

Versuche mit Häuflern verschiedener Anstell- und Seitenrichtungswinkel

Von Rudolf Thær, Braunschweig-Völkenrode

An einen Häufner für den Kartoffelbau werden in erster Linie folgende Forderungen gestellt: Er soll zweckmäßig geformte gleichmäßige Dämme und Furchen von gut gekrümelter, insbesondere klutenarmer und luftdurchlässiger Beschaffenheit bilden; er soll das Unkraut an den Dammflanken vollständig erfassen und weitmöglichst vernichten; er soll gut in den Boden eindringen und leichtzügig sein.

In welcher Weise ein Häufner diese Forderungen erfüllt, dafür ist die Form seiner Arbeitsfläche entscheidend. Diese läßt sich ebenso wie die der Pflugkörper durch ihren Umriss und ihre Anstell- und Seitenrichtungswinkel beschreiben. Die Feld- und Bodenrinnenversuche, über die hier berichtet wird¹⁾, sollten in Fortsetzung von Versuchen von Dencker und Rietzsch [1] den Einfluß der genannten Winkel und der Geschwindigkeit auf den Zugwiderstand und den Arbeitserfolg von Häuflern klären. Sie berühren sich mit Arbeiten von Getzlaff [2] und Schlesinger [3], die den Zugwiderstand und z. T. auch den Arbeitserfolg von Fabrikationskörpern untersucht haben.

Die Versuchshäufner

Bei der Mehrzahl der üblichen Häufner ist die Arbeitsfläche in einer oder zwei Richtungen gekrümmt, die Anstell- und Seitenrichtungswinkel dieser Fläche ändern sich also von Punkt zu Punkt. Für die hier beschriebenen Versuche wurden aber, um den Einfluß der Winkel deutlich hervortreten zu lassen, Häufner angefertigt, deren Arbeitsfläche in ihrer rechten und linken Hälfte eben ist, Bild 1. Anstellwinkel δ und Seitenrichtungswinkel φ bleiben also von der Scharspitze bis zu den Flügeln über die ganze Arbeitsfläche hinweg konstant. Derartige Häufner lassen nach eigenen Untersuchungen eine gute Krümelung des Bodens erwarten.

Wie aus Bild 1 ersichtlich, weisen die Versuchshäufner drei Varianten des Anstellwinkels δ ($= 33^\circ, 40^\circ$ und 56°) bei konstantem $\varphi = 40^\circ$ und drei Varianten des Seitenrichtungswinkels φ ($= 33^\circ, 40^\circ$ und 47°) bei konstantem $\delta = 40^\circ$ auf. Bei entsprechender Einstellung der Häufnerflügel ist der Körperumriß — von vorn gesehen — bei allen Häuflern gleich. So wurde vermieden, daß der Körperumriß den Vergleich der zu untersuchenden Varianten beeinflusst. In den hier beschriebenen Versuchen wurden die Häufner immer mit senkrecht stehendem Stiel gefahren, der Anstellwinkel wurde also niemals durch Neigung des Stieles bzw. der Körper geändert. Eine solche Änderung hätte einen anderen Körperumriß in der Vorderansicht zur Folge gehabt.

Die Beurteilungsmaßstäbe

Entsprechend den eingangs aufgestellten Forderungen wurden folgende Größen gemessen und zur Beurteilung herangezogen:

1. auf dem Felde der Zugwiderstand, in der Bodenrinne die ihm entsprechende Längskraft und die Vertikalkraft,
2. die Form der erzeugten Dämme und Furchen (die Kontur) und
3. der gewichtsmäßige Anteil der Kluten am insgesamt vom Häufner erfaßten Boden.

¹⁾ Die vorliegenden Untersuchungen wurden mit Unterstützung des Kuratoriums für Technik in der Landwirtschaft und der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt, denen auch an dieser Stelle verbindlich gedankt sei.

Dipl.-Ing. Rudolf Thær ist Abteilungsleiter im Institut für Landmaschinenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.

Es wurden nur Kluten von mindestens 5 cm Länge gewertet. Kleinere Kluten werden im allgemeinen vom Sieborgan eines Sammelroders abgesiebt, zumal mit einem gewissen Abrieb der Kluten zu rechnen ist; sie sind deshalb von geringerem Interesse.

Die Feldversuche

Versuchsbedingungen und Versuchsdurchführung

Die Feldversuche fanden auf einem Kartoffelacker mit sandigem Lehm statt. Der Boden hatte die folgende Zusammensetzung:

Grobsand (2,0 — 0,2 mm)	22,9%
Feinsand (0,2 — 0,02 mm)	54,8%
Schluff (0,02 — 0,002 mm)	14,9%
Ton (< 0,002 mm)	7,4%

Die Kartoffeln waren mittels einer Legemaschine in 62,5 cm Reihenabstand gelegt, danach war der Acker gestriegelt worden. Zwischen den Versuchsserien wurde er im üblichen Turnus wiederum gestriegelt, außerdem einmal gehackt. Die Häufner fanden also keine ebene Ackeroberfläche vor, sondern Dämme und Furchen mit einer Konturhöhe von 7 bis 12 cm sowie Kartoffelpflanzen verschiedener Größe je nach dem Zeitpunkt der Versuche.

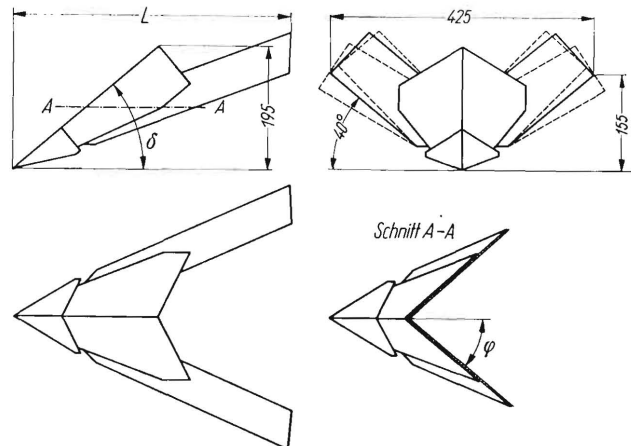


Bild 1. Die Versuchshäufner.

Häufner	1	2	3	4	5
Anstellwinkel δ Grad	30	40	56	40	40
Seitenrichtungswinkel φ Grad	40	40	40	33	47
ganz Länge mm	530	445	360	515	390

Die Häufner waren starr (mit festgelegten Parallelogrammen) an einem Dreipunktgerät angebracht, das in der ersten Versuchsserie auf Kufen, später auf Rollen geführt wurde. Abgesehen von der dritten Versuchsserie wurde nur zweireihig, d. h. mit einem Voll- und zwei Halbhäufnern gearbeitet, Bild 2. Die Halbhäufner sind ebenso wie die Vollhäufner gebaut, nur ist einer der beiden Flügel weggelassen, sie sind also, genau genommen, mehr als Halbhäufner. Um keine neue Variante zu erhalten, wurde die Einstellung der Häufnerflügel unter 40° (Bild 1), die sich bei der ersten Versuchsserie beim Häufner mit $\delta = \varphi = 40^\circ$ für die mittlere Geschwindigkeit als günstig erwiesen hatte, für alle weiteren Versuche auf dem Felde und in der Bodenrinne beibehalten. Der Tiefgang, gemessen vom ursprünglichen Furchengrund bis zur Scharspitze, lag stets bei 5 cm (Bild 3 oben). Um eine gegenseitige Beeinflussung benachbarter Versuchsstrecken auszuschalten, wurden zwischen ihnen jeweils zwei Kartoffelreihen unbearbeitet gelassen.

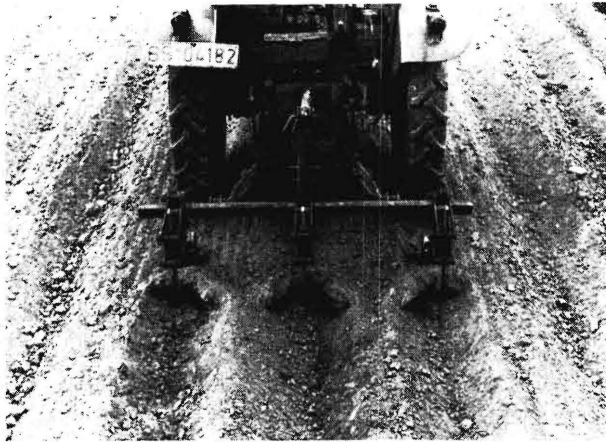


Bild 2. Das Versuchsgerät für die Feldversuche im Einsatz.

In der ersten Versuchsserie wurde der Anstellwinkel δ bei konstantem Seitenrichtungswinkel φ variiert, in der zweiten der Seitenrichtungswinkel bei konstantem δ , in beiden außerdem die Geschwindigkeit. Die dritte Versuchsserie diente einer Gegenüberstellung von Voll- und Halbhäuflern. Die Versuchsserien umfaßten jeweils vier Versuchstage und folgten in Abständen von zwei bis drei Wochen aufeinander. An jedem Versuchstage wurden alle Varianten der betreffenden Versuchsserie einmal gefahren. Infolge häufiger Niederschläge während der Versuchszeit (Mai und Juni 1960) waren bei der zweiten und der dritten Serie nur die Ergebnisse von je drei Tagen verwertbar und allgemein große Streuungen der Versuchswerte zu verzeichnen.

