

**Thema** Systematik und Einsatz von Fraktioniermaschinen für Kartoffeln

**Autor** Prof. Dr. sc. techn. P. Jacob, KDT  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Sektion Pflanzenproduktion

Partien einheitlich großer Kartoffeln können unter Nutzung folgender Unterscheidungsmerkmale mit Hilfe von Arbeitsorganen zum Fraktionieren hergestellt werden:

- Halbachsenabmessungen a, b und c der als Ellipsoid angenommenen Kartoffelknolle
- Knollenmasse  $m_K$  in Abhängigkeit von den Halbachsenabmessungen a, b und c sowie von der Dichte  $\rho_K$ .

Die Hauptschwierigkeit bei der Fraktionierung nach der Masse ist der zu geringe Durchsatz bei relativ hohem Material- und Fertigungsaufwand der Maschinen. Deshalb haben diese Maschinen noch keine Verbreitung gefunden.

In weiteren Betrachtungen wird nur auf Maschinen eingegangen, bei denen die Fraktionierung entsprechend den Abmessungen erfolgt.

## 1. Systematik der Fraktioniermaschinen

### 1.1. Allgemeine Systematik

Fraktioniermaschinen werden nach der Gestaltung der Fraktionierfläche in

- Flachsieb-,
- Profilwalzen-,
- Riemen-,
- Trommel- und
- Siebbandfraktioniermaschinen

unterteilt. Jede Fraktioniermaschinenkonstruktion kann einer dieser Maschinengruppen zugeordnet werden. Fraktioniermaschinen verschiedener Maschinengruppen haben aber auch gleiche Merkmale, und es ist daher sinnvoll, sie nach ordnenden Gesichtspunkten und unterscheidenden Merkmalen zu klassifizieren.

Bild 1. Klassifizierung von Fraktioniermaschinen nach funktions- und strukturbestimmenden Merkmalen

ordnende Gesichtspunkte	unterscheidende Merkmale					
<b>I Fraktionierabschnitt</b>						
<b>I/1. Aufbau der Arbeitsorgane</b>	<b>I/1.1. Maschen gelenkig</b>		<b>I/1.2. profilierte Öffnungen</b>		<b>I/1.3. Spalten</b>	
<b>Beispiel</b>		<b>fest</b>	<b>rund</b>	<b>viereckig</b>	<b>parallel</b>	<b>konisch</b>
<b>I/2. Aufbau der Fraktionierfläche</b>	<b>I/2.1. Flachsieb</b>		<b>I/2.2. Siebband</b>		<b>I/2.3. Trommelsieb</b>	
<b>Beispiel</b>				<b>I/2.4. Profilwalzen</b>		<b>I/2.5. Riemen</b>
<b>I/3. Bewegungsart der Fraktionierfläche bzw. der Elemente der Fraktionierfläche (x Förderrichtung)</b>	<b>I/3.1. schwingend</b>		<b>I/3.2. umlaufend</b>		<b>I/3.3. rotierend</b>	
<b>Beispiel</b>				<b>I/3.3. kombinierte Bewegung</b>		
<b>I/4. Reinhaltung der Fraktionierfläche</b>	<b>I/4.1. Selbstreinigung</b>		<b>I/4.2. Fremdreinigung</b>		<b>I/4.3. kombinierte Reinigung</b>	
<b>II Fraktioniermaschinen</b>						
<b>II/1. Anzahl der Fraktionierabschnitte</b>	<b>II/1.1. ein</b>		<b>II/1.2. zwei</b>		<b>II/1.3. drei</b>	
<b>II/2. Anordnung der Fraktionierabschnitte</b>	<b>II/2.1. hintereinander</b>				<b>II/2. übereinander</b>	
<b>II/3. Einsatzmöglichkeiten</b>	<b>II/3.1. stationär</b>			<b>II/3.2. mobil</b>		
	für Pflanzkartoffeln		für Speisekartoffeln		für Pflanzkartoffeln	
					für Speisekartoffeln	

