

Probleme und Möglichkeiten der maschinellen Ernte von Spargel

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

1. Einleitung

Obwohl das staatliche Aufkommen bei Spargel von 1,9 kt im Jahr 1960 auf 5 kt bei einer Erntefläche von rd. 2.600 ha im Jahr 1978 [1] erhöht wurde, ist in der DDR eine bedarfsgerechte Versorgung der Bevölkerung mit dieser Frühgemüseart z. Z. noch nicht möglich. Einer künftigen weiteren Steigerung der Spargelproduktion steht vor allem der sehr hohe Arbeitszeitbedarf für das Ernten des Spargels entgegen, der bei der Handerte von Bleichspargel rd. 1.200 AKh/ha und bei der Handerte von Grünspargel rd. 550 AKh/ha beträgt. Mit der in der DDR gegenwärtig bereits angewendeten teilmechanisierten Ernte des Grünspargels konnten der Arbeitszeitbedarf für das Ernten zwar auf 250 bis 400 AKh/ha gesenkt und die Arbeitsbedingungen der Werk tätigen wesentlich verbessert werden, eine durchgreifende Verringerung des Arbeitszeitbedarfs wird jedoch erst durch den Übergang zu maschinellen Ernteverfahren möglich werden.

2. Grundlegende Wege der maschinellen Spargelernte

Spargel gehört zu den wenigen mehrjährigen Gemüsearten. Beginnend mit dem 3. Standjahr können ab Ende April die sich bildenden Spargeltriebe, die unter Erdbedeckung weiß (Bleichspargel), sonst grün (Grünspargel) gefärbt sind, geerntet werden. Entsprechend ihrer Länge werden Spargeltriebe in Spargelstangen und Spargelspitzen eingeteilt (Tafel 1).

Ausgehend vom speziellen Wachstum der Spargeltriebe bestehen für das maschinelle Ernten von Spargel zwei grundsätzliche Lösungswege:

- selektives Ernten durch ausschließliches Abtrennen und Aufnehmen sog. „erntewürdiger“ Stangen
- nichtselektives Ernten durch Abtrennen und Aufnehmen aller auf der Erntefläche vorhandenen Spargeltriebe unabhängig von Länge und Dicke.

Die für selektives Ernten notwendige Festlegung der Erntewürdigkeit von Spargeltrieben erfolgt auf der Grundlage entsprechender Standards (in der DDR nach Fachbereichsstandard TGL 12151 [2]). Entscheidendes und für maschinelle Ernteverfahren wichtigstes Kriterium der Erntewürdigkeit ist danach neben einer Reihe von Qualitätsforderungen die Länge der Spargeltriebe. In Tafel 1 sind die erforderlichen Abmessungen für Grünspargel angegeben. Das maschinelle Ernten des in Erddämmen wachsenden Bleichspargels wird besonders durch das Erkennen (selektives Ernten) und Abtrennen der Spargeltriebe im Damm erschwert. Einziges bekanntes Beispiel einer

Bleichspargelerntemaschine ist ein nichtselektiv arbeitendes Versuchsmuster in den USA [3]. Hauptmängel dieser Maschine waren der hohe Beimengungsanteil im Erntegut, die geringe Nutzungsdauer der Schneidelemente und der gegenüber der Handerte hohe Ertragsverlust. Bis heute blieben alle Bemühungen, Bleichspargel maschinell zu ernten, ohne Erfolg. Demgegenüber gibt es aus den USA für den dort weit verbreiteten Grünspargel bereits mehrere Beispiele sowohl für selektive als auch für nichtselektive Erntemaschinen. Erleichtert wird die Entwicklung von Erntemaschinen für Grünspargel durch dessen Anbau ohne die für den Bleichspargel typischen Erddämme.

