

daß die geringsten Knollenbeschädigungen beim Aufprall von Knollen auf Erntegut bzw. Kartoffeln entstehen.

Die Übergabe des Erntegutes von der Transporteinheit in den Annahmeförderer T 236, mit dem z. Z. die meisten ALV-Anlagen ausgerüstet sind, ist besonders bei einem hohen Beimengungsanteil mit zu hohen Kartoffelbeschädigungen verbunden [5]. Ein im Rationalisierungsmittelbau entwickelter Annahmedosierer wurde mit dem Annahmeförderer T 236 hinsichtlich der verursachten Knollenbeschädigungen verglichen. In allen Beurteilungskriterien (Belastungshäufigkeit, Beanspruchungsintensität, Beschädigungswert) erwies sich das schonende Annahme- und Förderprinzip des Annahmedosierers dem des T 236 überlegen [8]. Der Beschädigungswert konnte auf annähernd ein Fünftel reduziert werden. Diese Vorteile nutzen z. Z. immer mehr Betriebe, indem sie Rationalisierungslösungen nach dem Prinzip des Annahmedosierers, wie z. B. den Tischförderer K 202 [10] oder den Häckselannahmeförderer H 140 in die Aufbereitungsstrecke einordnen. Probleme gibt es bei diesen Geräten bezüglich der Dosiergleichmäßigkeit und der Restentleerung, wodurch ihre Einsatzmöglichkeiten entsprechend eingeschränkt sind. Wenn bei diesen ebenerdig stehenden Annahmeförderern durch einen hohen Anteil von Kluten und Feinerde im Erntegut die vollständige Entleerung der Transporteinheit erschwert wird, kann dieser Mangel durch Auffahren der Fahrzeuge auf eine rd. 30 cm hohe Rampe weitgehend beseitigt werden.

#### Restriktionen für die Ernteguteinlagerung

Entsprechend den großen Vorteilen der Ernteguteinlagerung bezüglich der Senkung der Knollenbeschädigungen, der Qualitätserhaltung und der Brechung der Arbeitsspitze während der Ernte wurde unter dem Gesichtspunkt der weiteren Einführung des Rodeladers E 684 und der weiterentwickelten Großmieten eine Überprüfung der bisher geltenden Einsatzgrenzen für das Verfahren der Ernteguteinlagerung vorgenommen. Dabei wird davon ausgegangen, daß durch agrotechnische Maßnahmen die Voraussetzungen geschaffen wurden, den Beimengungsanteil im Erntegut so gering

wie möglich zu halten. Aus den dreijährigen Lagerungs- und Nachbauergebnissen (Tafeln 1 und 2) läßt sich ableiten, daß bei loser Schüttung bis 15% Massenanteil Beimengungen mit einem überwiegenden Anteil von Steinen (Einsatzgrenze für E 684) oder bis 15% Massenanteil Beimengungen mit einem überwiegenden Anteil von Kluten bzw. Feinerde im Lagergut aus biologischer Sicht die Ernteguteinlagerung in Großmieten den anderen Verfahren mit teilweiser bzw. vollständiger Aufbereitung beim Einsatz der gegenwärtig verfügbaren Aufbereitungstechnik überlegen ist.

Für die ökonomische Abhängigkeit der Ernteguteinlagerung von Beimengungsanteil, Lagerungsverlusten und Kosten je t Lagerkapazität wurde eine Beziehung entwickelt [3], die für ALV-Anlagen und Großmieten gleichermaßen gilt:

$$g = \frac{1}{100} \left[ \left( a - \frac{ab}{100} \right) \left( \frac{cdf}{100} \right) - abe \right];$$

g finanzielles Ergebnis in M/Lagereinheit

a Ernte- bzw. Lagergut je Lagereinheit in t

b durch Beimengungen blockierte Lagerkapazität in %

c Lagerungsverluste bei Ernteguteinlagerung in %

d relative Erhöhung der Lagerungsverluste durch Abtrennung der Beimengungen vor der Einlagerung (die Lagerungsverluste bei Ernteguteinlagerung werden als Bezugsbasis gleich 100% gesetzt)

e Verfahrens- bzw. Selbstkosten in M je t Lagerkapazität

f Erlöse in M je t Kartoffeln im Lagergut.