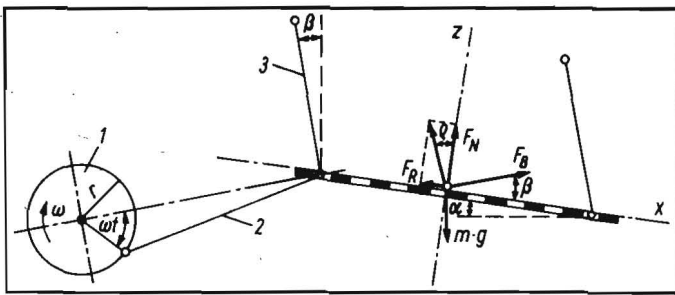
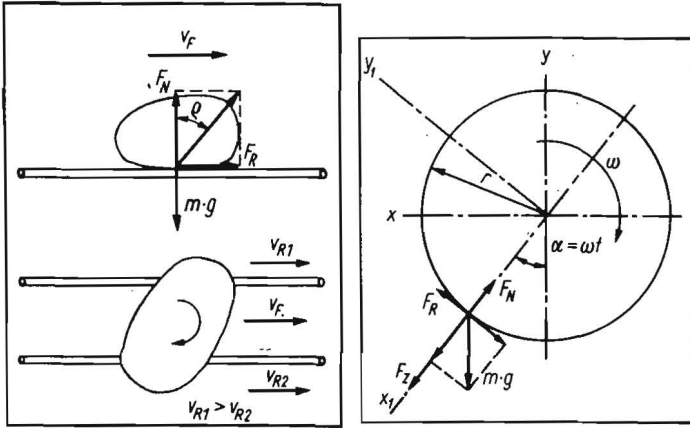


Bild 3. Wirkungsweise eines Flachsiebtes;  
1 Schwingungserreger, 2 Schubkurbel, 3 Lenker;  $\alpha$  Neigungswinkel des Flachsiebtes,  $\beta$  Schwingwinkel,  $m \cdot g$  Gewichtskraft,  $F_B$  Beschleunigungskraft,  $F_N$  Normalkraft,  $F_R$  Reibkraft,  $\rho$  Reibwinkel,  $r$  Kurbelradius,  $\omega$  Winkelgeschwindigkeit

Bild 6. Bewegung einer Knolle auf zwei benachbarten Riemen



Diese ordnenden Gesichtspunkte können funktions- und strukturbestimmende Merkmale eines Fraktionierabschnitts bzw. der gesamten Maschine sein. Die Kombination der sich unterscheidenden Merkmale liefert eine Lösungsvielfalt, in der bereits realisierte Ausführungen ihren eindeutig fixierten Platz haben (Bild 1).

Der Vorteil dieser Systematik besteht darin, daß sie sich beliebig erweitern läßt und somit die Einordnung neuer Lösungen ermöglicht.

### 1.2. Flachsiebfraktioniermaschinen

Flachsiebfraktioniermaschinen können unterteilt werden nach:

- Schwingungsform (Kreis-, Ellipsen-, Bogen-, Geradschwingung)
- Schwingweise (überkritisch, unterkritisch, Resonanzschwingung)
- Antriebsart (Massenkraft-, Zwangs-, Federkraftantrieb)
- Bewegungsart des Gutes auf dem Sieb (Gleit-, Wurfbewegung).

Eine mögliche Systematik ist im Bild 2 (s. 3. Umschlagseite. Red.) dargestellt. Die Wirkungsweise eines Flachsiebtes verdeutlicht Bild 3.

### 1.3. Profilwalzenfraktioniermaschinen

Profilwalzenfraktioniermaschinen können unterteilt werden nach:

- Bewegung der Walzen (rotierend, rotierend und umlaufend)
- Anordnung der Fraktionierabschnitte (hintereinander, untereinander)
- Bewegungsrichtung des Fraktioniergutes, bezogen auf die Walzenachse (quer, längs)
- Form der Sieböffnungen (rund, viereckig).

Die Fraktionierfläche der Profilwalzenfraktionierer K 711 und K 717 aus der DDR sowie RKS-10 und KSP-15 aus der UdSSR besteht aus feststehenden rotierenden Walzen mit runden Profilen. Mögliche Wirkpaarungen zwischen Knolle und Arbeitsorgan (Sieböffnung) sind auf den Bildern 4 und 5 dargestellt.

### 1.4. Riemenfraktioniermaschinen

Die spaltenförmigen Arbeitsorgane der Riemenfraktioniermaschinen werden durch endlose umlaufende Riemen, Trossen und Seile gebildet. Die in der UdSSR produzierten Riemenfraktioniermaschinen haben Gummi-Geweberiemens mit rundem Querschnitt.

