

# KTE 1700 — eine Maschine zur Krautentfernung bei Möhren vor dem Rodeladen

Dipl.-Ing. G. Krüger, KDT/Dr.-Ing. L. Scherbarth, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

## 1. Problemstellung

Die Versorgung der Bevölkerung mit hochwertigen Gemüseprodukten ist eine der wesentlichen Aufgaben der sozialistischen Landwirtschaft der DDR. Dabei nimmt die Speisemöhre mit einer Anbaufläche von 8 000 ha nach Kopfkohl im Umfang der Produktion den zweiten Platz unter allen Gemüsearten ein. Die inzwischen erreichte Konzentration der Möhrenproduktion in einer Reihe von Landwirtschaftsbetrieben mit Anbauflächen von 100 bis 300 ha erfordert die Zuführung der erforderlichen Technik bei Erhöhung der Arbeitsproduktivität [1]. Der Einsatz der modifizierten Kartoffelerntetechnik setzt bei Anwendung des Rodeladefahrens den Einsatz einer angepaßten und direkt zugeordneten Krauttrennmachine voraus. Diese Maschine muß z. B. in Verbindung mit dem Rodelader E 682 je nach Einsatzbedingungen den Aufwand bei der maschinellen Ernte von 50 AKh/ha (EM 11) bzw. 25 bis 30 AKh/ha (E 825) auf etwa 12 bis 20 AKh/ha senken und die Kampagneleistung von 20 ha (EM 11) bzw. 40 ha (E 825) auf etwa 60 ha erhöhen [2].

## 2. Stand der Technik und Prinzipauswahl

Entsprechend dem aus der internationalen Literatur gewonnenen gegenwärtigen Erkenntnisstand werden für das Krautentfernen vor dem Rodeladen Mähhäcksler, Schlegelhäcksler und Rotationsmäherwerke bzw. einfache Krautschläger für die verschiedenen Arbeitsbreiten oder Reihenanzahlen eingesetzt. Bisher sind jedoch solche Prinzipie in der Praxis zur Anwendung gekommen, die auf mechanischem Weg eine Trennung vornehmen. In dem Bemühen, die Möhren mit möglichst geringen Qualitätsverlusten vom Kraut zu befreien, entwickelten zahlreiche Firmen Maschinen speziell zum Krautschlagen. Diese sind sowohl im Front- als auch im Seitenanbau von Rodekombines anzutreffen.

Besondere Schwierigkeiten werden für das Erfassen des herunterhängenden Laubes nachgewiesen. Es kommt zum Ausdruck, daß es noch kein Prinzip gibt, das eine exakte Krauttrennung gestattet.

Die Bearbeitungsflächen des Feldanbaus von Möhren sind durch ein Beetsystem mit 4 Doppelreihen im Abstand von 35 cm zueinander und jeweils 50 bis 55 cm breiten Spurschächten für die Traktorreifengekennzeichnet [3]. Da zum Zeitpunkt der Ernte ein geschlossener Feldbestand zu bearbeiten ist, sind reihenungebundene Arbeitsprinzipie erforderlich, die dabei noch das welke und herunterhängende Kraut mit abtrennen sollen. Als bisher günstigste Variante für die Realisierung dieser Anforderung bestätigte sich das Schlegelprinzip bei relativ hohen Drehzahlen (1000 bis 2000 U/min). Bei diesen Drehzahlen tritt ein Saugeffekt auf, wobei die welken Krautteile angehoben und mit erfaßt werden. Weil davon ausgegangen werden muß, daß für derartige Arbeitsbreiten ( $\leq 1500$  mm) ein Frontanbau der Maschine erfolgen muß, wurde der Schlegelwelle eine Querförderschnecke und kein Auswurfbogen zugeordnet, damit durch eine geringe Maschinenhöhe das Sichtfeld des Mechanisators nach vorn genügend groß bleibt.

