

Ben). In dieser Hinsicht ermöglicht ein funktionierendes System der computerintegrierten landwirtschaftlichen Produktion nicht nur die weitgehende Ausnutzung der Ertrags- und Leistungspotentiale, sondern auch die Minimierung der Aufwendungen nach verschiedenen Richtungen. Voraussetzung sind eine tiefgründige Erfassung der wirkenden Mechanismen der Biologie, der Technik, der Ökonomie und ihres Zusammenwirkens sowie die gründliche Modellierung der Teilprozesse und ein komplexes System der Computernutzung einschließlich Datenerfassung und -verarbeitung. Ziel der computerintegrierten Planung und Leitung sowie der Prozeßsteuerung und -kontrolle ist ein höheres komplexes Produktionsniveau, das eine Beherrschung des Produktionsprozesses im Detail voraussetzt und im Komplex ermöglicht. Dazu gehört eine weitgehende automatisierte Informationserfassung, -verarbeitung und -bereitstellung sowie ihre gezielte Nutzung zur Prozeßführung, -leitung und -planung. Von besonderer Bedeutung für weitere Arbeiten sind die Durchdringung der technischen Prozesse und ihre Verknüpfung mit bereits ausgearbeiteten Systemen. Für

Traktoren, Landmaschinen und andere technische Arbeitsmittel lassen sich durch das dargestellte System der Informations- und Kommunikationsprozesse in sehr günstiger Weise Informationen zum technischen Zustand (Diagnose während des Betriebs) gewinnen und Maßnahmen zur Gewährleistung hoher technologischer Verfügbarkeit, u. a. durch planmäßig vorbeugende sowie durch operative Instandhaltung, computerunterstützt ableiten.

3. Schlußfolgerungen

Der gegenwärtige Entwicklungsstand in der landwirtschaftlichen Produktion ist durch das Bemühen um wissenschaftliche Durchdringung der betrieblichen Produktionsprozesse und ihre Objektivierung durch rechnerunterstützte Teilprozesse gekennzeichnet. Die zielstrebige Nutzung rechnerunterstützter Systeme zur Erhöhung der Leistungen, der Leistungsfähigkeit und zur optimierten Gestaltung der betrieblichen Reproduktionsprozesse wird sich weiter fortsetzen. Das längerfristige Ziel muß eine computerintegrierte landwirtschaftliche Produktion sein, die

durch systematische interdisziplinäre Arbeit in Forschung und Entwicklung alle tangierenden Bereiche zusammenführt und Beiträge zum Gesamtsystem erwarten läßt. Neben der Ausgestaltung und den Problemlösungen der betrieblichen Prozesse sind Rechnerverbundnetze anzustreben, die die Planung und Leitung gesamtwirtschaftlicher und regionaler Prozesse unterstützen und rationalisieren.

Das entwickelte System der möglichen künftigen Gestaltung der landwirtschaftlichen Produktion zwingt zu Teilkonzeptionen hinsichtlich einer einheitlichen Rechnerbasis, der Programmiersprachen und der Entwicklung einheitlicher Teilsysteme, um Verluste, Mehrfachentwicklungen und mögliche nachträgliche Umstellungen einzugrenzen. Rechnerunterstützte Teilsysteme sind so zu entwickeln, daß sie sofort nutzbar sind, und daß das Gesamtsystem stufenweise ausgebaut werden kann. Zu entwickeln sind Datenspeicher, effektive Methoden der mathematisch-statistischen Verarbeitung, der Datenverwaltung und -nutzung unter der Voraussetzung, daß einmal erfaßte Daten für alle Zielfunktionen verwertbar und nutzbar sind. A 5745

Untersuchungen zu Nachtrenneinrichtungen für Kartoffelerntemaschinen

Dr.-Ing. H. Adermann, KDT/Dr.-Ing. K.-H. Fleischmann, KDT/Prof. Dr. sc. agr. G. Kühn, KDT