Die Riemenfraktioniermaschinen können nach der Anordnung der Riemen unterteilt werden. Bei paralleler Anordnung der Riemen ist die Trennung des Fraktioniergutes nur in zwei Fraktionen möglich. Zur Trennung in mehr als zwei Fraktionen müssen mehrere Sortiereinheiten

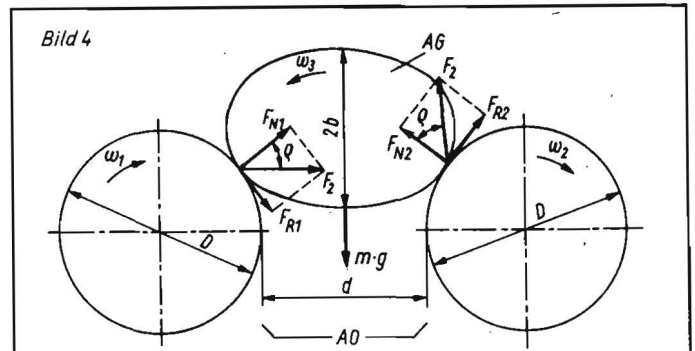


Bild 4

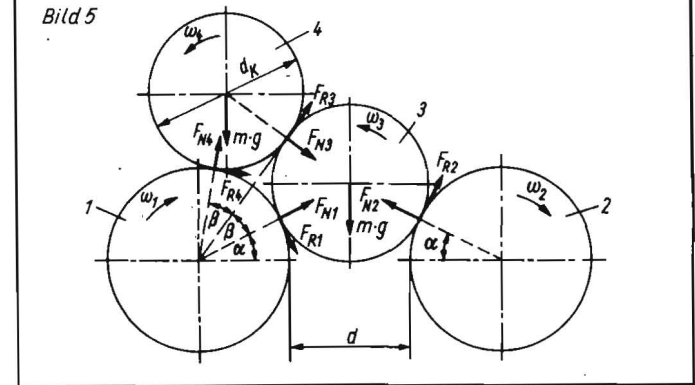


Bild 4. Wirkpaarung Knolle (AG) — Sieböffnung (AO) zwischen zwei Profilwalzen

Bild 5. Berührung einer Knolle (3) durch eine nachfolgende Knolle (4)

Bild 7. Kräfte, die auf eine Elementarmasse einwirken, die sich auf der Innenfläche der Trommel befindet [2]

hintereinander geschaltet werden. Bei konischer Anordnung der Riemen ist die Trennung des Fraktioniergutes in mindestens drei Fraktionen durch eine Sortiereinheit möglich.

Beim Auftreffen des Fraktioniergutes auf den ersten Fraktionierabschnitt fallen die richtig orientierten Kartoffeln, deren Dicke kleiner als die Spaltenbreite ist, zwischen den Riemen durch. Die nicht richtig orientierten Untergrößen sowie die Übergrößen stützen sich auf jeweils zwei benachbarte Riemen ab. Auf die Knolle wirken die Gewichtskraft  $m \cdot g$  und die Komponenten der Reaktionskräfte  $F_N$  und  $F_R$  (Bild 6). Durch die Reibkraft  $F_R$  wird die Relativbewegung zwischen Knolle und Riemen gleich Null. Die Fördergeschwindigkeit  $v_F$  ist dann gleich der Riemengeschwindigkeit  $v_R$ . Zur Verbesserung der richtigen Orientierung der Knollen zu den Sieböffnungen gibt es drei Möglichkeiten:

- In die Riemen wird eine Rüttelbewegung eingeleitet.
- Zwei benachbarte Riemen laufen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit (Bild 6).
- Über den Riemen werden V-förmige Orientierungsstränge angeordnet.

### 1.5. Trommelfraktioniermaschinen

Die Fraktionierung mit Trommelfraktioniermaschinen erfolgt nach Längsmaß (Länge der Knolle), da die Kartoffeln beim Durchlauf durch die Trommel mit ihrer Längsachse parallel zur Siebfläche transportiert werden. Hier ergibt sich eine Verbindung zu den Flachsiebfraktioniermaschinen mit großer Amplitude und Siebneigung, bei denen die Knollen durch die große Beschleunigung ebenfalls mit ihrer Längsachse parallel zur Siebfläche rollen oder gleiten. Um die Trommelfraktioniermaschinen für die Fraktionierung nach Quadratmaß einzusetzen, müssen die Abmessungen der Sieböffnungen größer als das Nennmaß der Fraktionierung sein.