## 3. Entwurfsvarianten

Zunächst wurde geprüft, ob der zum Möhnerntezeitpunkt (Okt./Nov.) wenig genutzte Schwadmäher E 301 mit einem entsprechenden Frontschlegler versehen werden kann. Unter Beachtung der möglichen Arbeitsbreite und eines exakten Schnittes wurde die Notwendigkeit von zwei bodengeführten Schlegelsektionen als Frontanbauadapter unterstellt. Dabei ergab sich, daß zur Anpassung an das aus der Bestell-, Pflege- und Rodetechnik resultierende Beetsystem eine Spurerweiterung der Treib- und Lenkachse des E 301 erforderlich ist. Die Aufwendungen für die Spuranpassung an das Möhrenanbausystem sind jedoch aus konstruktiver und ökonomischer Sicht hoch, zumal eine angestrebte Variabilität gegenüber anderen Beetkulturen eingeschränkt wäre. Eine Anpassung des Verfahrens an Gegebenheiten des E 301 ist technologisch nicht vertretbar. Die Zuordnung eines Frontschleglers zum Koppeltraktor des Rodeladers erwies sich dagegen technisch und technologisch als wesentlich günstiger. Durch die damit vorhandene Mög-

lichkeit der Einphasenernte ist eine bedeutende Erhöhung der Arbeitsproduktivität nachweisbar. Anhand der exakten Begründung dieser Variante konnte die Konstruktionsaufgabe präzisiert werden, nach der ein Frontschlegler mit Querförderschnecke zum Traktor MTS-50/52 bzw. MTS-80/82 zu entwerfen und als Funktionsmuster zu fertigen war (Bild 1).

## 4. Aspekte zu Detaillösungen

### 4.1. Schlegelwelle mit Querleiteinrichtung

Zur Realisierung einer sauberen Beetoberfläche bei vollständiger Krautentfernung im geforderten Restlängenbereich mußten Schlegelwellendrehzahl und Querförderschneckendimensionierung sowie -drehzahl so miteinander abgestimmt werden, daß die Schneckenwendeln den Querluftstrom nicht behindern. Zur Unterstützung des Querförderns ist der Kanaloberteil des Gehäuses konisch ausgebildet und wegen der Steinschlagbelastung aus Gurtband gefertigt worden. Die Schlegelwelle ist mit 46 Originalschlegeln des polnischen Kartoffelkrautschlägers Z 321 bestückt. Als Werkstoff wurde für die Schlegel der Federstahl 55 SiMn 7 verwendet. Eine Besonderheit ist die am Schlegel zwischen Schlegelgaulage und Steckbolzen angebrachte Gummibuchse, die wesentlich zum verschleiß- und schwingungsarmen Lauf der Schlegelwelle beiträgt.

### 4.2. Aufhängung und Bodenführung

Folgende Anforderungen werden an diese Baugruppe gestellt:

- Einhaltung der Schnitthöhe von 0 bis 50 mm oberhalb des Möhrenkopfes in Anpassung an Längs- und Querwelligkeit des Beetes
  - Entlastung der Bodenführungselemente
  - hydraulische Aushebung in Transportstellung
  - wahlweise erforderliche Kopplung vor oder hinter dem Traktor für den Transport
  - Realisierung der Kraftübertragung
  - Einmannbedienung bei der Kopplung.
- Durch Verwendung balliger Schwenkbuchsen in den Frontanbau-Dreipunktkernen in Ver-

Bild 1. Funktionsmuster der KTE 1700 am Traktor MTS-50



Bild 2. Frontanbau-Dreipunktsystem

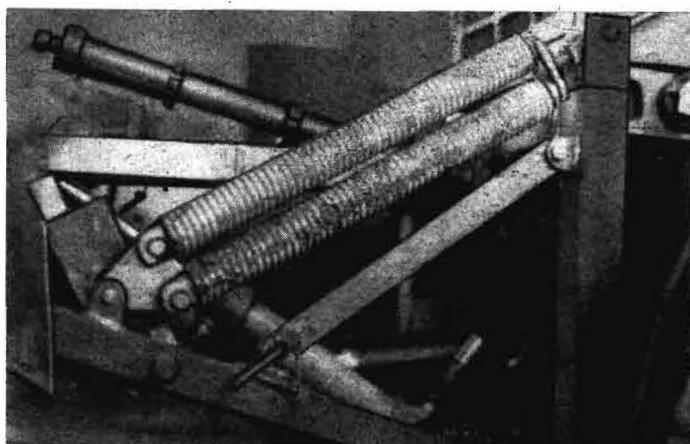




Bild 3  
KTE 1700 bei der Einphasenernte mit dem Rodelader E 682-M

bindung mit zwei an den Unterlenkern wirkenden Federpaketen ist eine feinfühligere Bodenkopierung ermöglicht worden (Bild 2).