3. Spezifische Eigenschaften des Erntegutes Spargel

Die Gestaltung der Arbeitselemente, die zur Realisierung der notwendigen Teilfunktionen von Spargelerntemaschinen erforderlich sind, wird durch eine Vielzahl spezifischer Eigenschaften des Spargels und seines Anbaus beeinflusst. Dazu gehören vor allem:

- Abhängigkeit des Längenwachstums der Spargeltriebe von der Luft- und Bodentemperatur sowie von der bereits erreichten Länge
- mehrfaches (sowohl gleichzeitiges als auch im Erntezeitraum aufeinanderfolgendes) Auftreten von Spargeltrieben von einer Pflanze
- unregelmäßiges Auftreten der Spargeltriebe in Längs- und Querrichtung der Reihen
- häufiges Auftreten enger Nachbarschaften von kleinen und großen Spargeltrieben
- hoher Anteil von Spargelspitzen auf der Erntefläche (rd. 70 % bei eintägigem und rd. 50 % bei zweitägigem Ernteabstand)
- im Vergleich zur Reihenbreite von rd. 400 mm relativ kleiner mittlerer Durchmesser der Spargelstangen von 13 mm
- teilweises Auftreten krummer Spargelstangen
- von Wachstumsdauer bzw. Stangenlänge abhängige Qualität der Schuppenlage
- von der Luft- und Bodenfeuchtigkeit stark abhängige Bruchfestigkeit der Spargeltriebe
- konische Form der Spargelstangen und Faserigkeit des unteren Stangenabschnittes
- geringe und weit streuende mittlere Einzelstangenmasse
- weite Streuung des Abstands erntewürdiger Spargelstangen trotz gleichmäßigen Pflanzabstands innerhalb der Reihen
- geringe Ertragsleistung sowohl insgesamt als auch bei den einzelnen Erntedurchgängen während der etwa 50-tägigen Erntedauer
- Vielzahl der Erntedurchgänge und ihr von der Temperatur abhängiger zeitlicher Abstand
- Abhängigkeit der durchschnittlichen Einzelstangenmasse, der Stangenanzahl und der Wuchsbreite der Reihen vom Standjahr der Anlage
- geringe Bodenbedeckung durch den Spargel während des Erntezeitraums als begünstigender Faktor für das Auftreten von Unkräutern.

Wichtig für die Entscheidung, ob ein selektives oder nichtselektives maschinelles Ernteverfahren angewendet wird, sind die Faktoren Stan-

gendichte, Stangenverteilung und Häufigkeit des gleichzeitigen Auftretens mehrerer unterschiedlich großer Spargeltriebe von einer Pflanze. Spezielle Forderungen müssen in dieser Hinsicht vor allem für den erfolgreichen Einsatz selektiver Erntemaschinen erfüllt werden, während für nichtselektive Maschinen eine hohe Stangendichte bei optimaler Einzelstangenmasse die dominierende Forderung darstellt. Problematisch ist, daß diese Faktoren außer von der Spargelsorte u. a. auch noch von Anzahl und Verteilung der Pflanzen je Flächeneinheit sowie vom Standjahr und Pflegezustand der Anlage abhängen.

4. Lösungsprinzipien für Grünspargelerntemaschinen

Besondere Bedeutung kommt bei Spargelerntemaschinen den Teilfunktionen Auswählen und Abtrennen der Spargelstangen zu. Mögliche Arbeitsprinzipien für das Abtrennen sind das Schneiden und das Brechen des Spargels. Beim Brechen werden die im Boden einseitig gehaltenen Spargelstangen durch die Kraftwirkung des Arbeitselements am oberen Ende des faserigen Stangenabschnitts gebrochen [4], d. h. mehr als 30 mm über der Bodenoberfläche. Damit ergibt sich bei Anwendung dieses Prinzips durch das Nichtaufnehmen des unteren Stangenabschnitts ein Ertragsverlust im Vergleich zum Schneiden unter oder auf der Bodenoberfläche, der wegen der konischen Form der Stangen noch verstärkt ist.

Das Abtrennen des Spargels erfolgt deshalb bei den meisten bekannten Lösungen für Spargelerntemaschinen durch aktive oder passive Schneidelemente [5 bis 9].