Auf eine Knolle, die sich im Inneren der rotierenden Trommel befindet, wirken die Fliehkraft  $F_Z = \omega^2 r m$ , die Gewichtskraft  $m \cdot g$ , die Normalkraft  $F_N$  und die Reibkraft  $F_R$  (Bild 7).

Das Gleichgewicht der Knolle wird in der Zeit  $t$  bedingt durch

$$m \omega^2 r - F_N + m \cdot g \cos \omega t = 0 \quad (1)$$

$$F_R = \mu F_N = m \cdot g \sin \omega t; (\mu = \tan \rho). \quad (2)$$

Die Bedingung für die relative Ruhe der Knolle in der Trommel lautet:

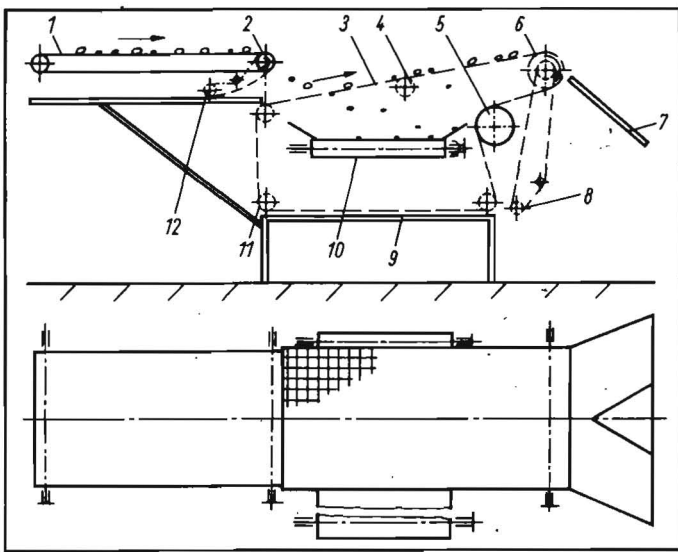


Bild 8. Siebbandfraktioniermaschine (Kettenfraktionierer K 716); 1 Zuführband, 2 Antriebswelle, 3 Fraktionierkette, 4 elliptischer Schüttelstern, 5 Walzenbürste, 6 Antriebswalze, 7 Rutsche, 8 Getriebemotor, 9 Rahmen, 10 Ausstrageband, 11 Spannvorrichtung, 12 Getriebemotor

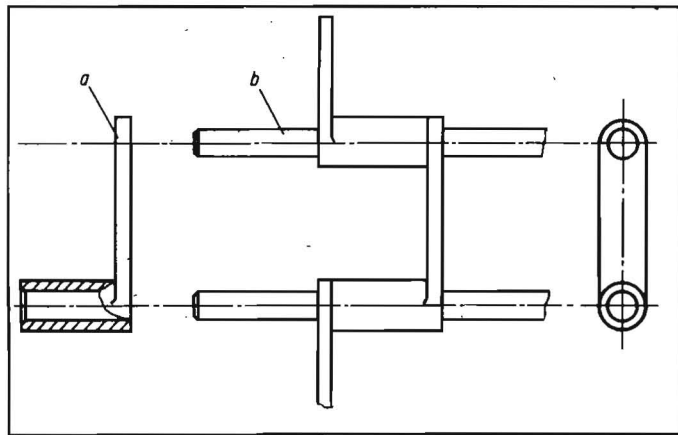


Bild 9. Arbeitsorgan des Kettenfraktionierers K 716; a Kettenglied, b Kettenbolzen

$$\tan \rho \cdot m \cdot g \left( \frac{\omega^2 r}{g} + \cos \omega t \right) \geq m \cdot g \sin \omega t$$

$$\frac{\omega^2 r}{g} \geq \frac{\sin(\omega t - \rho)}{\sin \rho} \quad (3)$$

Das Bewegungsverhalten der Knolle ist bei einem gegebenen Trommeldurchmesser von der Drehzahl abhängig.

