

Verfahren, Maschinen und Anlagensysteme für die spezialisierte Kartoffelproduktion

Wie schon in unserem vorhergehenden Heft (S. 56 und 57) angekündigt, folgen anschließend weitere Beiträge zu diesem Thema. Wir wollen mit diesen Veröffentlichungen der besonderen Bedeutung des Kartoffelanbaus für unsere Land- und Ernährungswirtschaft sowie den noch offenen Fragen der Mechanisierung Rechnung tragen, die Diskussion darüber unterstützen und anregen und so zur Klärung beitragen. Im Vordergrund der Thematik stehen hier die Überlegungen, Erkenntnisse und Ergebnisse insbesondere zu den Problemen der Ernte und Aufbereitung.
Die Redaktion

Maschinelles Kartoffellegen¹

Dipl.-Landw. LISELOTTE KUNATH*

Im Kartoffelbau beträgt der Aufwand an Akl/ha für den Arbeitsabschnitt Bestellung je nach der Legemethode nur 5 bis 10 % vom Gesamtarbeitsaufwand, wenn man die Aufbereitung in den Gesamtarbeitsaufwand einbezieht. Es steht jedoch vor allem im Frühkartoffelbau nur eine verhältnismäßig kurze Zeitspanne für das Kartoffellegen zur Verfügung, und je eher die Kartoffeln gelegt werden, desto besserer Ertrag ist zu erwarten. Bei Spätkartoffeln kann man bei früherem Legen mit günstigeren Erntebedingungen rechnen. Eine Einsparung von Arbeitskraft durch die Mechanisierung des Kartoffellegens fällt also im Rahmen des gesamten Kartoffelbaues wenig ins Gewicht und sollte sich hauptsächlich in einer Verkürzung der Legezeit auswirken. Im Hinblick auf den zu erwartenden Ertrag ist es aber besonders wichtig, eine gute Arbeitsqualität einzuhalten, denn Fehler, die beim Legen entstehen, können auch bei bester Pflege im Laufe der Vegetation nur teilweise ausgeglichen werden.

In der Praxis wird das Legen von Frühkartoffeln häufig durch hinter einem Legewagen hergehende Arbeitskräfte ausgeführt. Dabei sind die Arbeitsgänge Löcher, Legen und Zudecken getrennt. Bei allen maschinellen Kartoffellegeverfahren werden dagegen diese drei Arbeiten zu einem Arbeitsgang zusammengefaßt. Bei halbautomatischen Maschinen werden die Kartoffeln von Hand durch mitfahrende Arbeitskräfte je nach dem Prinzip auf akustische Zeichen in ein Fallrohr oder bei modernen Maschinen in einen Legeteller oder in eine Becherkette eingelegt.

versehen. Viele vollautomatische Maschinen sind mit Fehlstellenausgleichseinrichtungen in Form von Ausgleichskörben, die aus Doppelbelegungen gespeist werden, oder mit Nachlegetellern, die von Hand gefüllt werden müssen, ausgerüstet.

Diese Fehlstellenausgleichseinrichtungen in Form von Nachlegetellern sind für Becherketten sowie für Greiferscheiben bekannt. Die Greiferscheibenmaschine 4-SaBP-62,5 aus der CSSR hat nur eine Fehlstellenanzeige. Durch die umbelegten Greifer wird ein elektrischer Kontakt geschlossen, so daß beim Traktoristen eine kleine Lampe aufleuchtet.

Für die Beurteilung der Legemaschinen ist neben ökonomischen Werten vor allem ihre Arbeitsqualität ausschlaggebend.

Die vollautomatischen Maschinen

haben Becherketten oder Greiferscheiben. Die Greiferscheiben sind entweder mit Löffelringern oder mit glatten Greifern

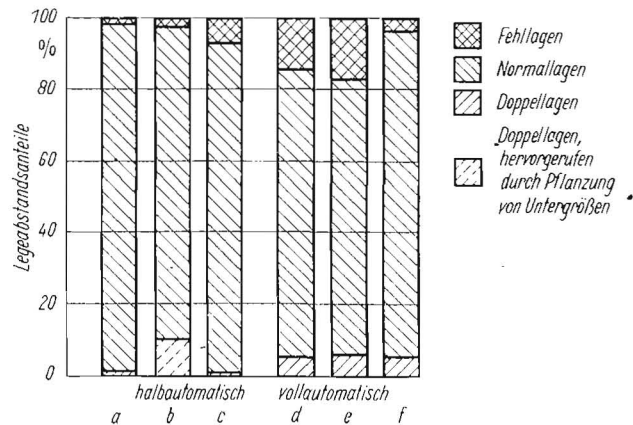


Bild 1
Legegenauigkeit einiger Legemaschinen.
a Legewagen, b Gloster-Legemaschine,
c A 833, d 4-SaBP-62,5, e SN-4 B,
f Hassia - von Tröster (mit Fehlstellenausgleich, 4 km/h)