Der Zugwiderstand

Der Zugwiderstand des ganzen Gerätes wurde mit Hilfe einer zwischen Schlepper und Dreipunktgestänge eingeschalteten Einkomponenten-Meßeinrichtung nach Meyer und Skalweit [4] unter Verwendung eines Indikators hydraulisch gemessen und

registriert. Die Kraftschriebe zeigten Spitzen, die die Mittelwerte im Durchschnitt um 40%, bei einigen Versuchen bis zu 80%, überstiegen. Bei der Trägheit der hydraulischen Meßeinrichtung ist es nicht ausgeschlossen, daß kurzzeitig noch höhere Kraftspitzen aufgetreten, aber nicht registriert worden sind. Im folgenden werden nur die mit Hilfe eines Planimeters gewonnenen Mittelwerte der 20 m langen Meßstrecken verwendet und als „Einzelwerte“ bezeichnet.

Die Ergebnisse der ersten Versuchsserie, in der die Häufler verschiedenen Anstellwinkels bei den drei Geschwindigkeiten untersucht wurden, sind in **Tafel 1** zusammengestellt und auf **Bild 3** veranschaulicht. Der Zugwiderstand steigt mit dem Anstellwinkel zunächst schwach, dann stark an. Je größer die Geschwindigkeit ist, desto höher liegt die Kurve. Die auf dem Bild eingetragenen Punkte stellen — ebenso wie auf dem folgenden Bild — nicht die gemessenen Einzelwerte dar, sondern die auf mittlere Einsatzverhältnisse umgerechneten. Eine

Tafel 1: Zugwiderstand des zweireihigen Gerätes mit Häuflern verschiedenen Anstellwinkels und bei verschiedenen Geschwindigkeiten.

Anstellwinkel δ Grad	Seitenrichtungswinkel φ Grad	Zugwiderstand in kp bei Geschwindigkeit			
		km/h 3,1	km/h 6,6	km/h 11,2	im Mittel
30	40	121	134	173	142
40	40	123	146	184	152
56	40	173	201	240	204
im Mittel		139	160	199	

NS }
 *** }
 *** }

** ***

- NS Differenz der Mittelwerte statistisch nicht gesichert
- * Differenz der Mittelwerte gesichert (Irrtumswahrscheinlichkeit $\leq 5\%$)
- ** Differenz der Mittelwerte gut gesichert (Irrtumswahrscheinl. $\leq 1\%$)
- *** Differenz der Mittelwerte sehr gut gesichert (Irrtumswahrscheinl. $\leq 0,1\%$)

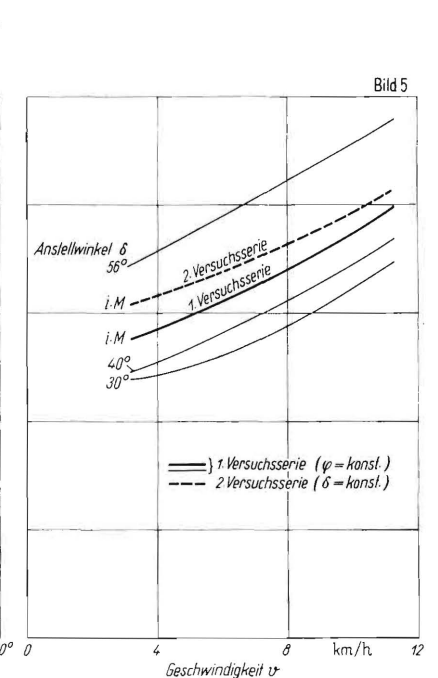
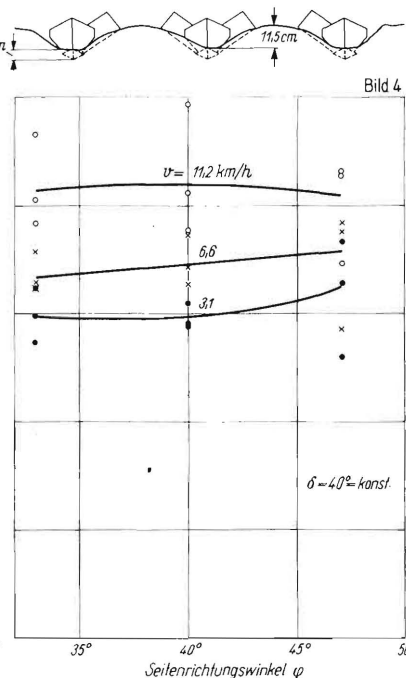
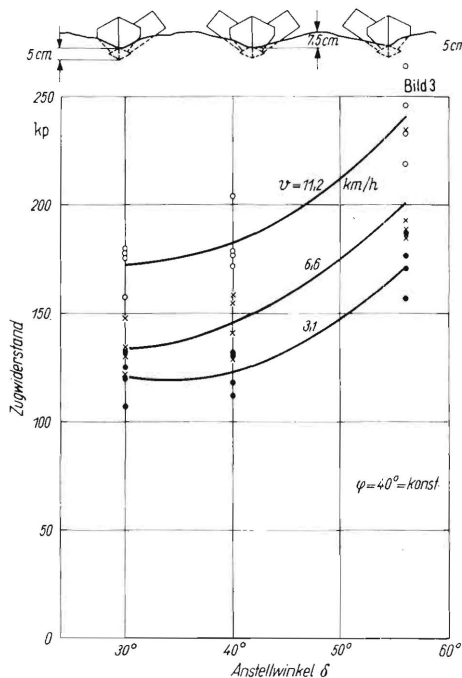


Bild 3 und 4. Zugwiderstand des zweireihigen Gerätes mit Häuflern verschiedenen Anstell- und Seitenrichtungswinkels.

Bodenzustand vor den Versuchen		Bild 3	Bild 4
Feuchtigkeit i. M.	%	20	22
Porenanteil in den Radfurchen	%	48—52	52—57
Porenanteil in den Mittelfurchen	%	51—63	53—62

Bild 5. Zugwiderstand bei verschiedenen Geschwindigkeiten.

solche Umrechnung wurde vorgenommen, weil sich infolge der Änderung der Bodenfeuchtigkeit die Meßwerte insgesamt von Tag zu Tag stark verschoben haben und deren Einzeichnung das Bild unübersichtlich gemacht hätte²⁾. Bei der ersten Versuchs-

²⁾ Die Umrechnung wurde in der Weise durchgeführt, daß der gemessene Einzelwert mit dem Quotienten, gebildet aus dem Durchschnitt aller Versuche der Serie und dem Durchschnitt aller Versuche des betreffenden Tages, multipliziert wurde.

serie wiesen die Tagesdurchschnitte eine Variationsbreite von 30 kp auf. Aus der Tafel ist auch ersichtlich, wie weit sich in einer Varianzanalyse [5] die Ergebnisse trotz ihrer Streuungen sichern lassen. Die Differenz zwischen den Anstellwinkeln 30° und 40° ist nicht signifikant, aber alle übrigen Differenzen — sowohl die der Anstellwinkel als auch die der Geschwindigkeiten — sind gut, zumeist sogar sehr gut gesichert.

In der zweiten Versuchsserie arbeiteten die Häufler in vollständig aufgegangenem Kartoffelbestand und fanden eine stärker profilierte Ackeroberfläche mit einer mittleren Dammhöhe von 11,5 statt 7,5 cm vor. Es wurden die Seitenrichtungswinkel 33°, 40° und 47° bei gleichbleibendem $\delta = 40^\circ$ verglichen. Infolge des unbeständigen Wetters wiesen selbst die Durchschnitte der drei verwertbaren Wiederholungen eine Variationsbreite von 64 kp auf. **Bild 4** und **Tafel 2** zeigen die Ergebnisse. Beim vergleichbaren Häufler ($\delta = 40^\circ, \varphi = 40^\circ$) ist infolge der höheren Ausgangsdämme der Zugwiderstand größer als bei der ersten Versuchsserie. Der Einfluß der Geschwindigkeit tritt wieder deutlich in Erscheinung. Eine Abhängigkeit des Zugwiderstandes vom Seitenrichtungswinkel läßt sich aber nicht nachweisen. Bei ihren Untersuchungen in Sandboden machten *Dencker* und *Rietzsch* [1] ebenfalls die Feststellung, daß sich Änderungen des Seitenrichtungswinkels wenig auf den Zugwiderstand auswirken.

Tafel 2: Zugwiderstand des zweireihigen Gerätes mit Häuflern verschiedenen Seitenrichtungswinkeln und bei verschiedenen Geschwindigkeiten.

Anstellwinkel δ Grad	Seitenrichtungswinkel φ Grad	Zugwiderstand in kp bei Geschwindigkeit			
		km/h 3,1	km/h 6,6	km/h 11,2	im Mittel
40	33	148	167	207	174
	40	149	173	210	177
	47	163	179	205	182
im Mittel		153	173	207	

Weitere Erklärungen siehe Tafel 1

In **Bild 5** sind die Mittelwerte des Zugwiderstandes über der Geschwindigkeit aufgetragen. In allen Fällen steigt der Zugwiderstand mit der Geschwindigkeit stark an; im Mittel um 40% für den Bereich 3,1—11,2 km/h. Die Kurven sind im allgemeinen leicht nach oben gekrümmt. Für die zweite Versuchsserie wurde nur die Kurve der Gesamtmittelwerte eingezeichnet, weil sich der Einfluß des Seitenrichtungswinkels φ statistisch nicht sichern ließ.