Verwendete Formelzeichen

f_B	Beimengungsanteil
f_{B1}	Beimengungsanteil im Kartoffelgutstrom der Haupttrenneinrichtung
f_{BR}	Restbeimengungsanteil
\dot{m}_{AB1}	Beimengungsgutstrom der Haupttrenneinrichtung (einschließlich fehlgetrennter Kartoffeln)
\dot{m}_{AB2}	Beimengungsgutstrom der Nachtrenneinrichtung (einschließlich fehlgetrennter Kartoffeln)
\dot{m}_{AK}	Kartoffelgutstrom nach Zusammenführung von \dot{m}_{AK1} und \dot{m}_{AK2}
\dot{m}_{AK1}	Kartoffelgutstrom der Haupttrenneinrichtung (einschließlich fehlgetrennter Beimengungen)
\dot{m}_{AK2}	Kartoffelgutstrom der Nachtrenneinrichtung (einschließlich fehlgetrennter Beimengungen)
\dot{m}_B	Massestrom Beimengungen im Eingangsgutstrom
\dot{m}_E	Eingangsgutstrom (Durchsatz)
\dot{m}_G	Gesamtmasse einer zu trennenden Gemengekomponente
\dot{m}_K	Massestrom Kartoffeln im Eingangsgutstrom
m_{KVzul}	zulässiger Kartoffelverlust
m_R	Masse des richtig getrennten Anteils einer Beimengungskomponente
q	Quadratmaß
δ_B	zulässiger Trennfehler für Beimengungen
δ_{B1}	Trennfehler für Beimengungen der Haupttrenneinrichtung
δ_{K1}	Trennfehler für Kartoffeln der Haupttrenneinrichtung
η	Trenngüte
η_{B1}	Trenngüte für Beimengungen der Haupttrenneinrichtung
η_{B2}	Trenngüte für Beimengungen der Nachtrenneinrichtung
η_{BG}	Gesamtrenngüte für Beimengungen
η_{K1}, η_{K2}	Trenngüte für Kartoffeln der Haupttrenneinrichtung bzw. der Nachtrenneinrichtung
η_{KG}	Gesamtrenngüte für Kartoffeln

1. Problemstellung

Während der Kartoffelernte verbleiben oft größere Beimengungsanteile (Steine und Kluten) im Erntegut und kommen so zur stationären Aufbereitung oder zur Lagerung [1]. Dies führt zu erhöhten Kartoffelbeschädigungen, zusätzlichem Bedarf an Transportfahrzeugen und Dieselmotoren, erhöhter Bodenbelastung, erhöhtem Aufwand bei der Aufbereitung sowie zur ineffektiven Nutzung von Lagerkapazität.

In Verbindung mit Erfordernissen der Weiterentwicklung der Verfahren für die Aufbereitung, Lagerung und Vermarktung von Pflanz- und Speisekartoffeln [2] und der Arbeitskräfteentwicklung in der Landwirtschaft ist daher zukünftig ein Erntegut mit $\leq 10\%$ (Masseanteil) Beimengungen auf der Kartoffelerntemaschine ohne Verlesekräfte zu erzeugen. Mit den bekannten Trenneinrichtungen für Kartoffelerntemaschinen ist diese Zielstellung auch bei weiterer Vervollkommnung der Konstruktions- und Betriebsparameter der Trenneinrichtungen nicht durchgehend für alle Kartoffelstandorte zu erreichen. Neue, effektivere Wirkprinzipie zum Trennen von Kartoffeln, Steinen und Kluten für einen Eingangsgutstrom von ≥ 30 t/h sind im überschaubaren Zeitraum kaum zu erwarten bzw. ökonomisch nicht zu realisieren.

Die Anwendung von Nachtrenneinrichtungen im Kartoffel- und/oder Beimengungsgutstrom bekannter Trenneinrichtungen (Haupttrenneinrichtung) auf Kartoffelerntemaschinen kann als aussichtsreiche Alternative zum Erreichen der o. g. Zielstellung angesehen werden [3]. Hierzu sind theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Optimierung eines Mehrstufenprozesses notwendig, die eine Analyse von Prozeßgrößen der er-

sten Trennstufe (Haupttrenneinrichtung) einschließen.

2. Prozeßgrößen bei Reihenanzordnung von Trenneinrichtungen

Im Ergebnis von Voruntersuchungen war zu erkennen, daß von den möglichen Lösungen bei Reihenanzordnung von Trenneinrichtungen die Einordnung einer Nachtrenneinrichtung in den Beimengungsgutstrom der Haupttrenneinrichtung bestimmte Vorteile bietet. Dementsprechend wurden die vorliegenden Untersuchungen auf eine derartige Lösungsvariante eingegrenzt.