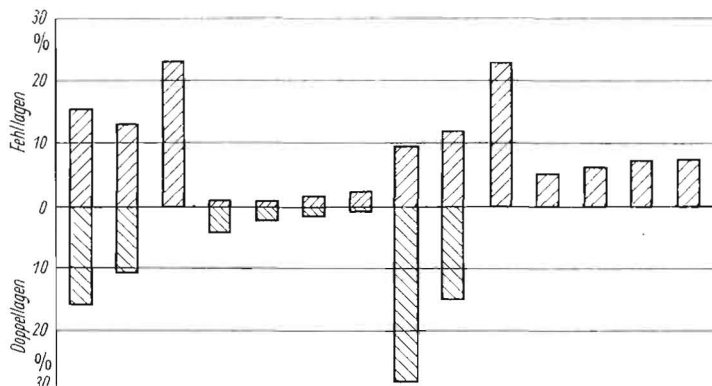


Bild 2
Legegenauigkeit bei steigender Geschwindigkeit (Labormessung)

Greiferzahl [St./min]	180	270	360	180	290	320	410	180	270	360	140	190	260	330
Fahrtgeschwindigkeit [km/h]	3,9	6,0	7,6	3,9	6,1	6,8	8,6	4,3	6,5	8,6	3,4	4,7	6,2	7,8
Maschinentyp	Hassia ¹			4-SaBP-62,5				Hassia ¹			4-SaBP-62,5			
Legeorgan	Becherkette			Greiferscheibe				Becherkette			Greiferscheibe			
Pflanzgutgröße [mm]	30 bis 45							45 bis 55						

¹ ohne Korrekturereinrichtung

* Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim

¹ Aus einem Referat auf der KDT-Pachttagung in Schwerin vom 8. bis 10. Sept. 1965

Die Arbeitsqualität wird nach der Genauigkeit der Knollenlage und den Beschädigungen beurteilt. Ein Vergleich (Bild 1) zeigte, daß beim Legen hinter dem Legewagen nur ein ganz geringer Prozentsatz Fehlstellen auftritt, der mit halbautomatischen Maschinen bisher nicht erreicht wurde.

Die bei der Becherkettenmaschine A 833 gemessenen 6,0% Fehlstellen sind hauptsächlich auf Antriebsschwierigkeiten einzelner Aggregate bei Bodenunebenheiten zurückzuführen. sie werden aber auch durch Verklebungen von großen Kartoffeln zwischen Becherkette und Schließchiene verursacht.

Ein Vergleich der vollautomatischen Maschinen 4-SaBP-62,5 und SN-4B mit Greiferscheiben mit der Becherkettenmaschine Hassia ergibt unter Feldbedingungen den geringsten Fehlstellenanteil mit 4,0% bei der Hassia, falls mit dieser Maschine 4,0 km/h Fahrgeschwindigkeit nicht überschritten wird. Die geringe Fehlstellenanzahl bei der Hassia wird mit Hilfe des Fehlstellenausgleichs erreicht. Wie die Laborversuche (Bild 2), bei denen die Korrekturvorrichtung der Becherkettenmaschine ausgeschaltet wurde, beweisen, ist der hohe Fehlstellenanteil der Greiferradmaschinen nicht auf das Prinzip des Legeargans zurückzuführen. Die Greiferscheibe verursacht weniger Fehlstellen als die Becherkette und die Fehlbelegungen steigen mit der Geschwindigkeit weniger an als bei der Becherkette. Die Zahl der Doppelbelegungen nimmt mit der Fahrgeschwindigkeit ab. Bei der großen Pflanzgutfraktion treten bei der Greiferscheibe mehr Fehlbelegungen auf, jedoch nicht so viel wie bei der Becherkette, Doppelbelegungen kommen nicht mehr vor.

