

# Einfluß von Bestandsmerkmalen auf die Gestaltung von Rodewerkzeugen

Dozent Dr.-Ing. T. Karwowski, Institut für Bauwesen, Mechanisierung und Elektrifizierung der Landwirtschaft Warszawa, VR Polen

## Arbeitsvorgang und Anforderungen an Rodewerkzeuge

Entsprechend den agrotechnischen Forderungen sollen die zuverlässigen Gesamternteverluste nicht höher als 1,5% und der Schmutzbesatz unter 8% des Ertrags liegen. Für den Anteil leicht beschädigter Rübenkörper (Verletzungen < 5 mm) sind 20% und schwerer beschädigter (> 5 mm) 5% als oberste Grenzen zulässig. Die realen Rodeverluste sind jedoch zwei- bis dreimal höher (2,4 bis 3,4%) und gehen sogar über 8%. Diese Tatsache wird übereinstimmend von vielen Autoren bestätigt [1 bis 5]. Einschließlich der an der Oberfläche verlorenen Rüben steigen die Verluste teilweise auf über 20% des Ertrags. Gesamternteverluste von 7 bis 9% gelten als niedrig. Die Rodeverluste werden unterschiedlich durch die Art der Rodewerkzeuge beeinflusst. Neben der Rodung haben die Werkzeuge die Aufgabe, Erde von den Rübenkörpern abzutrennen. Darüber hinaus müssen die Rodewerkzeuge, je nach Erdbeimengungsanteil zwischen den Wurzeln, durch geeignete Reinigungswerkzeuge ergänzt werden.

## Verlustarten und deren Ursachen

Die Ertragsverluste beim Roden sind auf die Rodewerkzeuge selbst oder auf die Stellung der Rüben im Bestand zurückzuführen. Typ und Konstruktionsparameter einer Baugruppe sollen so gestaltet werden, daß die Verluste kleiner gleich dem Wert der agrotechnischen Forderung sind. Die Praxis zeigt, daß die Konstruktion solcher Rodewerkzeuge nicht einfach ist, weil vielfältige Verlustarten und ihre möglichen Ursachen zu berücksichtigen sind:

— gerodete, in der Erde verbliebene ganze Rüben;

### Ursachen:

- ungenügende Anpassung der Tiefeneinstellung von Rodewerkzeugen an den Bestand oder die Lage der Wurzeln, besonders bei größeren Unebenheiten des Feldes

- Abweichen der Rodewerkzeuge aus der Reihe

- seitliche Wurzelabweichungen von der Reihe, natürlich bedingt oder hervorgerufen durch die beim Rodevorgang zwischen den Reihen laufenden Traktorräder

— gerodete und vor der Aufnahme in die Reinigungsvorrichtung auf dem Feld verlorene Rüben;

### Ursachen:

- Stauen von Erde und Wurzeln auf dem Rodewerkzeug, hervorgerufen entweder durch zu geringe lichte Weite zwischen den Bauteilen der Rodewerkzeuge gegenüber der Rübengröße oder durch Konstruktionsfehler beim Übergang vom Rodewerkzeug auf die Reinigungsvorrichtung

— Bruchverluste von Wurzelspitzen oder anderen Teilen der Wurzeln durch Abreißen, Schneiden oder Abquetschen und Verbleib dieser Teile auf dem Feld

### Ursachen:

- zu geringe Rodeiefe durch

- Fehlführung des Rodewerkzeugs oder

sein Abweichen von der Reihenlinie

- überhöhte Seitenabweichung der Rüben von der Reihenlinie

- Standort der Rübe in einer Vertiefung des Bodens.

Das mögliche Verlustausmaß wird im Bild 1 demonstriert.

Als besondere Gruppe entstehen Bruchverluste von Wurzelspitzen auf der Reinigungsvorrichtung. Sie hängen insofern mit den Rodewerkzeugen zusammen, als diese die auf die Reinigungsvorrichtung geförderte Erdmenge bestimmen. Der Verlustumfang eines bestimmten Rodewerkzeugtyps kann unterschiedlich sein und von der Mehrreihigkeit der Maschine, der Verbindung mit dem Maschinenrahmen sowie der Bauform der mitwirkenden Reinigungsvorrichtung abhängen. Die Verluste werden letztendlich auch von der Arbeitsgeschwindigkeit der Maschine sowie von Bodenart und Bodenfeuchte bestimmt. Gruppirt man die Verlustursachen, so sind sie einmal im Anbauverfahren und in dessen Sorgfalt zu suchen, zum anderen in der Bauform des Rodewerkzeugs oder des gesamten Roders.

