweilig durch eine zusätzliche Beobachtungsperson die Zahl der beidhändigen Armbewegungen beim Ablegen der gelesenen Knollen und die Zahl der gelesenen Knollen ermittelt.

Bei gleicher Leseleistung (242 Stück/min) macht (R ♂) nur 35 Mehrfachgriffe mit 7 Stück je Griff, das heißt er macht möglichst wenig Lastwege; (J ♀) macht fast  $\frac{1}{3}$  mehr Lastwege, führt aber jeweils nur 5 Stück mit. Beide Techniken führten zum gleichen Erfolg.

#### b) Filmauswertung

Die Arm- und Handbewegungen beim Lesen laufen so schnell ab, daß sie mit der reinen Beobachtung nicht mehr exakt erfaßt werden

können. Auch die Stoppuhr hilft nicht mehr weiter, wenn die Einzelzeiten beispielweise für das Greifen oder für den Lastweg erfaßt werden sollen. Schon GILFILLAN und RAMSAY [5] haben bei ihren Feldversuchen mit der Filmkamera mit 64 Bildern je Sekunde gearbeitet (64 Belichtungen je Sekunde = 64 B/s), vornehmlich aber zur Analysierung des Gemisches, aus dem gelesen wurde. Daneben wurde auch die „Zykluszeit“<sup>3)</sup> in Abhängigkeit von der zurückgelegten Entfernung ermittelt und der Zeitaufwand für die einzelnen Phasen beim Lesen. Sie berichten, daß die Leser bestrebt waren, beidhändig und rhythmisch zu arbeiten. Bei Versuchen im Jahre 1950 ergaben sich Zykluszeiten zwischen 0,62 und 0,97 min bei einer maximalen Reichweite von 46 cm; es wurde

<sup>3)</sup> Als Zyklus werden die vier Phasen beim Lesen bezeichnet, nämlich Greifen, Lastweg, Ablegen, Leerweg



**Bild 19: Filmaufnahme von der Lesearbeit**  
Bildabstand =  $\frac{1}{12}$  Sekunde, Vergrößerung 2: 1

zum Körper hin abgelegt. Wörtlich heißt es: „Praktisch gesehen sind die Zykluszeiten direkt proportional zum Greifabstand; . . .“.

Mit Filmaufnahmen ist es möglich, eine schnelle Bewegung beliebig oft und beliebig langsam ablaufen zu lassen. Der Zeitabstand zwischen den einzelnen Filmbildern ist konstant und genau bekannt, so daß Kurzzeitmessungen möglich sind (Auszählen der Bilder). Durch die optische Verzeichnung bei Aufnahme und Wiedergabe sind der Messung von Strecken Grenzen gesetzt, sofern nicht Maßstäbe oder Meßmarken mitgefilmt werden. Bei hohen Bildfrequenzen, beispielsweise 64 B/s, ist die Auswertung sehr zeitraubend, oder aber es werden nur sehr kurze Zeiten ausgewertet. Störend wirkt auch die künstliche Beleuchtung; bei Laborversuchen sind trotz reichlich eindringendem Tageslicht 1000 W und mehr nötig, um bei höheren Bildfrequenzen einwandfrei belichtete Filme mit genügender Tiefenschärfe zu bekommen.

Bei eigenen Filmaufnahmen wurde in drei verschiedenen Blickrichtungen die Lesearbeit gefilmt: In Laufrichtung der Lesekette schräg seitlich zum Leser, senkrecht von oben herunter und frontal zum Leser. Bild 19 zeigt Ausschnitte aus den Filmen in doppelter Größe. Die wiedergegebenen Szenen sind auf die halbe Bildzahl gerafft, so daß bei einer Aufnahme Frequenz von 24 B/s der Zeitabstand von Bild zu Bild  $\frac{1}{12}$  s entspricht.

Die Auswertung erfolgte teils mit einem entsprechend hergerichteten Kleinbildprojektor, teils mit einem Filmlesegerät. Bild 20 zeigt die zeichnerische Auswertung bei seitlicher Betrachtung des Lesens. Die Teile mußten über die Kante der Lesestrecke gehoben und in einen Korb abgelegt werden. Es wurde das Grundgelenk des Mittelfingers der linken Hand verfolgt, da die Finger häufig unscharf oder verdeckt waren. Der Leerweg dauerte bei dem dargestellten Zyklus 0,37 s, das Greifen 0,67 s, der Lastweg mit Ablegen 0,54 s. Die Zeit für das Ablegen läßt sich schwer bestimmen, da nicht genau erkannt werden kann, wann sich die Hand öffnet beziehungsweise wann die Teile die Hand verlassen. Ende beziehungsweise Anfang eines Zyklus wurden dort festgesetzt, wo die Hand am Ende des Lastweges ihre Bewegungsrichtung ändert.