Die Anwendung dieser Gleichung für die Ernteguteinlagerung in Großmieten mit  $a = 700$  t,  $b = 0(5) \dots 30\%$ ,  $c = 5(5) \dots 20\%$ ,  $d = 38\%$ ,  $e = 20$  M/t. und  $f = 200$  M/t sowie in ALV-Anlagen mit  $a = 1000$  t,  $b = 0(3) \dots 15\%$ ,  $c = 5(3) \dots 21\%$ ,  $d = 32\%$ ,  $e = 43$  M/t und  $f = 200$  M/t ergab:

Durch die Verminderung der Lagerungsverluste während der Ernteguteinlagerung wird bei Großmieten eine durch Beimengungen blockierte Lagerkapazität von rd. 25% und in ALV-Anlagen von rd. 12% ökonomisch ausgeglichen [3].

Je weniger Beimengungen im Rode- und Erntegut vorhanden sind, desto besser ist die Auslastung des Transportraums und der Lagerkapazität mit Kartoffeln, desto geringer sind die Knollenbeschädigungen und Lagerverluste, desto effektiver ist das Verfahren.

#### Literatur

- [1] Vogel, J.; Schuhmann, P.: Hinweise zum Sortenverhalten bei der Ernte, Lagerung und Aufbereitung von Kartoffeln. *Feldwirtschaft* 22 (1981) H. 9, S. 405—407.
- [2] Autorenkollektiv: Empfehlungen zur Produktionsüberwachung und Qualitätssicherung in der Pflanzenproduktion — Kartoffelproduktion. Marktleber: agrabuch 1979.
- [3] Köppen, D.: Biologische und technologische Untersuchungen zur rationellen Einordnung der belüftbaren Großmieten in das Produktionsverfahren Kartoffeln. AdL der DDR, Dissertation B 1980.
- [4] Graichen, G.: Lösungen bei der beschädigungsarmen Einlagerung von Kartoffeln bei Einsatz des Rodeladers E 684 ohne die Beimengungstrennanlage E 691. *Feldwirtschaft* 19 (1978) H. 7, S. 308—309.
- [5] Frießleben, G.; Christoph, H.-D.: Beschädigungsarme Ernte, Aufbereitung und Lagerung von Pflanzkartoffeln in der Kooperation Zörbig. *Saat- und Pflanzgut* 14 (1973) H. 3, S. 11—13.
- [6] Zänker, J.; Kümpel, H.: Untersuchungen über den Einfluß gezielter ackerbaulicher Maßnahmen auf die Siebfähigkeit schwerer Böden zum Zeitpunkt der Kartoffelernte. *Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk.*, Berlin 23 (1979) H. 10, S. 785—793.
- [7] Spiess, E.: Bedeutende Knollenbeschädigungsursachen beim Kartoffelvollernteverfahren — Versuchsergebnisse. *Schweiz. landwirtsch. Forsch.*, Bern 15 (1976) H. 1/2, S. 175—186.
- [8] Fock, W.; Köppen, D.: Vergleichsuntersuchungen zur Schongutannahme von Kartoffeln in der Aufbereitungs-, Lager- und Vermarktungsanlage Zörbig. *agrartechnik* 26 (1976) H. 9, S. 446—448.
- [9] Hinz, E.; Dörr, J., u. a.: Was sollte beim Einsatz des Rodeladers E 684 besonders beachtet werden? *Feldwirtschaft* 22 (1981) H. 7, S. 291—293.
- [10] Bittner, K.; Pötke, E.; Knobbe, E.: Rationalisierungslösungen für die beschädigungsarme Annahme und Einlagerung von Speise- und Pflanzkartoffeln bei der Ernte mit dem Rodelader E 684. *Feldwirtschaft* 20 (1979) H. 7, S. 311—315.

