

## Der Fehlstellenausgleich an Kartoffellegemaschinen

Die vollautomatischen Kartoffellegemaschinen bedürfen einer Vorrichtung, welche die Schöpffehler ihres Becherwerkes selbsttätig ausgleicht. Der technologische Aufbau dieser Vorrichtungen ist von Köhler [1] beschrieben worden. In der Praxis haben sich lediglich zwei Arten von Fehlstellenausgleichen in großem Umfange durchgesetzt: Es sind das die Abtastvorrichtungen und die Ausgleichkörbe. Hier sollen die beiden Systeme hinsichtlich ihrer fehlerausgleichenden Wirkung miteinander verglichen werden.

Der Vergleich zielt darauf ab, die systembedingten Eigenschaften zu erfassen und dabei möglichst alle Einflüsse auszuschalten, die von konstruktiven Besonderheiten und Einzelheiten herrühren. Es wurden daher eine Abtastvorrichtung und ein Ausgleichkorb des gleichen Herstellers (Cramer) ausgewählt, deren Schöpfbecher und Becherabstände völlig übereinstimmten. Das ermöglichte einfache und reine Vergleiche. Die gewonnenen Ergebnisse wurden an Ausgleichsvorrichtungen anderer Herkünfte überprüft und bestätigt sich.

### Die Ausgleichsvorrichtungen der Vergleichsmaschinen

Die Abtastvorrichtung ist auf den Abbildungen 1 und 2 dargestellt. Abbildung 1 zeigt das Passieren eines Schöpfbechers, der mit einer Kartoffel gefüllt ist, während Abbildung 2 den Vorgang bei einem leer gebliebenen Becher wiedergibt.

Die Vorrichtung arbeitet mit einem Tastfinger, der jeden aus dem Kartoffelvorrat aufsteigenden Schöpfbecher daraufhin prüft, ob er sich mit einer Kartoffel gefüllt hat. Die Becher besitzen an der Stelle, wo sie mit dem Tastfinger in Berührung treten würden, einen Ausschnitt von der Art, daß leer gebliebene Becher am Tastfinger vorüberwandern, ohne ihn zu berühren. Der Tastfinger bleibt ruhig in seiner Tiefstlage liegen (Abb. 2). Einer der drei Mitnehmerstifte, die sich auf einer sich ständig drehenden Mitnehmerscheibe befinden, wandert dann vor die Nase des Schubriegels und stößt ihn vorwärts. Dadurch wird ein Teller, der in einzel-

nen Fächern Reservekartoffeln enthält, um ein Fach weitergedreht und wirft eine Ersatzkartoffel ins Legerohr.

Wenn dagegen ein gefüllter Schöpfbecher zur Abtastvorrichtung emporsteigt, hebt die Kartoffel den Tastfinger etwas an und bewirkt über eine Kurbelschleife, daß auch der Schubriegel ein wenig angehoben wird. Der Mitnehmerstift trifft dann nicht mehr auf die Riegel Nase, sondern auf die sich daran anschließende Schrägfläche. Er gleitet auf ihr entlang, hebt den Schubriegel weiterhin an und bewirkt, daß der Tastfinger schnell emporschwingt. Dadurch ist der vorüberwandernden Kartoffel der Weg völlig freigegeben; auch besonders lange Knollen und solche, die unsicher im Becher liegen, wandern ungestört zum Legerohr.

Der für die Vergleichsversuche vorwiegend herangezogene Ausgleichkorb (Abb. 3) war ein trichterförmiger Behälter zur Aufnahme der Reservekartoffeln mit einem sich daran nach unten anschließenden Rohrstutzen. Der Rohrstutzen hat einen so weiten Durchgang, daß die ihn auf dem Schöpfbecher durchwandernden Kartoffeln auch dann nicht gequetscht werden können, wenn es sich um lange Knollen oder um doppelt belegte Becher handelt. Um zu verhüten, daß sich der Ausgleichkorb nach unten entleert, sind im Rohrstutzen Schleusenklappen konzentrisch angeordnet, deren Oberkanten die Trichterform des Behälters fortsetzen und die Ersatzkartoffeln mittig auf etwa leer gebliebene Becher leiten.