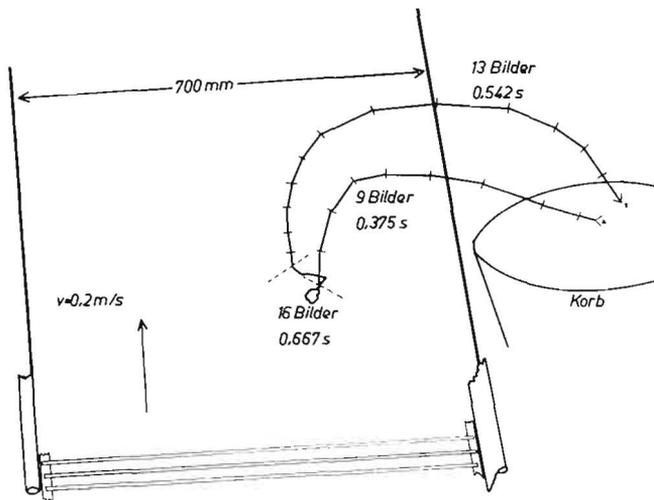


Bild 20: Greifzyklus beim Lesen von Beimgungen mit den 3 Phasen  
Leerweg = 0,375 s, Greifen = 0,667 s und Lastweg + Ablegen = 0,542 s

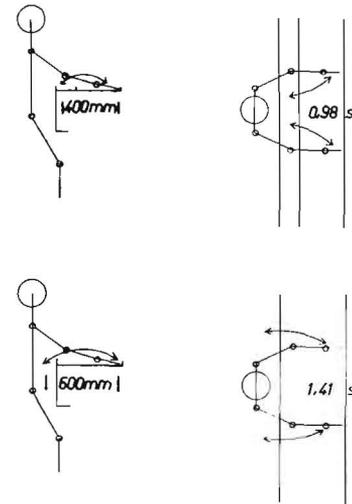


Bild 21: Richtung und Dauer der Handbewegungen (Zykluszeit) beim Lesen von Beimgungen an verschiedenen Lesestrecken

Von besonderem Interesse war der Vergleich der Zykluszeiten bei günstiger und ungünstiger Arbeitsweise. Im Mittel aus 40 beziehungsweise 53 Zyklen betrug die Zykluszeit 0,98 beziehungsweise 1,41 s (Bild 21). Der schwarz-weiß Film zeichnet Kluten, Kartoffeln und Steine gleichfarbig grau, so daß nicht ausgezählt werden konnte, welche Stückzahl je Leseszyklus herausgelesen wurde. Handrücken und Arme verdecken die Abgangsrinne, so daß auch eine nachträgliche Auszählung nicht möglich ist.

Das zahlenmäßige Ergebnis der Filmauswertung zeigt die Tafel 11. Je günstiger die Leseverhältnisse werden, je kürzer also die Wege sind, um so kürzer ist die Zykluszeit. Die Zeit für das Greifen sinkt am stärksten (um fast 50% von 0,79 s auf 0,42 s). Daraus kann geschlossen werden, daß weniger Stücke je Griff (es handelt sich stets um Mehrfachgriffe) erfaßt werden. Die Zeit für „Lastweg und Ablegen“ sinkt nur um 20% von 0,41 auf 0,33 s ab und nähert sich damit schon stark einer untersten Grenze. Es handelt sich ja — wie Bild 20 zeigt — beim Last- und Leerweg um ein Beschleunigen und Abbremsen der Hand, die im gefüllten Zustand schwerer ist als im leeren. Die mittlere Geschwindigkeit ist bei einer Strecke von 35 cm (günstiger Fall) beim Leerweg 1,75 m/s, beim Lastweg 1,05 m/s; im Extrem wurden 2,3 m/s aus der zurückgelegten Strecke zwischen 2 Bildern errechnet. Die Zeit für „Leerweg“ sinkt von 0,27 s auf 0,20 s mit Ausnahme des Wertes 0,34. Eine Erklärung für diese Abweichung kann nicht gegeben werden, doch ist zu vermuten, daß bei umfangreicherem Zahlenmaterial auch diese Phasenzeit dem allgemeinen Trend folgen würde.

Zusammengefaßt läßt sich nach den Filmauswertungen zum Lesen von Beimgungen aus Kartoffeln folgendes sagen: Das Greifen stellt eine zyklische Bewegung dar, die aus mehreren Phasen besteht. Gesteuert wird diese Bewegung teils durch die Schenmpfindungen, teils durch Tastempfindungen, teils reflektorisch.