A 3375

## Kartoffelernteverfahren unter dem Gesichtspunkt des effektivsten Kraftstoffeinsatzes

Dipl.-Ing. G. Büchel/Ing. A. Hacker/Dr.-Ing. S. Firus, KDT/Dr. agr. W. Vent, KDT  
Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Weimar-Werk

#### 1. Ausgangssituation

In der DDR werden jährlich auf 490 000 ha Kartoffelanbaufläche etwa 10 Mill. t Kartoffeln aller Gebrauchswerte geerntet. Der Kartoffelanbau erfolgt dabei vorwiegend auf D1- bis D6-Standorten (Tafel 1). Bei den gegenwärtigen Ernteverfahren wird je nach den Einsatzbedingungen ein bestimmter Beimengungsanteil > 30 mm Quadratmaß mit den Kartoffeln aufgenommen, der nach Möglichkeit vor dem Verladen auf das Transportfahrzeug aus dem Rohwaregemisch wieder abgeschieden werden sollte. Da dieser Arbeitsprozeß technologische Aufwendungen erfordert und damit die Leistung der Erntemaschine beeinflußt, ist nicht

nur aus der Sicht des Herstellers der Kartoffelerntemaschinen ein beimengungsfreier, also absiebbarer Wuchsraum wünschenswert. In Tafel 1 ist die Verteilung der Kartoffelanbaufläche nach Standorten und Beimengungsanteilen dargestellt. Danach ist auf rd. 280 000 ha in der DDR mit Steinen, auf rd. 130 000 ha mit Kluten und auf rd. 80 000 ha mit Kluten und Steinen zu rechnen. In den kartoffelanbauenden Ländern werden vielfältige agrotechnische Maßnahmen praktiziert, um den Anteil von kartoffelgroßen Beimengungen im Damm zu minimieren. In Irland und Schottland werden z. B. vor dem Legen die Steine aus der oberen Bodenschicht herausgesiebt

und dann zwischen die Dämme abgelegt. Zur Minimierung des Klutenanteils im Kartoffeldamm trägt in erster Linie eine hohe Ackerkultur bei. Vor allem die zur Klutenbildung neigenden Lö-Standorte sollten im Herbst gepflügt und dann nach Möglichkeit vor Winterbruch die Dammvorformung durchgeführt werden. Zänker [1] hat überzeugend nachgewiesen, daß durch Beachtung dieser ackerbaulichen Grundregeln der Klutenanteil im Erntegemisch auf einem Lö 2-Standort von 40 bis 65 t/ha auf  $\leq 5$  t/ha reduziert werden kann. Damit wurde hinreichend nachgewiesen, daß durch technologische bzw. agrotechnische Fehler Kluten erzeugt werden, die von den

Erntemaschinen wieder abgetrennt werden sollen.

## 2. Verfahrensgestaltung

Nur auf optimal vorbereiteten Kartoffelflächen ist die Leistungsfähigkeit der Erntemaschinen voll ausnutzbar und können die angebotenen Mechanisierungsverfahren der Kartoffelproduktion effektiv, vor allem energiesparend, für den Anwender gestaltet werden. Dabei wird vom Landmaschinenhersteller das gesamte Verfahren und speziell die Ernte bis zur Anlieferung des Erntegemisches in der ALV-Anlage bzw. im Sortierpunkt betrachtet. Für die meisten Standorte wird nach wie vor das Rodeladerverfahren (Rodelader E 684/stationäre Aufbereitung) angeboten und empfohlen. Die Einsatzgrenze liegt „auf siebfähigen Böden bis zu einem Steinanteil (Steine > 30 mm Quadratmaß) von 5 t/ha, jedoch nicht über 15 Masse% im Erntegut. Der Klutenanteil im Erntegut sollte unter 50 Masse% liegen“ [2]. Auf den Flächen mit höherem Steinanteil, d. h. > 5 t/ha, sollte dann zukünftig der Rodetrennlader E 686 eingesetzt werden, der bei der Trennung von Steinen einen hohen Leitgütegrad aufweist (Leitgüte Steine  $\geq$  75%; Leitgüte Kartoffeln > 96%).

Für das Jahr 1981 wurden aus dem Maschinenbestand die in Tafel 2 zusammengestellten Verfahrensanteile ermittelt. Danach ist 1981 auf 165 000 ha das Rodeladerverfahren praktiziert und auf 234 000 ha sind noch Rodetrennlader bzw. Rodeausleselader aus der E-665-Serie eingesetzt worden. In der letzten Zeit wird aus der Sicht der Energieeinsparung — aus dem Zusammenhang herausgelöst — das Rodeladerverfahren wegen des scheinbar hohen Transportaufwands für die Beimengungen kritisiert (z. B. [3]).