## Verfahrensbedingte Verluste

Verfahrensbedingte Verluste entstehen durch Unebenheiten des Feldes sowie durch Seitenabweichungen der Rübenkörper von der Reihenmitte. Unebenheiten des Feldes sind die Folge unzureichender Saatbettbereitung und deshalb relativ leicht als Verlustursache zu beseitigen. Die Bodenunebenheiten wirken auf die Verluste um so mehr, je größer die Arbeitsbreite der Rodemaschinen ist. Versuchsergebnisse aus der ČSSR [6] zeigen, daß sechsstufige Roder 3 bis 8% höhere Verluste haben als dreireihige. Solche Aussagen sind relativ und hängen sowohl von den Einsatzbedingungen als auch von der Bauform der Maschinen ab. Brinkmann [1] weist nach, daß sechsstufige Roder mit flachgestellten angetriebenen Siebrosten geringere Rodeverluste als einreihige Vollerntemaschinen verursachen. Die Siebroste nehmen auch die heruntergefallenen und zwischen den Reihen liegenden Rüben auf. Durch die Räder der Erntemaschinen bedingte Abweichungen der Rüben bei der Zweiphasenernte lassen sich durch Einphasenernte beseitigen oder durch Anwendung schmaler Zwillingräder einschränken (Bild 2). Die durch die Räder verursachten Verluste sind zweierlei Art:

— Die Rüben werden durch die Räder verschoben, was bei hartem Boden zu Wurzelspitzenbruch führen kann (Bild 3). Wie hoch diese Verluste werden können, wurde bereits im Bild 1 gezeigt.

— Die durch die Räder aus der Reihe geschobenen Rüben fehlen, um die selbstfahrenden Rodewerkzeuge zu steuern. Die Rüben werden dadurch entweder beschädigt, oder sie verbleiben im Boden.

Zur Vermeidung von Verlusten bei aus den Reihen verschobenen Rüben liegt die Lösung einer französischen Firma vor. Als Anbaugerät zum Traktor arbeiten die Rodelemente am Viergelenk in Schwimmstellung (Bild 4). Ähnlich geht man mit einem Anbau an die Tracreihe in der BRD vor. Beide Ausführungen

selbstfahrender Erntemaschinen kosten rd. 60% der konventionellen selbstfahrenden Maschinen. Schwieriger und vielleicht vollständig überhaupt nicht zu lösen ist die Bergung von Rüben mit naturbedingter Abweichung von der Reihenmitte. Forscher auf diesem Gebiet haben weit streuende Werte ermittelt: Hagno [7]  $\pm 3,5$  cm, Orlikowski [8]  $\pm 8$  cm bei einer Reihenweite von 45 cm. Von Zuev [9] angeführte Ergebnisse deuten auf Abweichungen von mehr als 8 cm hin und auf einen erheblichen Anteil von Rüben (13%), die  $\pm 6$  cm von der Reihenmitte abweichen. Die Abweichung der Rüben von der Reihenmitte ist in einem nicht vereinzelt Bestand größer als im vereinzelt Bestand. Die mechanische Vereinzlung in Längsrichtung der Reihen erhöht die Abweichungen. So berichten Davis und Hearn [2], daß die geringsten Rodeverluste bei Einzelkornsaat mit Handvereinzlung entstehen, größere bei Einzelkornsaat mit Handhackereinzlung und die größten nach der Saat auf Endabstand ohne Handarbeit. Der bei der Bestandsbildung eingeschlagene Weg der Aussaat auf End-