Phase I: Beide Hände werden vom Körper weg nach vorne geführt, das Ziel ist mit den Augen erfaßt und wird sicher erreicht; Korrekturen nach den Seiten treten erst am Ende der Phase auf,

Tafel 11: Dauer von Greifphasen und -zyklus

Art der Lesestrecke	Laufzeit [s]	Zahl der Bilder	Zahl der Zyklen	Leerweg   Greifen   Lastweg + Ablegen			Zeit/Zyklus
				[s]			
700 mm	23,7	570	16	0,27	0,79	0,41	1,47
700 mm	47,7	1140	34	0,26	0,75	0,40	1,41
500 mm	12,6	300	10	0,34	0,53	0,40	1,27
350 mm   150	97,4	2340	103	0,20	0,42	0,33	0,95

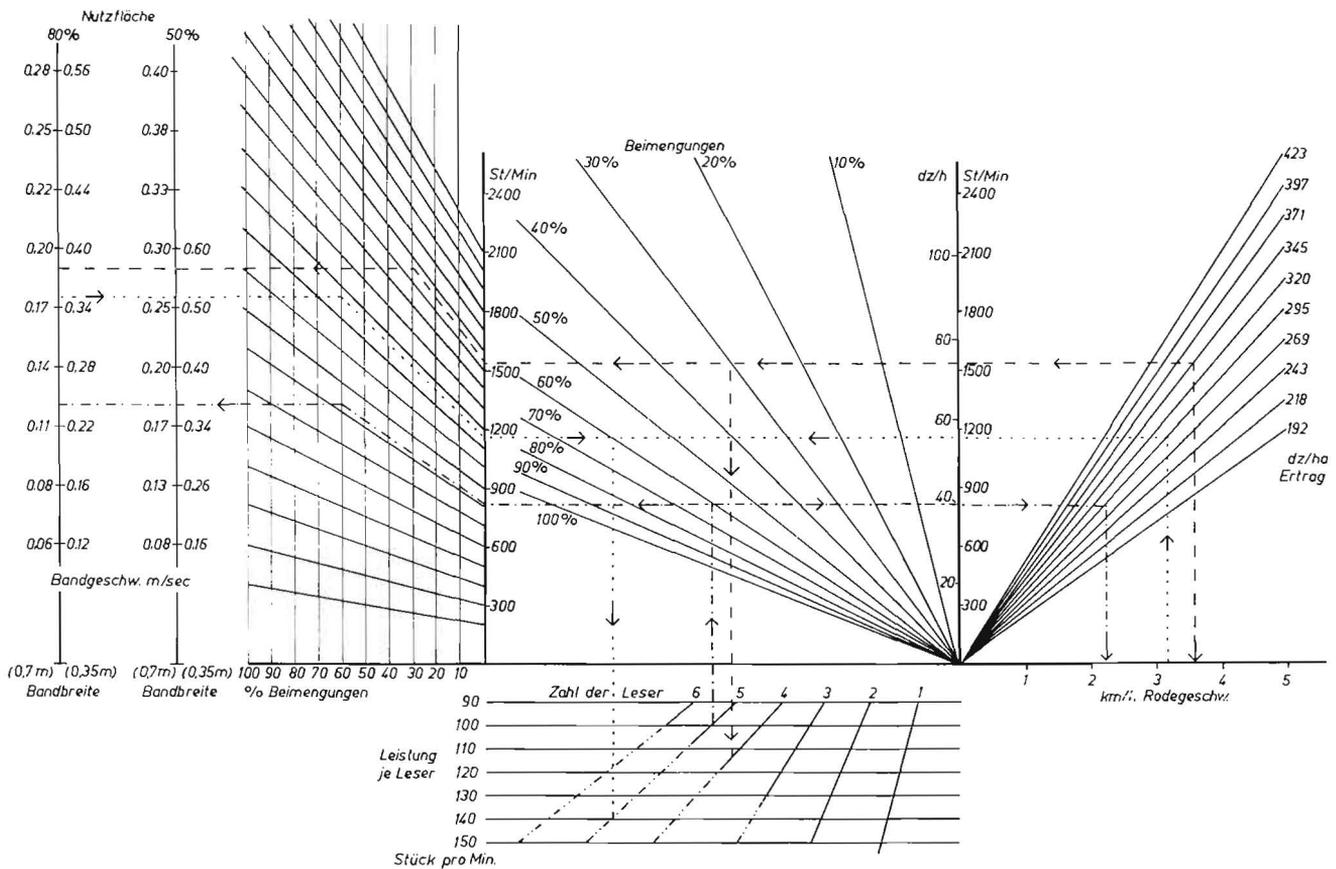


Bild 22: Nomogramm für die Lesearbeit an Sammelrodern

doch ist nicht sicher, ob diese Korrekturen noch von der Schmpfindung oder schon vom Tastsinn ausgelöst werden.