Die Ursachen für den hohen Fehlstellenanteil der Greiferradmaschinen beim praktischen Einsatz sind unterschiedlicher Art. Bei der Maschine 4-SaBP-62,5 traten vor allen Dingen auf lockeren Böden mit tiefer Fahrspur des Traktors Antriebsschwierigkeiten auf, da die Antriebsräder in der Traktorspur laufen. Der Herstellerbetrieb Agrostroj in der CSSR stellte im Jahre 1965 drei Maschinen mit auf 300 mm verbreiterten Antriebsrädern zur Prüfung. Mit diesen Maschinen wurden auf Sandboden u. a. vergleichende Schlupfmessungen gemacht. Außerdem wurde an einer Maschine der normalen Ausführung der Anhängepunkt entsprechend den Vorschlägen von DOMSCH nach unten verlegt. Die Legemaschine in Normalausführung, d. h. mit dem schmalen Rad, an das die im Jahr 1964 empfohlenen Radverbreiterungen angeschraubt waren, hatte in Falkenrehde 4% negativen Schlupf, das bedeutet praktisch, daß sich der eingestellte Legebestand um 2 cm vergrößert. Durch die Tieferlegung der Anhängepunkte nach DOMSCH konnte der negative Schlupf verringert werden.

Die neue Maschine mit dem breiten Rad hatte bedeutend mehr negativen Schlupf, der Legebestand vergrößerte sich um 4 cm. Bei den Messungen in Müncheberg war das Arbeiten mit der Maschine in Normalausführung bei normaler Anhängung und mit der Maschine mit breitem Rad kaum noch möglich. Die Traktorräder wühlten sich ein und die Maschinen blieben nach kurzen Fahrstrecken stecken. Durch die Tieferlegung des Anhängepunktes nach DOMSCH wurde eine durchgehende Arbeit möglich. Die neue Maschine wies wieder den meisten negativen Schlupf auf, wodurch sich der auf 35 cm eingestellte Legebestand auf über 42 cm vergrößerte (Bild 3).

Bei der sowjetischen Legemaschine SN-4 B traten keine Antriebsschwierigkeiten auf, da die Legeargane durch die Traktorzapfwelle angetrieben werden. Bei diesem Maschinentyp werden die Fehlstellen durch Verklebung von Kartoffeln oder von Steinen unter den Förderorganen im Vorratsbehälter und Legeraum verursacht. Um einem Stillstand der Legescheibe entgegenzuwirken, wird in der Praxis die Rutschkupplung stark angezogen, so daß die verklebten Kartoffeln zerschnitten werden. An 100 Kartoffeln wurden bei der Legemaschine SN-4 B 40 Beschädigungen festgestellt.

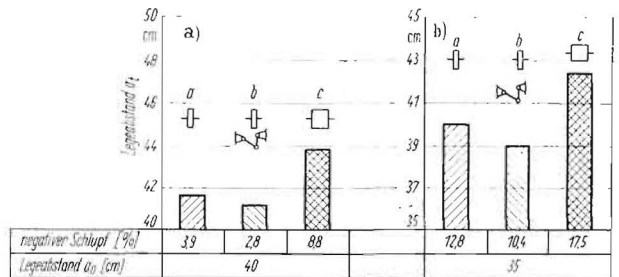


Bild 3. Negativer Schlupf der Kartoffellegemaschine 4-SaBP-62,5 auf Sandböden;

- a) Zetor 50 Super (Falkenrehde), b) Belarus (Müncheberg);
a) schmales Antriebsrad, normale Anhängung,
b) schmales Antriebsrad, Anhängung nach DOMSCH,
c) breites Antriebsrad, normale Anhängung

Demgegenüber verursachte die Maschine 4-SaBP-62,5 nur 6 Beschädigungen an 100 Kartoffeln. Eine größere Bedeutung für die Ertragsbildung als die Beschädigung der Knollen hat die Beschädigung der Keime beim

Legen vorgekeimter Kartoffeln

Während eines Vergleichs von halbautomatischen Maschinen wurden Keimauszählungen vor dem Legen und nach dem Legen vorgenommen (Bild 4). Der Keimverlust betrug nach dem Legen mit Legewagen 17%, bei der Legemaschine „Gloster“ 15% und bei der A 833 16%. Eine Auszählung der beschädigten, jedoch an der Pflanzkartoffel verbliebenen Keime ergab beim Legewagen 19% und für die A 833 18%. Bei beiden Verfahren — halbautomatisches Legen und Legen von Hand nach dem Legewagen — blieben also rund 65% der Keime unbeschädigt. Diese Werte sind natürlich stark abhängig von der Kartoffelsorte und der Vorbehandlung. Die annähernd gleichen Beschädigungsprozente sind dadurch zu erklären, daß die Keimbeschädigungen in der Hauptsache bei der Entnahme der Pflanzkartoffeln aus der Kiste oder dem

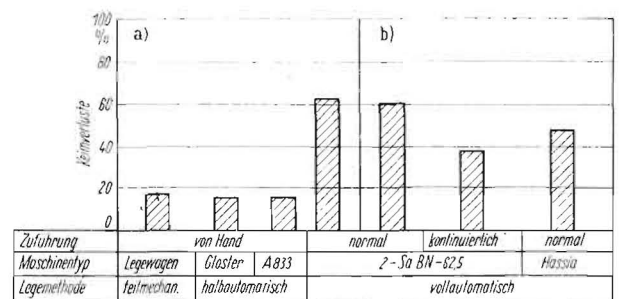


Bild 4. Keimverluste durch Legemaschinen;
a) Feldversuche, b) Laborversuche

Folienbeutel entstehen und diese bei Verwendung eines Legewagens ebenso vor sich geht wie beim halbautomatischen Legen.