Ein weiterer strittiger Punkt ist die Definition und Darstellung des Beimengungsanteils im Erntegut. In den offiziellen Dokumenten zu Verfahren der Kartoffelproduktion [4] wird der

Tafel 1. Verteilung der Kartoffelanbaufläche nach Standorten und Beimengungsanteilen in 1000 ha

Standort	Gesamt-Kartoffelanbaufläche	Anteile nach Beimengungsanteilen in t/ha				Kluten	Kluten und Steine
		0...2,5	2,5...5,0	5...10,0	> 10		
D 1 bis D 6	330	65	95	70	50	—	50
Lö 1 bis Lö 3	70	—	—	—	—	70	—
Lö 4 bis Lö 6	70	—	—	—	—	60	10
V 4 bis V 5	20	—	—	—	—	—	20
DDR gesamt	490	65	95	70	50	130	80

Beimengungsanteil als Massenanteil in % vom Kartoffelertrag definiert.

Analysen von Standorten, die in den letzten Jahren bei der Erprobung der Kartoffelerntemaschinen des VEB Weimar-Werk abgeerntet wurden, ergaben Beimengungsgehalte maximal bis rd. 50% Kluten und Steine. Unter sehr ungünstigen Boden- und Witterungsbedingungen sind auf einzelnen Standorten bis maximal 100% Beimengungen (Massenanteil) im Erntegut in die ALV-Anlagen angeliefert worden. Diedrich u. a. [5] argumentieren mit Beimengungsanteilen von 70% und mehr im Erntegemisch in den Jahren 1980 und 1981. Nach der offiziellen Definition wären das 233% Beimengungen. Die nachfolgende Berechnung des DK-Verbrauchs in [5] erfolgt sogar bis rd. 600% Beimengungsanteil (Massenanteil), ist also nicht mit der Praxis in Einklang zu bringen.

## 3. Verfahrenvergleich

Im VEB Weimar-Werk wurden daher von Hacker [6] nochmals umfangreiche Berechnungen zum Einfluß des Beimengungsgehalts auf den AKh-Bedarf und auf den Energiebedarf durchgeführt. Dabei wird davon ausgegangen, daß die Feldproduktion bis zum Erntezeitpunkt für die beiden betrachteten Verfahren Rodetrennladerernte und Rodeladerernte mit

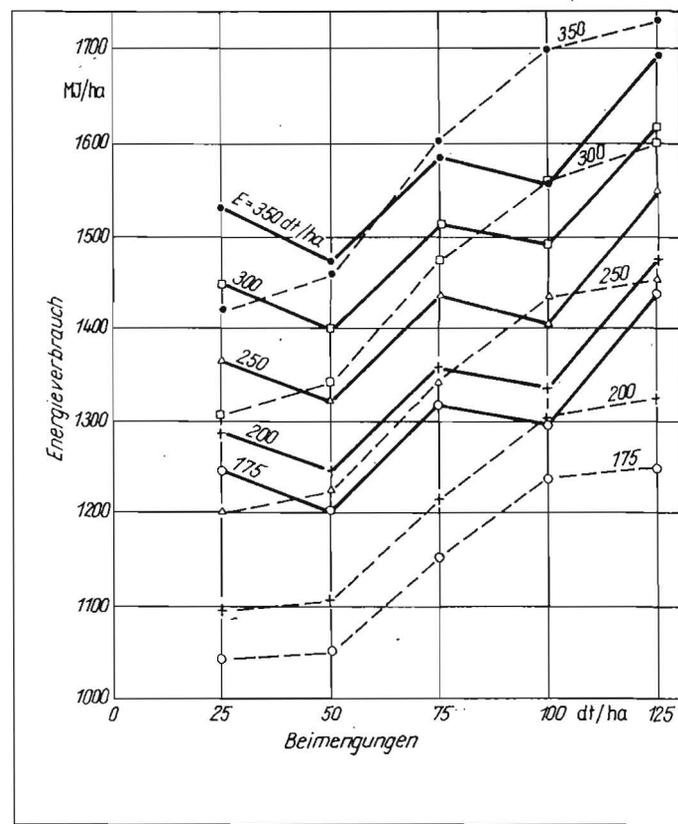
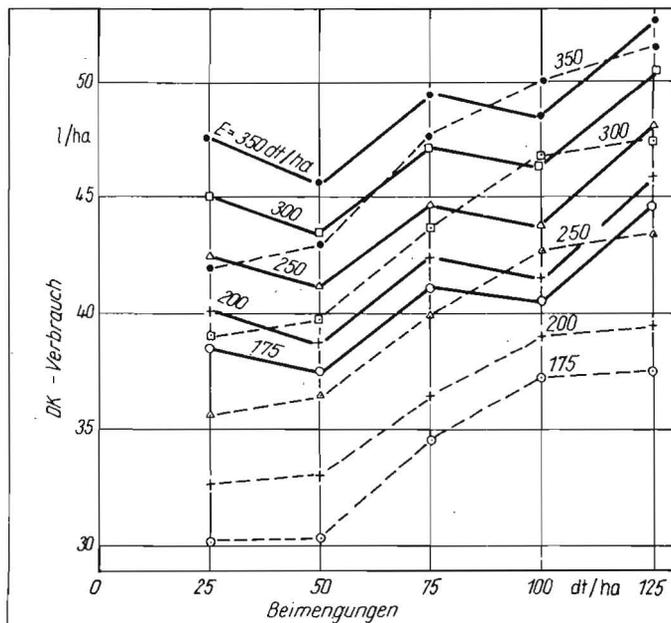
stationärer Beimengungstrennung mit gleichem Aufwand die gleichen Voraussetzungen schafft. Das wird im Ansatz der Flächenleistung für beide Erntemaschinen berücksichtigt.