*Phase 2:* Beide Hände greifen gemeinsam oder auch unabhängig voneinander nach Beimengungen. Augenkontrolle ist hierbei kaum möglich, da die Sicht durch die Hände verdeckt ist; Tastkontrolle und das Auffassen benachbarter Ziele über die Tastempfindung herrschen vor. Das Ende dieser Phase wird wiederum vom Tastgefühl bestimmt, wenn beide Hände oder auch nur eine Hand gefüllt ist.

*Phase 3:* Das Zurückführen der Hände erfolgt beidhändig oder auch wechselweise und wird reflektorisch gesteuert. Während dieser Phase suchen die Augen schon neue Ziele. Das Ablegen der gegriffenen Teile stellt das Ende der Phase dar und läßt sich aus der Bewegung heraus nicht als besondere Phase ermitteln; die Änderung der Bewegungsrichtung von „zurück“ auf „vor“ geht ohne Übergang vor sich.

Die drei Phasen werden als rhythmische Bewegung ausgeführt. Beide Hände greifen meist gleichzeitig oder gemeinsam, und es kommt vor, daß eine Hand auf die andere Hand wartet. Wenn beide Hände unabhängig voneinander greifen, dann erfolgt der Wechsel rhythmisch (links vor — rechts zurück, rechts vor — links zurück).

### Folgerungen

#### 1. Einsatzgrenzen

Die bisher beschriebenen Versuche wurden mit einer oder zwei Personen durchgeführt. Dabei genügte die Leseleistung nur bei geringem Angebot (unter 350 Stück/min) zum restlosen Trennen des Gemisches. Es ist also zu fragen, wie die Leseleistung einer größeren Gruppe von drei, vier oder auch sechs Lesern ist. Je größer die Gruppe ist, um so geringer wird die mittlere Leseleistung je Person. Das erklärt sich einmal aus der Arbeitsmoral: Die Leser verlassen sich darauf, daß der Nachbar schon das Teil, das nicht gegriffen wurde, erwischen wird. Der Zuverlässigste sollte also am Ende der Lesestrecke arbeiten, damit eine möglichst saubere Ware in die Säcke oder den Bunker gelangt. Es muß auch

bedacht werden, daß jeder Leser ein anderes Gemisch zugeführt bekommt; so hat zum Beispiel bei einem Angebot von 480 Stück Beimengungen/min der erste Leser 176 Stück/min ausgelesen, der zweite Leser von  $(480 - 176 =) 304$  Stück/min 168 Stück/min und der dritte Leser von  $(304 - 168 =) 136$  Stück/min 106 Stück/min. Es blieb ein Rest von 30 Stück/min = 6,4 Stückprozent der ursprünglich vorhandenen 480 Stück Beimengungen. Welcher Rest im Erntegut zurückbleiben darf, kann im Rahmen dieser Arbeit nicht entschieden werden. Bleibt er unter 10 Stückprozent, so würde bei einem angenommenen Verhältnis von 1 Stückprozent =  $1/2$  Gewichtsprozent die Transportmehrbelastung unerheblich sein.

In obigem Beispiel haben die drei Leser im Mittel 158 Stück/min gelesen. Würde man die restlichen 30 Stück/min mit einem vierten Leser auslesen, sänke die Leistung auf 120 Stück/min/Person. In einem anderen Beispiel wurden bei einem Angebot von 675 Stück/min vom ersten Leser 203 Stück/min ausgelesen, vom zweiten Leser von  $(675 - 203 =) 472$  Stück/min 162 Stück/min, vom dritten Leser von  $(472 - 162 =) 310$  Stück/min 136 Stück/min, vom vierten Leser von  $(310 - 136 =) 174$  Stück/min 92 Stück/min und vom fünften Leser von  $(174 - 92 =) 82$  Stück/min 76 Stück/min. Die durchschnittliche Leistung lag bei dieser Fünfer-Gruppe bei 134 Stück/min. Individuelle Unterschiede, das schwankende Angebot. Leistungsbereitschaft beeinflussen die Leseleistung der Gruppe, so daß die Gruppen-Leseleistung je Person zwischen 110 und 140 Stück/min liegen wird.

