

# Möglichkeiten der Aufbereitung von maschinell geerntetem Spargel

Dr.-Ing. U. Wiesner, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Pflanzenproduktion

## 1. Einleitung

Der hohe Arbeitszeitbedarf von 1200 AKh/ha bei manueller Ernte von Bleichspargel und 550 AKh/ha bei manueller Ernte von Grünspargel zeigt die Bedeutung einer Mechanisierung dieses Zweiges der Gemüseproduktion. Neben Lösungen zur teilmechanisierten Ernte von Grünspargel gibt es vor allem in den USA, aber auch in Australien, Italien und der DDR Bestrebungen zur Einführung der maschinellen Grünspargelernte. Über Lösungsmöglichkeiten und Erfahrungen beim Einsatz von Maschinen zur nichtselektiven Ernte von Grünspargel wurde bereits berichtet [1, 2]. Dem vorteilhaften Reduzieren der schweren Arbeit und dem Senken des Arbeitszeitaufwands auf rd. 15 AKh/ha stehen Erschwernisse bei der Aufbereitung des vielschichtig zusammengesetzten Ernteguts von Grünspargelerntemaschinen gegenüber, so daß eine Mechanisierung wesentlicher Arbeitsarten des Aufbereitungsprozesses erforderlich wird.

Ausgehend von einer Anlieferung des Ernteguts in loser Schüttung aus den Sammelbe-

hältern der Erntemaschine durchläuft der maschinell geerntete Spargel beim Aufbereiten folgende wichtige Arbeitsstufen:

- Auflösen des Ernteguthaufwerks einschließlich Dosierung
- Abscheiden von Beimengungen
- Ausrichten bzw. Orientieren des Spargels
- Sortieren nach Länge und Durchmesser.

## 2. Dosieren von Spargel aus dem Haufwerk

Für das beschädigungsempfindliche Verfahrensgut Spargel wurden auf der Grundlage systematischer Entwicklungen von Lösungsprinzipien folgende Vorzugslösungen herausgestellt [3]:

- hydraulische Wirkprinzipie mit Haufwerksauflösung im Wasserbad und vereinzelndem Austrag
- mechanische Wirkprinzipie mit Haufwerksauflösung ohne Eingriff aktiver Arbeitselemente und Schichtdickenreduzierung durch Förderer-Kombinationen mit ansteigender Fördergeschwindigkeit.

Für die in der DDR vorwiegend angewendeten Trockenaufbereitungsverfahren innerhalb der Spargelproduktion wurde deshalb eine mechanisch wirkende Dosiereinrichtung zu Versuchszwecken entwickelt (Bild 1).

Die Funktion dieser Einrichtung beruht auf dem Aufbrechen des Haufwerks beim Übergang vom Annahmeförderer zum Rollenförderer, im Auflösen von Resthaufen aufgrund des beim Übergang über die Rollen allmählich erfolgenden Durchgangs des Guts durch die verschiedenen großen Rollenzwischenräume sowie in der Steigerung der Fördergeschwindigkeit vom Annahme- zum Rollenförderer und vom Rollen- zum Austrageförderer. Die verstellbare Fallstufe zum Rollenförderer, der Einsatz einer dem Annahmeförderer nachgeordneten Dosierwalze, der Neigungswinkel des Rollenförderers sowie Anzahl, Durchmesser, Abstand und Querschnittsform der Rollen bestimmen die Güte des Dosierens. Mit der für Durchsätze von rd. 400 kg/h entwickelten Dosiereinrichtung konnte bei einer Annahmegeschwindigkeit von 0,01 m/s und einer Austraggeschwindigkeit von 0,27 m/s eine Schichtdickenreduzie-

rung des Spargelstapels auf etwa 1/8 erreicht werden.

