

## Verfahren zur Berechnung der Leistung von Kartoffelsammelrodern

Die Messung und Beurteilung der Leistung von Kartoffelsammelrodern bereitet bisher immer noch gewisse Schwierigkeiten und ist nicht immer eindeutig. Es lassen sich hierfür eine Reihe von Gründen anführen.

Bei internationalen Vergleichsprüfungen von Kartoffelsammelrodern wird die in der Zeiteinheit geerntete Kartoffelmenge — der Kartoffeldurchsatz in t/h — als Hauptmerkmal der Leistung verwendet. Dem kann man zustimmen. Der notwendige Aufwand an gesellschaftlicher Arbeit für den Ernteprozess wird im Wertzuwachs zwischen gewachsenen und geernteten Kartoffeln anerkannt. Vom Kartoffeldurchsatz der Sammelroder hängt die Beladezeit der Transportfahrzeuge ab. Die stationären Aufbereitungsanlagen erfordern zu ihrer rationalen Nutzung einen bestimmten Durchsatz. Nicht zuletzt sei darauf verwiesen, daß größere Lageranlagen nur erfolgreich bewirtschaftet werden können, wenn an jedem Erntetag eine bestimmte Mindestmenge eingelagert wird.

Exakte Leistungsmessungen müssen Rodeverluste, Kartoffelbeschädigungen und den Anteil der Beimengungen im Erntegut mit erfassen. Die Angaben darüber, ob alle gewachsenen Knollen geerntet sind und ob das Rodegut ausreichend schonend behandelt wurde, sind wichtige Voraussetzungen zur Beurteilung der Leistungen von Kartoffelsammelrodern. Es ist bekannt, daß überhöhte Rodeleistungen zu Lasten der Rodequalität erzielt werden können.

Bei der Beurteilung der Leistung von Kartoffelsammelrodern müssen die Bedingungen berücksichtigt werden, unter denen der Ernteprozess durchgeführt wurde. Dies sind u. a. der Ernteertrag, der Reifegrad, das Größenspektrum und die Beschädigungsempfindlichkeit der Knollen, die Masse und der Zustand des Kartoffelkrautes, der Unkrautbesatz, die Absiebeignung der Erddämme, der Stein- und (oder) Klutenbesatz. Um den großen Einfluß der Einsatzbedingungen zu berücksichtigen, werden bei Vergleichsprüfungen die verschiedenen Sammelroder zur gleichen Zeit auf einem Feld eingesetzt. Das Ergebnis, die gemessene Leistung und die Qualitätskennziffern sind aber selbst dann nur für die jeweils vorliegenden Einsatzbedingungen voll aussagefähig. Für die Planung der Kartoffelernte wie für die Arbeiten des Forschers und Konstrukteurs sind Berechnungsverfahren erforderlich, die zumindest eine Abschätzung der Leistung von Sammelrodern unter den verschiedensten Einsatzbedingungen gestatten. Im folgenden wird ein derartiges Berechnungsverfahren vorgestellt, das bereits erfolgreich für die verschiedensten Zwecke genutzt werden konnte.

### Grundlagen des Berechnungsverfahrens

Form, Größe und Festigkeit bzw. Empfindlichkeit der Kartoffelknollen, sowie deren Lage im Wuchsraum lassen es beim derzeitigen Stand der Technik noch nicht zu, die Kartoffeln direkt vom Standort des Wachstums zu entfernen und auf die vom Transportmittel vorgegebene Höhe zu heben. Die vollständige und beschädigungsarme Aufnahme des Rodeguts erfordert das Abtrennen und die Aufnahme eines Teils des Wuchsraums, der Erddämme, in denen die Knollen enthalten sind. Dieser Prozess hat zur Folge, daß mit den Kartoffeln aufgenommen werden:

- größere Mengen an Bodenteilen, die kleiner als die kleinsten erntewürdigen Kartoffel sind

Dr. agr. habil. G. Rühlemann, KDT\*

DK 631.358.452

- die im abgetrennten Erddamm befindlichen Steine und (oder) Kluten (Beimengungen), die  $\geq$  als die erntewürdigen Kartoffeln sind
- Kartoffelkraut und Unkraut.