Schleifschuhe bzw. Vorderlaufäder gleiten bzw. rollen zwischen den beiden äußeren Reihen des Beetes. Die Aufstandskraft dieser Tastelemente kann durch die Federvorspannung stufenlos eingestellt werden. Diese weitgehend vom Traktor unabhängige Beetaabstufung ist einer der Gründe für die Verbesserung der Erntegutqualität gegenüber dem E 069.

#### 4.3. Antrieb

Der Antrieb der Schlegelwelle und der Querrörderschnecke erfolgt vom serienmäßig lieferbaren Seitenzapfwellengetriebe des MTS-50/52 bzw. MTS-80/82. Durch Gelenkwellen, ein Winkelgetriebe und eine Keilriemenstufe wird die Leistung übertragen. Bei Motornendrehzahl beträgt die Zapfwelldrehzahl 550 bis 660 U/min. Durch das Winkelgetriebe und die Keilriemenstufe erhöht sich die Nennendrehzahl der Schlegelwelle auf rd. 1300 U/min. Die Querrörderschnecke rotiert mit rd. 600 U/min. Auf Freilauf und Rutschkupplung konnte nach bisherigen Erfahrungen verzichtet werden.

#### 5. Anwendungsbeispiele

Hauptanwendungsgebiet der neu entwickelten Maschine ist das Krautentfernen bei der industriemäßigen Möhrenernte mit dem Rodelader E 682-M. Die Krauttrenneinrichtung KTE 1700 trennt das Möhrenkraut im Bereich von 0 bis 50 mm oberhalb des Möhrenkopfes ab und wirft es über die Querrörderschnecke auf das be-

Tafel 1. Krautrestlängen beim Einsatz der KTE 1700 im Vergleich zum Schlegelhäcksler E 069 in St.% (VEG Großbeeren)

Mechanisierungsmittel ATF	E 069	KTE 1700
Kopf abgeschlagen oder beschädigt	0	11
Krautrestlängen:		
0... 20 mm	IV 85	33
> 20... 50 mm		36
> 50... 100 mm	III 15	17
> 100 mm		3
		0

reits gerodete Nachbarbeet. Die für die Mietenlagerung problematischen Kopfbeschädigungen und Infektionen des Erntegutes durch das Kraut werden entscheidend reduziert. Durch das sauber abgeschlegelte Beet erhöht sich die Arbeitsqualität des Rodeladers bei gleichzeitiger Verringerung des Anteils von Beimengungen im Erntegut. Der Einsatz kann bei der Einphasenernte bzw. bei schwierigen Bodenverhältnissen als getrennter, dem Roden vorgelagerter Arbeitsgang erfolgen (Bild 3). Bei der Erprobung der Maschine unter normalen Erntebedingungen konnte eine Qualitätssteigerung der Krauttrenneinrichtung KTE 1700 gegenüber dem Schlegelhäcksler E 069 nachgewiesen werden (Tafel 1).

Bisher ist einzuschätzen, daß derzeit unter Berücksichtigung der Anteile von anmoorigen und kupierten Möhrenanbauflächen eine Ein-

phasenernte auf etwa 30% der mit dem Rodeladeverfahren bearbeiteten Flächen (insgesamt rd. 4500 ha) möglich ist. Danach wird bei Verrechnung der ökonomischen Kennzahlen eine Kostensenkung beim Rodeladeverfahren von 54000 M jährlich erreicht. Gegenüber der nicht mehr verfügbaren Alttechnik (Rodelader E 660 und Schlegelhäcksler E 069) mit einer Leistung von 0,13 ha/h in T<sub>05</sub> wird bei dem neuen Verfahren (E 682-M und KTE 1700) mit einer Leistung von 0,30 ha/h in T<sub>05</sub> die Arbeitsproduktivität auf 230% gesteigert.