Die Dosiergleichmäßigkeit in bezug auf die Masse je Flächenabschnitt von 0,32 m<sup>2</sup> des Fördergutstroms beträgt, ausgedrückt durch den Variationskoeffizienten, 42 bis 61%. Bei einem mittleren Durchsatz von rd. 100 g/s treten etwa 10% Extremwerte oberhalb 150 g/s auf. Das unmittelbar darauffolgende Beschicken von Sortiermaschinen ist damit im Interesse einer genügenden Sortierqualität nicht sinnvoll.

Eine weitere Verbesserung der Dosiergleichmäßigkeit ergibt sich jedoch durch die dem Sortieren üblicherweise vorgeordneten Einrichtungen zum Abscheiden von Beimengungen und zum Ausrichten des Spargels.

## 3. Abscheiden von Beimengungen aus maschinell geerntetem Spargel

Beim Ernten mit nichtselektiven Grünspargelerntemaschinen betragen bei Schnittthöhen von rd. 30 mm die Beimengungsanteile an der Gesamterntemasse etwa 1 bis 2% Erde, 5 bis 20% Steine und Kluten sowie 2 bis 4% Unkraut [3]. In Abhängigkeit von den unterschiedlichen stofflichen Eigenschaften der Beimengungen können mechanische, hydraulische und pneumatische Wirkprinzipie zur Anwendung kommen. Für das Abscheiden von Unkraut sind vorzugsweise pneumatisch wirkende Einrichtungen bereits auf der Erntemaschine einzusetzen. Im Bild 2 ist eine mit einer Absaugeinrichtung für Unkraut ausgerüstete Erntemaschine dargestellt. Untersuchungen mit dieser Maschine zeigten, daß – unter der Bedingung, keine Verluste an Spargel zuzulassen – mit einer Absaugeinrichtung nur etwa 45 bis 50% des Unkrauts ausgesondert werden können. Damit wird das Ziel, auf eine Unkrautabscheideeinrichtung innerhalb der Aufbereitungsanlage verzichten zu können, nicht erreicht. Vollständiges Abscheiden von Unkraut bei nur geringen Spargelverlusten von rd. 1% ist dagegen durch Ausblasen an Fallstufen möglich. Die dabei erforderliche Strömungsgeschwindigkeit der Luft liegt im Bereich von 14 bis 16 m/s [3].

Für die Anwendung in Trockenaufberei-



Bild 1. Annahmedosierer

Bild 2. Nichtselektive Grünspargelerntemaschine mit Absaugvorrichtung

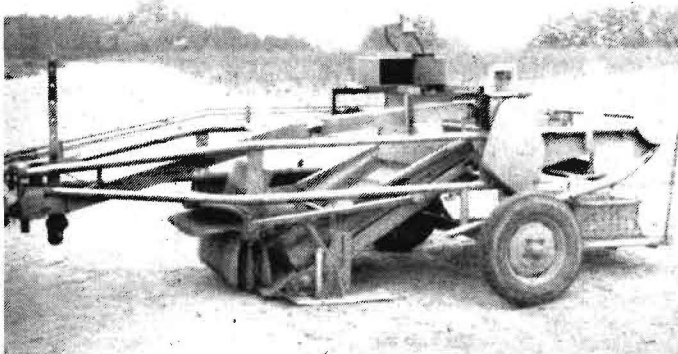
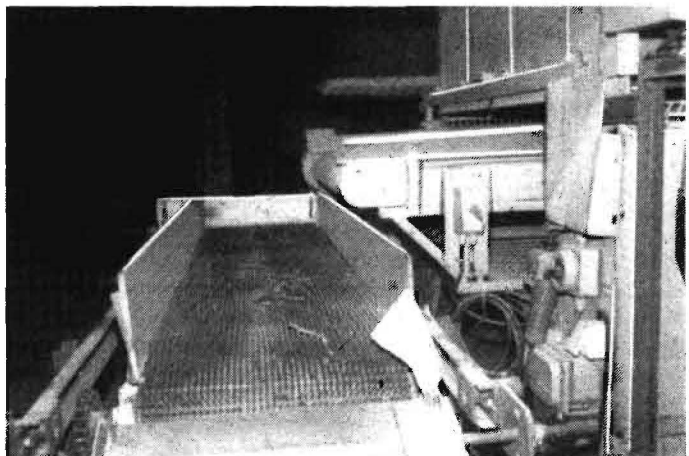