Eine vollautomatische Legemaschine 2-SaBN-62,5, deren Legeorgane bekanntlich die gleichen sind wie beim Typ 4-SaBP-62,5, wurde in diesen Vergleich einbezogen und verursachte 62% Keimverlust; die beschädigten, an den Knollen verbliebenen Keime wurden hierbei nicht festgestellt. Im Rahmen einer Ingenieurarbeit konnten die Ursachen, die zu dem hohen Keimbruch beim vollautomatischen Legen führen, näher untersucht werden. Bei einer Becherkettenmaschine und einer Greiferradmaschine erfolgten Keimauszählungen an Proben aus verschiedenen Zonen des Vorratsraumes (Bild 5). Die Messung ergab einen verhältnismäßig geringen

Keimverlust durch Nachrutschen im Vorratsraum, wobei die 0,6% der Maschine „Hassia“ nochmals überprüft werden müßten. Die meisten Keime — 46,2% und 34,2% — wurden im Entnahmeraum, wahrscheinlich durch die Reibung der Knollen, beschädigt. Speziell durch das Greiferrad treten 7,8% Keimverlust auf und 11,2% Keimverlust durch die Becherkette. Der Keimverlust der Maschine Typ 2-SaBN-62,5 lag insgesamt beim Laborversuch mit 62,8% fast in der gleichen Höhe wie beim Feldversuch. Der Keimverlust der Becherkettenmaschine lag niedriger, er betrug insgesamt 46%.

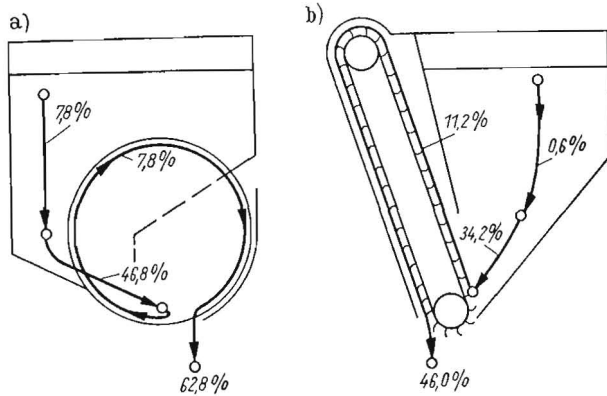


Bild 5. Keimverluste in den Legemaschinen; a) 4-SaBP-62,5; b) Hassia

Ein Versuch mit der Maschine 2-SaBN-62,5, bei dem die Kartoffeln kontinuierlich zugeführt wurden, so daß sich immer nur ein kleiner Vorrat an Pflanzenkartoffeln im Entnahmeraum befand, verminderte den Keimbruch auf 38%, das sind nur 60% des Keimbruches bei normaler Behälterfüllung (Bild 4).

Ökonomische Untersuchungen

Ein anderes wichtiges Kriterium bei der Beurteilung der Legemaschinen sind die ökonomischen Kennwerte. Bei der Untersuchung der Legeverfahren stellte sich das halbautomatische Legen mit 0,28 bis 0,31 ha/h als das Verfahren mit der geringsten Flächenleistung heraus, das sind 2 bis 3 ha Tagesleistung (Tafel 1). Die Flächenleistung des Legewagens liegt fast doppelt so hoch. Mit vollautomatischen Maschinen können noch höhere Leistungen erzielt werden. Der Arbeitskräftebedarf liegt beim Legewagen und beim halbautomatischen Legen mit 18 bis 21 Akh/ha ungefähr gleich hoch. Beim vollautomatischen Legen wurden 2 bis 3 Akh/ha benötigt, wenn der Traktorist das Füllen übernahm.