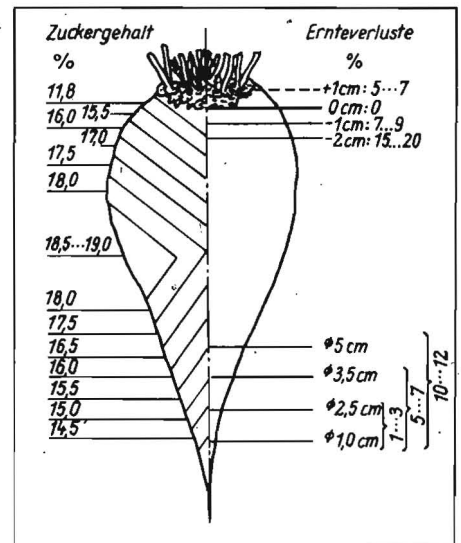
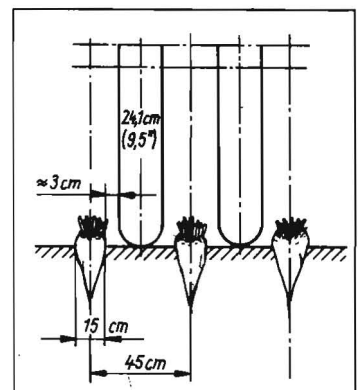


Bild 1. Mögliche Ertragsverluste an Wurzelmasse oder Zucker durch übermäßiges Köpfen oder durch Bruch von Wurzelspitzen

Bild 2. Zwillingbereifung im Rübenbestand



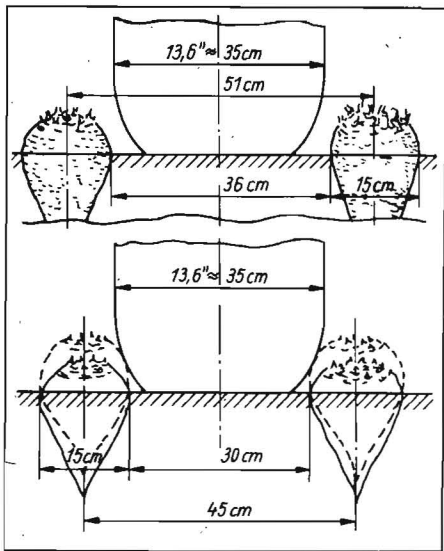


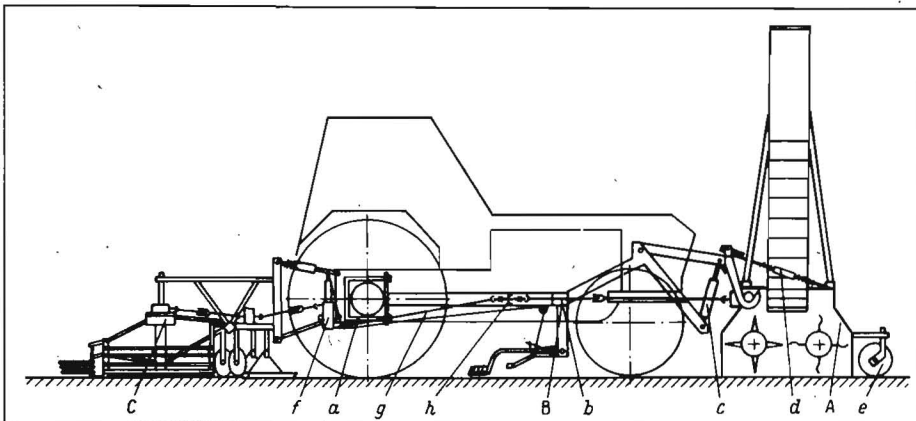
Bild 3. Theoretische Möglichkeiten der Freispur für Reifen von Erntemaschinen

abstand wird demnach mit höheren Rodeverlusten verbunden sein. Aus den vorgestellten Tatsachen ergeben sich Schlußfolgerungen für den Landmaschinenbau und den Einsatz landtechnischer Arbeitsmittel. Unabhängig von der immer mehr angewendeten automatischen Führung von Vollerntemaschinen entlang den Reihen soll der einzelne Rodekörper selbstführend sein, damit eine bessere Anpassung an den Bestand erreicht wird. Vereinzelungsautomaten verursachen eine Zunahme der Rodeverluste, und ihre Anwendung wird deshalb im zukünftigen Anbauverfahren zu überdenken sein. Weiterhin ist nach einer verbesserten Ablagegenauigkeit bei der Aussaat und nach einem homogenen Saatbett ohne Unebenheiten zu streben.