Während für nichtselektive Erntemaschinen durch den Wegfall der Teilfunktion Auswählen das Schneiden analog ähnlichen Landmaschinen einfach zu realisieren ist, erfordern selektive Erntemaschinen vor allem wegen des auf kleinsten Raum begrenzten Schneideinsatzes einen höheren maschinenbautechnischen Aufwand.

4.1. Selektive Erntemaschinen

Das für einen zielgerichteten Schneideinsatz notwendige enge Zusammenwirken der Einrichtungen zum Auswählen und Abtrennen der erntewürdigen Spargelstangen macht das Zusammenfassen beider Teilfunktion für die Arbeitselemententwicklung sinnvoll. Entsprechende Baugruppen werden nachfolgend als Selektionseinrichtungen bezeichnet.

Für alle bekannten Lösungen selektiver Spargelerntemaschinen wurde als Kriterium für das Ermitteln erntewürdiger Stangen deren Länge zugrunde gelegt. Das Wirksamwerden der Schneidelemente erfolgt entweder aufgrund der Signale spezieller Steuereinrichtungen (gesteuerte Selektionseinrichtungen) oder dadurch, daß sich die Stangen durch ihre Wuchshöhe Zugang zu den Abtrennelementen verschaffen, ohne daß Steuereinrichtungen notwendig werden (ungesteuerte Selektionseinrichtungen). Das häufige Auftreten enger Nachbarschaften von Spargeltrieben und die relativ große Wuchsbreite der Spargelreihen erfordern im Interesse der Minimierung des durch das Mitschneiden benachbarter kleiner

Tafel 1. Größensortierung für Grünspargel nach Standard TGL 12151 [2]

Güteklasse	Länge		Minstdurchmesser	
	Stangen mm	Spitzen mm	Stangen mm	Spitzen mm
Auslese	100...200	100	15	8
A	100...200	—	10	—
B	100...200	—	8	—
C	100...200	—	8	—

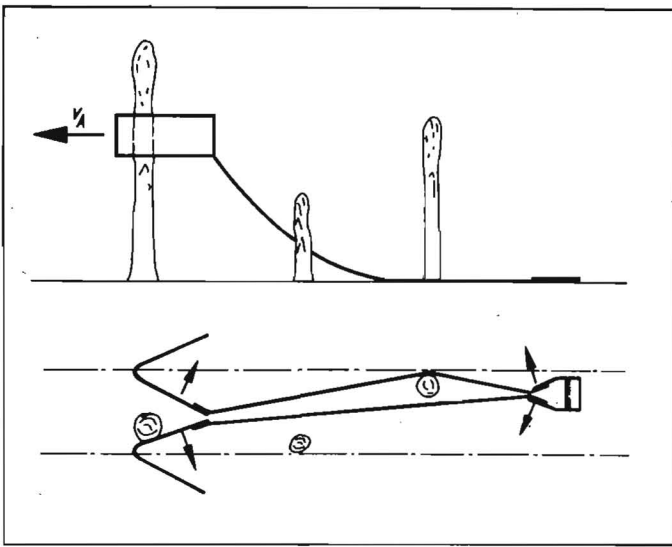


Bild 1. Arbeitsprinzip einer ungesteuerten Selektionseinrichtung;
 v_A Arbeitsgeschwindigkeit



Bild 2. Nichtselektive Grünspargelerntemaschine (Foto: U. Wiesner)