Der spezifische Zugwiderstand wurde — analog seiner Definition bei Pflugkörpern — auf den vom Häufler erfaßten Bodenquerschnitt bezogen. Allerdings ließen sich diese Bezugsquerschnitte nicht exakt feststellen, da die hierfür notwendigen Kontur- und Tiefgangmessungen auf dem Felde nicht mit der gewünschten Genauigkeit durchzuführen sind. Infolgedessen sind auch die Werte der **Tafel 3** ungenau, sie geben aber doch einigen Aufschluß.

Die in der ersten Versuchsserie gemessenen spezifischen Zugwiderstände sind etwa doppelt so groß wie die der zweiten. In der ersten Serie waren infolge der flachen Furchen des Ausgangszustandes die Bezugsquerschnitte klein, es traten hier Kräfte in den Vordergrund, die nicht unmittelbar mit dem Bodenquerschnitt in Beziehung stehen wie der Bodenwiderstand an den Kanten des Werkzeuges. In der zweiten Versuchsserie haben die Häufler bei gleichem Tiefgang an den Dammlanken mehr Boden erfaßt. Dieser war locker gelagert, weshalb der Zugwiderstand nicht entsprechend dem Bezugsquerschnitt anstieg. Der spezifische Bodenwiderstand erscheint aber im Vergleich mit dem von Pflugkörpern in ähnlichen Bodenverhältnissen auch bei der zweiten Versuchsserie noch verhältnismäßig hoch. Es ist aber zu berücksichtigen, daß der Häufler den Boden nach oben fördern muß, ihn nicht in eine Vorfurche ablegen kann. Wie sich der

Tafel 3: Spezifischer Zugwiderstand des zweireihigen Gerätes bei den Feldversuchen.

Versuchsserie	δ Grad	φ Grad	spez. Zugwiderstand in kp/dm ² Geschwindigkeit			im Mittel	mittlerer Bezugs- querschnitt dm ²
			km/h 3,1	km/h 6,6	km/h 11,2		
1	30	40	83	87	119	96	1,47
	40	40	81	105	123	103	
	56	40	120	136	194	150	
im Mittel			95	109	146		
2	40	33	47	54	65	55	3,13
	40	40	44	53	69	55	
	40	47	54	59	65	59	
im Mittel			48	55	66		

Boden am Körper nach oben bewegt, zeigt **Bild 6**. Es ist ein an Schar und Brust mit Lack angestrichener Häufler abgebildet, der mit etwa 5 km/h durch einen kiesigen Acker gezogen worden ist. Die Ritzspuren lassen erkennen, daß der Boden am Körper zunächst unmittelbar nach oben gegliitten und erst im oberen Teil der Häuflerbrust zur Seite ausgewichen ist.

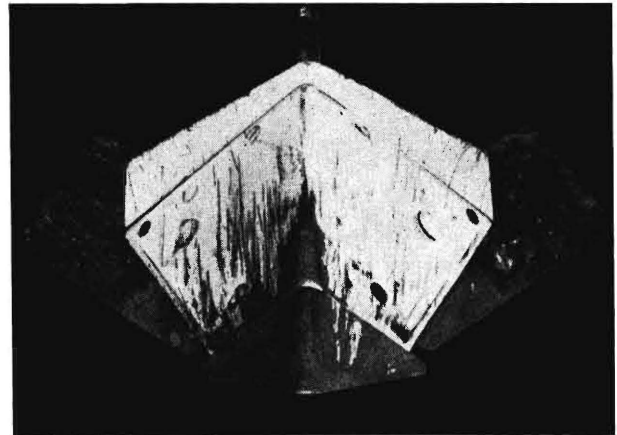


Bild 6. Ritzspuren auf Schar und Brust eines Häuflers.

Der Einfluß der Winkel und der Geschwindigkeit machte sich beim spezifischen Zugwiderstand in etwa der gleichen Weise bemerkbar wie bei den Absolutwerten des Zugwiderstandes.

Die Damm- und Furchenform

Mit einem schon früher beschriebenen Konturmeßgerät [6] wurden die Damm- und Furchenformen festgehalten. **Bild 7** zeigt das Beispiel einer so gemessenen Kontur; die Pfropfen am Ende der Nadeln sind auf die Ackeroberfläche aufgesetzt worden und geben folglich deren Gestalt wieder. Alle Konturen wurden so wie die abgebildete fotografiert, vom Filmnegativ auf Papier projiziert und nachgezeichnet.

Die Konturen wiesen naturgemäß sehr viele Unregelmäßigkeiten auf; diese sind besonders groß, wenn der Boden grobschollig oder mit Pflanzen bedeckt ist. Die höchsten und ebenso die tiefsten Punkte der Konturen sind oft seitlich versetzt. Infolgedessen stößt eine zeichnerische Mittelung mehrerer Messungen auf Schwierigkeiten. Sie führt zu einer Einebnung und läßt die wesentlichen Merkmale der Konturen verlorengehen.

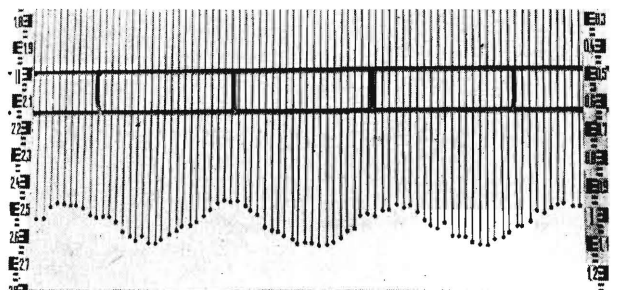


Bild 7. Mit dem Konturmeßgerät festgehaltene Kontur.

Deshalb werden nur einige charakteristische Konturen als Beispiele gezeigt und numerisch gewonnene Mittelwerte einiger bezeichnender Maße in grafischen Darstellungen zusammengefaßt.

Auf **Bild 8** sind Konturen der Versuche mit verschiedenen Anstellwinkeln wiedergegeben. Um eine Vorstellung der

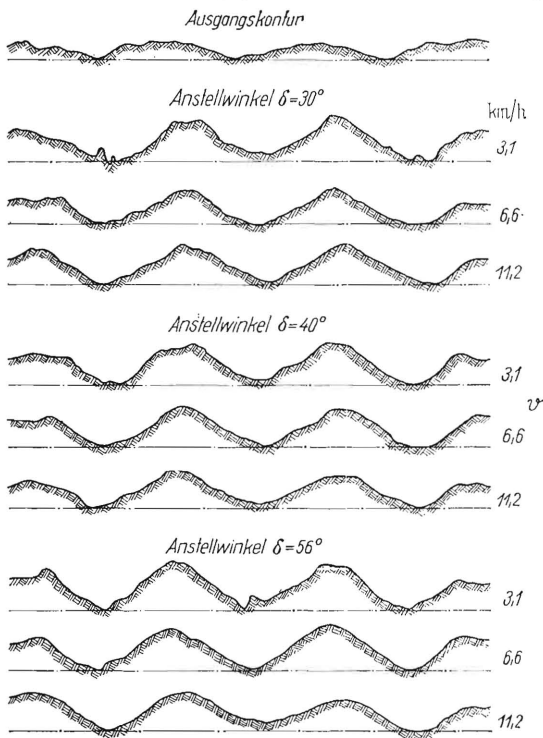


Bild 8. Häufelkonturen bei Feldversuchen mit Häuflern verschiedenen Anstellwinkels δ bei verschiedenen Arbeitsgeschwindigkeiten v .

$\varphi = 40^\circ = \text{konst}$

Ausgangskonturen zu vermitteln, ist auch für diese ein Beispiel gezeigt. Zu den Konturen sei vorweg bemerkt, daß bei diesem Häuflern spitze Dämme erwünscht waren, weil die Netzege bald folgen sollte. (Im Gegensatz dazu werden beim letzten Häuflern der Kartoffeln zumeist trapezförmige Dämme gefordert.) Beim Anstellwinkel 30° ändert sich die Dammform nur wenig mit der Geschwindigkeit: vom Trapez mit kurzer oberer Parallelseite zum Dreieck mit scharfer oder schwach gerundeter Spitze. Bei größerem Anstellwinkel machte sich die hohe Geschwindigkeit stärker bemerkbar; die Dämme wurden runder und flacher.

Die Geschwindigkeitssteigerung kommt auch in den kennzeichnenden Maßen zum Ausdruck: Die Konturhöhe, d. h. der vertikale Abstand zwischen Dammspitze und Furchengrund, wird kleiner, die Dammbreite, gemessen 5 und 10 cm unter Dammspitze, wird größer, **Bild 9**. Die mittlere Neigung der Dammfanken verringert sich im Durchschnitt von $34,4^\circ$ auf $30,9^\circ$, **Bild 10**, weil die sich mit höherer Geschwindigkeit bewegendes Bodenteilchen eine stärkere Tendenz haben, die Dammfanken hinabzurollen. Dem entspricht, daß die Wurfweite, d. h. die Strecke, bis zu der außen am Gerät Boden zur Seite geworfen wurde, beträchtlich ansteigt, **Bild 11**. Allgemein kann gesagt werden, daß der Geschwindigkeitseinfluß beim Häufler mit kleinem Anstellwinkel weniger spürbar ist als bei einem solchen mit größerem Anstellwinkel.