Die Kartoffelsammelroder verfügen deshalb über Baugruppen für

- das Abtrennen und Absieben des Erddamms mit einer bestimmten Absiebleistung in t/h bzw. kg/s<sup>1</sup>
- das Aussondern von Kartoffelkraut und Unkraut mit einer bestimmten Trennleistung in t/h bzw. kg/s
- das Fördern des Rodeguts mit einer bestimmten Förderleistung in m<sup>3</sup>/h bzw. dm<sup>3</sup>/s
- das Abscheiden von Beimengungen (Steine, Kluten) aus dem Rodegut mit einer bestimmten Kapazität.

Ernteertrag, Krautbesatz und Beimengungsbesatz je Hektar wie die Absiebeignung der Böden, die wichtigsten Eingangsgrößen beim Ernteprozess mit Sammelrodern, sind frei variable Größen, die in den verschiedensten Kombinationen auftreten. Der Konstrukteur eines Sammelrodens kann aber in einer Maschine nur Baugruppen zusammenfügen, deren Kapazität während des Einsatzes wenig variabel ist. Aus diesen Zusammenhängen ergibt sich, daß jede der Hauptbaugruppen des Sammelrodens bestimmend werden kann für die Gesamtleistung der Erntemaschine. Anders ausgedrückt, es gibt nur wenige Einsatzbedingungen, die zur vollen Nutzung der Kapazität aller Baugruppen führen. Das Berechnungsverfahren für die Leistung von Kartoffelsammelrodern muß folglich auf Berechnungen zur Bestimmung der Leistung der verschiedenen Hauptbaugruppen aufbauen.

### Leistungsbestimmung für die Hauptbaugruppen

Die abzusichebende Erdmasse je Flächeneinheit wird vor allem vom Dammausschnitt  $q$  eines Rodewerkzeugs bestimmt. Mit Gleichung 1 kann die Erdmasse  $m$  errechnet werden, die entfernt werden muß, um die Kartoffeln zu roden.

$$m = \frac{q \cdot \rho_B \cdot 10^4}{Rw} \quad [t/ha] \quad (1)$$

Darin bedeuten:

- $m$  Masse in t/ha                     $q$  Dammausschnitt in m<sup>2</sup>  
 $\rho_B$  Dichte des Bodens in t/m<sup>3</sup>     $Rw$  Reihenweite in m

Die Absiebeignung dieser Erdmassen und damit die Absiebleistung von Sammelrodern ist abhängig von der Bodenart, der Bodenfeuchtigkeit und dem Kulturzustand des Bodens (Tafel 1).

Es werden hohe, mittlere und geminderte Absiebeignung unterschieden und diesen entsprechende Absiebleistungen zugeordnet.

Die durch die Absiebeignung der Böden und die Absiebleistung von Kartoffelsammelrodern (KSR) bedingte Leistung (Kartoffeldurchsatz  $D_K$ ) kann nach Gleichung 2 berechnet werden. Es ist dabei zu beachten, daß  $m$  bereits ein maschinentypischer Wert ist.

$$D_K = \frac{S \cdot E}{m} \quad [t/h] \quad (2)$$

$E$  Ernteertrag in t/ha  
 $S$  Absiebleistung in t/h

\* Wissenschaftlicher Mitarbeiter im VEB Weimar-Kombinat

<sup>1</sup> Für ingenieurtechnische Arbeiten sollten die Dimensionen kg, dm<sup>3</sup>, s usw. bevorzugt werden

Tafel 1. Absiebnung der Böden und Absiebleistung in t/h beim Sammelroder E 665

Bodenart	Sand	lehmgiger Sand	sandiger Lehm
Bodenfeuchtigkeit %	8...10	14...16	16...18
Absiebnung	hoch	mittel	gemindert
Absiebleistung t/h	900	700	470
Kurzzeichen	S <sub>h</sub>	S <sub>m</sub>	S <sub>g</sub>
mögliche Arbeitsgeschwindigkeit km/h	4,6	3,6	2,4

Wird anstelle von *S* die Trennleistung der Krauttrenneinrichtung in t/h und anstelle von *m* der Krautbesatz in t/ha eingesetzt, so besteht die Möglichkeit, den Einfluß der Krauttrenneinrichtungen auf die Leistung der KSR zu erfassen.