Spargeltriebe entstehenden Ertragsverlustes das Aufteilen der Reihen in mehrere Einzelstreifen. Das wird durch parallele Anordnung mehrerer gleicher Selektionseinrichtungen erreicht. Im Bild 1 ist ein mögliches Arbeitsprinzip einer ungesteuerten Selektionseinrichtung für einen 60 bis 80 mm breiten Einzelstreifen der Spargelreihe dargestellt. Dabei gelangen Stangen von ausreichender Länge zwischen ein Paar von flexiblen Leitdrähten, an deren Ende ein Schleppmesser befestigt ist. Die Schnittgeschwindigkeit entspricht bei einer derartigen Einrichtung der Fahrgeschwindigkeit der Erntemaschine. Trotz besonderer Bodenführungselemente für die am Boden schleppenden Messer läßt sich, wie Untersuchungen ergaben, mit solchen Einrichtungen nur eine mittlere Lage des Schnittes von etwa 10 mm über dem Boden realisieren. Außerdem ist die Auswahlsicherheit dieser ungesteuerten Selektionseinrichtungen vor allem aufgrund der Biegsamkeit der Spargelstangen begrenzt.

Die in gesteuerten Selektionseinrichtungen verwendeten aktiven Schneidelemente ermöglichen bei bestimmten Ausführungen das Schneiden kurz unterhalb der Bodenoberfläche, wodurch ein höherer Ernteertrag erreicht wird. Das Aktivieren der Schneidelemente gesteuert Selektionseinrichtungen kann durch pneumatische, hydraulische oder elektromagnetische Stellelemente, aber auch durch mechanische Antriebsmechanismen erfolgen. Die Schnittgeschwindigkeit ist i. allg. größer als bei den ungesteuerten Selektionseinrichtungen, so daß sich eine bessere Qualität des Schnittes ergibt.

Hauptsächliche Kriterien zur Beurteilung der Arbeitsqualität, gestueter Selektionseinrichtungen sind:

- Auswahlsicherheit des Abtastelements
- Schnitttiefe
- Schnittqualität
- zielgerichteter Schneideneinsatz (auch bei Änderung der Fahrgeschwindigkeit)
- Wirkdauer der Schneide im Wuchsraum des Spargels
- Wirkbreite der Schneide.

Wirkdauer und Wirkbreite der Schneide bestimmen in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit der Maschine die Größe der vom Schneidelement bei seinem Einsetzen überstrichenen Erntefläche. Diese Fläche muß

möglichst klein sein, um das ausschließliche Abtrennen der ausgewählten Spargelstangen weitestgehend zu erreichen.

Mögliche Ausführungsbeispiele für die aktiven Schneidelemente von selektiven Spargelerntemaschinen basieren auf folgenden drei grundlegenden Schneidenanordnungen in Ruheposition:

- oberhalb des Spargelwuchsraums
- seitlich des Spargelwuchsraums
- innerhalb des Spargelwuchsraums in Fahrtrichtung.

Geeignete Arbeitselemente für das Aufnehmen und Fördern der geschnittenen Stangen sind:

- Klemmscheiben
- Raufriemen
- umlaufende Greifelemente
- Einzugschwalzen
- Förderbänder und Förderbandkombinationen.

Raufriemenpaare, die die Stangen zwischen sich einklemmen, sind u. a. wegen folgender Eigenschaften als besonders geeignet anzusehen:

- Halten der Stangen beim Schneiden
- zeitabhängige Zuordnung von Spargelstange und Fördererlement
- einfache Realisierung wünschenswerter Erfäß- und Übergabestellen
- Verwirklichung spezieller Förderbahnen
- Möglichkeit der gerichteten Ablage des Spargels.

Selektive Erntemaschinen mit gesteuerten Selektionseinrichtungen gewährleisten i. allg. bessere Arbeitsergebnisse als die Maschinen mit ungesteuerten Selektionseinrichtungen. Der unter den gegenwärtigen Sorten- und Anbaubedingungen gegenüber optimal durchgeführter Handerte eintretende Ertragsverlust an TGL-gerechter Ware liegt dennoch bei 50%. Eine Verringerung dieses hohen Ertragsverlustes ist u. a. möglich durch

- Verkleinerung des vom Schneidelement überstrichenen Flächenabschnitts im Wuchsraum der Spargeltriebe
- Realisierung der optimalen Schnitttiefe von rd. 25 mm unter der Bodenoberfläche
- Züchtung von Spargelsorten mit geringer Häufigkeit enger Nachbarschaften von großen (d. h. erntewürdigen) und kleinen Spargeltrieben.