Der Vergleich der Seitenrichtungswinkel $\varphi = 33^\circ, 40^\circ$ und 47° in der zweiten Versuchsreihe brachte die folgenden Ergebnisse: Vom spitzen Körper mit kleinem Seitenrichtungswinkel wurden bei $3,1 \text{ km/h}$ trapezförmige Dämme mit schwacher Einsattelung in der Dammitte (Regenrinne) gebildet. Wurde die Geschwindigkeit gesteigert, so ging die Dammkrone in eine spitze, schließlich in eine gerundete Form über. Je größer φ wurde, desto mehr schrumpfte das Trapez in ein Dreieck zusammen, und desto eher bekam die Dammkrone bei schneller Fahrt eine runde Form. Bei allen Körpern trat bei $11,2 \text{ km/h}$ eine deutliche Abflachung der Dämme ein. Die Flankenneigung sank mit größer werdender Geschwindigkeit im Mittel von $34,3^\circ$ auf 32° . Die **Bilder 12 bis 14** zeigen wieder einige Dammaße bzw. die Wurfweiten über der Geschwindigkeit. Infolge der ungünstigen

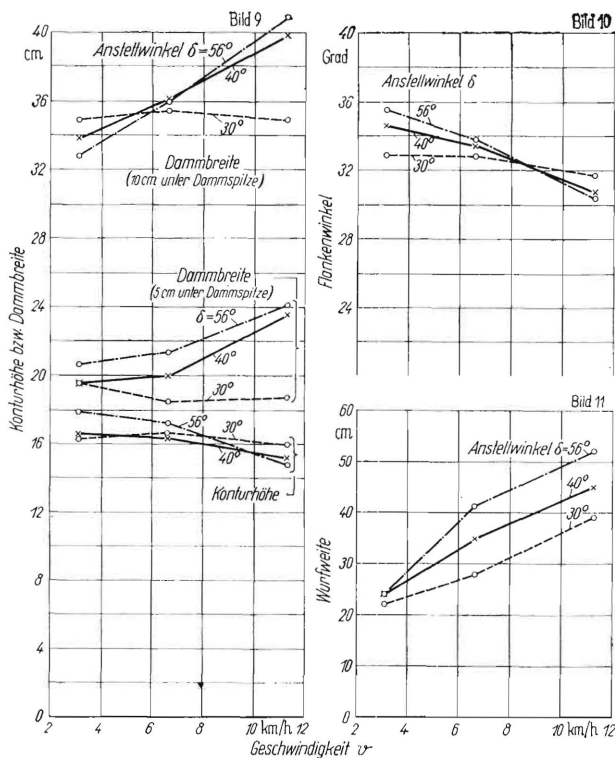


Bild 9 und 10. Abmessungen der Dämme und Neigung der Dammfanken für verschiedene Anstellwinkel δ , über der Geschwindigkeit aufgetragen. — **Bild 11.** Wurfweite des Bodens an den Halbhäuflern für verschiedene Anstellwinkel δ , über der Geschwindigkeit aufgetragen.

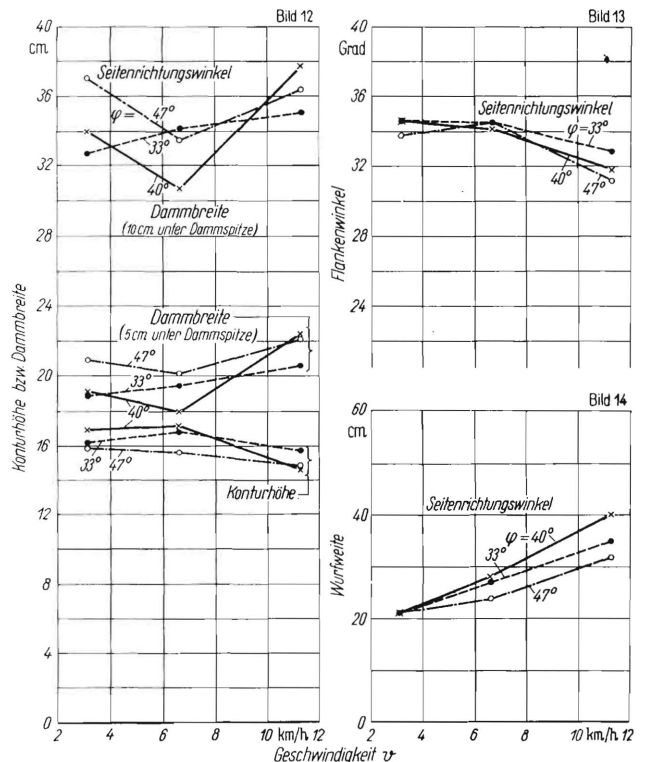
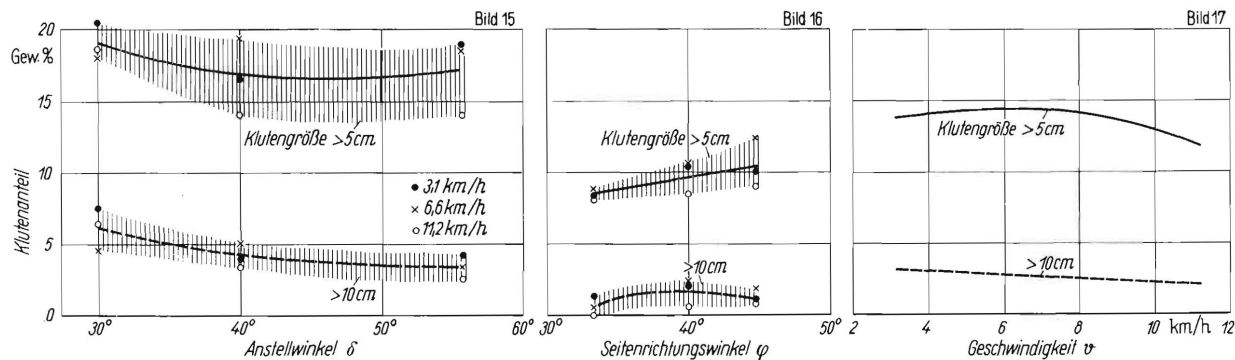


Bild 12 und 13. Abmessungen der Dämme und Neigung der Dammfanken für verschiedene Seitenrichtungswinkel φ , über der Geschwindigkeit aufgetragen. — **Bild 14.** Wurfweite des Bodens an den Halbhäuflern für verschiedene Seitenrichtungswinkel φ , über der Geschwindigkeit aufgetragen.



Bilder 15 bis 17. Gewichtsmaßiger Anteil der Kluten am Gesamtgewicht des bearbeiteten Bodens in Abhängigkeit vom Anstell-, vom Seitenrichtungswinkel und von der Geschwindigkeit.

Versuchsbedingungen treten die Geschwindigkeitsabhängigkeiten nicht so klar in Erscheinung wie in der ersten Versuchsserie. Ein schwacher Einfluß des Seitenrichtungswinkels ist erkennbar; der Häufler mit $\varphi = 33^\circ$ zeigt im Durchschnitt eine geringere Geschwindigkeitsabhängigkeit.

Die Kluten

Der nach dem Häufeln durch Wägung festgestellte Anteil der Kluten von mehr als 5 cm und mehr als 10 cm Länge am insgesamt bearbeiteten Boden ist in **Bild 15 und 16** über dem Anstell- und dem Seitenrichtungswinkel dargestellt. Die Meßstrecke betrug jeweils 1 m. Infolge der großen Streuungen reichen die Werte für eine sichere Aussage über einen Einfluß des Seitenrichtungswinkels nicht aus. Ebenso läßt sich ein Unterschied zwischen den Anstellwinkeln 40° und 56° nicht nachweisen. Nur der größere Klutenanfall beim Körper mit dem kleinen Anstellwinkel 30° ist schwach gesichert. Er ist dadurch zu erklären, daß der Boden über einen flach gebauten Körper sanfter hinweggleitet als über einen steilen und infolgedessen weniger zerbröckelt wird. Bei diesem Häufler ist hinsichtlich der Kluten keine klare Geschwindigkeitsabhängigkeit zu erkennen. Dagegen entspricht bei den übrigen der größten Geschwindigkeit immer der kleinste Klutenanteil. Die Unterschiede zwischen den Klutenanteilen bei der ersten und der zweiten Versuchsserie sind offensichtlich auf die in der Zwischenzeit durchgeführten, von der Witterung unterstützten Pflegemaßnahmen zurückzuführen.

Auf **Bild 17** ist der durchschnittliche Klutenanfall der beiden Versuchsserien über der Geschwindigkeit aufgetragen. Die Erhöhung der Geschwindigkeit von 3,1 auf 6,6 km/h brachte keinen Unterschied. Dagegen nahm der Klutenanteil bei hoher Geschwindigkeit etwas ab. Die Differenz ist bei den Kluten mit mehr als 10 cm Länge allerdings nur schwach gesichert. Der Geschwindigkeitseinfluß ist bei diesen Versuchen nur schwach ausgeprägt, weil die Kluten alt und somit fest waren. Sie wurden deshalb selbst bei hoher Geschwindigkeit nicht zerschlagen. In früheren Versuchen mit anderen Häuflern war der Geschwindigkeitseinfluß sehr deutlich gewesen, **Bild 18**. Damals waren infolge ungünstiger Scharformen während des Häufelns viele, aber nicht sehr feste Kluten entstanden und je nach der Arbeitsgeschwindigkeit in kleinerem oder größerem Umfange wieder zertrümmert worden. Dagegen waren die alten und daher festen Kluten, die gesondert erfaßt werden konnten, erhalten geblieben.