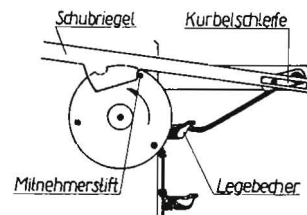


Abb. 2: Bei leerem Legebecher greift der Mitnehmerstift vor die Riegel Nase, stößt den Schubriegel vorwärts und bewirkt das Auswerfen einer Ersatzkartoffel aus dem Reserveteller

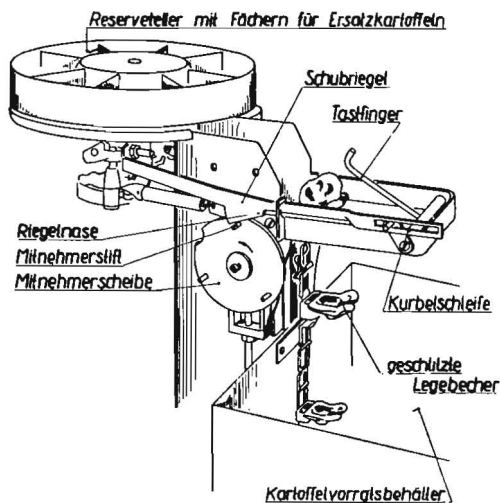


Abb. 1 und 2: Die untersuchte Abtastvorrichtung

Abb. 1: Die im Legebecher befindliche Kartoffel hebt den Tastfinger und den Schubriegel etwas an. Der Mitnehmerstift trifft auf die Schrägfläche des Schubriegels und gleitet an dieser entlang, wodurch der Tastfinger schnell emporschwenkt wird und der Kartoffel den Weg freigibt

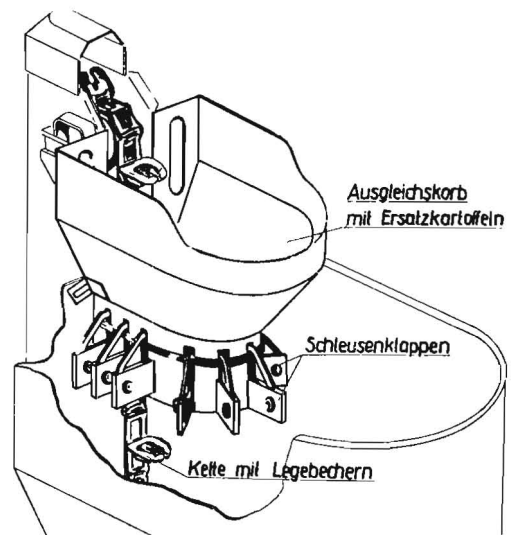


Abb. 3: Der untersuchte Ausgleichkorb

Die untere Öffnung des Ausgleichkorbes ist durch konzentrische Schleusenklappen so geschlossen, daß die im Korb befindlichen Ersatzkartoffeln nicht nach unten herausfallen können

## Definitionen

Zur kurzen und unmißverständlichen Beschreibung der Ergebnisse werden zunächst einige Begriffe inhaltlich festgelegt: Unter der generellen Bezeichnung **Legefehler** sind sowohl Lücken in der Kartoffelreihe, wie auch die mit zwei oder mehreren Kartoffeln belegten Pflanzstellen auf dem Acker zu verstehen. Man kann Legefehler also erst feststellen, wenn die Kartoffeln auf dem Acker ausliegen oder frühestens dann, wenn die Schöpfbecher den Fehlstellenausgleich bereits passiert haben. Leer gebliebene Becher, die den Fehlstellenausgleich noch nicht erreicht haben, werden als **Schöpffehler** gezählt, während Becher, die auch hinter dem Fehlstellenausgleich noch leer blieben, als **Fehlstellen** bezeichnet wurden. Sämtliche Fehlerarten sind stets im Prozentsatz derjenigen Kartoffelanzahl angegeben, die bei idealer Arbeit ausgelegt würde, wenn sich also ausnahmslos jeder Becher mit nur einer Kartoffel gefüllt hätte.