Aufgrund der hohen Anzahl (etwa 25 bis 35) notwendiger Erntedurchgänge je Erntekampa-

gne ist der Arbeitszeitbedarf auch bei maschineller selektiver Ernte relativ hoch und beträgt für eine einreihige traktorgezogene Maschine (Bedienung erfolgt durch den Traktoristen) etwa 70 AKh/ha.

4.2. Nichtselektive Erntemaschinen

Das nichtselektive Schneiden aller vorhandenen Spargeltriebe vereinfacht die konstruktive Gestaltung derartiger Maschinen, zumal auch die parallele Anordnung gleicher Arbeitselemente zur Aufteilung der Spargelreihe in mehrere Einzelstreifen entfällt. Schwierigkeiten bereitet das Schneiden des Spargels in der optimalen Tiefe von rd. 25 mm unter der Bodenoberfläche. Beim Schneiden im Boden ergibt sich aufgrund des niedrigen Ertrags und der notwendigen großen Arbeitsbreite der Schneid- und Aufnahmeeinrichtungen ein sehr ungünstiges Verhältnis der Masseanteile von Spargel und Boden. Die durch den hohen Bodenanteil hervorgerufene Verschmutzung des Spargels, vor allem die hinter den Spargelschuppen angelagerte Feinerde, läßt sich auch durch längeres intensives Waschen nicht im erforderlichen Maß beseitigen. Deshalb schneiden alle bekannten nichtselektiven Grünspargelerntemaschinen den Spargel in einer Höhe von mehr als 20 mm über der Bodenoberfläche. Unter den gegenwärtigen Anbaubedingungen entsteht vor allem deshalb und wegen des Schneidens von Spargeltrieben unzureichender Länge gegenüber dem optimalen manuellen Schneiden ein Ertragsverlust hinsichtlich TGL-gerechter Ware von rd. 60%.

Neben einigen Maschinen in den USA wird in der DDR ab 1977 eine von einem Neuererkollektiv entwickelte nichtselektive Erntemaschine in der GPG Perleberg, Bezirk Schwerin, eingesetzt (Bild 2). Die Hauptarbeitselemente dieser zweireihigen Maschine (Reihenabstand 0,75 m) sind:

- starre Schneide
- Bürstenhaspel
- Förderband
- Schwingsieb.

Über Erfahrungen beim Einsatz dieser Maschine wurde bereits berichtet [9].

Charakteristische Einsatzkenngrößen sind:

- Arbeitsgeschwindigkeit 13 bis 15 km/h
- Schnitttiefe rd. 20 mm über der Bodenoberfläche

- Aufnahmeverluste 5%
- Restanteil absehbare Beimengungen 2%
- Beschädigungsanteil 6% (einschließlich gebrochener Stangen > 20 cm)
- Arbeitszeitbedarf (bei 1,5 m Arbeitsbreite und 10 Erntedurchgängen) rd. 10 AKh/ha.

Der niedrige Arbeitszeitbedarf bei nichtselektiver maschineller Ernte ermöglicht es, den Spargelanbau beträchtlich auszuweiten. Damit ergeben sich gegenüber dem derzeitigen Anbauumfang auch günstige Voraussetzungen zur Auslastung von Anlagen für die teilmechanisierte und maschinelle Aufbereitung und Verarbeitung des Spargels sowie für die Verwertung des gesamten Erntegutes (also auch der gegenwärtig als nicht TGL-gerecht bezeichneten Ware) und somit für eine Verringerung des verfahrensbedingten Ertragsverlustes.