Vergleich zwischen Geräten mit Halb- und mit Vollhäuflern

In der dritten Versuchsserie sollten Voll- und Halbhäufel miteinander verglichen werden, weil in den ersten Versuchsserien der Eindruck entstanden war, daß die Halbhäufel mehr Kluten hinterlassen.

Der mit schon kräftigen Kartoffelstauden bestandene Acker wies wiederum flache Dämme und Furchen auf. Die Konturhöhe betrug vor den Versuchen im Durchschnitt 9 cm. Es wurde nur mit einer Geschwindigkeit, und zwar mit 6,6 km/h gearbeitet. Zum Einsatz kamen die Häufler 1, 2 und 4 der Tafel in Bild 1. Verglichen wurden das dreireihige Häufeln mit drei Vollkörpern und das zweireihige Häufeln mit je einem Voll- und zwei Halb-

häuflern. Die Fahrweise ist auf dem **Bild 19** skizziert. Bei der dreireihigen Bearbeitung wurde die Anschlußfurche der zweiten Fahrt neben die der ersten gelegt, bei der zweireihigen Bearbeitung durchfuhr ein Halbhäufel in der zweiten Fahrt nochmals eine bei der ersten Fahrt einseitig schon bearbeitete Furche. Dabei wurde er so eingestellt, daß er nur noch wenig Boden erfaßte. Neben den Versuchsreihen jedes aus zwei Fahrten bestehenden Versuches wurden wiederum Reihen freigelassen, so daß eine gegenseitige Beeinflussung vermieden war.

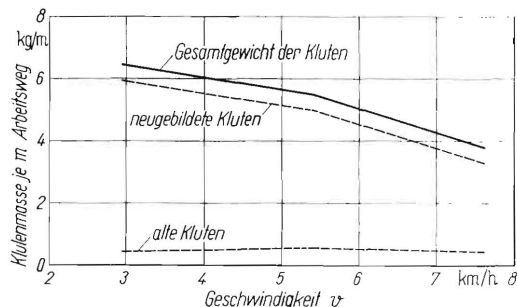


Bild 18. Kluten (länger als 5 cm) in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit bei früheren Feldversuchen mit einem Spannähufelgerät.

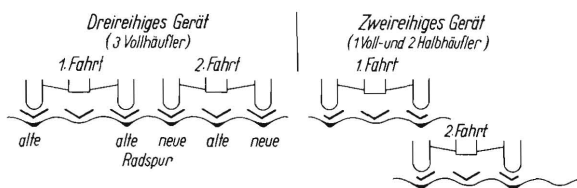


Bild 19. Dreireihiges Häufeln mit einem Gerät mit drei Vollhäuflern und zweireihiges Häufeln mit einem Gerät mit einem Voll- und zwei Halbhäuflern (schematisch).

Durch Schlepperräder verdichtete Furchen sind schwarz angelegt. Die alten Radschienen sind schon vor der Versuchsfahrt vorhanden gewesen, die neuen sind bei der Versuchsfahrt entstanden.

Die Messungen ergaben, ebenso wie in der ersten Versuchsreihe, einen wesentlich geringeren Zugwiderstand für den flach angestellten Häufler als für die steileren. In der Gegenüberstellung von Voll- und Halbhäuflern verhielten sich die drei Häuflerformen gleichartig, so daß die mit ihnen gewonnenen Ergebnisse zusammengefaßt werden konnten. Die für das ganze Häufelgerät durchschnittlich gemessenen Zugwiderstände sind in **Bild 20** durch die hohen Säulen wiedergegeben.

Bei dem Gerät mit den drei Vollhäuflern traten bei den zweiten Fahrten durchweg beträchtlich höhere Zugwiderstände auf als bei den ersten Fahrten. Diese Erhöhung ist statistisch sehr gut gesichert. Sie ist auf die Verdichtung des Bodens unter den Schlepperrädern zurückzuführen. Der Boden der Furche zwischen den Schlepperrädern war nämlich — herrührend von den früheren Arbeitsgängen — schon vor dem Versuch dichter gelagert (**Bild 19**). Sein Porenanteil betrug 50% gegenüber 55% in den nicht befahrenen Furchen. Beim Häufeln wurden nun auch die beiden lockeren Furchen von den Schlepperrädern verdichtet. Infolgedessen mußten alle drei Körper in festem Boden arbeiten,

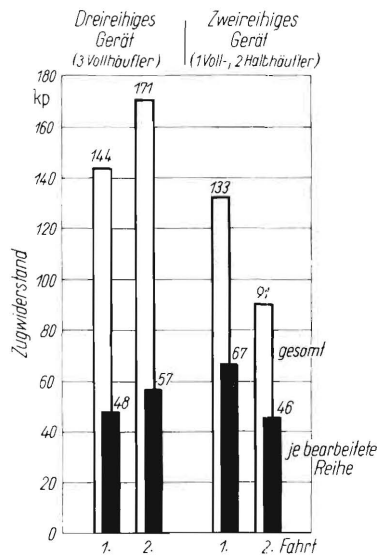


Bild 20. Zugwiderstand beim zwei- und dreireihigen Häufeln für das ganze Gerät und auf den einzelnen bearbeiteten Damm bezogen.

und es ergab sich ein um 19% höherer Zugkraftbedarf. Abgesehen davon, daß unter einem Wechsel der Schlepperspuren während der Pflege die Genauigkeit der Arbeit leidet, sollte man die Spuren auch des Zugkraftbedarfes wegen nicht einmal in diese, einmal in jene Furchen legen. Bei dem Gerät mit einem Vollhäufel und zwei Halbhäuflern war der Zugwiderstand auch in den ersten Fahrten geringer als bei dem Gerät mit den drei Vollhäuflern. In den zweiten Fahrten sank der Zugwiderstand ganz erheblich von 133 kp auf 91 kp.

Will man den Zugwiderstand bei zweireihiger mit der bei dreireihiger Bearbeitung vergleichen, so muß man ihn auf die einzelne jeweils bearbeitete Kartoffelreihe beziehen. Dies ist in den niedrigen Säulen in Bild 20 geschehen. Setzt man nun voraus, daß bei dreireihigem Häufeln das Feld schon von Legen an dreireihig bearbeitet worden ist, so werden immer die Verhältnisse der 1. Fahrt vorliegen. Beim zweireihigen Häufeln tritt dagegen, sofern keine Reihen übersprungen werden, der Zugkraftbedarf der 1. Fahrt nur einmal auf dem Felde auf, sonst immer der der 2. Fahrt. Es stehen sich also 48 kp/Reihe bei dreireihiger Bearbeitung und 46 kp/Reihe bei zweireihiger Bearbeitung als Zugwiderstände gegenüber, d. h., der Zugkraftbedarf ist

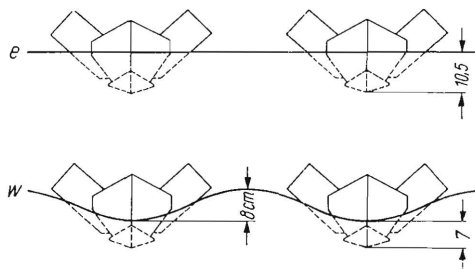


Bild 21. Ebene (e) und wellige (w) Oberfläche in der Bodenrinne und Stellung der Häufel.

unter Berücksichtigung der Streuung der Versuchswerte praktisch gleich. Damit wird die unter anderen Bedingungen gemachte Feststellung [1] bestätigt, daß — falls vor dem Häufeln schon gewisse Furchen vorhanden sind — die Bearbeitung unter Benutzung von Halbhäuflern nicht mehr Zugkraft beansprucht als die Bearbeitung ausschließlich mit Vollhäuflern.

In der Dammform war kein wesentlicher Unterschied zwischen der zwei- und dreireihigen Bearbeitung festzustellen. Nur waren die von den Halbkörpern zweimal durchfahrenen Furchen stellenweise von losem Boden an den Flanken entblößt und beim dreireihigen Häufeln die Anschlußdämme unregelmäßiger, da die Schlepperräder in den vorher nicht befahrenen Furchen keine gute Führung fanden.

Die Vermutung, daß das Häufeln mit den Halbkörpern mehr Kluten zur Folge hatte, bestätigte sich nicht, im Gegenteil, der Klutenanteil war bei der zweireihigen Bearbeitung geringfügig kleiner als bei der dreireihigen.

Die Bodenrinnenversuche

Versuchsbedingungen und Versuchsdurchführung

Außer auf dem Felde wurden die Häufel auch in einer Bodenrinne eingesetzt. Durch diese Versuche sollten die Feldversuche, die durch stark wechselnde Versuchsbedingungen beeinträchtigt waren, überprüft und ergänzt werden. In einer Bodenrinne lassen sich die Bodenverhältnisse weitgehend konstant halten; die Bodenrinne erlaubt es ferner, wichtige Beobachtungen und Messungen anzustellen, die auf dem Felde überhaupt nicht oder nur viel ungenauer durchzuführen sind.

Die Rinne war mit einem feinsandigen Lehm (Löbtlehm) folgender Zusammensetzung gefüllt:

Grobsand	2,7%	Schluff	22,4%
Feinsand	65,9%	Ton	9 %

Der Boden wurde auf 17 bis 18% Feuchtigkeit (bezogen auf das Trockengewicht) gehalten, vor jeder Fahrt umgegraben, gefräst und durch Walzen verdichtet. Dazu wurde in den ersten Versuchen eine glatte Walze verwendet, die eine ebene Bodenoberfläche hinterließ, bei den späteren eine an zwei Stellen ballig geformte, so daß eine wellige Oberfläche entstand, ähnlich der, wie sie auf einem Kartoffelacker nach dem Striegeln anzutreffen ist, **Bild 21**. Der Boden wurde durch Walzen sowohl bei ebener Oberfläche als auch im Furchengrund der welligen auf etwa 50% Porenanteil verdichtet (Durchschnitt der oberen 5 cm). Mit zunehmender Tiefe und an den Flanken der welligen Oberfläche stieg der Porenanteil um etwa 0,8% je cm Höhendifferenz an.