Bild 3. Kettenfraktionierer K716 mit nachgeordnetem Gummifingerband



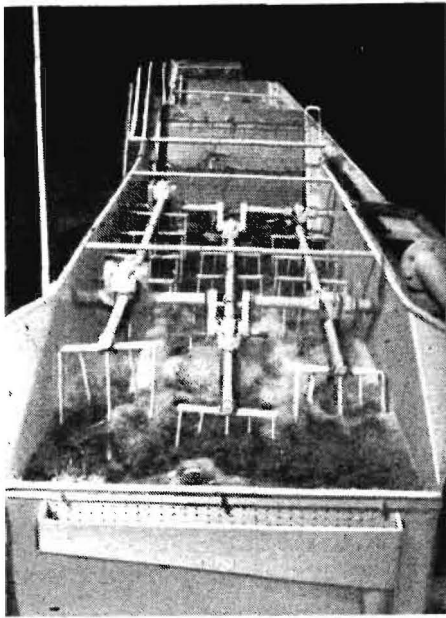


Bild 4. Waschmaschine KMP04

tungsanlagen sind zum *Abscheiden von Erde, Kluten und Steinen* mechanische Wirkprinzipie zugrunde zu legen. Bei Experimenten zur Aufteilung von Spargelerntegut unter Verwendung des Kettenfraktionierers K716 (mit Sortiereinheit, Größe 30) mit nachgeordnetem Gummifingerband (Bild 3) wurde festgestellt, daß

- die große Fraktion II des K716 etwa 75% der Spargelgesamtmasse (einschließlich 5% Spargelspitzen im Längenbereich von 50 bis 100 mm) enthält und frei von Erde, Kluten und Steinen ist
- der kleinen Fraktion I mit den Beimengungen durch Aufgabe auf ein Gummifingerband weitere rd. 13% der Spargelgesamtmasse entnommen werden können; diese Fraktion ist jedoch durch etwa 30% der Steine und Kluten verunreinigt
- die abgetrennten Beimengungen etwa 12% der Spargelgesamtmasse (vorwiegend Spitzen) enthalten.

Insgesamt befriedigen die Ergebnisse jedoch nicht. Möglichkeiten des Einsatzes des K716 bestehen zum Abtrennen von Spargelstangen > 100 mm (Fraktion II) und zur weiteren hydraulischen Trennung der Fraktion I.

Aufgrund seiner Substanzdichte von 0,91 g/cm<sup>3</sup> kann Spargel im Wasserbad von den schweren Beimengungen (wie Erde, Kluten, Steine) bei gleichzeitigem Reinigen des Spar-

gels ausgesondert werden. Untersuchungen mit der Waschmaschine KMP04 (Bild 4) zeigten, daß maschinell geernteter Spargel mit seinem gegenüber manuell geerntetem Spargel etwa doppelt hohen anhaftenden Feinerdeanteil bereits nach einmaligem Waschlauflauf etwa den gleichen Reinheitsgrad aufweist. Nach dreimaligem Waschen war der mittlere Feinerdeanteil mit 0,12 g je 100 g manuell geernteten Spargels und mit 0,19 g je 100 g maschinell geernteten Spargels jeweils sehr gering, und es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsvarianten ( $\alpha = 95\%$ ). Der erfolgreiche Einsatz hydraulischer Beimengungsabscheider bei einer Naßaufbereitung von Spargel wird durch ausländische Literaturangaben ebenfalls belegt [4, 5].