Bei der Beschreibung und Messung der Leistung von KSR hat sich bewährt, unter Durchsatz  $D_G$  nur den Kartoffeldurchsatz  $D_K$  und den Beimengungsdurchsatz  $D_B$  zu verstehen. Kartoffeln und Beimengungen (Steine, Kluten) sind gemeinsam das Volumen. Der Durchsatz  $D_G$  wird deshalb zur Bemessung der Förderleistung von KSR in m<sup>3</sup>/h angegeben. In Gleichung 3 werden die reziproken Werte der verschiedenen Schüttdichten verwendet, um die Beziehungen zwischen Beimengungsbesatz *b*, Förderleistung und Kartoffeldurchsatz zu erfassen. Der Beimengungsbesatz in t/ha ist definiert als die Masse an Steinen und (oder) Kluten (≥ erntewürdigen Kartoffeln), in dem bei der Ernte abzuschneidenden Bodenvolumen je Hektar.

$$D_K = \frac{D_G}{\varphi_K + \varphi_{St} \frac{b_{St}}{E} + \varphi_{Kl} \frac{b_{Kl}}{E}} \quad [t/h] \quad (3)$$

Darin bedeuten:

- $D_G$  Durchsatz in m<sup>3</sup>/h
- $\varphi$  rezipr. Wert der Schüttdichte in m<sup>3</sup>/t
- b* Beimengungsbesatz in t/ha
- K* Kartoffeln
- St* Steine
- Kl* Kluten

### Erfassung der Leistung von einfachen Rodeladern

Absiebleistung und Durchsatz bestimmen, eine ausreichende Krauttrennleistung vorausgesetzt, das Leistungsvermögen von einfachen Rodeladern (Bezeichnungen von Kartoffelerntemaschinen s. Tafel 2). Dieses Leistungsvermögen unter verschiedenen Einsatzbedingungen kann übersichtlich dargestellt werden, wenn die mit den Gleichungen 2 und 3 errechneten Werte in ein Diagramm eingetragen werden. Derartige Diagramme werden als Leistungsspektren bezeichnet. Bild 1 zeigt das Leistungsspektrum des einfachen Rodeladers E 660.

Tafel 2. Bezeichnung von Kartoffelerntemaschinen  
Kartoffelroder

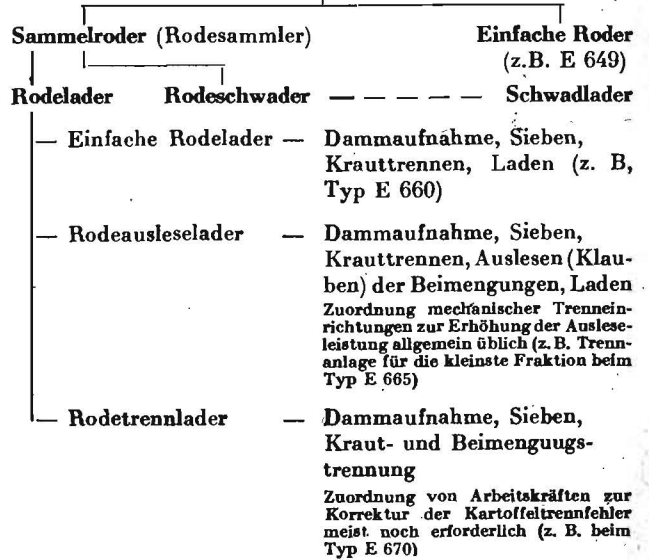


Bild 1. Leistungsspektrum eines einfachen Rodeladers

Bild 2. Leistungsspektrum eines Rodeausleseladers

Bild 3. Leistungsspektrum eines Rodetrennladers;  $D_K$  Kartoffeldurchsatz in der Grundzeit  $T_1$ , — — — Absiebleistung *S* in t/h, I mittel, II hoch, III gemindert;