Da sich bei den verglichenen Ausgleichsvorrichtungen das unterschiedliche Fassungsvermögen für Reservekartoffeln bemerkbar machte, wurde der Begriff der **Reservevorratsstrecke** eingeführt. Es ist das diejenige Wegstrecke, längs welcher eine ordnungsmäßig arbeitende Legemaschine ihren Vorrat an Reservekartoffeln aufbraucht. Je länger diese Wegstrecke ist, um so weniger Wartung erfordert der Fehlstellenausgleich. Bei den beiden untersuchten Maschinen faßte der Ausgleichkorb beträchtlich mehr Ersatzkartoffeln als der Reserveteller der Abtastvorrichtung.

Bei Legemaschinen mit Ausgleichkörben läßt sich die Reservevorratsstrecke nur empirisch ermitteln, weil der Korbinhalt nicht nur durch Nachfüllen ergänzt wird, sondern teilweise durch Knollen, die von der Becherkette zum Korb gefördert werden und dort verbleiben. Bei Legemaschinen mit Abtastvorrichtung gilt folgende Gleichung

Reservevorratsstrecke

$$= \frac{\text{Kartoffeln im Reserveteller} \times \text{Kartoffelsollabstand}}{\text{Schöpffehler} - \text{Fehlstellen}}$$

Bei den Versuchen wurde an Stelle der Fahrgeschwindigkeit stets die **Becherzahl je Minute** gemessen, weil sie sich bequemer ermitteln läßt und auch bei Standversuchen sinnvoll bleibt. Wenn man berücksichtigt, daß Kartoffelabstände von 33 cm zugrunde gelegt sind, kann man beide Angaben gleichwertig verwenden und ineinander umrechnen.

Die für die Legegüte wichtigen Eigenschaften der Kartoffeln wurden durch das mittlere Knollengewicht und durch die bereits früher verwendete Formzahl [2] angegeben. Die Formzahl wird unter der Voraussetzung gebildet, daß man die individuelle Knollenform mit Annäherung durch ein volumengleiches Ellipsoid mit den Halbachsen a, b und c ersetzen kann. Man mißt die Länge, Breite und Dicke (2a, 2b, 2c) einer Anzahl Kartoffeln, errechnet den Halbmesser

der volumengleichen Kugel  $r = \sqrt[3]{\frac{abc}{6}}$  und bestimmt die Formzahl nach der Gleichung

$$\text{Formzahl} = \frac{(a-r) + (b-r) + (c-r)}{3r}$$

Einer kugelförmigen Kartoffel käme die Formzahl Null zu. Knollen mit Formzahlen über 25 % sind, wie Abbildung 4 zeigt, sehr lang. Die Formzahlen der bei den Vergleichsversuchen verwendeten Kartoffelsorten sind von Einfluß auf die Ergebnisse und zu deren vollen Verständnis in Tabelle 1 aufgeführt.

## Legeergebnisse beim vollautomatischen Legen optimaler, kleiner und großer Kartoffeln

Für jede gut sortierte Kartoffelart mit einigermaßen niedriger Formzahl läßt sich eine Becherform finden, bei welcher so wenig Schöpffehler auftreten, daß dem Fehlstellen-



Abb. 4: Sortierte Kartoffeln, links mit Formzahl 11 %, Mitte 17 % und rechts 26 %