#### 4. Ausrichten von Spargel

Ziel ist dabei, als Voraussetzung für maschinelles Längen- und Dickensortieren, das Anordnen des Spargels von zuvor ungeordneter Lage in gleiche Richtung der Längsachse. Dabei ist in bezug auf die Förderrichtung das Quer- oder Längsausrichten möglich. Das Ausrichten aller Spargelstangen mit gleicher Richtung des Spargelkopfes wird als Orientieren bezeichnet.

Zweckmäßige Lösungsprinzipie zum Ausrichten ohne Orientierung sind

- Längsausrichten mit Hilfe eines längsprofilierten Förderbands und darüber angeordneten starren Leitzinken (Bild 5)
- Querausrichten mit Hilfe eines Querstollensteilförderbands.

Experimente mit einem im Winkel von 55° angestellten Querstollenförderband bestätigten die prinzipielle Eignung dieses Lösungsprinzips. Bei dosierter Aufgabe über eine Zuführtrutsche wurden 92 bis 97% der Grünspargelstangen bis zu einer Länge von 150 mm ausgerichtet. Entsprechend der gewählten Förderbandbreite wurden längere Spargelstangen in geringerer Qualität ausgerichtet. Neben der Förderbandbreite (bzw. Mitnehmerstollenlänge) sind der Anstellwinkel des Förderbands, die Stollenhöhe und der Stollenabstand sowie die Fördergeschwindigkeit von Einfluß auf die Richtgüte.

Von Bedeutung für die Richtgüte des im Bild 5 dargestellten Ausrichtförderers zum Längsausrichten sind Fördergeschwindigkeit, Anordnung der Leitzinken, Durchsatz und Spargelstangenlänge. Bei dosierter Aufgabe des Spargels über Annahmedosierer und Kettenfraktionierer K716 wird bei einer

Fördergeschwindigkeit von rd. 0,5 m/s, Stangenlängen von vorwiegend  $\leq 200$  mm und Durchsätzen um 450 kg/h eine sehr hohe Richtgüte von 95 bis 100% erreicht. Unkraut und stark gekrümmte Stangen müssen dem Sortiergut jedoch zuvor entnommen werden. Zum Erreichen hoher Richtgüten auch für Stangenlängen von 250 bis 300 mm sind der stückzahlbezogene Durchsatz zu reduzieren und die Abstände der Leitzinken zu vergrößern. Das dabei ebenfalls vorteilhafte Erhöhen der Fördergeschwindigkeit bis zu 1 m/s ist hinsichtlich der Zuordnung des Ausrichtförderers zu nachfolgenden Sortiermaschinen problematisch.

#### 5. Sortieren von Spargel

Entsprechend dem Standard TGL 12151 für frischen Spargel erfolgt die Größensortierung nach Stangenlänge und Stangendurchmesser. Erschwerend auf die Entwicklung entsprechender Sortiermaschinen wirkt die Konizität (d. h. Durchmesserunterschied zwischen Triebspitze und Schnittende) der Spargelstangen. Zur maschinellen Dickensortierung von Spargel sind folgende zwei grundlegende Lösungsprinzipie anwendbar:

- mechanisches Wirkprinzip der weichen Bänder (d. h. in Förderrichtung zunehmende Spaltbreite)
- fotoelektrische Prinzipie.

Für beide Prinzipie werden im Ausland Dickensortiermaschinen hergestellt [6, 7]. Sortierer mit starren Kalibrierspalten werden in der Verarbeitungsindustrie der DDR für das Sortieren von Spargelstücken eingesetzt. Wesentlich für eine hohe Arbeitsqualität beim Dickensortieren ganzer Stangen (keine Stücke bzw. Abschnitte) ist vor allem bei mechanisch wirkenden Sortiermaschinen die orientierte Zuführung des Spargels mit dem dicken Ende voran. Aufgrund des Fehlens entsprechender Orientiereinrichtungen muß deshalb ein manuelles Aufgeben erfolgen.