Es wurden immer zwei gleiche Häufel nebeneinander am Meßwagen der Bodenrinne angebracht und durch die Rinne gezogen. Auf **Bild 22** ist dieser Wagen zum größten Teil durch einen unter 45° stehenden Spiegel verdeckt. Der Spiegel ermöglicht es, die Bodenbewegung auf dem Häufel gleichzeitig von vorn und von oben zu beobachten und aufzunehmen.

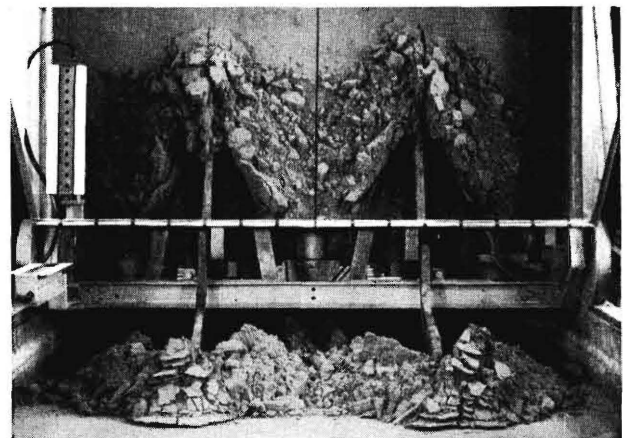


Bild 22. Häufel am Meßwagen der Bodenrinne.

Die Bodenbewegung über dem Häufel kann gleichzeitig von vorn und durch den unter 45° stehenden Spiegel auch von oben beobachtet werden.

Die Arbeitstiefe der Häufel ist dem Bild 21 zu entnehmen, sie wurde nach den erhaltenen Dammformen einheitlich ausgewählt. Die Versuche wurden mit einer Fahrgeschwindigkeit von 5 km/h, bei der welligen Oberfläche außerdem mit einer solchen von 9,5 km/h durchgeführt.

Die Kräfte

Die auf den einzelnen Häufel wirkenden Kräfte wurden elektronisch gemessen. Im Gegensatz zu den Feldversuchen wurde neben der Längskraft (Zugwiderstand) auch die Vertikalskraft erfaßt. Sie wurde als positiv bezeichnet, wenn sie von oben auf den Häufel wirkte.

Auf **Bild 23 und 24** sind die Kräfte über dem Anstellwinkel bzw. dem Seitenrichtungswinkel, mit der Oberflächenform und der Geschwindigkeit als Parameter, aufgetragen. Jeder eingezeichnete Punkt gibt den Mittelwert einer Versuchsfahrt wieder, stammt also von den beiden nebeneinander eingesetzten Häuflern. Die Längskräfte liegen zwischen 50 und 80 kp je Körper und sind somit etwas kleiner als die auf dem Felde gemessenen Zugwiderstände. Die Vertikalkräfte sind durchweg positiv, ihre Werte bewegen sich zwischen 5 und 25 kp.

Damit die Auswirkungen der einzelnen Varianten noch klarer hervortreten, wurden die spezifischen Kräfte errechnet. Diese Rechnung führt für die Bodenrinne zu genaueren Ergebnissen als für Feldversuche, weil die Querschnitte der vom Häufler gebildeten Furchen gut festzustellen sind. Durch die Umrechnung auf spezifische Kräfte wurden Verschiedenheiten des Tiefganges ausgeglichen. Die spezifischen Kräfte sind in **Bild 25 und 26** in Abhängigkeit von den Häuflerwinkeln dargestellt. Auf die Einzeichnung der Einzelwerte wurde hier verzichtet, weil die Streuungen kleiner geworden sind.

Die spezifische Längskraft

Die spezifische Längskraft liegt bei welliger Ausgangsoberfläche höher als bei ebener. Dieser Unterschied kann damit erklärt werden, daß der Häufler an seinen Kanten bei welliger Oberfläche eine relativ lange Schnittlinie bildet, die in der Bodenrinne auch in ihrem oberen Teil durch dicht lagernden Boden führt, und daß der Häufler den Boden entlang den Dammflanken in eine größere Höhe fördern muß.

Die Erhöhung der Geschwindigkeit verursachte wiederum einen deutlichen Anstieg der spezifischen Längskraft. Der Anstieg von gut 20% ist etwa der gleiche wie der Anstieg in den Feldversuchen für den gleichen Geschwindigkeitsbereich.

Die Kurven für die spezifische Längskraft in Abhängigkeit vom Anstellwinkel zeigen für alle Parameter den gleichen Verlauf und stimmen in ihrer Tendenz mit den entsprechenden Kurven der Feldversuche gut überein. Zwischen $\delta = 30^\circ$ und $\delta = 56^\circ$ steigt die Kurve wiederum um etwa 40% an.

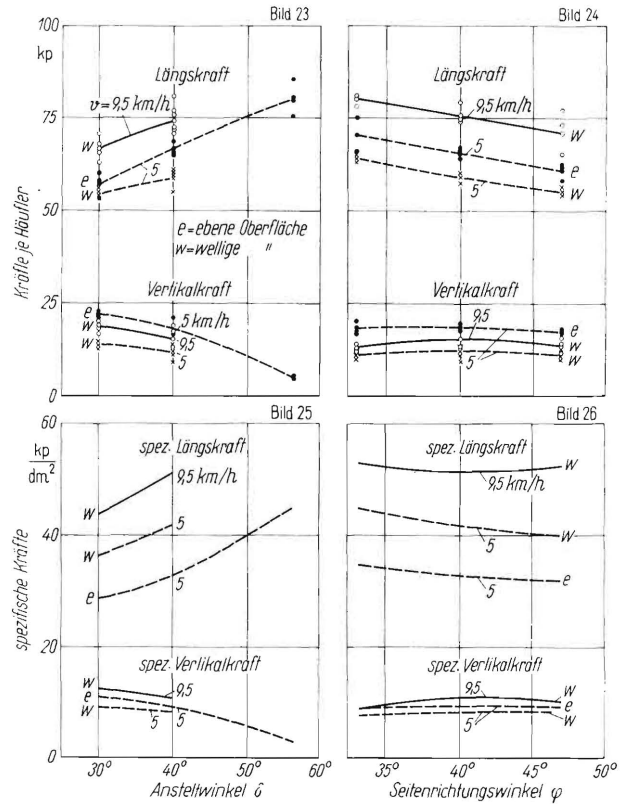
Der Seitenrichtungswinkel macht sich auch in der Bodenrinne nur wenig bemerkbar. Es fällt aber auf, daß die spezifische Längskraft bei kleiner Geschwindigkeit mit ansteigendem Seitenrichtungswinkel — also stumpfer geformtem Häufler — signifikant abfällt sowohl bei ebener als auch bei welliger Ausgangsoberfläche³⁾. Man erwartet eher eine entgegengesetzte Tendenz. Diese Erscheinung läßt sich aber durch die Vorgänge am unteren Teil des Häuflers erklären. Der losgelöste Boden muß sich zunächst in dem keilförmigen Raum, der zwischen dem Häufler und dem stehengebliebenen Boden entstanden ist, nach oben bewegen (Bild 6). Je kleiner φ ist, desto spitzer ist dieser Keil und desto mehr hemmt die Reibung an den seitlichen Flächen des losgelösten Bodens dessen Bewegung. Infolgedessen ergibt sich in diesem Bereich bei kleinem φ eine größere Längskraft als bei großem. Wächst aber die Geschwindigkeit, so nehmen die Beschleunigungskräfte zu, und zwar bei großem Seitenrichtungswinkel in stärkerem Maße als bei kleinem. Dadurch wird die vom Losbrechen verursachte Tendenz überdeckt. Aus diesem Grunde kann es günstig sein, den Häufler unten mit einem größeren Seitenrichtungswinkel auszuführen als oben.

Die spezifische Vertikalkraft

Die spezifische Vertikalkraft war bei der ebenen Oberfläche etwas größer als bei der welligen; bei ersterer ist der Eindringwiderstand an den Schnittkanten kleiner. Die Steigerung der Geschwindigkeit bringt ein Anwachsen auch der spezifischen Vertikalkraft von 20%.

Der Anstellwinkel beeinflusst die spezifische Vertikalkraft stark. Auf einem flach gebauten Häufler lastet mehr Boden als auf einem steilen. Dem Seitenrichtungswinkel gegenüber verhält sich die spezifische Vertikalkraft indifferent.

³⁾ Messungen, die an anderen Häuflern bei ganz langsamer Vorwärtsbewegung durchgeführt wurden, zeigten diesen Abfall noch ausgeprägter. Über diese Versuche wird später berichtet werden.



Bilder 23 bis 26. Längs- und Vertikalkräfte in der Bodenrinne in Abhängigkeit vom Anstell- bzw. Seitenrichtungswinkel. Die spezifischen Kräfte sind auf den bearbeiteten Bodenquerschnitt bezogen.