Bezüglich der Annahme und Aufbereitung wird mit Ausnahme der automatischen Trennanlage E 691 die gleiche technologische Ausrüstung vorausgesetzt. Damit sind die im folgenden dargestellten Ergebnisse — bezogen auf Ernte, Transport und Beimengungstrennung — durchaus vergleichbar und aussagekräftig.

Im Bild 1 ist der Kraftstoffverbrauch für die Ernte und den Transport von Kartoffeln mit dem Rodetrennlader E 686 und mit dem Rodelader E 684 in Abhängigkeit vom Beimengungsanteil je ha abzuerntender Fläche eingetragen. In diese Werte ist die Fahrt der Transporteinheit neben der Erntemaschine und zur ALV-Anlage einbezogen. Beim Rodeladerernteverfahren wird ein DK-Verbrauch für das Aufladen der Beimengungen und deren Rücktransport außerhalb der Erntetransportkette, wie das häufig ungerechtfertigt praktiziert wird, berücksichtigt. Nicht berücksichtigt ist dabei der Energiebedarf für das Einebnen der Dämme nach dem Rodelader E 684. Ermittelt wurde der Kraftstoffverbrauch aus den Normativwerten unter Berücksichtigung von Auslastungskoeffizienten, die aus Messungen

Bild 3. Energieverbrauch für Ernte, Transport und Beimengungstrennung in Abhängigkeit von Beimengungsanteil und Kartoffelertrag E; — Rodetrennlader E 686; - - - Rodelader E 684

Bild 1. Spezifischer Kraftstoffverbrauch (DK-Verbrauch) für Ernte und Transport von Kartoffeln in Abhängigkeit von Beimengungsanteil und Kartoffelertrag E; — Rodetrennlader E 686; - - - Rodelader E 684



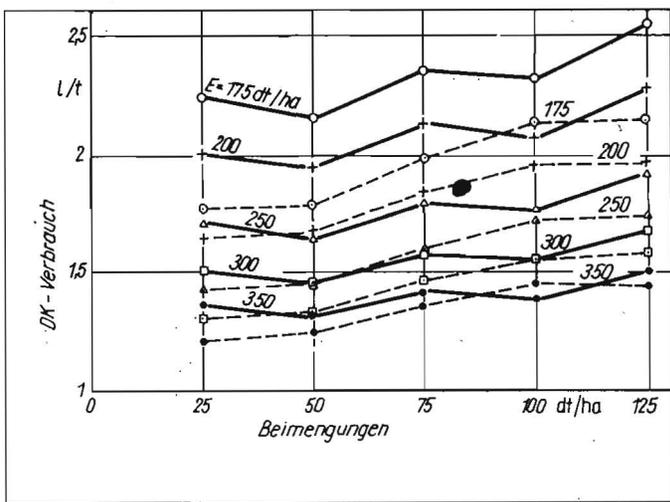


Bild 2. Auf die geernteten Kartoffeln in t bezogener Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit von Beimengungsanteil und Kartoffelertrag E; — Rodetrennlader E 686; - - - Rodelader E 684