Das Sortieren nach Länge ist besonders bei der Aufbereitung von maschinell geerntetem Spargel von Bedeutung, da bei diesem Erntegut eine Vielzahl von Längsklassen auftritt. Mechanische Wirkprinzipie für das Längensortieren von Spargel sind

- Walzensortierer mit abgestuften Walzenabständen (Bild 6)
- hintereinander angeordnete Förderbänder in abgestuften Abständen
- nebeneinander angeordnete schmale Förderbänder unterschiedlicher Länge
- Vibrationsrinnensortierer.

Die beiden erstgenannten Prinzipie erfordern

Bild 5. Ausrichtförderer mit Längsprofilierung

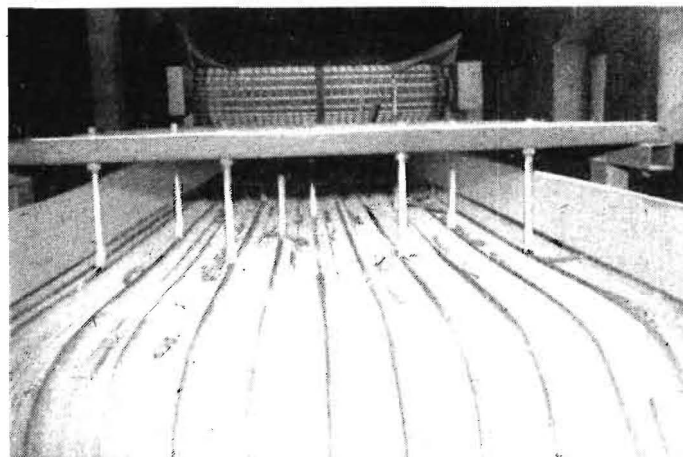
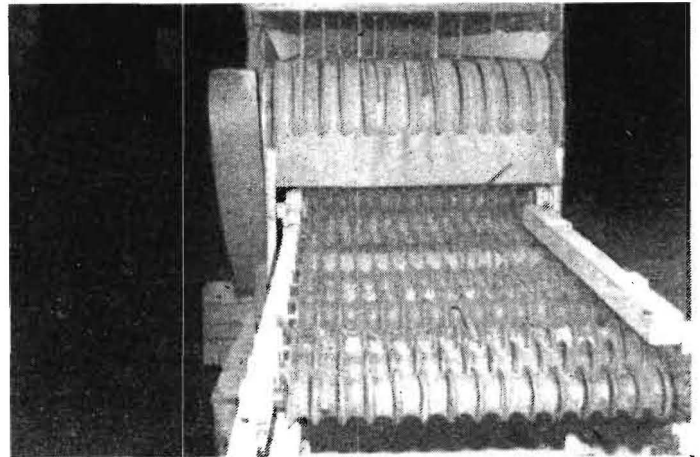


Bild 6. Profilwalzensortierer



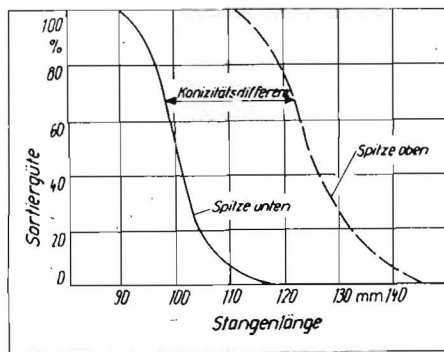
Spargellänge mm	Anteil je Sortierklasse in %		G l = 125...175 mm
	K l < 75 mm	M l = 75...125 mm	
0... 25	10,1	0	0
25... 50	38,7	0	0
50... 75	40,3	13,1	0
75...100	6,6	60,0	0,7
100...125	2,3	27,8	16,4
125...150	0,4	4,9	27,3
150...175	0,4	1,6	23,8
175...200	} 0,4	} 0,6	8,2
200...225			5,0
225...250	0	5,0	
250...275	0	2,1	
275...300	0	0	2,3