In dem Nomogramm (Bild 22) läßt sich die Zahl der Leser in Abhängigkeit von Ertrag, Rodegeschwindigkeit, Siebleistung der Maschine (Beimengungssatz) und in Abhängigkeit von der mittleren Leseleistung je Person ablesen. Daneben wird auf zwei Skalen für eine Greifraumbelegung von 50% und 80% die notwendige Bandgeschwindigkeit bei ein- oder zweiseitiger Anordnung der Leser (0,35 m beziehungsweise 0,70 m Leseflächenbreite) angegeben. Bei fünf Lesern und 100 Stück/min/Person Leseleistung ist nach dem Nomogramm ein Ertrag von 295 dz/ha mit einer Rodegeschwindigkeit von 2,2 km/h bei einem Beimengungssatz von 60% zu bewältigen.

## 2. Arbeitsplatzgestaltung

Für die Lesefläche wurden die Abmessungen aus den Maßen eines „Normalmenschen“ abgeleitet. Auch das Greifen und Ablegen der Teile steht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem menschlichen Körperbau, mit der Anordnung der Muskeln, den Gelenken. Je stärker der Mensch bei der Arbeit an Maschinen in seiner Bewegungsfreiheit eingeengt wird, je mehr ihm das Arbeitstempo und seine Arbeitsrichtung vorgeschrieben wird, umso mehr muß auf seine Unveränderbarkeit Rücksicht genommen werden.

Bei der Lesearbeit im Labor und an Sammelrotern verschiedener Typen auf dem Feld konnte immer wieder bemerkt werden, daß die Leser, die nur stehend arbeiten konnten, gerne sitzen wollten und umgekehrt. Das erklärt sich aus der bekannten Tatsache, daß keine Körperhaltung längere Zeit ohne Ermüdung einzelner Muskelgruppen unverändert beibehalten werden kann. Deshalb wird ein Arbeitsplatz vorgeschlagen (Bild 23), der den Wechsel von Stehen und Sitzen erlaubt. Sitzen ist hier allerdings mehr ein Abstützen des Gesäßes zur Entlastung der Kniegelenke und des Kreuzbeines. Das Sitzpolster muß halbhart und ungefedert sein und wird zweckmäßig auf einer runden Grundfläche aufgebaut. Stuhlähnliche Sitze mit geraden Kanten oder sattelartige Sitze haben sich nicht bewährt, weil das Spreizen der Beine in einen Fall nicht möglich ist und im anderen Fall erzwungen wird. Im Stehsitz (Bild 23) wird der Leser auf drei Punkten (Füße und Gesäß) abgestützt und bekommt dadurch einen sicheren Stand. Die eingetragenen Maße für den Freiraum sind Mindestmaße, die nicht unterschritten werden dürfen. Die Sitzhöhe und die Standhöhe müßen mit einfachen Mitteln zu ändern sein, damit auch kleinere beziehungsweise größere Personen in zweckmäßiger Körperhaltung lesen können. — Zwischen Leseband und Abgangsband sollte eine Kante von 3 cm Höhe vorgesehen werden. Die äußere Trogkante soll 10 cm hoch sein, damit die ausgelesenen Teile beim ungezielten Ablegen (Werfen, Schubsen) nicht überspringen. Die Oberkante muß abgeflacht sein als Auflage für die Unterarme.

## 3. Kartoffeln oder Beimengungen lesen

Von den angebotenen Sammelrotern auf dem Inlandsmarkt sind 95% für das Auslesen der Beimengungen eingerichtet und nur 5% für das Auslesen der Kartoffeln. Eine Maschine, die wahlweise beides zuläßt, ist nicht auf dem Markt, obwohl WILHELMY [8] aus seinen Versuchen beim Lesen von Kartoffeln folgerichtig zu einer solchen Anordnung kam und ein Funktionsmodell baute. Die Arbeit wurde 1958 veröffentlicht. Es dürfte schwer sein, für den Übergang von der einen zur anderen Lesart eine feste Grenze anzugeben. Sind wenig Lesepersonen vorhanden und liegt der Beimengungssatz unter 100%, so empfiehlt sich das Lesen der Beimengungen vor allem schon deshalb, weil nichtgelesene Stücke keinen Verlust bedeuten. Da sich die Feldbedingungen sprunghaft ändern, muß der Übergang zur anderen Lesart mit einem Hebelgriff vorgenommen werden können.