### 1.6. Siebbandfraktioniermaschinen

Die Fraktionierfläche der Siebbandfraktioniermaschinen besteht aus einem umlaufenden Siebband. Die Arbeitsorgane sind viereckige oder sechseckige Maschen, die miteinander gelenkig verbunden sind. Bei nach der Dicke fraktionierenden Maschinen besteht das Siebband aus Rundstäben, die beidseitig außen mit einem umlaufenden Band verbunden sind. Bei der Fraktionierung nach mehr als zwei Größengruppen ist eine Hintereinanderschaltung mehrerer Sortiereinheiten bzw. die zusätzliche Anordnung eines zweiten Siebbandes unterhalb des Obertrums des äußeren Bandes erforderlich.

Der Kettenfraktionierer K 716 (Bild 8) ist ein Vertreter der Gruppe der Siebbandfraktioniermaschinen. Entsprechend den ordnenden Gesichtspunkten nach Bild 1 soll er nachfolgend kurz charakterisiert werden. Die Arbeitsorgane der Fraktionierkette sind quadratische Maschen, die hintereinander gelenkig angeordnet sind. Ein Arbeitsorgan wird durch vier Polyamidkettenglieder, die auf Kettenbolzen aufgezogen sind, gebildet (Bild 9).

Durch die Anordnung der Arbeitsorgane neben- und hintereinander und durch die Verbindung des ersten Kettenbolzens mit dem letzten entsteht ein unendliches Siebband.

Die Bewegungsart der Fraktionierkette ist umlaufend und schwingend. Die Umlenkung erfolgt durch Umlenkräder. Die Umlenkrolle am Ende des Obertrums ist als Antriebswelle und die Umlenkrolle am Ende des Untertrums als Spannvorrichtung gestaltet. Die Schwingungen des Obertrums der Fraktionierkette werden durch elliptische Schüttelsterne erzeugt. Die Schwingfrequenz  $f$  ist, bedingt durch den formschlüssigen Eingriff der Schüttelsterne in die Fraktionierkette, von der Ketteneschwindigkeit  $v_S$  und vom Umfang des Teilkreises der Schüttelsterne  $u$  abhängig:

$$f = 2 \frac{v_S}{u}; \quad f = 2 \frac{v_S}{z t} \quad (4)$$

Die Teilung  $t$  ist gleich dem Achsabstand der Kettenbolzen. Die Winkelgeschwindigkeit der Schüttelsterne ist bei konstanter Ketteneschwindigkeit veränderlich:

$$v_S = \omega_{\max} r_{\min} = \omega_{\min} r_{\max} \quad (5)$$

Die mittlere Winkelgeschwindigkeit ergibt sich aus

$$\omega_m = 2\pi f,$$

der entsprechende reduzierte Radius aus

$$r_{\text{red}} = \frac{v_S}{\omega_m}$$

Bei der Analyse der Kräfte, die auf eine Kartoffelknolle einwirken, die sich auf der Oberfläche einer um den Winkel  $\alpha = 10^\circ$  geneigten Siebkette befindet, kann man vereinfacht mit dem reduzierten Radius  $r_{\text{red}}$  und der mittleren Winkelgeschwindigkeit  $\omega_m$  rechnen (Bild 10). Die Kartoffelknolle befindet sich auf der Bogenlänge des Sternumfangs AB, auf dem die Kettenbolzen der Fraktionierkette aufliegen. Seine momentane Stellung zur Horizontalen wird durch den Winkel  $(\beta - \alpha)$  ausgedrückt. Auf die Knolle wirken die Gewichtskraft  $m \cdot g$ , die Fliehkraft  $m \omega_m^2 r_{\text{red}}$ , die Normalkraft  $F_N$  und die Reibkraft  $F_R$ . Die Gleichgewichtsbedingungen lauten:

$$-(m \omega_m^2 r_{\text{red}} + F_N) \cos(\beta - \alpha) + F_R \sin(\beta - \alpha) = 0 \quad (6)$$

$$(m \omega_m^2 r_{\text{red}} + F_N) \sin(\beta - \alpha) + F_R \cos(\beta - \alpha) - m \cdot g = 0 \quad (7)$$