Bei der Einordnung einer Nachtrenneinrichtung in den Beimengungsgutstrom einer Haupttrenneinrichtung (Bild 1) interessieren die in Tafel 1 zusammengefaßten Prozeßgrößen und Berechnungsgleichungen. Mit den Berechnungsgleichungen können, ausgehend vom zulässigen Kartoffelverlust, die erforderliche Gesamtrenngüte für Kartoffeln und, in Abhängigkeit vom Beimengungsanteil im Erntegut, die erforderliche Gesamtrenngüte für Beimengungen bei einem Restbeimengungsanteil von 10% (Masseanteil) bestimmt werden (Bild 2). Mit den nach Bild 2 ermittelten Prozeßgrößen η_{KG} und η_{BG} können bei Kenntnis der Trenngüten der Haupttrenneinrichtung die erforderlichen Trenngüten der Nachtrenneinrichtung bestimmt werden (Bild 3).

An Haupt- und Nachtrenneinrichtung werden nach Bild 3 vor allem bei einem großen Beimengungsanteil im Erntegut hohe Forderungen hinsichtlich der Beimengungstrenngüten der Haupt- und Nachtrenneinrichtungen gestellt.

Als Haupttrenneinrichtung sind nur solche Trenneinrichtungen geeignet, deren Arbeitspunkt sich so einstellen läßt, daß ein Beimen-

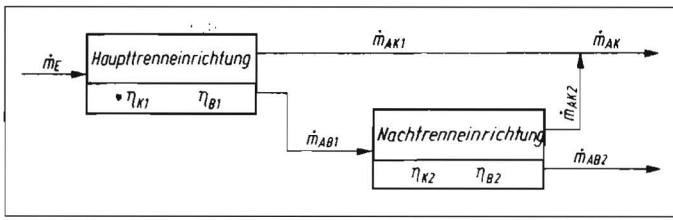


Bild 1. Reihenordnung mit Nachtrennung im Beimischungsgutstrom

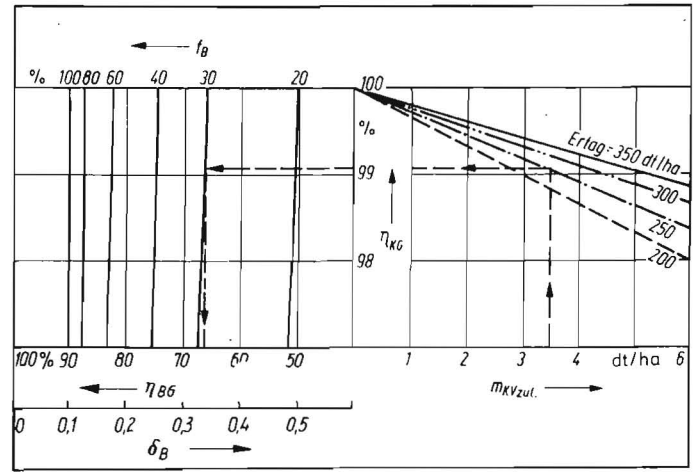


Bild 2. Nomogramm zur Bestimmung der erforderlichen Kartoffeltrenngüte in Abhängigkeit vom zulässigen Kartoffelverlust und zur Ermittlung des zulässigen Beimischungstrennfehlers unter Berücksichtigung des Beimengungsanteils im Rodegut für einen Restbeimengungsanteil von 10%

Tafel 1. Berechnungsgleichungen für ausgewählte Prozeßgrößen bei Reihenordnung von Trenneinrichtungen mit Nachtrennung im Beimischungsgutstrom nach Bild 1

Prozeßgröße	Berechnungsgleichung
\dot{m}_E	$\dot{m}_E = \dot{m}_K + \dot{m}_B$ (1)
η	$\eta = \dot{m}_A / \dot{m}_G$ (2)
η_{KG}	$\eta_{KG} = \eta_{K1} + \eta_{K2} - \eta_{K1}\eta_{K2}$ (3)
η_{BG}	$\eta_{BG} = \eta_{B1}\eta_{B2}$ (4)
δ_i	$\delta_i = 1 - \eta_i$ (5)
m_{KV}	$m_{KV} = \dot{m}_K (1 - \eta_K)$ (6)
\dot{m}_{AK1}	$\dot{m}_{AK1} = \dot{m}_K \eta_{K1} + \dot{m}_B \delta_{B1}$ (7)
\dot{m}_{AB1}	$\dot{m}_{AB1} = \dot{m}_K \delta_{K1} + \dot{m}_B \eta_{B1}$ (8)
\dot{m}_{AB2}	$\dot{m}_{AB2} = \dot{m}_K \delta_{K1} \delta_{K2} + \dot{m}_B \eta_{B1} \eta_{B2}$ (9)
\dot{m}_{AK2}	$\dot{m}_{AK2} = \dot{m}_K (\eta_{K2} - \eta_{K1}\eta_{K2}) + \dot{m}_B (\eta_{B1} - \eta_{B1}\eta_{B2})$ (10)
\dot{m}_{AK}	$\dot{m}_{AK} = \dot{m}_K (\eta_{K1} + \eta_{K2} - \eta_{K1}\eta_{K2}) + \dot{m}_B (1 - \eta_{B1}\eta_{B2})$ (11)