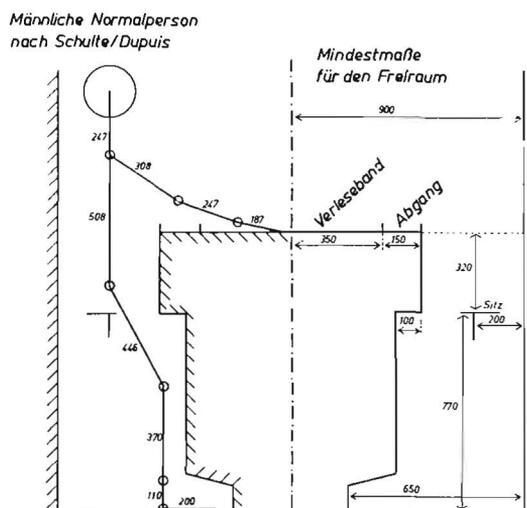


Bild 23: Vorschlag für die Arbeitsplatzgestaltung an Sammelrotern

Tafel 12: Lesen von Kartoffeln beziehungsweise Beimengungen

Kartoffeln			Beimengungen			
angeboten [Stück/ min]	ausgelesen [Stück/ min]	[%]	angeboten [%]	ausgelesen [Stück/ min]	ausgelesen [Stück/ min]	[%]
450	318	71	100	450	308	69
570	400	70	50	289	252	88
570	374	66	70	399	330	83
780	426	53	30	234	220	94
780	410	51	50	390	308	79
780	376	48	70	546	334	61
780	376	48	100	780	372	48
960	572	57	10	96	94	98
960	504	52	30	288	262	91
960	442	46	50	480	356	74
960	414	43	70	675	386	57

In einer speziellen Versuchsreihe wurden verschiedene Gemische auf beide Arten getrennt (Tafel 12); es wurde von zwei Personen gelesen. Bei einem Beimengungssatz von 100% (450 Stück/min; 780 Stück/min) wurde in beiden Fällen genau die gleiche Stückzahl gelesen. In allen anderen Fällen (10—70% Beimengungen) sind die Beimengungen in geringerer Stückzahl im Gemisch und der Erfolg der Lesearbeit ist größer beim Lesen von Beimengungen als beim Lesen von Kartoffeln. So lasen bei 960 Kartoffeln/min die beiden Leser 46% der Knollen aus, von 50% Beimengungen (480 Stück/min) aber 74%. Sollen alle Kartoffeln gelesen werden, so müßten zwei oder drei Personen noch zusätzlich mithelfen; für das vollständige Lesen der Beimengungen dagegen genügte eine zusätzliche Leseperson.

## Zusammenfassung

Beim Ernten von Kartoffeln mit Sammelrotern wird während des Erntevorganges das Gemisch manuell getrennt. Die Zusammensetzung des Gemisches, das die Maschine auf eine Lesefläche übergibt, wurde in Feldversuchen ermittelt. Es werden Angaben über das Knollengemisch, das Beimengungsgemisch und den Beimengungsanteil gemacht. Aus den natürlichen Gemischen wurde ein Ersatzgemisch für Laborversuche abgeleitet. In Einzelversuchen wurde unter anderem der Greifraum, die Bandgeschwindigkeit, die Arbeitsrichtung ermittelt. Für die Arbeit „Lesen von Beimengungen aus dem Gemisch“ wurde das Leistungsvermögen in Kurzzeit- und Dauerversuchen bestimmt. Es ließ sich die relative Bevorzugung einzelner Beimengungsarten feststellen.

Beim „Lesen von Kartoffeln aus einem Gemisch“ wurde die Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit vom Angebot festgestellt, und zwar in Labor- und Feldversuchen; im Labor wurde ein Dauerversuch über 3 mal 8 Stunden durchgeführt. Im Feldversuch wurde die Kreislaufbelastung gemessen und die Beziehung zwischen Leseleistung und mittlerer Arbeitspulsfrequenzdifferenz ermittelt. Die Vorgänge beim Greifen und Auswählen der Teile wurde mittels kinematografischer Aufnahmen untersucht. Dabei zeigte sich eine Abhängigkeit der Zyklusdauer von der zurückgelegten Strecke (Last- und Leerweg der Hände).

Aus den gefundenen Zahlen wurde ein Nomogramm für die Lesearbeit an Sammelrotern aufgestellt. — Für die Gestaltung des Arbeitsplatzes wurden Hinweise und Mindestmaße erarbeitet.