Zur weiteren Minderung des bei nichtselektiver Ernte eintretenden Ertragsverlustes bestehen Möglichkeiten auf den verschiedensten Gebieten der Spargelproduktion, die dann erfolgversprechend zur Lösung des Problems beitragen, wenn sie möglichst umfassend genutzt werden. Dazu gehören u.a. die Züchtung von Spargelsorten mit

- hoher Ertragsleistung der Einzelpflanzen bei ausgeglichener Einzelstangenmasse
- festem Kopfschluß bis 200 mm Stangenlänge
- gleichzeitigem Auftreten mehrerer ähnlich langer Spargeltriebe aus einer Pflanze

- intervallartiger Bildung der Spargeltriebe eines Bestandes
- sowie auf den Gebieten des Anbaus und der Erntetechnik solche Maßnahmen wie
- Erhöhung der gegenwärtigen Bestandsdichte von rd. 27 000 Pflanzen/ha
- Auswahl geeigneter Anbaustandorte mit langgestreckten ebenen Flächen
- Realisierung eines möglichst flachen Schnittes der Spargeltriebe durch die Erntemaschine bei hohen Durchsatzleistungen sowie geringen Beschädigungen und Aufnahmeverlusten
- Entwicklung von Maschinen und Geräten zur Aufbereitung des nichtselektiv geernteten Spargels (z.B. zum Aussondern von Beimengungen sowie zum Säubern und Sortieren des Spargels).

Mit dem Erreichen von rd. 20 dt/ha an vermarkteter Ware wird eine volkswirtschaftlich effektive Durchführung der nichtselektiven maschinellen Ernte möglich werden. Dann eröffnet der dabei geringe Arbeitszeitbedarf günstige Voraussetzungen für eine beträchtliche Erhöhung der Spargelproduktion.

5. Zusammenfassung

Durch das Anwenden maschineller Ernteverfahren läßt sich der derzeit noch sehr hohe Arbeitszeitbedarf für das Spargelernten beträchtlich senken. Bekannt sind bereits Lösungen sowohl für selektive als auch für nichtselektive Grünspargelerntemaschinen. Die spezifischen Eigenschaften des Spargels erschweren jedoch den erfolgreichen Einsatz dieser Maschinen. Neben einer Erhöhung des

Ertragsniveaus ist für eine volkswirtschaftlich effektive Durchführung der maschinellen Spargelernte ein aufeinander abgestimmtes Maschinensystem für die wichtigsten Abschnitte der Spargelproduktion erforderlich.

Literatur

- [1] Kaufmann, F.: Erhöhung und Intensivierung der Spargelproduktion. Gartenbau 27 (1980) H. 2, S. 39—40.
- [2] TGL 12151 Spargel, frisch. Verbindlich ab Oktober 1971.
- [3] Kepner, R. A.: Mechanical feasible for white asparagus (Möglichkeiten der mechanisierten Ernte von Bleichspargel). Calif. agriculture, Berkeley 19 (1965) S. 1, S. 2—5.
- [4] Kaufmann, F., u. a.: Rationelle Produktion von Gemüse — Spargel. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1974.
- [5] Mechanizing the asparagus harvest (Mechanisierung der Spargelernte). Amer. Veg. Grower, Willoughby 15 (1967) H. 6, S. 14.
- [6] Gradwohl, D. R.: Developing a selektive asparagus harvester (Entwicklung einer selektiven Spargelerntemaschine). Agric. Engng., St. Joseph 51 (1970) H. 3, S. 139—141.
- [7] Moore, M. J.: Harvesting asparagus mechanically (Das maschinelle Ernten von Spargel). Agric. Engng., St. Joseph, 47 (1966) H. 1, S. 21—23.
- [8] ... streamlining asparagus production (Entwicklung der Spargelproduktion). Amer. Veg. Grower, Willoughby 22 (1974) H. 6, S. 11—13.
- [9] Kepner, R. A.: Mechanical harvesting for green asparagus (Die mechanisierte Grünspargelernte). Calif. agriculture, Berkeley 23 (1969) H. 3, S. 14—17.
- [10] Wiesner, U.; Staack, A.: Erfahrungen bei der maschinellen Grünspargelernte. Gartenbau 27 (1980) H. 6, S. 174—176. A 3054