gungsanteil von < 10% (Masseanteil) im Kartoffelgutstrom der Einrichtung erreicht wird. Die Zusammensetzung des Eingangsgutstroms der Nachtrenneinrichtung (Bild 1) weicht bei einer derartigen Einstellung der Haupttrenneinrichtung mehr oder weniger stark von der des Eingangsgutstroms der Haupttrenneinrichtung ab. Das erfordert entsprechend dem Wirkprinzip der Haupttrenneinrichtung eine Analyse des Beimischungsgutstroms für die jeweiligen Einsatzbedingungen.

3. Gutstromanalyse

Rodetrennlader, die für den Einsatz auf D-Standorten vorgesehen sind, verfügen hauptsächlich über Gummifingerband-Bürstenwalzen-Trenneinrichtungen. Ausgehend von einer derartigen Trenneinrichtung als Haupttrenneinrichtung wurden zur Analyse des Beimischungsgutstroms D-Standorte gewählt (Tafel 2). Die Einstellung der Gummifingerband-Bürstenwalzen-Trenneinrichtung wurde entsprechend der Einsatzbedingungen so vorgenommen, daß die Zielstellung $f_{BR} \leq 10\%$ zu erreichen war. Der Abstand der in Gutflußrichtung ersten Bürstenwalze vom Gummifingerband betrug in diesem Fall 35 mm und der der zweiten 20 mm. Bei dieser Einstellung ergab sich für den Kartoffelgutstrom der Haupttrenneinrichtung ein Beimengungsanteil von 8,5% (Masseanteil). Die Zusammensetzung des Beimischungsgutstroms gibt Tafel 3 wieder. Die im Beimischungsgutstrom enthaltenen Kartoffeln machten 10 bis 12% (Masseanteil) der Kartoffeln des Eingangsgutstroms aus. Von diesen Kartoffeln lagen 94 bis 100% im Größenbereich < 50 mm Quadratmaß. Dieses Ergebnis wurde durch eine lineare Regression für den Zusammenhang Trenngüte für Kartoffeln und Kartoffelgröße (Bild 4) bestätigt. Das Bestimmtheitsmaß erreichte Werte zwischen 0,8 und 0,9, so daß ein signifikanter Zusammenhang vorausgesetzt werden kann. Bei Kartoffeln > 60 mm Quadratmaß ist eine Trenngüte $\eta_{K1} \approx 90\%$ zu erwarten, während Kartoffeln ≥ 80 mm Quadratmaß ohne Fehler getrennt werden (s. a. Bild 4).

Eine lineare Regression mit den Meßwerten von den einzelnen Standorten zur Prüfung der Abhängigkeit zwischen den Trenngüten η_{K1} und η_{B1} und dem Eingangsgutstrom der Gummifingerband-Bürstenwalzen-Trenneinrichtung sowie dem Beimengungsanteil weist Bestimmtheitsmaße von 0,01 und 0,1 auf. Im untersuchten Bereich [$f_B = 4,6 \dots 178,7\%$ (Masseanteil), $\dot{m}_E = 3,0 \dots 15$ t/h] ist damit eine Abhängigkeit