— Kartoffeldurchsatz in t/h bei einem Beimengungsbesatz von *b* = 0 t/h (stein- bzw. klutenfrei) *b* = 5 t/ha (gering), *b* = 20 t/ha (hoch);

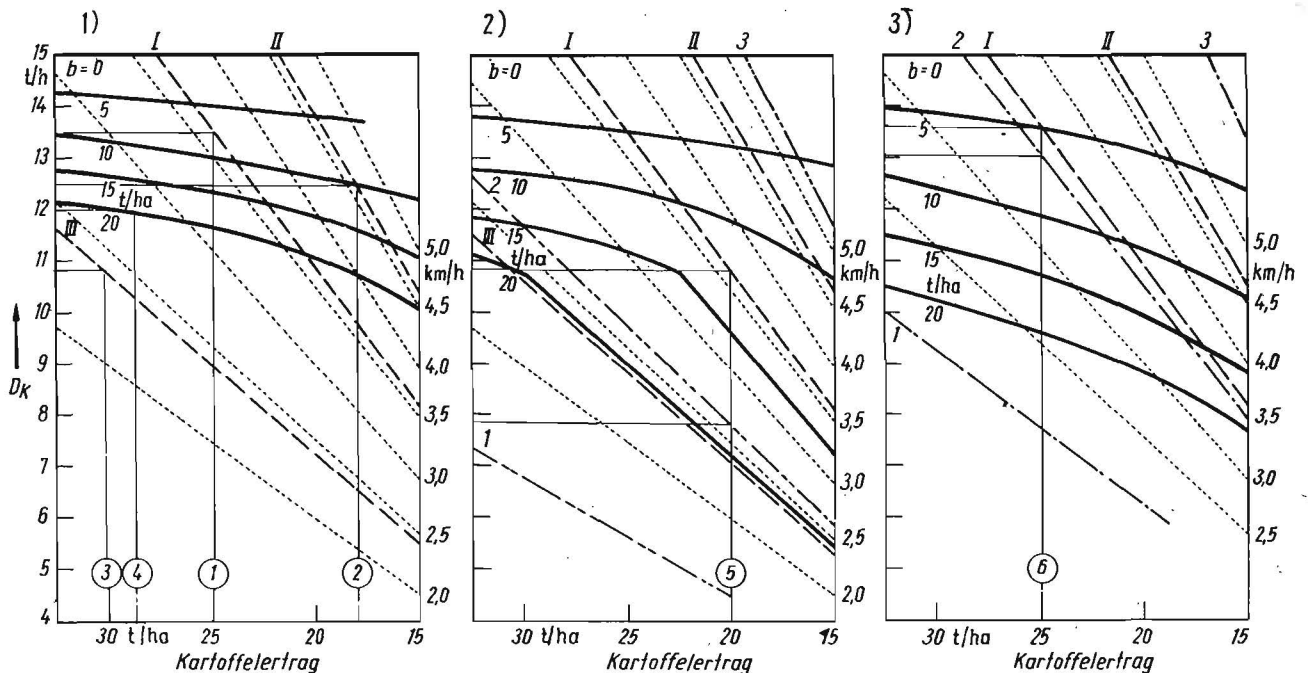
..... Arbeitsgeschwindigkeit

km/h	ha/h $T_1$
2,0	0,30
2,5	0,38
3,0	0,45
3,5	0,53
4,0	0,60
4,5	0,68
5,0	0,75

1, 2, 3 Gangabstufungen der Traktoren

— — — MTS-50

— — — MTS-50-Super



Es kann abgelesen werden, daß bei 25 t/ha Kartoffelertrag und rd. 7 t/ha Steinbesatz sowie einem lehmigen Sandboden, der eine mittlere Absiebleistung  $S_m$  ermöglicht, alle Baugruppen des Rodeladers voll genutzt werden (Beispiel 1). Die Leistung beträgt 13,5 t/h Kartoffeln in der Grundzeit.