Einachsiger Spargelerntewagen

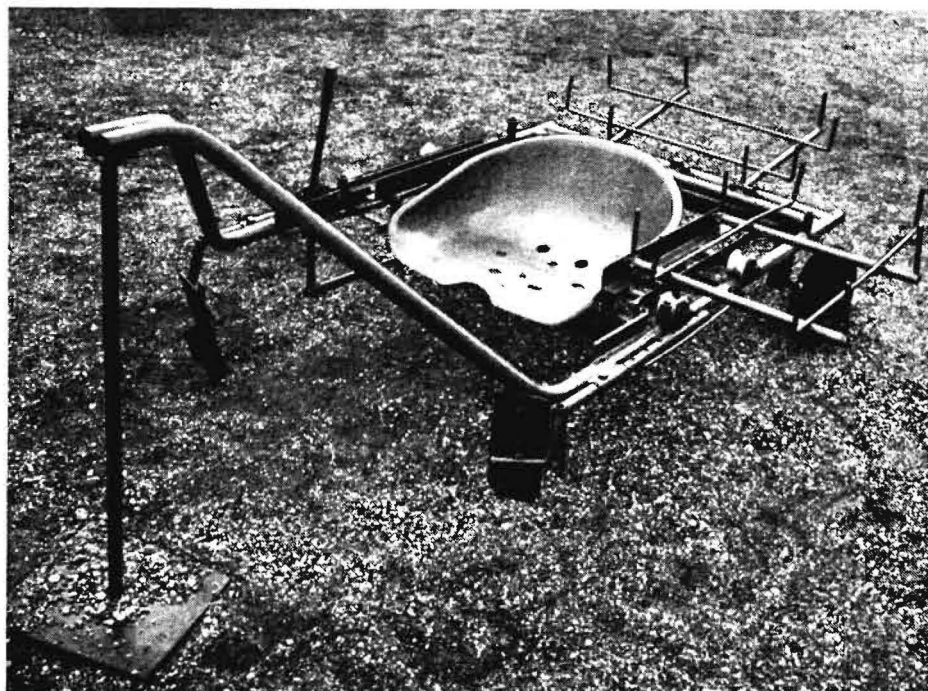
Ein Neuererkollektiv der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg stellte auf der iga 81 den Spargelerntewagen „Ergonom“ zur teilmechanisierten Ernte von Grünspargel vor (siehe Bild). Im Kopplungsbalken nach dem Traktor

MTS-50 werden 9 bis 17 dieser Erntewagen angehängt. Gegenüber den bisher üblichen zweiachsigen Wagen hat der vorgestellte Erntewagen nur eine Achse. Für erforderliche Lenkkorrekturen bei Abweichungen der Spar-

gareihen von der Soll-Linie kann die Achse durch einen Handhebel geschwenkt werden. Des weiteren ist der Erntewagen mit einstellbaren Fußstützen sowie mit einem Rollstuhl, der im Moment des Schneidens des Spargels nach hinten gedrückt werden kann, ausgerüstet. Seitlich an der Sitzhalterung und an der Rückfront des Wagens sind Halterungen zur Aufnahme einer Sammel- bzw. Reservekiste angebracht. Das Aufstecken eines Witterungsschutzes ist möglich.

Vorteile des Wagens sind:

- freie Sicht und weiter Griffbereich für die Arbeitskraft
- durch Wegfall der Vorderachslenkung Entlastung der Arbeitskraft und Verbesserung des Arbeitsschutzes
- ergonomisch günstige Gestaltung durch bewegliche und verstellbare Fußstützen sowie Rollstuhl
- erhöhte Schnittleistung und verringerte Ernteverluste aufgrund der durch den Rollstuhl möglichen Vergrößerung der Zeitspanne zum Schneiden der Spargelstangen.



Technische Daten:

- Länge 2 200 mm
- Breite 1 250 mm
- Höhe 1 250 mm
- ohne Witterungsschutz 800 mm
- Spurweite 825 mm
- Masse 32 kg.

AK 3239

Dr.-Ing. U. Wiesner, KDT