#### Verluste, die durch die Bauform der Rodewerkzeuge bedingt sind

Diese Art der Verluste hängt von Typen und Konstruktionsparametern der Rodewerkzeuge ab. Zu ihrer Einschätzung wurden neben eigenen Untersuchungen verschiedene Quellen herangezogen [1, 2, 10, 11, 12]. Folgende agrotechnische Forderungen bilden die Kriterien zur Eignung der Rodewerkzeuge

Bild 4. Anbau eines sechsheiligen Köpfers und eines Rodeaggregats der Fa. Herriau (Frankreich) an den Traktor Ursus 1204 (90 kW); A Köpfer, B Nachköpfer, C Rodeaggregat, a Befestigung des Rahmens auf der Traktorhinterachse, b Rahmen, c Kraftheber zum Aushub des Köpfers, d Verstellerschraube zum Nivellieren des Köpfers, e Tastrad, f Getriebe, g Gelenkwelle zum Antrieb des Köpfers, h Einrichtungskupplung



(bei bestimmter Art und Feuchte des Bodens):

- Ertragsverluste
- Schäden am Rübenkörper
- Schmutzbesatz
- Arbeitsgeschwindigkeit.

Häufigste Verlustursache in der Praxis ist die zu gering eingestellte Rodetiefe. Ein zweiter gewichtiger Grund ist die Fehlführung der Rodewerkzeuge entlang den Reihen, und zwar unabhängig von Seitenabweichungen der Rüben von der Reihenmitte. Eine wesentliche Verlustursache kann auch in der zu weiten Öffnung des Roderadpaares liegen. Dabei liegen die Verluste um so höher, je unterschiedlicher die Abmessungen der gerodeten Rüben sind. Weitere Verlustursachen sind:

- beschränkte Fähigkeit der Anpassung des Rodewerkzeugs an die Unebenheiten des Feldes
- Stau des aufgenommenen Materials infolge unzureichender Maulweite
- nicht an die Arbeitsgeschwindigkeit angepaßte Rodewerkzeuge.

Ein Vergleich von agrotechnischen Forderungen mit den Ursachen, die ihre Erfüllung unmöglich machen oder doch erschweren, führt zu folgender Beurteilung von Rodewerkzeugen (Bild 5):

**Zinkenschare** (Bild 5a) sind für Arbeitsgeschwindigkeiten bis rd. 1,5 m/s geeignet. Bei schwerem Boden entsteht jedoch eine große Verunreinigung der Wurzeln mit Erde. Auf leichteren Böden tritt besonders bei hohen Arbeitsgeschwindigkeiten Bruch der Wurzelspitzen auf. Diese Schare kommen gegenwärtig kaum noch zum Einsatz.

**Scharrodewerkzeuge** bringen ähnliche Effekte. Rodeschare mit negativem Angriffswinkel (Bild 5b) verursachen jedoch geringere Erdbeimengungen und weniger Wurzelbrüche als solche mit positivem Winkel (Bild 5c). Sie bewirken aber einen höheren Anteil an insgesamt beschädigten Rüben. Scharrodeköpfer lassen eine Geschwindigkeit bis 2 m/s zu. Sie verursachen einen geringeren Wurzelbruch als Zinkenschare. Scharrodewerkzeuge können als Lockerungsgeräte in solchen Vollerntemaschinen verwendet werden, die die Rüben an den Blättern herausziehen (Bild 5g).

**Polderschare** (Bilder 5d und 5h) bilden einen universell einzusetzenden Typ. Sie sind wenig empfindlich gegen Steinbesatz und liefern die Rüben mit geringerem Erdanteil als andere