Tabelle 1: Das Versuchsmaterial

Knollengewicht	Formzahl	Beschaffenheit
31 Gramm	15 % rundlich-länglich	gut sortiert, frisch, sauber
49 Gramm	13 %, rundlich	gut sortiert, frisch sauber
59 Gramm (optimal)	15 %	zwischen 35 bis 110 Gramm, sehr verschmutzt, grob sortiert
98 Gramm	14,5 %	gut sortiert, frisch, sauber

ausgleich kaum etwas zu tun bliebe und man bei der Feldarbeit auch ohne ihn auskäme. Leider kann man mit dieser Erkenntnis praktisch nichts anfangen, weil man dem Bauern nicht die Prüfstandversuche zumuten darf, die nötig wären, um für seine besonderen Kartoffeln jeweils die optimale Becherform zu finden. Der Landwirtschaft ist im Gegenteil nur mit Schöpfbechern gedient, die eine möglichst weite Spanne kleiner bis großer Kartoffeln zufriedenstellend auslegen.

Jeder Becherwechsel ist unerwünscht, weil auch der kritisch beobachtende Landwirt die Notwendigkeit des Wechsels erst erkennt, wenn der Fehleranteil verhältnismäßig groß geworden ist. Im praktischen Legemaschineneinsatz ist deshalb mit verminderter Legegenauigkeit zu rechnen, wenn die Kartoffelgrößen im kritischen Bereich des Becherwechsels liegen. Deshalb sollte ein Becherwechsel im Bereich der für Legemaschinen vorteilhaften Saatkartoffelgrößen vermieden werden und auf extrem kleine oder besonders große Knollen beschränkt bleiben. Aber auch solche Sonderbecher sollten nicht zu eng auf bestimmte Knollengrößen spezialisiert sein.

Da es hier auf die Systemeigenschaften der Fehlstellenausgleiche ankommt, wurden sämtliche Versuchsreihen mit den gleichen Schöpfbechern ohne Becherwechsel gefahren. Extrem kleine Sortierungen und Übergrößen blieben unberücksichtigt.

Die Legefehler, die beim Auslegen von Kartoffeln auftreten, deren Größe für die betreffende Becherform optimal ist, sind in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit auf den Abbildungen 5 und 6 wiedergegeben, wobei Abbildung 5 eine Legemaschine mit Ausgleichkorb, Abbildung 6 eine solche mit Abtastvorrichtung betrifft. Bei beiden Maschinen treten nur wenige Fehlstellen auf, die Reservevorratsstrecken sind ausreichend lang. Wenn bei der Maschine mit Abtastvorrichtung der Reserveteller gelegentlich nachgefüllt wird, treten gar keine Fehlstellen auf. Wenn man sich darauf beschränken wollte, die Teller nur am Feldrande nachzufüllen, würden bei normaler Fahrgeschwindigkeit (180 Becher je Minute) und bei 300 m langen Schlägen weniger als 1 % Fehlstellen zu verzeichnen sein.

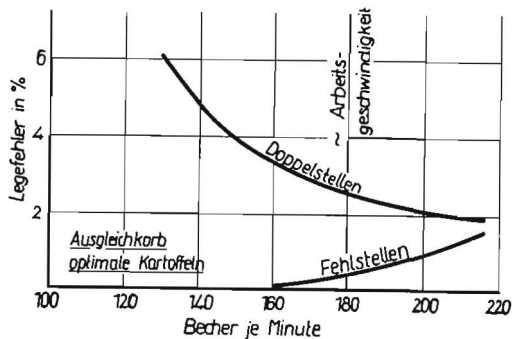


Abb. 5: Legefehler einer Maschine mit Ausgleichskorb beim Legen optimaler Kartoffeln (59 Gramm Knollengewicht) in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit

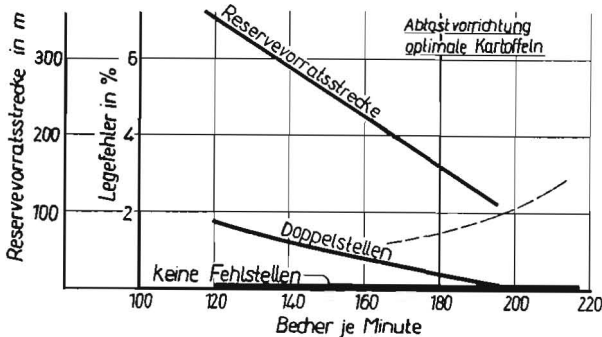


Abb. 6: Legefehler einer Maschine mit Abtastvorrichtung beim Legen von Kartoffeln optimaler Größe. Ohne die Abtastvorrichtung würden Fehlstellen in der durch die gestrichelte Kurve angegebenen Anzahl auftreten

Bei kleineren Kartoffeln, sofern sie einheitlich sortiert sind, treten auch die wenigen Schöpf Fehler nicht mehr auf, und der Reserveteller verlangt keine Bedienung. Ähnlich verhält sich der Ausgleichskorb. Er kann sich hier sogar selbsttätig auffüllen, indem er Knollen von den Legebechern abstreift, insbesondere wenn sie mehrere Kartoffeln geschöpft hatten.

Je kleiner die Kartoffeln sind, um so mehr neigen die Legebecher dazu, sich doppelt oder dreifach zu füllen. Die Abbildung 7 zeigt, daß man diesem Übelstand durch schnelleres Fahren in beschränktem Maße entgegenwirken kann. Wie aus Abbildung 7 ersichtlich ist, wirkt der Ausgleichskorb bei kleinen Kartoffeln doppelstellenfördernd; es kann

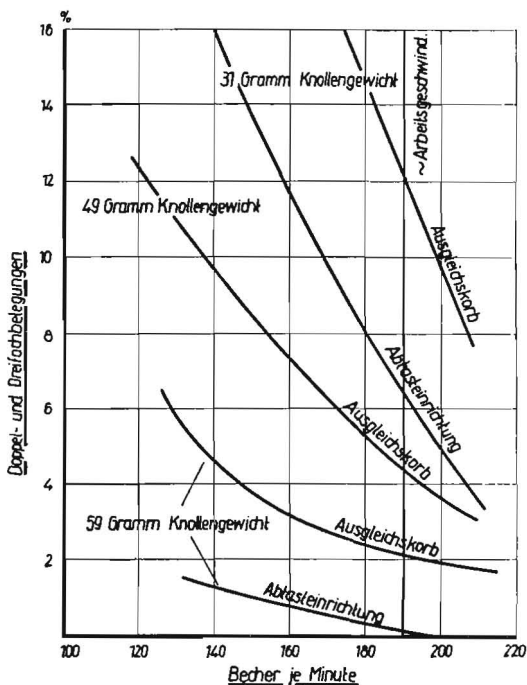


Abb. 7: Doppelstellen beim Legen kleiner Kartoffeln. Maschinen mit Ausgleichskorb legen erheblich mehr Doppelbelegungen aus als gleichartige Maschinen mit Abtastvorrichtung. Der Ausgleichskorb wirkt bei kleinen Kartoffeln aufdendend

hier die doppelte Anzahl von Mehrfachbelegungen auftreten als unter den gleichen Verhältnissen bei der Abtastvorrichtung. Sofern es sich also um gut sortierte, rundliche Kartoffeln handelt, die kleiner als becheroptimal sind, wäre eine Abtastvorrichtung kaum erforderlich. Ein Ausgleichskorb erweist sich hier als nachteilig; er zwänge zu kleineren Schöpfbechern, also entweder zu einem Becherwechsel mit den erwähnten Nachteilen oder zum Übergang auf allgemein kleinere Becher. Das würde die Folgen der hier deutlich gewordenen Wirkungseuge des Ausgleichskorbes aber nach der Seite der großen Kartoffeln hin verschieben und die Schwierigkeiten dort erhöhen.