Der Testeinsatz dieser Maschine zur Zwiebellaucheinkürzung bzw. Unkrautzerkleinerung in Speisezwiebelbeständen verlief ohne Verwendung von Zusatzausrüstung erfolgreich (Bild 4). Im Vergleich zu unbehandelten Zwiebelbeeten wird eine gleichmäßigere Erntegutablage erreicht. Außerdem ist eine Abdeckung der gerodeten Zwiebeln durch grünes Lauch und Feldunkräuter weitgehend beseitigt, wodurch die natürliche Wundheilung bzw. Abtrocknung der Zwiebeln beschleunigt wird (Bild 5). In gezielten Lagerversuchen ist noch zu ermitteln, welche Auswirkungen die mechanische Zwiebellauchentfernung auf die Lagerverluste bzw. auf den Energieeinsatz bei der Warmlufttrocknung hat. Möglichkeiten der Breitenanwendung der KTE 1700 für die Krauteinkürzung von Chikoree, Porree, Schwarzwurzeln, Sellerie u. ä. Gemüsekulturen werden z. Z. geprüft und vorbereitet. Nach der Breitenprüfung und staatlichen Begutachtung einer kleineren Anzahl von Maschinen durch die ZPL Potsdam-Bornim wird ab 1981 die Fertigung im zentralen Rationalisierungsmittelbau des VEB KLI Magdeburg durchgeführt.

#### 6. Zusammenfassung

In enger sozialistischer Gemeinschaftsarbeit zwischen der LPG Marxwalde, dem Institut für Gemüseproduktion Großbeeren und dem Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL wurden Verfahren und Mechanisierungsmittel zur industriemäßigen Möhrenproduktion weiterentwickelt und die Überleitung in die Praxis organisiert. Aufgabenstellung, Lösungsweg und Ergebnis der Entwicklung der Krauttrenneinrichtung KTE 1700 werden zur Diskussion gestellt. Nach erfolgreicher Erprobung und Begutachtung der KTE 1700 im Jahr 1980 erfolgt ihre Fertigung entsprechend den Anforderungen der sozialistischen Landwirtschaftsbetriebe im VEB KLI Magdeburg.

Bild 4. Einsatz zur Zwiebellauchtrennung am MTS-82



Bild 5. Vergleich lauchgetrennter und un bearbeiteter gerodeter Zwiebelchwaden



**Literatur**

[1] Bastian, P.; Zanner, L.; Krüger, G.: Erste Erfahrungen bei der Lagerung von Speisemöhren nach mechanischer Krauttrennung. Gartenbau 26 (1979) H. 8, S. 231—233.

[2] Agrotechnische Forderungen an eine Maschine zur Krauttrennung bei Möhren und Speisewiebeln. FZM Schlieben/Bornim, 1980 (unveröffentlicht).  
 [3] Zanner, L.; Bastian, P.; Krüger, G.: Mechanische Krauttrennung bei der Ernte von Speisemöhren —

# Abschätzung der Windgeschwindigkeit in der Nähe der Oberfläche

Dr. T. Foken, Meteorologisches Hauptobservatorium Potsdam

**Verwendete Formelzeichen**

$c_p$	J/K · kg	spezifische Wärme bei konstantem Druck
D	m	s. Gleichung (4)
d	m	effektive Bestandshöhe
$d_B$	m	Bestandshöhe
g	m/s <sup>2</sup>	Erdbeschleunigung
H	W/m <sup>2</sup>	fühlbarer Wärmestrom
L	m	Monin-Obuchov-Länge
$T_o$	K	absolute Schichtmitteltemperatur
u	m/s	Windgeschwindigkeit
$u^*$	m/s	Schubspannungsgeschwindigkeit
x	m	horizontaler Abstand vom Rauigkeitswechsel
z	m	Höhe
$z_B$	m	Bezugshöhe
$z_o$	m	Rauigkeitsparameter
$\delta$	m	Höhe der internen Grenzschicht
$\zeta$	—	Stabilitätsparameter ( $\zeta = z/L$ )
$\zeta_{krit}$	—	kritischer Wert von $\zeta$ (Übergang neutral — labil)
$\kappa$	—	von-Kármán-Konstante ( $\kappa = 0,4$ )
$\lambda$	—	Normierungsparameter ( $\lambda = 0,5$ )
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	Luftdichte
$\tau$	kg/m · s <sup>2</sup>	tangentiale Bodenschubspannung
$\varphi_M$	—	universelle Funktion des Windprofils