Tafel 2. Charakteristik der Untersuchungsstandorte

Merkmal	Untersuchungsstandort		
	I	II	III
natürliche Standorteinheit	D 3a	D 3b	D 2b, D 3b
Bodenart	sL, LS	S, LS	sL, S
Kartoffelsorte	Arkula	Karat	Koretta
Kartoffelertrag	t/ha 19,1	23,5	24,2
Steingehalt im Erntegut	t/ha 14,5	8,5	8,2

zwischen Trenngüte und Durchsatz sowie Trenngüte und Beimengungsanteil nicht zu erwarten. Beim Vergleich der mittleren Trenngüte für Kartoffeln und für Steine jeder Meßreihe (Dunnett-Prozedur [4]) konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden. Damit kann für die ausgewiesenen Einsatzbedingungen eine mittlere Trenngüte für Kartoffeln und Steine zugrunde gelegt werden. Des weiteren kann davon ausgegangen werden, daß Durchsatzänderungen bei der Gummifingerband-Bürstenwalzen-Trenneinrichtung keinen Einfluß auf die Zusammensetzung des Beimischungsgutstroms haben.

Durch die Wirkung der Bürstenwalzen befanden sich 65% (Masseanteil) der Kartoffeln und 53% (Masseanteil) der Steine in einem Abschnitt mit einer Breite von 200 mm an der Abbürstseite des Gummifingerbandes. Fehlgetrennte, in das Gummifingerband ein-

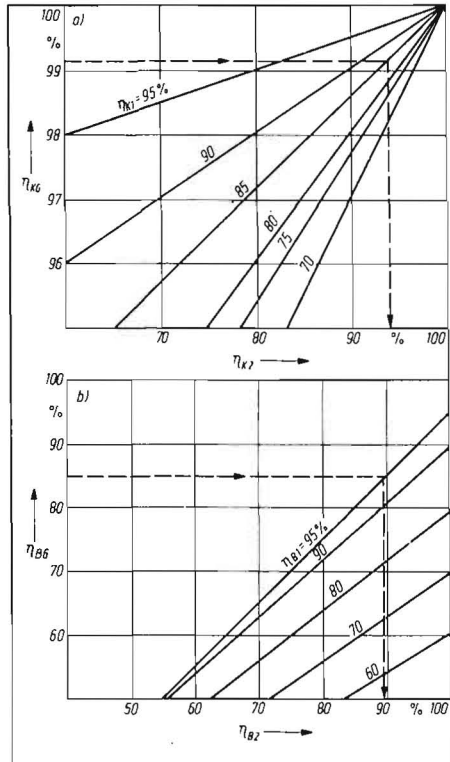


Bild 3. Nomogramm zur Ermittlung der erforderlichen Trenngüte bei Reihenordnung mit Nachtrennung im Beimischungsgutstrom nach Bild 1; a) Kartoffeln, b) Beimengungen

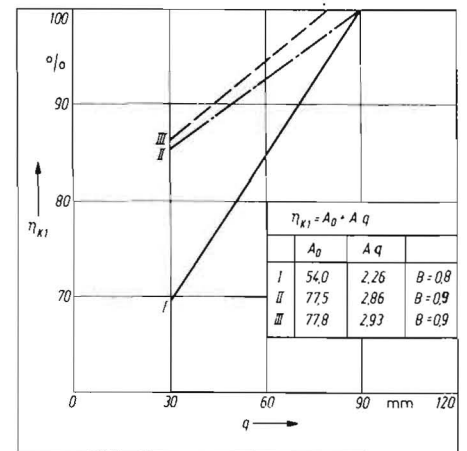


Bild 4. Kartoffeltrenngüte einer Gummifingerband-Bürstenwalzen-Trenneinrichtung in Abhängigkeit vom Quadratmaß der Kartoffeln; I, II, III Untersuchungsstandorte

gebettete kleine Kartoffeln wurden nach dem Passieren der Bürstenwalze durch die Gummifinger nach oben gedrückt und auf den Gummifingern liegend weitertransportiert, während Steine zwischen den Gummifingern eingelagert blieben.

4. Lösungsmöglichkeiten

Die Ergebnisse der Analyse des Beimengungsgutstroms der Gummifingerband-Bürstenwalzen-Trenneinrichtung lassen hinsichtlich von Lösungsmöglichkeiten für Nachtrenneinrichtungen die Schlußfolgerung zu, daß sowohl mechanische (Bild 5, Varianten a und b) und pneumatische (Bild 5, Variante c) als auch elektronische Wirkprinzipie (Bild 5, Variante d) untersuchungswürdig sind. Günstige Lösungsbedingungen sind durch die im Vergleich zu den Steinen höhere Lage der Kartoffeln auf dem Gummifingerband sowie den eingeschränkten Größenbereich und die konzentrierte Lage der fehlgetrennten Kartoffeln auf einem relativ schmalen Abschnitt des Gummifingerbandes gegeben.