Im Moment vor dem Abheben, d. h.  $(\beta - \alpha) < 90^\circ$ , nimmt Gl.(7) folgende Form an:

$$\omega_m^2 r_{\text{red}} \sin(\beta - \alpha) = g \quad (8)$$

Für die verschiedenen Schüttelsterne, die beim K 716 zum Einsatz kommen, gilt:

$$\omega_m^2 r_{\text{red}} = 7,9 \dots 8,6 \text{ m/s}^2$$

Daraus folgt:

$$\omega_m^2 r_{\text{red}} \sin(\beta - \alpha) < g$$

Die Kartoffeln heben also nicht von der Fraktionierfläche ab. Um die richtige Orientierung der Knolle zu der Sieböffnung zu sichern, muß die Kette ein solches Schwingverhalten haben, daß sich die Knolle „aufrichtet“, aber nicht abhebt, d. h., die Beschleunigung der Knolle in vertikaler Richtung muß geringfügig größer sein als die Erdbeschleunigung. Siebbandfraktioniermaschinen zeichnen sich aus durch

- ein hohes Durchsatzvermögen,
  - ein sicheres Betreiben weitgehend als Funktion vom Schwingzustand des Siebbandes in bezug auf die Kennwerte Sortiergenauigkeit und Kartoffelbeschädigungen und
  - die geringe Gefahr der Schmierinfektion auf dem Siebband.
- Aufgrund dieser Vorzüge ist das Siebprinzip durch Siebbänder die Vorzugsvariante sowohl für den Einsatz und Betrieb in der Praxis als auch für die Weiterentwicklung der Fraktioniermaschinen.

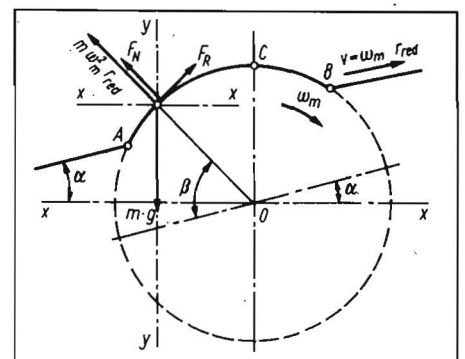


Bild 10. Auf eine Elementarmasse  $m$  im Moment des Hochwerfens wirkende Kräfte [2]

Tafel 1. Verschleißerscheinungen an der Fraktionierkette des K 716 [4]

Wirkpaar	Relativbewegung	Normalkraft	Wirkmedium	Folgeerscheinung
Kettenbolzen-Kettenlasche	Teildrehung der Lasche um den Bolzen an den Auf- und Auslaufpunkten der Kettenräder	Bewegungswiderstand von Fraktionierkette und -gut	Trockenreibung (aufgrund der Einsatzbedingungen sind Schmiermittel nicht verwendbar)	— Bildung von Kerben auf den Kettenbolzen (Demontage der Kette wird erschwert) — einseitige Ausweitung der Kettenlaschenlöcher (Vergrößerung der Teilung) bis zum Ausreißen
Kettenbolzen-Kettenglied				— Ausweitung der Kettengliedlöcher — Steifheit der Kette über der Arbeitsbreite wird geringer
Kettenlasche-Kettenlasche; Kettenlasche-Stahlrolle	Einwinklung angrenzender Laschen	axiale Belastung durch seitliches Auswandern der Fraktionierkette		— Vergrößerung des seitlichen Spiels
Stahlrolle-Zahnflanke	während des Auflaufens auf die Zahnflanke	Bewegungswiderstand von Fraktionierkette und -gut		— Entstehung von Verschleißmarken auf der Zahnflanke — einseitige Deformation der Zahnform
Kettenlasche-Zahnseite	während des Auf- und Ablaufens	Druckkraft durch außermittigen Lauf		— seitlicher Abrieb an Kettenlaschen und Zähnen — Gefahr des Auflaufens der Kettenlaschen auf den Zahnkopf — Riß der Kettenlasche

## 2. Hinweise zum Einsatz und zur Instandhaltung von Fraktioniermaschinen am Beispiel des Kettenfraktionierers K 716

Die Einordnung des Kettenfraktionierers K 716 in das Teilmaschinensystem Kartoffelaufbereitung erfolgt nach dem Erd- und Feinkrautabscheider E 641. Bei der Einordnung sind weiterhin folgende Hinweise zu beachten:

- Die Standfläche des K 716 muß waagrecht und befestigt sein.
- Der K 716 wird durch die zentrale Steuerung der Maschinenkette geschaltet. Die Hauptschalter dienen als Notschalter für die Maschine.

An den Übernahme- und Übergabestellen sind geringe Fallhöhen (< 400 mm) zu gewährleisten und Durchfallverluste zu vermeiden.