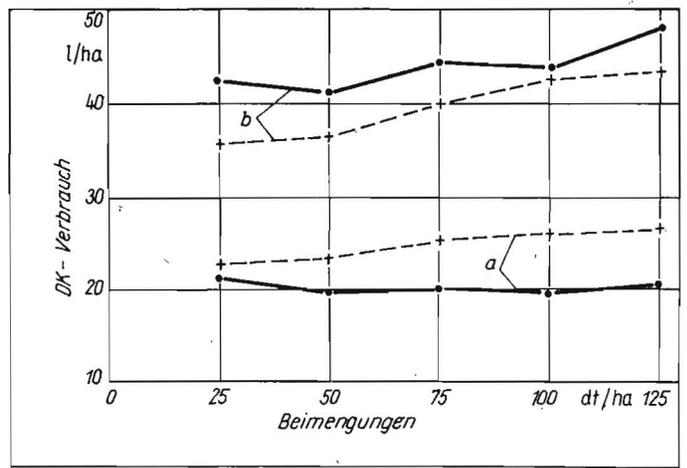


Bild 4. Kraftstoffverbrauch für den Transport (a) und Gesamtverbrauch für das gesamte Ernteverfahren (b) in Abhängigkeit vom Beimengungsanteil (Kartoffelertrag E = 250 dt/ha); — Rodetrennlader E 686; - - - Rodelader E 684

Tafel 2. Anteile der Verfahren zur Kartoffelernte (Stand 1981)

Ernteverfahren	Bestand	mittlere Rodelerleistung ha	geerntete Fläche 1000 ha	Anteil %
	St.			
E 684				
E 682	1 100	150	165	33,70
E 665 und Varianten	6 700	35	234	46,70
sonstige Technik			91	18,60
E 691	320	22 t/h	1,70 Mill. t	21,70

bekannt sind. Für den Transport wurden Lademassen von 12 t und die mittlere Transportgeschwindigkeit von 35 km/h angesetzt. Die mittlere Entfernung des Feldes von der Aufbereitungseinrichtung beträgt 5 km. Die Einzelwerte des DK-Verbrauchs, die für die im Diagramm angegebenen Werte des Beimengungsanteils berechnet wurden, sind der Zugehörigkeit wegen miteinander verbunden worden. Die Unstetigkeiten resultieren aus der Anzahl der Arbeitskräfte auf dem Rodetrennlader und der damit verbundenen Leistung der Erntemaschine in Verbindung mit der möglichen Gangabstufung des Traktors, wobei jeweils ein gleicher Restgehalt an Beimengungen (Massenanteil) von 10% in den Kartoffeln im Gesamtverfahren erreicht werden soll. Das Diagramm zeigt deutlich, daß der Kraftstoffverbrauch für die Rodeladerernte — außer bei hohem Beimengungsanteil — unter dem der Rodetrennladerernte liegt.

Die gleiche Aussage trifft auf den Kraftstoffverbrauch, bezogen auf 1 t geernteter Kartoffeln zu (Bild 2).

Auch die Berücksichtigung der Energie für die automatische Trennanlage E 691 im Rodeladerernteverfahren zeigt noch die günstige Position dieses Ernteverfahrens, wie aus der Darstellung der Gesamtenergie als Funktion des Beimengungsanteils und des Kartoffelertrags im Bild 3 hervorgeht.

Im Bild 4 ist das Verhältnis des Kraftstoffverbrauchs für den Transport zum Gesamtkraftstoffverbrauch dargestellt. Die Werte für den Transport bei der Rodeladerernte enthalten den DK-Verbrauch für Ernteguttransport, Aufladen der Beimengungen und Abtransport der Beimengungen zurück zum Feld. Während beim Rodetrennlader die Transportaufwendun-

gen in der gleichen Größenordnung wie für den Ernteprozess liegen, beträgt der Anteil des DK-Verbrauchs für den Transport beim Rodeladerverfahren etwa 60% des Gesamtverbrauchs. Der DK-Verbrauch für den Transport im Rodeladerernteverfahren liegt zwar über dem der Rodetrennladerernte, im Gesamtverbrauch bleibt aber das Rodeladerernteverfahren unter dem der Rodetrennladerernte.