Bei einem Kartoffelertrag von 18 t/ha, einem Steinbesatz von 5 t/ha und einem Sandboden, der eine hohe Absiebleistung zuläßt, beschränkt die Absiebleistung die Gesamtleistung des Rodeladers (Beispiel 2). Die Leistung beträgt 12,4 t/h Kartoffeln in der Grundzeit.

Bei der Ernte auf einem feuchten Lehmboden, der nur eine geminderte Absiebleistung zuläßt, beträgt die Leistung bei 30 t/ha Ernteertrag 10,8 t/h (Beispiel 3). Ein trockener Lehmboden mit 20 t/ha Klutenbesatz verfügt dagegen über eine mittlere bis hohe Absiebleistung. Sollen unter letztgenannten Bedingungen 28 t/ha Kartoffeln geerntet werden, beschränkt das Fördervolumen die Leistung des Rodeladers (Beispiel 4).

#### Erfassung der Leistung von Rodeausleseladern

Rodeausleselader verfügen über Arbeitsplätze für Personen, deren Aufgabe es ist, Beimengungen aus dem Rodegut zu entfernen. Die Anzahl der Arbeitskräfte und die Griffleistung entscheiden über die Ausleseleistung. Die Arbeitsgeschwindigkeit des Rodeausleseladers muß so gehalten werden, daß das Klutenangebot auf dem Auslesesetich nicht die Griffleistung der Auslesepersonen übersteigt. Unter diesen Bedingungen kann eine vorgegebene Leitgüte für die Klutenabscheidung eingehalten werden. Die sich ergebenden Beziehungen zum Kartoffeldurchsatz werden mit Gleichung 4 erfaßt.

$$D_K = \frac{\gamma_{K1} \cdot A \cdot Gl \cdot 60}{\frac{b_{K1}}{E} \cdot 10^6} \quad [t/h] \quad (4)$$

Darin bedeuten:

$\gamma_{K1}$  Stückmasse der Kluten in g/St.

$A$  Anzahl der Auslesepersonen

$Gl$  Griffleistung in St./min

Im allgemeinen werden den Ausleseplätzen mechanische Einrichtungen vorgeschaltet, um Auslesekräfte zu entlasten und die Ausleseleistung zu erhöhen. Beim Rodeausleselader E 665 wird z. B. eine Trennanlage für die mechanische Abscheidung der Beimengungen < 40 mm Quadratmaß verwendet. Mit Gleichung 5 kann der Effekt dieser Trennanlage erfaßt werden.

$$D_K = \frac{\gamma_{K1} \cdot A \cdot Gl \cdot 60}{\frac{b_{K1}}{E} (1 - m_{FK}) \cdot 10^6} \quad [t/h] \quad (5)$$

Darin bedeutet:

$m_{FK}$  prozentualer Anteil der Kluten < 40 mm dividiert durch 100

Bild 2 zeigt das Leistungsspektrum des E 665. Die mit  $b$  gekennzeichneten Begrenzungslinien für die Leistung resultieren aus den Werten, die mit Gl. 3 und 5 errechnet wurden. Dargestellt ist jeweils der für einen bestimmten Kartoffelertrag und Klutenbesatz ermittelte kleinste Wert von  $D_K$ . Wird die Ausleseleistung zum begrenzenden Faktor für die Gesamtleistung der Maschine, dann folgen die  $b$ -Linien der gleichen Gesetzmäßigkeit wie die Absiebleistung.

#### Leistung gezogener Rodeausleselader

Die Antriebe der einzelnen Baugruppen von Kartoffelsammelrodern sind für eine Übertragung des Drehmoments mit 540 U/min ausgelegt. Beim Einsatz von Traktoren mit 40 bis 50 PS muß folglich mit voller Drehzahl des Motors gefahren werden. Es können nur die vom Stufengetriebe des Traktors vorgegebenen Arbeitsgeschwindigkeiten realisiert werden. Das potentielle Leistungsvermögen der Kartoffelsammelroder läßt sich nicht in jedem Fall nutzen. Im Bild 2

sind die Gangabstufungen des Traktors MTS-50 eingetragen. Beispiel 5 zeigt, daß unter Einsatzbedingungen, die eine Arbeitsgeschwindigkeit entsprechend der mittleren Absiebleistung zulassen, das potentielle Leistungsvermögen des E 665 nur zu etwa 80 Prozent genutzt werden kann. Beispiel 6 im Bild 3 weist nach, daß der MTS-50-Super über eine für die Kartoffelernte günstigere Gangabstufung verfügt.