Die Wichtigkeit der Ausgleichsvorrichtungen tritt am deutlichsten bei großen Kartoffeln hervor. Das ergibt sich aus den Abbildungen 8 und 9, wobei Abbildung 8 für eine Legemaschine mit Ausgleichskorb und Abbildung 9 für eine mit Abtastvorrichtung gilt. Beim Ausgleichskorb überschreiten die Fehlstellen bald die zulässige Grenze, ohne daß man die auftretenden Fehlstellen vermeiden oder korrigieren könnte. Demgegenüber lassen sich die Fehlstellen bei der Abtastvorrichtung völlig vermeiden, wenn man den Reserveteller regelmäßig nachlegt. Mit wachsender Knollengröße wird die Reservevorratsstrecke aber schließlich so kurz, daß sich die Eigenschaften der Maschine mehr und mehr denen einer halbautomatischen Legevorrichtung nähern.

Für die richtige Wahl des Ausgleichssystems ist es entscheidend, ob man beim Legen großer Kartoffeln bereit ist, den Teller einer Abtastvorrichtung häufiger nachzulegen, oder ob man den unvermeidlichen Fehlstellenanteil eines Ausgleichkorbes in Kauf nehmen will. Hier treten pflanzenbauliche und arbeitstechnische Gesichtspunkte auf, und es ist denkbar, daß die Antwort sich im Strukturwandel der Landwirtschaft ändern könnte. Auf zwei Gesichtspunkte muß in diesem Zusammenhang hingewiesen werden:

Unbestreitbar wirkt sich ein größerer Prozentsatz an Fehlstellen ertragsmindernd aus. In welchem Maße das der Fall ist, könnte auf Grund von Versuchsreihen entschieden werden, welche die biologischen und klimatischen Einflüsse berücksichtigen und so eindeutig sein müßten, daß man sie für die Legemaschinenentwicklung verbindlich ansehen könnte. Es kommt dabei nicht nur auf die Anzahl, sondern auch auf die Verteilung der Fehlstellen an, also auf eine möglichst lückenlose und gleichmäßige Kartoffelfolge. Wenn durch Fehlstellen eine auch nur 2prozentige Ertragsminderung auftritt, führt das bei durchschnittlicher Ernte schon zu einem Verlust von zehn Zentnern je Hektar. Das rechtfertigt höchste Anforderungen an die Fehlstellenfreiheit der Legemaschine, wie sie von einer guten Abtastvorrichtung erfüllt werden können.

Wenn man die Mehrarbeit bewertet, die beim Legen großer Kartoffeln durch Nachfüllen der Reserveteller auftreten kann, so darf man das vollautomatische Legen nicht als eine Einmannarbeit im strengen Sinne ansehen, solange die Kartoffeln in der heute allgemein üblichen Art aus dem Ackerwagen manuell in die Kartoffelbehälter eingefüllt werden. Für diese Arbeit steht auf dem Felde meist eine Hilfskraft zur Verfügung, die in der Zeit zwischen den Behälterauffüllungen die Legearbeit überwacht und der man bei Maschinen mit Abtastvorrichtungen bei besonders großen Kartoffeln auch ein häufigeres Nachfüllen der Reserveteller durchaus zumuten darf.

### Zusammenfassung

Es wurden Vergleichsversuche mit vollautomatischen Kartoffellegemaschinen durchgeführt, deren Fehlstellenausgleich als Abtastvorrichtung oder als Ausgleichskorb ausgebildet war, mit dem Ziel, die Systemeigenschaften dieser Vorrichtungen festzustellen. Das Legen kleiner, mittlerer und großer Kartoffeln in den üblichen Saatkartoffelgrößen zwischen 30 und 100 g Knollengewicht erfolgte stets mit den gleichen Schöpfbechern, also ohne Becherwechsel. Extrem kleine oder übergroße Sortierungen blieben bei den Versuchen unberücksichtigt.