Die resultierende Kraft

Von Interesse ist auch die Neigung α , unter der die resultierende Kraft am Häufler angreift, **Bild 27 und 28**. Wie nach dem Verlauf der Kräfte zu erwarten war, ist α bei kleinem δ größer als bei großem. Bei ebener Bodenoberfläche ist die Resultierende stärker geneigt als bei welliger. Die Geschwindigkeit macht sich nicht nennenswert bemerkbar. Auch der Seitenrichtungswinkel beeinflusst die Neigung der Resultierenden offensichtlich nur wenig.

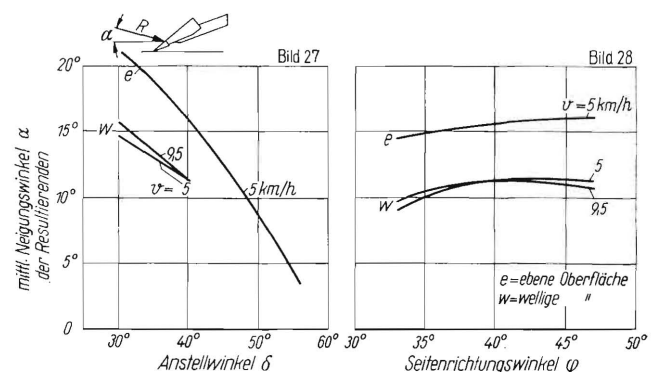


Bild 27 und 28. Neigung des resultierenden Bodenwiderstandes in Abhängigkeit vom Anstell- und vom Seitenrichtungswinkel.

Damm- und Furchenform

Zwar werden in der Bodenrinne die Dämme wesentlich gleichmäßiger als auf dem Felde, aber die Unregelmäßigkeiten waren bei dem verwendeten Boden doch noch zu groß für eine einwandfreie zeichnerische Mittelung der an verschiedenen Stellen gemessenen Konturen. Deshalb wurden für bestimmte Dammsätze die Mittelwerte errechnet und unter Benutzung dieser Rechenwerte Konturen gezeichnet, die die charakteristischen Merkmale enthalten, **Bild 29**; ferner sind wiederum die Mittelwerte bezeichnender Maße grafisch aufgetragen.

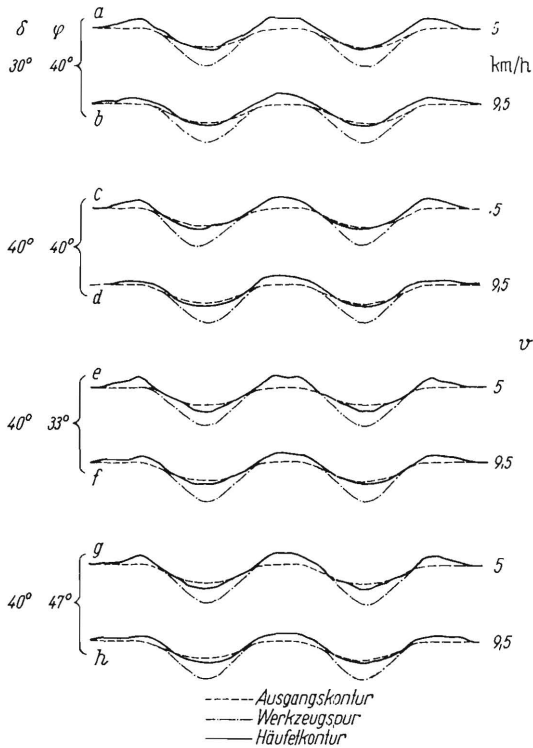


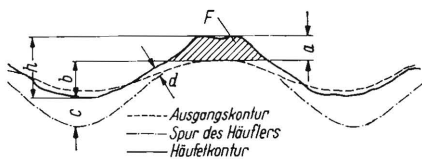
Bild 29. Häufelkonturen in der Bodenrinne bei verschiedenem Anstellwinkel δ und Seitenrichtungswinkel φ und verschiedener Geschwindigkeit v .

Der Anstellwinkel δ und die Geschwindigkeit wirkten sich nach Bild 29a bis d in ähnlicher Weise wie in den Feldversuchen aus. Beim Anstellwinkel 30° und kleiner Geschwindigkeit hatte der Damm einen trapezförmigen Querschnitt mit schwacher Einsattelung; dieser Querschnitt ging bei schneller Fahrt in eine etwa dreieckige Form über. Der Häufel mit 40° Anstellwinkel erzeugte bei 5 km/h einen dreieckförmigen Damm mit stark gerundeter Spitze, bei $9,5 \text{ km/h}$ einen vollständig gerundeten.

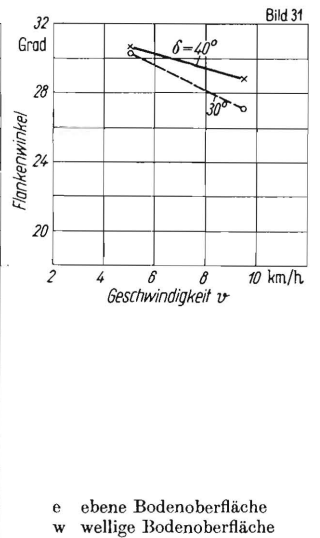
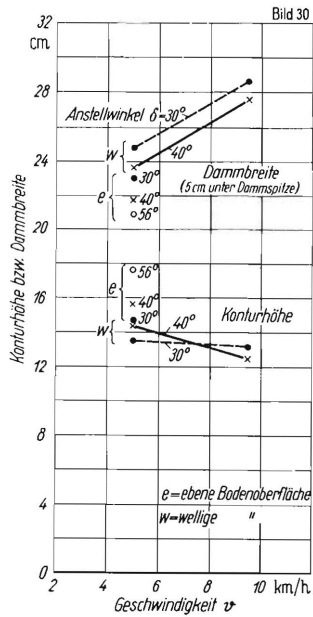
Die Konturen c bis h in Bild 29 lassen den Einfluß des Seitenrichtungswinkels und seine Wechselwirkung mit der Geschwindigkeit erkennen. Bei $\varphi = 33^\circ$ wurde der Boden neben der Dammitte abgelegt, so daß ein Trapez mit Einsattelung entstand. Die Häufel mit größerem Seitenrichtungswinkel (40° und 47°) hinterließen gerundete Dämme, insbesondere bei der größeren Geschwindigkeit.

Die Dammaße in den **Bildern 30 bis 33** zeigen eine noch klarere Abhängigkeit von der Geschwindigkeit als es in den Feldver-

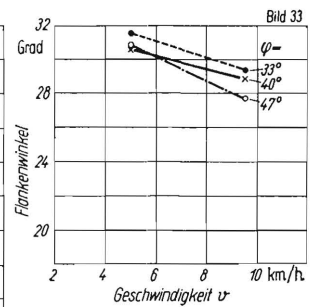
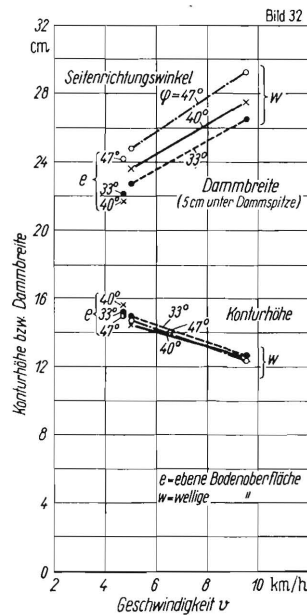
Tafel 4: Maße der Häufelkontur bei welliger Ausgangsoberfläche in der Bodenrinne.



δ Grad	φ Grad	v km/h	h cm	a cm	b cm	c cm	F cm ²	d cm
30	40	5	13,6	4,8	8,8	6,2	72,6	1,1
		9,5	13,1	4,6	8,5	6,3	67,5	1,6
40	40	5	14,5	5,0	9,5	5,6	75,0	0,9
		9,5	12,5	4,0	8,5	6,6	63,1	1,6
40	33	5	14,9	5,0	9,9	5,2	70,0	0,7
		9,5	12,7	3,9	8,8	6,3	55,5	1,1
40	47	5	14,8	4,9	9,9	5,1	75,6	0,9
		9,5	12,4	3,6	8,8	6,4	61,6	1,2



e ebene Bodenoberfläche
w wellige Bodenoberfläche



Bilder 30 bis 33. Dammaße und Neigungswinkel α der Dammlanken für verschiedene Anstellwinkel δ und Seitenrichtungswinkel φ in Abhängigkeit von der Arbeitsgeschwindigkeit.

suchen der Fall war (vgl. Bilder 9 bis 13). Die Konturhöhe ist bei kleinem Anstellwinkel wiederum weniger geschwindigkeitsabhängig als bei größerem. Größerer Anstellwinkel führte bei langsamer Fahrt zu höheren Konturen. Vom Seitenrichtungswinkel wurde die Konturhöhe nicht beeinflusst. Die Konturhöhen der Feldversuche wurden nur bei ebener Ausgangsoberfläche annähernd erreicht, nicht aber bei welliger. Eine Vergrößerung des Tiefganges brachte keine höheren Dämme, weil mehr Boden in die Furche zurückfiel. Als Ursache für die niedrigeren Dämme sind die anderen Bodeneigenschaften anzusehen. Der verhältnismäßig trockene Lößlehm der Bodenrinne zerfiel in kleine Bestandteile, die leicht hinabrollten. Das besagt auch der durchweg kleinere Flankenwinkel, der im Durchschnitt 31° bei kleiner und 28° bei großer Geschwindigkeit betrug. Daß in diesem Falle der Flankenwinkel bei $\delta = 30^\circ$ stärker geschwindigkeitsabhängig war als bei $\delta = 40^\circ$, dürfte mit dem Übergang vom trapezförmigen zum dreieckigen Damm zusammenhängen.