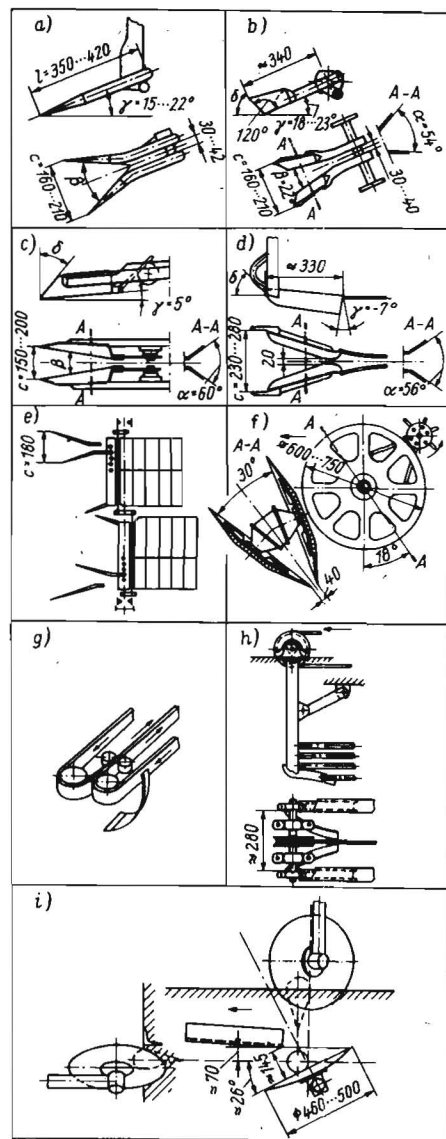


Bild 5. Typen von Rodewerkzeugen; Erläuterung im Text

Typen. Durch das Selbstführen entlang den Reihen sind die gerodeten Rüben weniger beschädigt und die Verluste geringer als bei anderen Typen. Die Arbeitsgeschwindigkeit für den nicht angetriebenen Typ (Bild 5d) kann 1,8 bis 2,0 m/s erreichen. Nach Überschreiten dieser Geschwindigkeit nehmen die Bruchverluste der Wurzelspitzen rasch zu. Die angetriebenen, schwingenden Polderschare (Bild 5h) können sogar auf schweren Böden mit Geschwindigkeiten bis 3 m/s bei geringen Beschädigungen und Verlusten der Rüben betrieben werden. Die außerordentlich große Maulweite (bis 290 mm) in Verbindung mit dem Selbstführen ermöglicht das Roden bei Ertragsverlusten von nur 1,9 bis 2,7 %.

**Radroder** (Bild 5f) werden in zwei Ausführungen geliefert, wobei entweder beide Räder nicht angetrieben oder ein Rad angetrieben werden. Ihre Arbeitsgeschwindigkeit liegt bei 2,2 bis 2,5 m/s, aber der Schartyp ist gegen Steine und unterschiedliche Wurzelabmessungen empfindlich. Deshalb sollte die Regulierung des Mindestabstands zwischen den Rädern je nach Größe der zu rodenden Wurzeln erfolgen. Die Radschare mit einem angetriebenen Rad ermöglichen geringere Beimengungen der Erde und funktionieren unter schwereren Verhältnissen als die mit nicht angetriebenen Rädern. **Scheibenroder** (Bild 5i) sind zur Arbeit auf

leichteren und mittleren Böden bestimmt. Für schwere Böden sind sie weniger geeignet, weil sie durch Abschneiden eines Bodenstreifens mit dem Querschnitt von etwa 1,5 dm<sup>2</sup> außer den Rüben Erdbeimengungen bis 700 t/ha auf die Reinigungsvorrichtung fördern. Der Anteil der Erde im Erntegut kann 40 bis 50 % betragen. Das am besten den agrotechnischen Anforderungen entsprechende Rodewerkzeug scheint ein schwingendes Polderschar mit Vibration in Längsrichtung zu sein. Durch ausreichende Maulweite und Selbstführen entspricht es besser als andere Rodeschare den Bedürfnissen von derzeitigen Anbauverfahren, d. h. bei verdünnter Einzelkornsaat und den damit verbundenen Abweichungen der Rüben von der Reihenlinie.

## Literatur

- [1] Brinkmann, W.: Verluste bei der Rübenernte. DLZ (1977) H. 8.
- [2] Davis, N. B.; Hearn, H. T.: The minimisation of crop losses associated with sugar beet harvesting. The Agricultural Engineer (1977) H. 1.
- [3] Stieger, W.: Neue Untersuchungen zur Arbeitsqualität. Die Zuckerrübe (1977) H. 1.
- [4] Mitkus, J.: Wstępne wyniki i wnioski z badań wzorców maszyn do zbioru buraków. IBMER Warszawa, Manuskript 1973.
- [5] Strooker, E.: Repport General de la Mecanisation a sucre en Europe et en Amerique du Nord. IIRB, Belgien, 1968.
- [6] Zprava o činnosti výzkumného ústavu zemědělské techniky, Praha-Repy 1976, 1977.
- [7] Hagno, H.: Badania maszyn do zbioru buraków. IBMER Warszawa, Manuskript 1973.