#### Erfassung der Leistung des Rodetrennladers E 670

Der Kartoffelsammelroder E 670 ist mit einer Trennanlage für die kleinste Fraktion sowie einer Gummifinger-Bürsten-Trennanlage ausgerüstet. Der Trenneffekt der Gummifinger-Bürsten-Trennanlage wird stark beeinflusst durch die Größe der Kartoffeln und Steine. Eine Leitgüte von 80 bis 90 Prozent für die Steine wird nur bei einem Gemisch aus Teilen > 40 mm und vorwiegend runden oder flachen Steinen erzielt. Bei der Ernte von runden bis rundovalen Kartoffeln ist eine Arbeitskraft zur Korrektur des Kartoffeltrennfehlers erforderlich.

Die Leistung beider Trennanlagen wird mit Gleichung 6 erfaßt:

$$D_K = \frac{dg}{(1 - U_{FK}) + \frac{b_{St}}{E} (1 - m_{FK})} \quad [t/h] \quad (6)$$

Darin bedeuten:

$dg$  Massedurchsatz der Gummifinger-Bürsten-Trennanlage in t/h

$U_{FK}$  prozentualer Anteil Kartoffeln < 40 mm dividiert durch 100

$m_{FK}$  prozentualer Anteil Steine < 40 mm dividiert durch 100

Bild 3 zeigt das Leistungsspektrum des E 670. Die  $b$ -Linien geben den möglichen Kartoffeldurchsatz in Abhängigkeit vom Steinbesatz an unter den oben aufgeführten Einschränkungen. Werden z. B. die Trennanlagen überlastet, die Teile < 40 mm mit der Trennanlage für die kleinste Fraktion nicht abgeschieden oder gleichzeitig Kluten den Trennanlagen zugeführt, so müssen 2 Personen zur Trennfehler-Korrektur eingesetzt werden und (oder) die Leitgüte der Beimengungen wird geringer.

Der Rodetrennlader E 670 ist folglich eine Spezialmaschine für die Ernte von Speisekartoffeln auf gut siebfähigen Böden mit Steinen. (Für die Ernte von Pflanzkartoffeln auf Sandböden und lehmigen Sandböden wird vom VEB Weimar-Kombinat der Rodeausleselader E 671/2 angeboten.)

#### Ausblick

Den Leistungsspektren können Diagramme zur Bestimmung der Leistung in der Normzeit, zur Bestimmung der Hektar- und Kampagneleistung, aber auch zum Ablesen der Kosten, Grundmittelaufwendungen und Arbeitsproduktivität zugeordnet werden.

Graichen und Frenzel haben diese Methode der Leistungsberechnung von Kartoffelsammelrodern bereits der EDV zugänglich gemacht. Sie verwendeten Formeln zur Erfassung der Leistung der einzelnen Baugruppen, die anstelle des Kartoffeldurchsatzes den Zeitaufwand für einen Hektar angeben. Der Zeitaufwand/je Hektar in der Grundzeit für einen bestimmten Kartoffelsammelroder wird dann durch die Baugruppe bestimmt, die aufgrund der Einsatzbedingungen bei Einhaltung vorgegebener Qualitätskennziffern den höchsten Zeitaufwand erfordert.

#### Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Berechnung der Leistung von Kartoffelsammelrodern in Abhängigkeit von der Absiebleistung der Böden, dem Ernteertrag und dem Beimengungsbesatz beschrieben. Die Leistung — der Kartoffeldurchsatz in t/h bzw. kg/s unter Einhaltung vorgegebener Qualitätsnormen — wird für jede Hauptbaugruppe der KSR gesondert bestimmt. Die mit den aufgeführten Formeln errechneten Werte sind in Leistungsspektren dargestellt.

A 8735