Die Wahl des Wirkprinzips einer Nachtrenneinrichtung für eine Gummifingerband-Bürstenwalzen-Trenneinrichtung wird maßgeblich durch die zu fordernde Trenngüte für Kartoffeln und Beimengungen, die zulässige Erhöhung der Maschinenmasse und des Energiebedarfs sowie die erforderliche Zuverlässigkeit bestimmt.

Die mechanischen Wirkprinzipie (Bild 5, Varianten a und b) weisen günstige Verhältnisse bezüglich Masse und Energiebedarf auf. Beim pneumatischen Wirkprinzip (Bild 5, Variante c) ist durch die Siebkette und den Luftstromerzeuger eine relativ hohe zusätzliche Maschinenmasse zu erwarten. Der Energiebedarf kann durch eine der Kartoffelgröße angepaßte Luftgeschwindigkeit und einen relativ kleinen Trennkanaquerschnitt in vertretbaren Grenzen gehalten werden.

Bei den mechanischen und pneumatischen Wirkprinzipien (Bild 5, Varianten b und c) treten Wechselwirkungen zwischen den Kartoffeln und Steinen auf, die die Trenngüten beeinflussen und zu Kartoffelbeschädigungen führen.

Hohe Trenngüten und geringe Kartoffelbeschädigungen sind durch automatische Trenneinrichtungen zu erreichen. Für die automatische Beimengungstrennung ist die je Zeiteinheit auszusondernde Teileanzahl eine wichtige Kenngröße. Bei der gewählten Einstellung der Gummifingerband-Bürstenwalzen-Trenneinrichtung waren im untersuchten Bereich bis zu 4 Kartoffeln je Sekunde im Beimengungsgutstrom enthalten. Im Interesse geringer Energieaufwendungen und Kartoffelbeschädigungen sollten die Kartoffeln aus dem Beimengungsgutstrom herausgenommen werden. Dafür dürften Freistrahlauswerfer geeignet sein. Bedingt durch das Kanalband zum Aufreihen der Körper und eine Einrichtung zum Neigungsausgleich der Trennbaugruppe ist bei Anwendung einer automatischen Nachtrenneinrichtung eine relativ hohe zusätzliche Maschinenmasse zu erwarten. Der Energieaufwand wird maßgeblich durch das gewählte Aussonderungsprinzip bestimmt. Bei einem Freistrahlauswerfer hängt er vor allem von der erforderlichen Geschwindigkeit und dem Querschnitt des Luftstrahls ab. Der eingeschränkte Größenbereich der Kartoffeln läßt bei Anwendung

Tafel 3. Zusammensetzung des Beimengungsgutstroms nach der Gummifingerband-Bürstenwalzen-Trenneinrichtung

Quadratmaß mm	Untersuchungsstandort					
	I		II		III	
	Kartoffeln	Steine	Kartoffeln	Steine	Kartoffeln	Steine
	Angaben in % (Masseanteil)					
< 30	18,51	18,47	44,60	40,24	29,84	23,84
30...< 50	75,47	51,11	55,40	46,95	67,65	50,33
50...< 60	5,42	14,76	0,00	6,92	1,82	11,92
60...< 80	0,60	11,32	0,00	5,17	0,69	11,11
IV 80	0,00	4,34	0,00	0,72	0,00	2,80
	Angaben in % (Stückanteil)					
< 30	39,33	49,53	65,19	70,00	54,65	55,09
30...< 50	59,31	43,90	34,81	28,36	44,80	40,00
50...< 60	1,24	4,19	0,00	1,10	0,36	2,93
60...< 80	0,12	1,91	0,00	0,53	0,17	1,70
IV 80	0,00	0,47	0,00	0,01	0,02	0,06