Die Ursachen für den höheren Kraftstoffverbrauch der Erntemaschine mit Trenneinrichtung liegen im Energiebedarf für die Trenneinrichtung selbst und für den Transport dieser Trenneinrichtung mit den dazu notwendigen Baugruppen zum Transport und zur Handkorrektur innerhalb der Erntemaschine.

Die spezifische, auf die größte Flächenleistung bezogene Masse der Rodelader E 684 beträgt 6 270 kg · h/ha und die der Rodetrennlader E 686 9 210 kg · h/ha. Aus dieser Überlegung heraus ist sofort verständlich, daß jede Trenneinrichtung, die auf der Erntemaschine eine größere Masse verursacht und mehr Antriebsenergie erfordert, den DK-Verbrauch der Rodetrennladerernte ungünstiger beeinflusst. Der Rodetrennlader ist deshalb auf Standorten mit hohem Steinanteil vorwiegend zur Sicherung der Kartoffelqualität einzusetzen. Die Einsatzgrenze beginnt bei 50 dt/ha Steine bzw. rd. 15% Massenanteil in der Rohware, die als obere Grenze des Rodeladers angegeben wurde [2]. Der Rodetrennlader E 686 als gezogene Maschine stellt aufgrund der Eigenmasse und des möglichen Zugtraktors, der noch in den Reihen fahren kann (Reifenbreite/Bodendruck), bei den gegenwärtig bekannten Wirkprinzipien das Optimum zwischen der Leistungsfähigkeit und dem Kraftstoffverbrauch bei Reihenweiten von 750 mm dar.

Aus technischer Sicht ist eine weitere Optimierung unter den genannten Bedingungen nur noch mit selbstfahrenden Erntemaschinen möglich.

#### 4. Zusammenfassung

Aus der Sicht des Energieverbrauchs, speziell des DK-Verbrauchs, bei Ernte und Transport von Kartoffeln werden die Verfahren Rodeladerernte mit stationärer Beimengungstrennung und Rodetrennladerernte untersucht. Unter den jeweiligen Einsatzbedingungen wird das Optimum ermittelt und dargestellt. Die Bedingungen werden präzisiert, unter denen das Rodeladerernteverfahren trotz des Beimengungstransports den geringeren Kraftstoffverbrauch aufweist. Die Ernte mit Rodetrennladern stellt die Alternative für Standorte mit hohem Steinanteil zur Sicherung der Kartoffelqualität dar. Der VEB Weimar-Werk nimmt deshalb ab 1982 die Produktion des Rodetrennladers E 686 auf.

#### Literatur

- [1] Zänker, J.: Komplexe Maßnahmen zur Reduzierung technologisch bedingter Bodenverdichtungen bei der Bodenvorbereitung, Bestellung und Pflege von Kartoffeln auf schweren Böden. Marktleberg: agrabuch 1981.
- [2] Kuschel, A.: Einsatzempfehlung zur Durchführung der Kartoffelernte mit dem Rodelader E 684 und der automatischen Trennanlage E 691. agrartechnik 27 (1977) H. 8, S. 340—343.
- [3] Mührel, K.: Effektiver Einsatz von Dieselkraftstoff bei Transport und Umschlag in der Landwirtschaft. agrartechnik 32 (1982) H. 5, S. 194—197.
- [4] Autorenkollektiv: Konzeption für das Maschinensystem zu den Verfahren der Kartoffelproduktion nach 1985. Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim 1976 (unveröffentlicht).
- [5] Diedrich, W.; Neubauer, E.; Herrmann, S.: Effektiver Einsatz von Energie bei der Produktion, Aufbereitung, Lagerung und Vermarktung von Kartoffeln. agrartechnik 32 (1982) H. 5, S. 220—222.
- [6] Hacker, A.: Bericht über die Verfahrensuntersuchung Rodetrennlader- gegenüber Rodeladerernte mit automatischer Trennanlage. VEB Weimar-Werk, 1982 (unveröffentlicht).