Tafel 1. Mittlere Spargellängenzusammensetzung in Sortierklassen für Vibrationsrinnensortierer nach [4]

Tafel 2. Mittlere Spargellängenzusammensetzung in Sortierklassen für Stufenbandsortierer

Stangenlänge mm	Anteil je Sortierklasse in %		
	K l < 110 mm	M l = 110...230 mm	G l > 230 mm
≤ 100	83,5	0	0
120...150	13,4	8,8	8,9 <sup>1)</sup>
150...170	0	42,2	0
200	0	29,6	20,8
250	3,1 <sup>1)</sup>	19,4	70,3

1) Fehlsortierung durch Übergabefehler



Tafel 3 Zuordnung der Spargelstangen in Sortierklassen für Profilwalzensortierer

Stangenlänge mm	Art der Zuführung	Aufteilung in Sortierklassen in %		
		I < 135 mm	II 135...185 mm	III > 185 mm
125	Spitze vorn	88,8	11,2	0
	Spitze hinten	46,0	54,0	0
150	Spitze vorn	38,0	62,0	0
	Spitze hinten	27,6	72,0	0,4
175	Spitze vorn	13,2	80,8	6,0
	Spitze hinten	19,2	65,0	15,8
200	Spitze vorn	13,2	59,2	27,6
	Spitze hinten	18,6	56,8	24,6
210...250	Spitze vorn	8,4	22,4	69,2
	Spitze hinten	8,8	38,8	52,4

Bild 7 Sortiergüte in Bezug auf die Sortierklasse K für Sortieren mit Stufenband

vorheriges Längsausrichten, während das dritte Prinzip sowohl bei vorherigem Längsausrichten als auch Querausrichten anwendbar ist. Die besten Arbeitsergebnisse werden in jedem Fall bei einzelner und orientierter Aufgabe des Spargels erreicht.

Vibrationsrinnensortierer verknüpfen in ihrer Funktionsweise das Längsausrichten (ohne Orientieren) und das Längensortieren. Experimentelle Untersuchungen zur konstruktiven Gestaltung und zur Arbeitsqualität von Vibrationsrinnensortierern für maschinell geernteten Grünspargel wurden von Mears [4] durchgeführt. Zielstellung war dabei das Sortieren in die drei Sortierklassen K (< 75 mm), M (75 bis 125 mm) und G (125 bis 175 mm). Als zugehörige Sortierspaltlängen wurden 31, 56 und 75 mm ermittelt. Die in Tafel 1 zusammengefaßten Werte zur Stangenverteilung in den drei Sortierklassen zeigen, daß keine genaue Abgrenzung der Spargellänge von Sortierklasse zu Sortierklasse erreicht wurde. Verursacht wird dies vor allem durch die spezifischen geometrischen Stoffkenngrößen des Spargels, wie z. B. Konizität, Krümmung und Schuppenlage.

Untersuchungen an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg zum Sortieren von Spargelstangen mit Hilfe eines Profilwalzensortierers (Prinzip 1) und eines Stufenbandsortierers (Prinzip 3) zeigten ähnliche Ergebnisse.

Bei unorientierter Zuführung vom Ausrichtförderer (Bild 5) zum Stufenbandsortierer wurde die in Tafel 2 dargestellte mittlere Stangenzusammensetzung in 3 Sortierklassen ermittelt.