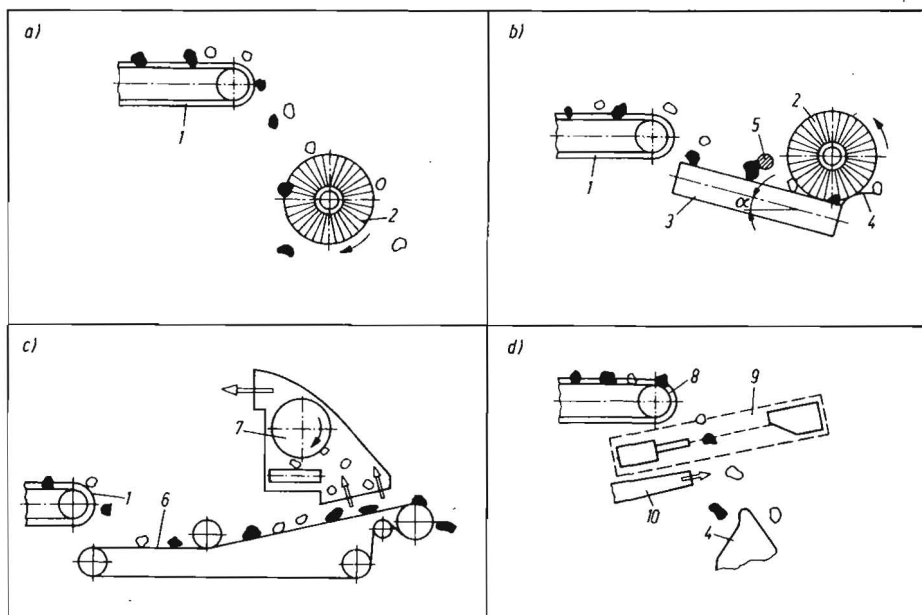


Bild 5. Untersuchungswürdige Wirkprinzipie zum Nachtrennen des Beimengungsgutstroms der Gummifingerband-Bürstenwalzen-Trenneinrichtung;

1 Gummifingerband, 2 Bürstenwalze, 3 Gurtbandförderer, 4 Trennkante, 5 Leitstab nach [5], 6 Siebkette, 7 Siebtrommel, 8 Kanalband, 9 Erkennungseinrichtung, 10 Freistrahlauswerfer

des Freistrahlauswerfers einen vertretbaren zusätzlichen Energiebedarf je Kanal erwarten.

5. Zusammenfassung

An Kartoffelerntemaschinen werden zunehmend höhere Anforderungen bezüglich der Senkung des Beimengungsanteils im Erntegut und der Kartoffelbeschädigungen gestellt. Durch Einordnung einer Nachtrenneinrichtung in den Beimengungsgutstrom bekannter Trenneinrichtungen (Haupttrenneinrichtung) auf Kartoffelerntemaschinen kann einlagerungsfähiges Erntegut ohne Verleskräfte erzeugt werden. Für die Gummifingerband-Bürstenwalzen-Trenneinrichtung wurde zur Ermittlung notwendiger Eingangsgrößen für die Wahl des Wirkprinzips einer Nachtrenneinrichtung eine Analyse des Beimengungsgutstroms vorgenommen. Die Untersuchungen zeigen, daß sowohl mechanische und pneumatische als auch elektronische Wirkprinzipie für Nachtrenneinrichtungen in Betracht zu ziehen sind. Mögliche Lösungen bedürfen weiterer theoretischer und experimenteller Untersuchungen, wobei das

Wirkprinzip einer Nachtrenneinrichtung maßgeblich von der zu fordernden Trenngüte für die einzelnen Verfahrensgutkomponenten, von der zulässigen Erhöhung der Maschinenmasse und des Energiebedarfs sowie der erforderlichen Zuverlässigkeit bestimmt wird.

Literatur

- [1] Pötke, E.; Corsmeyer, W.: Anfall und Verwertung von Erde und Steinen als Beimengungsanteile aus der Kartoffelernte. agrartechnik, Berlin 35(1987)7, S. 330-332.
- [2] Bittner, K.: Weiterentwicklung der Verfahren für Aufbereitung, Lagerung und Vermarktung von Pflanz- und Speisekartoffeln. agrartechnik, Berlin 39(1989)5, S. 201-203.
- [3] Schneider, W.: Untersuchungen zum mehrstufigen Trennen von Kartoffeln und Beimengungen auf Kartoffelerntemaschinen. agrartechnik, Berlin 37(1987)8, S. 343-345.
- [4] Rasch, D.: Biometrie: Einführung in die Biostatistik. Berlin: Dt. Landwirtschaftsverlag 1983.
- [5] WP A 01 D / 320 033 0 Trennvorrichtung für Kartoffelerntemaschinen und Aufbereitungsanlagen. Ausgabetag: 22. September 1988. A 5711