Tafel 4 gibt noch einige weitere Maße. Außer der Konturhöhe h verringerten sich auch die Höhe a und der Querschnitt F des aufgeschütteten Bodens bei wachsender Geschwindigkeit, bei $\delta = 30^\circ$ allerdings nur in geringem Maße. Bei großer Geschwindigkeit fällt mehr Boden in die Furche zurück. Mit der Geschwindigkeit wurde auch das Maß d größer. Es stellt den Mittelwert der minimalen Flankenbedeckung dar; diese war in allen Fällen mäßig, zum Teil waren sogar einzelne Stellen der Flanken unbedeckt.

Der Winkel 40° für die Häuflerflügel ist für diesen Boden offensichtlich zu steil.

Weshalb bei größerer Geschwindigkeit so wenig Boden auf den Damm befördert wird, ist aus dem Bodenfluß zu erklären. Bild 34 ist aus Filmaufnahmen entstanden; man sieht von oben auf den Häufler und die Bewegungsbahnen des Bodens über ihm. Bei kleiner Geschwindigkeit wird der Boden zu einem beträchtlichen Teil zur Seite geleitet, während er bei großer Geschwindigkeit zumeist annähernd in Fahrtrichtung über den Häufler hinweggleitet. Dieses Verhalten des Bodens widerspricht nicht der früheren Feststellung, daß bei einer großen Geschwindigkeit Boden um eine größere Strecke zur Seite geworfen wird als bei einer kleinen; denn der Teil des Bodens, der doch noch zur Seite geführt wird, erhält eine größere Geschwindigkeit als bei langsamer Fahrt und fliegt daher weiter.

Kluten

Tafel 5 zeigt den Anteil der Kluten von mehr als 5 cm Länge am insgesamt losgelösten Boden. Bei ebener Ausgangsoberfläche war der Klutenanteil größer als bei welliger. Der Boden wurde kompakter losgebrochen und im Mittel nicht so stark angehoben. Die Geschwindigkeitssteigerung bringt eine sehr gut gesicherte Verminderung des Klutenanteils auf weniger als die Hälfte. Signifikante Unterschiede zwischen Häuflerformen traten nicht auf.

Tafel 5: Mittlerer Klutenanteil (Kluten länger als 5 cm) bei verschiedenen Ausgangsoberflächen und Geschwindigkeiten in der Bodenrinne.

Bodenoberfläche	Geschwindigkeit v km/h	Tiefgang t cm	Anteil der Kluten (> 5 cm) Gew. %
eben	5	10,5	15,8
wellig	5	7,5	9,8
wellig	9,5	7,5	4,2

Durch die Auswertung von Filmaufnahmen wurde auch die Zahl der beim Aufbrechen des Bodens aufgetretenen Querrisse festgestellt. Die Zählung der Querrisse hatte in früheren Untersuchungen Unterschiede der Zerbröckelung besser angezeigt als die Feststellung der Klutenanteile. In diesem Falle brachte sie hinsichtlich der Häuflerformen das gleiche Ergebnis wie die Klutenwägung; alle Unterschiede lagen im Streubereich. Aufschlußreich war aber, daß bei der großen und bei der kleinen Geschwindigkeit nahezu gleich viele Querrisse je m Fahrstrecke gezählt wurden. Demnach ist der oben festgestellte Einfluß der Geschwindigkeit auf den Klutenanteil ausschließlich auf die Zerkleinerung des Bodens während seiner Bewegung über den Häufler hinweg bis zur Ablage zurückzuführen.

Zusammenfassung

Es wurden Versuche mit Häuflern durchgeführt, deren Arbeitsflächen in ihrer rechten und ihrer linken Hälfte eben gestaltet waren. Die Häufler unterschieden sich untereinander durch ihren Anstellwinkel oder ihren Seitenrichtungswinkel. In Ansicht von vorne wiesen sie alle den gleichen Umriß auf. In Versuchen auf einem Kartoffelfeld und in einer Bodenrinne ergaben sich die folgenden Einflüsse des Anstellwinkels, des Seitenrichtungswinkels und der Geschwindigkeit:

Anstellwinkel

Der Anstellwinkel hat einen starken Einfluß auf die Längskraft und die Vertikalkraft. Hat ein Häufler einen großen Anstellwinkel, ist also steil gebaut, so ist die Längskraft größer und die Vertikalkraft kleiner als bei einem Häufler mit einem Anstellwinkel von etwa 30° . Dies ist bei allen Geschwindigkeiten in ungefähr gleichem Maße der Fall.

Ein großer Anstellwinkel fördert die Bildung eines hohen Dammes, solange die Geschwindigkeit in mäßigen Grenzen — in der Größenordnung von 7 km/h — bleibt; bei größerer Geschwindigkeit wird der Damm niedriger. Der flach gebaute Häufler ($\delta = 30^\circ$) bildete bei kleiner und großer Geschwindigkeit einen annähernd gleichen Damm von mittlerer Höhe.

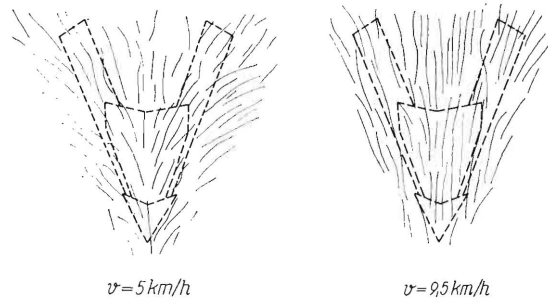


Bild 34. Bodenbewegung auf einem Häufler bei kleiner und großer Geschwindigkeit.

Ein Häufler mit kleinem Anstellwinkel hinterläßt unter Umständen mehr Kluten als ein steiler gebauter Häufler.

Seitenrichtungswinkel

Der Seitenrichtungswinkel beeinflusst die Kräfte weit weniger als der Anstellwinkel. Ein Häufler mit kleinem Seitenrichtungswinkel braucht zugkraftmäßig nicht günstiger zu sein als ein stumpf gebauter. Im Gegenteil, bei dicht lagerndem Boden kann letzterer zu mindesten bei kleiner bis mittlerer Geschwindigkeit hinsichtlich der Längskraft überlegen sein. Die Vertikalkraft ist vom Seitenrichtungswinkel nahezu unabhängig.

Der Damm wird in seiner Höhe vom Seitenrichtungswinkel nur wenig beeinflusst. Mit einem kleinen Seitenrichtungswinkel gelingt es leichter, ein Trapez mit einer Einsattelung in Dammitte zu erzeugen als mit einem großen Seitenrichtungswinkel. Bei rascher Fahrt wurden die Dämme für alle Seitenrichtungswinkel runder und niedriger.

Hinsichtlich der Kluten konnten keine vom Seitenrichtungswinkel abhängigen Unterschiede festgestellt werden.

Geschwindigkeit

Die Längskraft und die Vertikalkraft steigen mit der Geschwindigkeit stark an.

Eine Erhöhung der Geschwindigkeit bewirkt im allgemeinen eine Verringerung der Dammhöhe und eine Verbreiterung und Rundung der Dämme. Der erreichbare Flankenwinkel wird kleiner. Sofern leicht zerfallende Kluten vorhanden sind, werden sie bei hoher Geschwindigkeit stärker zerkleinert.

In einer Gegenüberstellung eines zweireihigen Häufelgerätes mit einem Voll- und zwei Halbhäuflern und eines dreireihigen Häufelgerätes mit drei Vollhäuflern wurde gleich großer Zugkraftbedarf je Kartoffelreihe ermittelt. Voraussetzung für diese Gleichheit ist aber, daß der Acker schon vor dem Häufeln flache Furchen aufweist und die vorangegangenen Pflegemaßnahmen in der Reihenzahl dem Häufeln angepaßt sind, beim Häufeln also nur die unvermeidliche Zahl von Schlepperspuren aufzulockern ist. Denn die Bearbeitung der Furchen, die von Schlepperrädern durchfahren sind, verlangt nach den Versuchen wesentlich mehr Zugkraft als die der übrigen.

Schrifttum

- [1] Dencker, C. H., L. W. Ries u. a.: Vielfachgeräte für die bäuerliche Kartoffelbestellung und Pflegearbeit. RKTL-Schriften, Heft 67, Berlin 1936.
- [2] Getzlaff, G.: Kräftermessungen an Häufelkörpern. In: 14. Konstrukteurheft. Düsseldorf: VDI-Verlag 1957. S. 61/68 (Grundlagen der Landtechnik H. 9).
- [3] Schlesinger, F.: Über den Arbeitserfolg von Häufelkörpern. Dtsch. Akad. d. Landwirtschaftswiss. Berlin, Tag. ber. Nr. 22 (Vortr. a. d. wiss. Jahrestag. 1959 d. Inst. f. Landtechn. Potsdam-Bornim) S. 15—22.
- [4] Skalweit, H.: Messungen des Zugwiderstandes von Dreipunkt-Anbaugeräten. Landtechn. Forsch. 8 (1958) S. 108/9.
- [5] Mudra, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Berlin 1958.
- [6] Thaer, R.: Über Häufelwerkzeuge für den Kartoffelbau. Landbauforsch. 8 (1958) S. 27/31.