Verbessert werden kann die Sortiergüte durch orientiertes Zuführen der Stangen. Im Bild 7 ist der Verlauf der Sortiergüte in Abhängigkeit von der Spargelstangenlänge in

bezug auf die Zuordnung zur Längenklasse K für orientiertes Zuführen dargestellt. Der als „Konizitätsdifferenz“ bezeichnete Stangenzusammensetzung für gleiche Sortiergüte bei unterschiedlicher Richtung der Stangenspitze dokumentiert den bei Nichtorientierung erweiterten Bereich fehlsortierbarer Stangenzusammensetzung, der bei einem zulässigen Fehler von 5% bereits bei orientiertem Zuführen etwa 30 mm ausmacht. Der Einfluß der Zuführrichtung wurde bei der experimentellen Untersuchung eines Profilwalzensortierers in ähnlicher Weise deutlich. In Tafel 3 ist die Aufteilung ausgewählter Spargellängen in drei Sortierklassen für die zwei möglichen Arten der orientierten Zuführung wiedergegeben. Ein eindeutiges Zuordnen von Stangenlänge und Sortierklasse wurde jedoch mit diesem Versuchsmuster einer Spargelsortiermaschine ebenfalls nicht erreicht. Die Leitgütegrade lagen in Abhängigkeit von der Sortierklasse und den jeweiligen Betriebskenngrößen der Maschine im Bereich von 70 bis 90%.

Insgesamt zeigen die Untersuchungsergebnisse zu den 3 o. g. Ausführungen von Spargelsortiermaschinen die durch die spezifischen Stoffkenngrößen des Spargels begründeten Grenzen für erreichbare Sortiergüten mechanisch wirkender Sortiermaschinen. Sinnvoll wird ihr Einsatz erst durch veränderte Sortierverfahren im Zusammenhang mit spezifizierten Verwertungsformen des Spargels bei gleichzeitiger funktioneller Verbesserung der Arbeitselemente.

## 6. Zusammenfassung

Durch das Anwenden der nichtselektiven maschinellen Ernte läßt sich der Arbeitszeitbedarf bei der Grünspargelproduktion erheblich senken. Die veränderte Zusammen-

setzung des Ernteguts bei maschineller Ernte erfordert jedoch Aufbereitungseinrichtungen zum Dosieren, Beimengungsabscheiden, Ausrichten und Längensortieren des Spargels. Zweckmäßige Lösungsprinzipie dafür sind das Ausblasen von Unkraut bereits auf der Erntemaschine, das Dosieren aus dem Haufwerk mit Hilfe einer Förderkombination mit ansteigender Fördergeschwindigkeit, das hydraulische Beimengungsabscheiden von Erde, Kluten und Steinen, das Längsausrichten mit Hilfe eines Längsprofilförderbands sowie das Längensortieren durch Profilwalzen- oder Vibrationsortierer.

## Literatur

- [1] Wiesner, U.: Probleme und Möglichkeiten der maschinellen Ernte von Spargel. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 12, S. 566-568.
- [2] Wiesner, U.: Erfahrungen beim Einsatz von Maschinen zur nichtselektiven Ernte von Grünspargel. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 4, S. 180-182.
- [3] Wiesner, U.: Grundlagen zur Entwicklung von Einrichtungen zum Ernten und Aufbereiten von Grünspargel. IH Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Pflanzenproduktion, Forschungsbericht 1985 (unveröffentlicht).
- [4] Mears, D. R.: Sorting and Packing Machine-harvested asparagus for the Fresh-Market (Sortieren und Abpacken maschinell geernteten Spargels für den Frischmarkt). Trans. ASAE, St. Joseph, Mich. 17 (1974) 5, S. 876-881.
- [5] Mullem, W. A.: Terugblik demonstratie wasmachines voor de groenteteelt (Rückblick auf die Vorführung von Waschmaschinen für den Gemüsebau). Groenten en Fruit, Den Haag 35 (1979) 18, S. 60-61.
- [6] Sortiermaschine Typ 602. Prospekt der Fa. Jorgensen Food Engineering Odense, Dänemark, 1980.
- [7] Baptist, P.: Asperges machinaal sorteren? (Spargel maschinell sortieren?). Groenten en Fruit, Den Haag 22 (1967) 39, S. 1697. A 4656