Tafel 1. Leistungs- und Aufwandskennzahlen

Kennwert	halbautomatisch		vollautomatisch		
	Legewagen	Gloster	A 833	SaBP	SN-4B
Flächenleistung in T_{04} [ha/h]	0,54	0,28	0,31	0,60	0,78
Koeffizient zur Ausnutzung der Durchführungszeit	0,74	0,75	0,60	0,47	0,46
Ak-Bedarf in T_{04} [Akh/ha]	18,0	21,4	19,0	2,03 ¹	2,58 ¹
Zugkraftbedarf [kp]	330	670	625	815	560
Zugleistungsbedarf [PS]	2,3	5,7	5,7	12,1	13,6

¹ ohne Füllperson, T_{04} Durchführungszeit

Aus den Koeffizienten zur Ausnutzung der Durchführungszeit ist ersichtlich, daß vor allem beim vollautomatischen Legen die Zeit zum Füllen der Maschine einen großen Teil der Gesamtarbeitszeit in Anspruch nimmt. Mit der Steigerung der Fahrgeschwindigkeit steigt der Anteil der Versorgungszeit. Für 6,0 km/h Arbeitsgeschwindigkeit ist beim Arbeiten mit 2 Maschinen auf einem 500 m langen Schlag bei den üblichen Füllmethoden ungefähr die Grenze erreicht, bei der Versorgungszeit und Legezeit gleich sind. Die Kosten bei Einsatz des Legewagens und beim halbautomatischen Legen stimmen wegen der höheren Lohnkosten beim Legewagen und der höheren Maschinenkosten beim halbautomatischen Legen etwa überein. Beim halbautomatischen Legen treten mit 110 MDN/ha etwa 15 MDN/ha gegenüber dem Legewagen Mehrkosten auf. Die Kosten für das vollautomatische Legen sind mit rund 50 MDN/ha etwa halb so hoch wie beim halbautomatischen Legen.

Daß das Legen nicht vorgekeimter Pflanzkartoffeln im Großbetrieb vollautomatisch am wirtschaftlichsten ist, obwohl die Agrotechnischen Forderungen noch nicht in allen Punkten erfüllt sind, beweist die Kostenrechnung. Für das Legen vorgekeimter Kartoffeln steht der landwirtschaftliche Betrieb jedoch je nach der Arbeitskräfteelage vor der Wahl entweder eines Legewagens mit einer Tagesleistung von 5 ha bei 10 Ak oder einer halbautomatischen Maschine mit 2 bis 3 ha Tagesleistung bei 6 Ak. Das vollautomatische Legen vorgekeimter Kartoffeln kommt bei der augenblicklichen Gestaltung der Legemaschine 4-SaBP-62,5 wegen der hohen Keimverluste und ungenügendem Nachrutschen vorgekeimter Kartoffeln aus dem Vorratsbehälter vorerst nicht in Frage.

Versuche an verschiedenen Orten mit unterschiedlichen Sorten ergaben beim Vergleich des vollautomatischen Legens vorgekeimter Kartoffeln mit verschiedenen Keimformen gegen Handlegen im Mittel 5% Ertragseinbuße, die in der Praxis unter den — gegenüber den Versuchen — häufig ungünstigeren Bedingungen ebenfalls zu erwarten sind. Bereits eine Ertragseinbuße von 1% bedeutet aber bei einer guten Frühkartoffelernte einen Verlust von etwa 60 MDN/ha; damit ist die Einsparung von Verfahrenskosten beim vollautomatischen Legen vorgekeimter Kartoffeln wieder ausgeglichen.

Forderungen zur Weiterentwicklung der Kartoffellegemaschinen

An die Landmaschinenindustrie ergeben sich aus den Maschinenvergleichen und Untersuchungen einige wichtige Forderungen für die weitere Entwicklung vollautomatischer Legemaschinen:

1. Gewährleistung eines sicheren Antriebes auch auf sandigen Böden evtl. durch Verlegen des Zugpunktes nach unten oder durch Zapfwellenantrieb wie bei der sowjetischen Legemaschine SN-4 B.
2. Verminderung des Fehlstellenanteils durch Konstruktion einer für Greiferscheiben und höhere Arbeitsgeschwindigkeiten (bis 7 km/h) geeigneten Korrekturvorrichtung, evtl. durch Doppelteller wie in der sowjetischen Legemaschine KSKN-2 (der Ausgleichskorb dürfte nur für Becherketten und nur bis zu etwa 4,0 km/h Fahrgeschwindigkeit in Frage kommen, da er aus den Doppelbelegungen gespeist wird, die bei höheren Fahrgeschwindigkeiten abnehmen, während die Fehlbelegungen zunehmen).
3. Bessere Anpassung der Furchenöffner durch Einzelaufhängung.
4. Erprobung geeigneter Behälter zur Verringerung der Versorgungszeit beim vollautomatischen Legen.
5. Automatisierung des Legens vorgekeimter Kartoffeln, evtl. durch Veränderung des Vorratsbehälters und der Zuführung.