jedoch soll dieser Bereich hier nicht näher betrachtet werden. Die Windgeschwindigkeitsabhängigkeit mit der Höhe läßt sich in folgender Formel darstellen:

$$u(z) = \frac{u^*}{\kappa} \cdot \ln \frac{z}{z_o} \quad (1)$$

$$u^* = (\tau/\rho)^{1/2} \quad (2)$$

Die Rauigkeit der Unterlage wird im sog. Rauigkeitsparameter  $z_o$  berücksichtigt, der aber formal nur eine Integrationskonstante ist und der Bedingung  $u(z_o) = 0$  genügt. Ohne die Problematik dieses Parameters näher zu diskutieren, sind in Tafel 1 einige Werte von  $z_o$  dargestellt, die hinsichtlich ihrer Genauigkeit für praktische Belange ausreichend sind. Neben der Rauigkeit, die sich nur auf die Oberfläche des Bodens oder des Bestands bezieht, muß noch die Bestandshöhe berücksichtigt werden. Da der Bestand nicht vollständig geschlossen ist, wirkt aber nur eine effektive Bestandshöhe d, die in guter Näherung für alle landwirtschaftlichen Kulturen wie folgt angenommen wird:

$$d = 0,6 \cdot d_B \quad (3)$$

Statt  $z_o$  in Gl. (1) muß demnach

$$D = z_o + d \quad (4)$$

gesetzt werden mit  $D \ll z$ . Kann diese einschränkende Bedingung nicht erfüllt werden, so ist im Zähler des Logarithmus in Gl. (1) noch D zu addieren. Die nachfolgenden Angaben sind dann entsprechend umzurechnen.

Die Gl. (1) gilt streng genommen nur für neutrale Schichtung, d. h., es herrscht Isothermie mit der Höhe vor. Untersuchungen ergaben allerdings [3], daß die Gültigkeit von Gl. (1) auf einen größeren Bereich mit nahezu neutraler Schichtung ausgedehnt werden kann. Trotzdem muß noch auf abweichende Schichtungsverhältnisse hingewiesen werden. Stabile Verhältnisse sind gegeben, wenn die Unterlage aufgrund von Ausstrahlung kalt gegenüber der darüber befindlichen Luft ist. Diese Bedingungen sind bei heiterem bis wolkenlosem Wetter in den Nacht- und Morgenstunden anzutreffen. Da derartige Wettersituationen im allgemeinen windschwach sind, ist nach der o. g. Einschränkung noch keine voll ausgebildete Turbulenz vorhanden, so daß die hier angegebenen Beziehungen nicht anwendbar sind. Andererseits sind aber auch die gegenwärtigen Kenntnisse zum Windprofil unter diesen Bedingungen noch widersprüchlich. Auf weitere Ausführungen soll daher verzichtet werden. Demgegenüber muß aber der labile Fall beachtet werden, der bei warmer Unterlage (gegenüber der Luft), d. h. bei Aufheizung durch Sonneneinstrahlung bei heiterem bis wolkenlosem Wetter vor allem in den Mittagsstunden, auftritt. Dazu wird von der Gleichung des Windgradienten in der allgemeinen Form ausgegangen:

Tafel 1. Rauigkeitsparameter  $z_o$  in Abhängigkeit von der Unterlage (überarbeitete Werte aus [2])

Unterlage	$z_o$ m
kurzes Gras	0,001
Wasser (schwach bewegt)	0,001
Schnee	0,005
Stoppeln	0,01
Beton	0,01
langes Gras	0,05
Ackerschollen	0,05
Rüben	0,05
Getreide	0,2