## Literatur

- [1] MAACK, O.: Die mechanische Trennung von Kartoffeln und Steinen. Landtechnische Forschung 7 (1957) S. 71—78
- [2] BRÄCKE, O.: Möglichkeiten und Aussichten des Sammelrodens. (RKT-Li-Heft 94A) Berlin 1939
- [3] RÖHNER, J.: Die Bedeutung der Knollengröße für die Arbeiten in der Kartoffelernte. Landarbeit 4 (1953) S. 65—66
- [4] KRAUS, W.: Arbeitsaufwand in der Kartoffelernte. Diss. Berlin 1937
- [5] GILFILLAN, G. und A. M. RAMSAY: A field study of potato and rubbish separation by hand. Journal of agr. eng. research 5, H. 1, S. 3—24
- [6] GREEN, H. C.: A study of the factors affecting the rate of picking on a potato harvester. (Report Nr. 55 of NIAE). Silsoe 1955
- [7] GREEN, H. C.: A study of some of the factors affecting the manual separation of potatoes and rubbish on a conveyor. (Techn. Memorandum Nr. 128 of NIAE). Silsoe 1955
- [8] WILHELMY, D.: Über die Probleme und derzeitigen Lösungen der Kartoffelsammel- und Vollernte. Diss. Kiel 1953
- [9] ROSSRUCKER, H.: Untersuchung über das Auslesen von Kartoffeln. Die Bodenkultur 12 (1961) S. 86—97
- [10] SCHULTE, B.: Physiologische Beziehungen zwischen Mensch und Maschine. Diss. Hannover 1951

## Die Technik im Zuckerrübenbau

- [11] SCHMITZ, J.: Kartoffelsortieren — genau und sorgfältig. Der Kartoffelbau 10 (1959) S. 173—177  
[12] WASMUND, S.: Mensch und Maschine beim Kartoffellegen. Landtechnik 13 (1958) S. 178—180  
[13] HECHELMANN, Hg.: Der Kartoffel-Sammelernte näher. Landtechnik 12 (1957) S. 180—183  
[14] SCHÄFER, W.: Trennung der Beimengungen von Kartoffeln im Sammelroder. Landbauforschung 9 (1959) S. 42—46  
[15] LÜDEMANN, H. und G. FREUDENBERG: Die Verwendung des Tiefsitzkarrens zum Aufsammeln von Kartoffeln. Agrartechnik 6 (1956) S. 144  
[16] LEHMANN, G.: Praktische Arbeitsphysiologie. Stuttgart 1953  
[17] ROHMERT, W.: Geschwindigkeit und Genauigkeit von Handbewegungen. Zbl. Arb. Wiss. 12 (1958) S. 17—21  
[18] STIER, F.: Die Geschwindigkeit von Armbewegungen. Int. Zeitschr. angew. Physiol. 18 (1959) S. 82—100

### Résumé

*Volker Krause: "Pre-Conditions and Limits Regarding the Employ of Pickers at Large Potato Diggers."*

*When harvesting potatoes with a large digger the mixture is separated by hand during the process of harvesting. The composition of the mixture, which the machine delivers to the picking table, has been determined in field trials. Statements on the tuber mixture, the admixture and the percentage of admixture are made. From the natural mixtures an equivalent mixture for laboratory experiments has been derived. Among others, the working width, the speed of the belt, and the working direction have been ascertained in individual experiments. For the investigation "The Picking of Foreign Bodies from the Mixture" the operational efficiency has been determined in short-time and endurance experiments.*

*In "The Picking of Potatoes from a Mixture" the efficiency has been ascertained in relation to the lifting conditions in laboratory and field experiments. In the laboratory an endurance test lasting 8 hours has been made three times. In the field experiment the circulation stress has been measured, and the relationship between the picking performance and the mean difference of the working pulse has been determined.*

*The picking and chosing of particles has been examined by means of cinematographical takings. Thereby it was found that the duration of cycle depends on the distance covered (load and no-load way of the hands).*

*From the figures found a nomogram for the picking at large potato diggers has been established. Hints and minimum measures for the design of the working place have been elaborated.*

*Volker Krause: «Les conditions de travail et les limites de l'emploi de main-d'oeuvre pour le triage sur les arracheuses-chargeuses de pommes de terre.»*

*Si l'on opère la récolte des pommes de terre à l'aide d'une arracheuse-chargeuse, on sépare le mélange manuellement pendant l'opération de récolte. La composition du mélange que la machine expédie sur une bande de triage a été déterminée par des essais au champ. L'auteur indique les détails sur le mélange de pommes de terre, le mélange d'impuretés et sur le pourcentage d'impuretés. On a préparé sur la base des mélanges naturels un mélange étalon pour les essais au laboratoire. Par des essais individuels, on a déterminé entre autres facteurs l'espace de manœuvre des mains, la vitesse de la bande et le sens de travail. On a déterminé par des essais de courte et de longue durées le rendement de la méthode «trilage des impuretés du mélange». On a constaté que certains types d'impuretés attirent plus l'attention que d'autres.*