Für den Kettenfraktionierer gelten folgende Einsatzbedingungen:

- Massenanteil Steine 30 %
- Massenanteil Kluten 30 %
- Massenanteil Feinerde 3 %
- Massenanteil Feinkraut 0,1 %
- Massenanteil Gesamtbeimengungen 50 %.

Voraussetzung für die Fraktionierung unmittelbar nach der Ernte ist, daß das Erntegut

- ausgereift und festschalig ist
- nicht eingeregnet und verschmiert angeliefert wird
- weitestgehend frei von naßfaulen Kartoffeln ist (der Besatz soll 0,5 % nicht übersteigen) [3].

Können diese Voraussetzungen nicht erfüllt werden, dann sollte das Erntegut zunächst ohne Fraktionierung gelagert und abgetrocknet werden. Die vom Hersteller angegebene Durchsatzleistung von minimal 20 t/h und maximal 30 t/h ist zur Gewährleistung einer qualitätsgerechten Fraktionierung einzuhalten. Die Beschickung bei einem Durchsatz unter 20 t/h führt zur Beschädigung von Fraktioniergut und Fraktioniermaschine.

Die wesentlichen Ursachen für eine Schädigung an den Baugruppen und Einzelteilen des Kettenfraktionierers sind der Verschleiß und die Überlastung. Hauptverschleißteile sind:

- Fraktionierkette einschließlich Kettenräder
- Rollenketten einschließlich Kettenräder
- Wendebesens
- Walzenbürste.

Die Ursachen für den Verschleißvorgang sind:

- Wirkpaar Grundkörper — Gegenkörper

- Relativbewegung zwischen den Wirkflächen von Grund- und Gegenkörper
- Normalkraft zwischen Grund- und Gegenkörper
- Wirkmedium (Zwischenstoff) zwischen Grund- und Gegenkörper.
- Die hauptsächlich festgestellten Verschleißerscheinungen an der Fraktionierkette sind in Tafel 1 zusammengestellt.

An den Rollenketten treten ähnliche Verschleißerscheinungen wie an der Fraktionierkette auf. Aufgrund der besseren Gestaltungsmöglichkeit des Kettenantriebs ist der Verschleiß jedoch wesentlich geringer.

Die Wendebesens verschleifen infolge des ständigen Kontakts mit dem Fraktioniergut. Übergroße Steine, die auf die Fraktionierfläche gelangen, können den Bruch der Holzleiste bewirken. Mit zunehmender Nutzungsdauer ermüden die Borsten, sie knicken um. Dabei schließen sie Erdanteile ein, die die Borsten miteinander zu einer harten Walze verkleben. Die Walze übt einen schädigenden Einfluß auf die Fraktionierkette aus.

Zur Sicherung der Zuverlässigkeit der Maschinen ist auf die planmäßig vorbeugende Instandhaltung besonderer Wert zu legen. Als Grundlagenmaterial für die Instandhaltung der Maschinen sollten Pflege-, Wartungs- und Bedienungsanleitungen sowie Instandhaltungshinweise der Hersteller- und Lieferbetriebe genutzt werden.

Arbeitspläne für den Instandhalter sind:

- Pflege-, Wartungs- und Überprüfungsplan, Maßnahmeplan für die Abstellung und Konservierung
- Schmierstoffplan und Schmierstoffübersichten
- Kampagnefestinstandsetzungsplan
- Plan für die vorbeugende Instandsetzung.

## Literatur

- [1] Zur Weiterentwicklung von Fraktioniermaschinen für Kartoffeln. FZM Schlieben/Bornim, Bericht (unveröffentlicht).
- [2] Kanafojski, C.: Grundlagen erntetechnischer Baugruppen. Berlin: VEB Verlag Technik 1973, S. 258—286.
- [3] Autorenkollektiv: Grundlagen der Kartoffelproduktion. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1978.
- [4] Elmenhorst, J.: Untersuchungen zum funktionsgerechten Einsatz von Maschinen zum Fraktionieren von Kartoffeln. IH Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Pflanzenproduktion, Diplomarbeit 1980. A 3514

## Hinweis für unsere Leser im Ausland

Wir bitten alle Bezieher unserer Zeitschrift außerhalb der DDR, die Erneuerung der Abonnements für das Jahr 1983 rechtzeitig vorzunehmen.

Die Zeitungsvertriebsstellen Ihres Landes finden Sie auf Seite 524.

Redaktion agrartechnik