Während Gl. (6a) dem neutralen Fall entspricht und mit Gl. (5) nach Integration sofort Gl. (1) ergibt, erhält man unter labilen Bedingungen mit Gl. (6b) nach der Integration:

$$\frac{\partial u}{\partial z} = \frac{u^*}{z \kappa} \varphi_M(\zeta) \quad (5)$$

Als universelle Funktion soll die Beziehung nach Skeib [3] verwendet werden, die gut mit Beziehungen anderer Autoren sowie experimentellen Ergebnissen übereinstimmt und den Vorteil einer leichten Integrierbarkeit hat:

$$\varphi_M = \begin{cases} 1 & |\zeta| < |\zeta_{krit}| = 0,06 \quad (6a) \\ (\zeta/\zeta_{krit})^{-1/4} & \zeta < \zeta_{krit} = -0,06 \quad (6b) \end{cases}$$

Während Gl. (6a) dem neutralen Fall entspricht und mit Gl. (5) nach Integration sofort Gl. (1) ergibt, erhält man unter labilen Bedingungen mit Gl. (6b) nach der Integration:

$$u(z) - u(z_B) = - \frac{u^*}{0,25 \kappa (L \cdot \zeta_{krit})^{-1/4}} (z^{-1/4} - z_B^{-1/4}) \quad (7)$$

Für  $z < \zeta_{krit} \cdot L$  gilt demnach die Gl. (1). Darüber ist eine merkliche Abnahme des Gradienten entsprechend der labilen Schichtung zu verzeichnen (Bild 1). Die zur Bestimmung des Schichtungs Zustands herangezogene Monin-Obuchov-Länge kann man in nachfolgender Weise ermitteln:

$$L = \frac{T_o \rho c_p u^3 \lambda}{\kappa^2 g H} \quad (8)$$

**3. Besonderheiten des Windprofils**

Die bisherigen Ausführungen gelten nur für ebenes Gelände mit einheitlicher Oberflächenstruktur. Diese Bedingungen treffen aber nur im Flachland für sehr große Felder zu und nicht für die überwiegende Anzahl der landwirtschaftlichen Nutzflächen. Nachteilig wirken sich vor allem Geländestufen (Bild 2a) und

**1. Einleitung**

Die Anwendung der modernen Technik in der Landwirtschaft erfordert in immer stärkerem Maß eine meteorologische Beratung. Dies betrifft nicht nur die übliche Wettervorhersage, sondern auch spezielle Angaben, z. B. zur Bodenfeuchte. Bedeutung erlangt aber auch die Höhenverteilung der Windgeschwindigkeit über bewachsenem und unbewachsenem Boden, wie dies beispielsweise beim Einsatz moderner Sondierertechnik notwendig ist [1]. Weil hierbei viele Einflußgrößen zu beachten sind, können keine verallgemeinerten Beratungen erfolgen. Andererseits bietet aber auch die deutschsprachige Fachliteratur keine umfassende und für den Praktiker geeignete Darstellung. Nachfolgend soll deshalb die Problematik erläutert werden. Es wird ein Nogramm abgeleitet, das es ermöglicht, aus Windmessungen in einigen Metern Höhe auf die Windstruktur in Oberflächennähe zu schließen. Es können aber auch aus langjährigen Mittelwerten der Windgeschwindigkeit (meist in 10 bis 20 m Höhe gemessen) entsprechende Werte für bodennahe Höhen ermittelt werden.

**2. Theorie des oberflächennahen Windprofils**

Für den Fall ausgebildeter Turbulenz, was man bei Windgeschwindigkeiten von 1 bis 2 m/s in rd. 2 m Höhe annehmen kann, ist die Windgeschwindigkeit in der Höhe z proportional zum Logarithmus der Höhe. Dies gilt bis zu Höhen von rd. 20 bis 50 m innerhalb der sog. Boden- oder Prandtl-Schicht. Lediglich unmittelbar an der Oberfläche bis in rd. 1 cm Höhe sind noch molekulare Austauschbedingungen vorhanden,