*Lors du «trilage des pommes de terre du mélange» on a déterminé le rendement en fonction de la présentation par des essais au laboratoire et au champ. On a effectué des essais prolongés de trois fois huit heures au laboratoire. Pendant l'essai au champ, on a mesuré la circulation sanguine et déterminé les relations entre le rendement de triage et la différence moyenne de la fréquence du pouls de travail. Les gestes accomplis pendant l'opération de triage ont été examinés au moyen de prises cinématographiques. On a constaté qu'il existe un rapport entre la durée du cycle et la longueur des trajets tracés par les mains vides et chargées.*

*A l'aide des chiffres trouvés, on a tracé un abaque pour le travail de triage sur les arracheuses-chargeuses. Enfin, on donne quelques recommandations en vue de la conception du poste de travail et indique des dimensions minimum.*

*Volker Krause: «Condiciones previas y límites para el empleo de operarios seleccionadores en las arrancadoras de patatas.»*

*En la cosecha de patatas con arrancadoras-recogedoras la mezcla recogida se clasifica a mano durante la cosecha. Por ensayos prácticos en el campo se ha averiguado la composición de la mezcla que*

Die nächste Vortragstagung des Kuratoriums für Technik in der Landwirtschaft (KTL) findet am Donnerstag, dem 10. Oktober 1963, in Würzburg, Huttensäle, statt. Sie steht unter dem Thema „Die Technik im Zuckerrübenbau“.

Folgendes Programm ist vorgesehen:

- 9.00 Uhr Eröffnung und Begrüßung  
Prof. Dr.-Ing. Dr. agr. h. c. C. H. DENCKER, Bonn:  
Einführung  
Prof. Dr.-Ing. Dr. agr. h. c. W. KNOLLE, Eschwege:  
Einfluß des Saatgutes auf Arbeitsbedarf und Ertrag  
Dr.-Ing. W. BRINKMANN, Bonn:  
Mechanisierung der Bestell- und Pflegearbeiten  
Dr. CHR. WINNER, Göttingen:  
Schädlings- und Unkrautbekämpfung
- 12.45 Uhr Mittag
- 15.00 Uhr Dr. P.-N. EVERS, Bonn:  
Mechanisierung der Erntearbeiten  
Priv.-Doz. Dr. G. STEFFEN, Frankfurt am Main:  
Arbeitswirtschaft und Betriebsorganisation  
Dr. G. NOELL, Frankfurt am Main:  
Schlußwort

Die Veranstaltung wird gegen 17 Uhr enden.

Die Max-Eyth-Gesellschaft (MEG) hat im Anschluß an die KTL-Vortragstagung zwei Veranstaltungen: Vor geladenen Gästen werden in einer Feierstunde, die um etwa 18.15 Uhr im kleinen Saal der Huttensäle beginnt, die Max-Eyth-Gedenkmünzen verliehen. Um 20.00 Uhr findet im großen Saal die Mitgliederversammlung der MEG statt, an die sich unmittelbar der MEG-Gesellschaftsabend anschließen wird.

Am Freitag, 11.10.1963, wird eine Maschinenvorführung zum Thema „Zuckerrübenerte“ in Gelchsheim bei Würzburg stattfinden. Die Vorführung beginnt um 8.30 Uhr, sie soll bis 15.30 Uhr dauern.

Im Anschluß an die Vorführungen hält das Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft (KTL), etwa um 15.30 Uhr beginnend, seine diesjährige ordentliche Mitgliederversammlung ab.

*la máquina vierte en una superficie de seleccionar, dándose detalles de los tubérculos mezclados, de las impurezas y de la cantidad de éstas. A base de las mezclas naturales se ha compuesto una mezcla para en el laboratorio, considerándose el alcance de las manos, la velocidad de la cinta y la dirección en que se trabaja. Se ha fijado además para el «trabajo de separación de las impurezas mezcladas» la capacidad en ensayos cortos, así como en ensayos de duración, pudiendo observarse la preferencia relativa por algunas clases de impurezas.*

*Para la «selección de patatas de una mezcla» se ha determinado la capacidad en dependencia del material que llega, tanto por ensayos en el laboratorio como en el campo; se hizo un ensayo de 3 veces 8 horas. En el campo se ha medido el esfuerzo ejercido sobre la circulación de la sangre, estableciéndose la relación que existe entre el rendimiento y la frecuencia media del pulso durante el trabajo. Los fenómenos al escoger y al agarrar las componentes se investigaron por fotografía cinematográfica, encontrándose la dependencia del tiempo en el ciclo de la distancia recorrida (camino de las manos vacías y de las llenas).*

*Con los valores encontrados se compuso un nomograma del trabajo de selección en las arrancadoras-recogedoras, dándose también indicaciones para la disposición del puesto de trabajo y de las dimensiones mínimas necesarias.*