Beim Legen von Kartoffeln einer für die Schöpfbecher optimalen Größe treten von vornherein wenig Schöpffehler auf, so daß die Fehlstellenausgleiche wenig in Anspruch genommen werden. Beide Systeme arbeiten mit solchen Kartoffeln zufriedenstellend.

Bei kleineren Kartoffeln neigen die Schöpfbecher zur Aufnahme von Doppelbelegungen und zwar um so mehr, je kleiner die Kartoffeln sind und je langsamer gefahren wird. Der Ausgleichkorb übt hier zusätzlich eine doppelstellenfördernde Wirkung aus und zwingt zum Übergang auf kleinere Becher schon bei Knollengrößen, die in Verbindung mit der Abtastvorrichtung noch ohne Becherwechsel ausgelegt werden können. Ein Becherwechsel sollte nur zum Legen von Extremgrößen notwendig werden, weil im kritischen Bereich des Becherwechsels mit verminderter Legegüte zu rechnen ist.

Bei großen Kartoffeln treten um so mehr Schöpffehler auf, je größer und unregelmäßiger die Knollen sind und je schneller gefahren wird. Es werden entsprechend mehr Ersatzkartoffeln verbraucht. Wegen des geringeren Fassungsvermögens an Ersatzkartoffeln fordert der Reserveteller früher ein Nachfüllen als der Ausgleichkorb. Beim Ausgleichkorb tritt aber unvermeidbar ein bestimmter Fehlstellenanteil auf, der mit dem Knollengewicht und der Formziffer anwächst, während mit der Abtastvorrichtung auch bei großen Kartoffeln Fehlstellen in jedem Falle völlig vermieden werden können.

Die durchgeführten Versuchsreihen ergaben, daß sich sowohl bei kleinen als auch bei großen Kartoffeln die höhere Legegüte mit der Abtastvorrichtung erreichen ließ, bei optimalen Kartoffeln waren beide Systeme hinsichtlich der Legegüte gleichwertig.

Schrifttum:

- [1] Köhler, H.-J.: Fehlstellenausgleich bei Kartoffellegemaschinen. 12 Abb. Landtechnische Forschung 8 (1958) S. 26—31  
 [2] Zödler, H.: Zur Entwicklung der Kartoffellegemaschine. TidL. 24 (1943) S. 99.

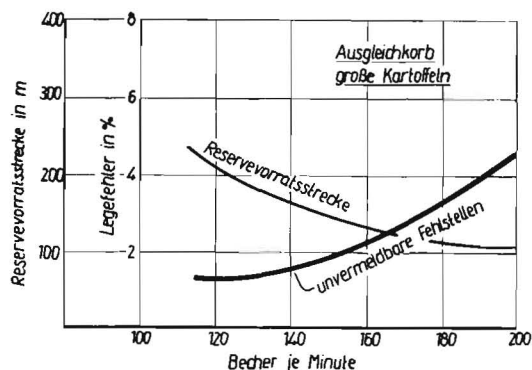


Abb. 8: Legen großer Kartoffeln mit einer Ausgleichkorb-Legemaschine. Bei der üblichen Fahrgeschwindigkeit tritt hier eine beträchtliche Zahl unausgleichbarer Fehlstellen auf. Die Legebecher hatten die gleiche Größe wie bei den Versuchen nach Abb. 4 bis 9

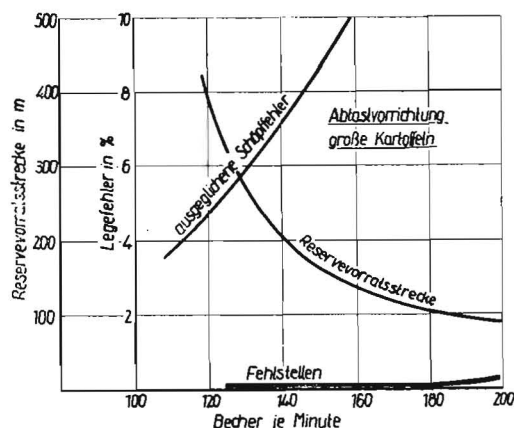


Abb. 9: Legen großer Kartoffeln mit einer Legemaschine mit Abtastvorrichtung. Wenn der Reserveteller regelmäßig nachgelegt wird, treten keine Fehlstellen auf; die Reservevorratsstrecke wird aber sehr kurz. Sie läßt sich durch größere Becher und langsames Fahren erhöhen