- [8] Orlikowski, P.: Badania ogławiaczy i kopaczek f-my Matrot oraz Herriau zawieszanych na ciągnikach 1204 i ładowacza f-my Matrot. IBMER Warszawa, Manuskript 1977.
- [9] Zuev, N. M.: Einfluß der Standraumverteilung der Pflanzen auf die Größe der Schonstreifenbreite. Mech. i elektr. soc. sel'sk. choz. (1972) H. 8.
- [10] Jankowski, F.; Lanča, J.: Zhodnočeni jakosti prace vyoracich teles sklížecu cukrovky. Zeměd. Technika (1964) H. 8.
- [11] Spiess, E.: Zuckerrübenschare und Maschinen-Typentabelle. Blätter für Landtechnik (1978) Nr. 138.
- [12] Pogorelyj, L. W.: Vergleichende Analyse und Tendenzen der Entwicklung von Rübenerntemaschinen. Traktory i sel'chozmaš. (1977) H. 10.

A 2464

# Der selbstfahrende Rübenrodelader KS-6 und seine Weiterentwicklung für die RGW-Länder

Kand. d. techn. Wiss. A. G. Cymbal/Kand. d. techn. Wiss. N. V. Tatjanko

Ukrainisches wissenschaftliches Forschungsinstitut für Landmaschinenbau (UkrNIISChOM) Charkov, UdSSR

Dipl.-Ing. V. G. Karpov, Landmaschinenkombinat Tarnopol, UdSSR

Dem Bau der sechsreihigen Maschinen für die getrennte Ernte von Zuckerrüben mit Verladung in nebenherfahrende Transporteinheiten ging eine verhältnismäßig lange Periode der Entwicklung der Zuckerrübenerntetechnik voraus, die von den einfachsten Geräten zur getrennten Ernte von Blatt und Rüben über Maschinen zur Einphasenernte nach dem Raufprinzip (z. B. dreireihige Anhängemaschine KSG-3 A aus der UdSSR) zu dreireihigen Maschinen für die Zweiphasenernte führte, wozu z. B. die Maschinen E 732, E 734 und E 765 (DDR) sowie 3-OSCh und 3-BCZ (ČSSR) gehören.

Ende der 60er Jahre betrug der Mechanisierungsgrad der Zuckerrübenernte durchschnittlich 80%. Der Arbeitsaufwand lag jedoch mit über 200 AKh/ha zu hoch. Der sinkende Arbeitskräftebesatz in der Landwirtschaft verlangte den Übergang zu prinzipiell neuen Maschinen mit wesentlich höheren Leistungen, die auch aus anderen Gründen notwendig waren. So herrscht im Hauptanbaugebiet für Zuckerrüben in der UdSSR Ende September und im Oktober regnerisches Wetter, dem der schnelle Einbruch des Winters folgt. Die Ernte mußte Ende August — vor der Reife der Zuckerrüben — beginnen, und folglich waren Rübenanbau und Zuckergehalt niedrig. Maschinen mit höherer Einsatzwirksamkeit führen deshalb unter diesen Bedingungen zum späteren Erntebeginn und zu höheren Erträgen.

Nach langjähriger wissenschaftlich-konstruktiver Prüfung in der UdSSR, in der DDR und in der ČSSR sowie in anderen Ländern gelangte man zu dem Schluß, daß die Möglichkeiten der weiteren Entwicklung der traditionellen Zuckerrübenerntemaschinen praktisch erschöpft sind. Darum begann man Ende der 60er Jahre in der UdSSR, in der DDR und in der ČSSR die Entwicklung von sechsreihigen selbstfahrenden Maschinen. Im Jahr 1968 wurden die Versuche der einzelnen Länder im Rahmen eines zwischenstaatlichen Abkommens über die weitere Entwicklung der wissenschaftlichen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Mechanisierung und Automatisierung der Landwirtschaft ver-

einigt. Schon im Jahr 1972 wurden die Versuchs- und Konstruktionsarbeiten beendet, und der selbstfahrende Zuckerrübenernter KS-6 und der Anhäng-Köpflader BM-6 konnten in die Serienproduktion übernommen werden. In der ČSSR wurde inzwischen der sechsreihige selbstfahrende Köpflader 6-OCS entwickelt. Die Fertigung des Rodeladers KS-6 erfolgt im Rahmen der internationalen Kooperation. Einige Baugruppen werden in der DDR hergestellt, die Signalanlage und einzelne Elemente der Hydraulik in der VR Bulgarien, ein Teil der Baugruppen entsteht in der UdSSR, die auch die gesamte Montage übernimmt.

Die neue Maschine hat eine bis zu 3,5fache Leistung im Vergleich zu den bisherigen Arbeitsmitteln. In einzelnen Fällen betrug die Leistung in 24 h 43 ha und die Kampagneleistung 600 ha.

Dank der zuverlässigen und qualitativ guten Arbeit auch bei höherem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens wurden die Voraussetzungen geschaffen, die Ernte zu einem späteren Termin zu beginnen und in kürzerer Frist zu bewältigen. Dadurch vergrößert sich der Ertrag in der Hauptzone des Zuckerrübenanbaus in der UdSSR um 30 dt/ha. Gleichzeitig erhöht sich der Zuckergehalt um 1,3 bis 1,4%. Der gesamte Zuckerertrag kann auf 18 bis 20% vergrößert werden.

## Hauptaufgaben zur Verbesserung des Rodeladers KS-6

Die weitere Vervollkommnung des KS-6 soll in erster Linie im Hinblick auf die Erhöhung der Arbeitsqualität, auf die Verminderung der Beschädigungen und Verluste sowie auf die Verbesserung der Rübenreinigung erfolgen. Bei günstigen Bedingungen liegen diese Merkmale in den Grenzen der agrotechnischen Forderungen (Ernteverluste bis 1,5%, starke Beschädigungen bis 8%, Beimengungen bis 5%). Bei Beständen mit weniger günstigen Bedingungen verschlechtert sich die Arbeitsqualität der Maschine. Dieses Problem wird immer aktueller, weil der Anteil dieser Bestände entsprechend den zunehmenden handarbeitsarmen

Maßnahmen zur Bestandsbildung anwächst. Dabei vergrößern sich die Unregelmäßigkeit der Verteilung der Pflanzen in den Reihen und die der Rübengröße, auch die Verunkrautung des Feldes und die Abweichung der Rüben von der Mittellinie der Reihe nehmen zu. Den letzten Faktor beeinflusst stark die Qualität des Bodens.

Nach Untersuchungen des UkrNIISChOM Charkov nehmen die Beschädigungen und Wurzelverluste innerhalb der agrotechnisch zulässigen Grenzen von 3 cm proportional den Abweichungen von der Reihenmitte zu.

Wichtig sind auch die Aufgaben zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen des Fahrers: Lärm, Vibration und Staubzutritt zur Kabine sollen gesenkt werden; die Lenkung der Maschine ist zu vereinfachen und zu erleichtern. Die Konstrukteure beschäftigen sich mit der Erhöhung der Zuverlässigkeit und der Lebensdauer der Maschine, weil selbst kurzfristige Standzeiten in der Erntekampagne die Effektivität der Maschine stark vermindern.

Neben diesen allgemeinen Forderungen an die Verbesserung des KS-6 sollen für die Gesamtkonzeption der Maschine und ihrer einzelnen Arbeitsorgane spezifische Forderungen abgeleitet werden.

## Verbesserung der Gesamtkonzeption

Der KS-6 ist ein mit einem 110-kW-Motor ausgerüsteter selbstfahrender Rodelader mit hinterer Antriebs- und vorderer Lenkachse. Die Rodeorgane sind mit den Baugruppen zur Reinigung auf einem Rahmen montiert, der über ein Kugelgelenk mit dem Tragrahmen verbunden ist und sich auf dem Träger der vorderen Achse abstützt. Durch diese konstruktive Lösung werden das genaue Kopieren des Feldreliefs in Längs- und Querrichtung und eine genaue Führung der Rodeorgane in den Zuckerrübenreihen erreicht.

Am Träger der Vorderachse ist eine hydro-mechanische automatische Lenkung befestigt, die die Selbstführung der Maschine in den Zuckerrübenreihen bei Geschwindigkeiten bis 10 km/h garantiert. In der modernisierten Ma-