## Résumé:

Dr.-Ing. H. Zödler: „Der Fehlstellenausgleich an Kartoffellegemaschinen.“

Bei vollautomatischen Kartoffellegemaschinen sind Vorrichtungen notwendig, welche die Schöpffehler ihrer Becherwerke ausgleichen. In der Praxis haben sich als solche Mechanismen Abtastvorrichtungen und Ausgleichkörbe durchgesetzt. Beide Systeme werden vom Verfasser in ihrer fehlerausgleichenden Wirkung miteinander verglichen. Die Versuche wurden durchgeführt mit kleinen, mittleren und großen Kartoffeln in der üblichen Saatkartoffelgröße zwischen 30 und 100 g Knollengewicht. Die Versuchsreihen ergaben, daß bei Kartoffeln in einer für die Schöpfbecher optimalen Größe beide Systeme zufriedenstellend arbeiten, während bei kleinen wie auch bei großen Kartoffeln mit den Abtastvorrichtungen eine höhere Legegüte als mit den Ausgleichkörben zu erzielen ist.

Dr. Ing. H. Zödler: „The Elimination of Gaps in Seeding by Potato Planters.“

Fully automatic potato planters require special attachments for the elimination of pick-up failures in their conveyor feed systems. In actual practice feeler mechanisms and equalising baskets have proved their worth. Both types of attachments were carefully examined by the writer and their equalising action compared. The tests were carried out with small, medium and large potatoes of the usual seed potato weights, i. e., varying from 30 grammes to 100 grammes per potato. The results of the tests showed that both systems operated satisfactorily when the potatoes were of optimum size in relation to the carrier buckets of the feed system. In the case of small or large potatoes it was found that the results obtained when feeler mechanisms were utilised were better than those obtained when equalising baskets were used.

Dr.-Ing. H. Zödler:

«Les correcteurs automatiques de distribution des planteuses de pommes de terre.»

Les planteuses de pommes de terre automatiques exigent des dispositifs qui corrigent les erreurs de leurs chaînes à godets. On utilise dans la pratique deux mécanismes différents dont un est du type lateur et l'autre un petit réservoir auxiliaire correcteur. L'auteur compare l'effet correcteur de ces deux systèmes. Il a effectué des essais avec des plants de pommes de terre de différentes grosseurs d'un poids de 30 à 100 gr. Les essais ont montré que le travail des deux systèmes est identique quand on distribue des pommes de terre de calibre moyen, mais que le dispositif lateur assure une distribution plus régulière que le réservoir auxiliaire quand on utilise des plants de pommes de terre très petits ou très gros.

Ing. Dr. Zödler: «La compensación de faltas en las máquinas de sembrar patatas.»

En las máquinas de sembrar patatas es preciso prever dispositivos que compensen las faltas de alimentación de los cangilones. En la práctica los dispositivos de palpar y las cestas de compensación han encontrado mucha aceptación. El autor compara ambos sistemas en cuanto al efecto compensador. Se hicieron los ensayos con patatas pequeñas, de tamaño medio y con patatas grandes con pesos corrientes entre 30 y 100 gramos por tubérculo. Las series de pruebas dieron por resultado que ambos sistemas trabajan bien, siempre que las patatas sean del tamaño óptimo para los cangilones. Con patatas pequeñas y con las grandes, los dispositivos de palpar dan una siembra más perfecta que la con cestas de compensación.