

# Aktuelle Technik für die Zuckerrübenenernte

Von Prof. Dr. Karlheinz Köller, Universität Hohenheim

Bis in die achtziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts beherrschte der Einsatz gezogener, einreihiger Köpfrdebunker die Rübenenernte in Deutschland. Bei einer durchschnittlichen Arbeitsgeschwindigkeit von 5 km/h wurden pro Tag etwa 1 - 2 ha Zuckerrüben gerodet. Entsprechend der Reihenweite wurde der Acker im Abstand von ca. 50 cm vom Traktor und der Maschine mehrfach überrollt. Die damalig üblichen schmalen Reifen führten zu tiefen Fahrspuren und erheblichen Bodenverdichtungen. Heute werden nur noch etwa 5 % der Rübenfläche des Bundesgebietes mit diesen Maschinen geerntet. Dr. Herrmann hat im vorhergehenden Beitrag die Entwicklung der Rübenenernte bis hin zu den einreihigen Rübenvollerntern beschrieben.

In den siebziger Jahren stiegen die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit, so daß ein Trend zur Entwicklung mehrreihiger Maschinen einsetzte, zunächst hin zu 2- und 3-reihig gezogenen Varianten. Mit Beginn der siebziger Jahre begann aber auch schon gleichzeitig die Entwicklung selbstfahrender 6-reihiger Erntemaschinen. Beide Systeme waren auf dem Hohenheimer Feldtag mit jeweils einer Maschine vertreten, dem „Stoll Bunkerköpfrder V 202“ und dem „Holmer Terra-Dos“. Während mit zweireihigen Maschinen in Deutschland nur noch etwa 10 % der Rübenfläche geerntet werden, konnte der sechsreihige selbstfahrende Köpfrdebunker (KRB) seinen Anteil auf über 70 % steigern. Der Flächenanteil von zweiphasigen sechsreihigen Verfahren mit Köpfrder und Ladebunker bzw. mit Köpfrder

und Lader ist auf etwa 8 % gesunken. Auf diese Verfahren, die auch auf dem Hohenheimer Feldtag vertreten waren, wird nicht eingegangen, weil ihre Bedeutung künftig noch weiter abnehmen wird, sind doch hierbei mindestens 3 Traktoren und 3 Arbeitskräfte erforderlich, um die Rüben zu ernten. Der Einsatz selbstfahrender sechsreihiger Erntemaschinen (KRB) hat sich in überzeugender Weise als Standardverfahren zur Rübenenernte in Deutschland durchgesetzt. Bedingt durch die hohen Investitionskosten werden diese Maschinen überwiegend überbetrieblich eingesetzt.

In den vergangenen Jahren ist allgemein der einzelbetriebliche Einsatz eigener Maschinen deutlich gesunken. Er beträgt im Durchschnitt des Bundesgebietes nur noch 14 %. Der Umfang des gemeinschaftlichen Maschineneinsatzes ist dagegen auf 37 % gestiegen. 49 % der Rübenenernte werden durch Lohnunternehmer und Maschinenringe erledigt.

## Erntetechnik – wirtschaftlich und bodenschonend

Der Trend zu schlagkräftigen 6-reihigen Rodesystemen, insbesondere zu selbstfahrenden Köpfrdebunkern hat sich in den vergangenen Jahren in Deutschland weiter beschleunigt. Einige französische, belgische und holländische Hersteller bieten heute bereits 8-, 9- oder 12-reihige Systeme an, zum Teil auch als Köpfrdebunker. Neben der Forderung nach Reduzierung

der Erntekosten durch mehrreihige Systeme gewinnen die Aspekte Verlustminimierung und Steigerung der Rodequalität sowie besonders der Aspekt einer bodenschonenden Ernte an Bedeutung. Zahlreiche neue Entwicklungen bei den Fahrwerken und den Reinigungsorganen bestätigen diesen Trend. Die meisten Köpfrdebunker verfügen heute über eine Technik des spurversetzten Fahrens. Die zweite bzw. dritte Achse folgt nicht der Spur der ersten Achse, sondern spurversetzt auf dem noch nicht überfahrenen Boden. Die Verfügbarkeit von Niederquerschnittsreifen mit einer Breite von bis zu 1,05 m ermöglicht eine Abstützung des Maschinengewichtes auf eine Gesamtbreite von 4,40 m bei nur einer Überfahrt. Die Flächenleistung der Roder beträgt bei entsprechender Schlaggröße mehr als 1 ha/h und der Arbeitszeitbedarf reduziert sich bei Ablage der Rüben auf Feldmieten auf weniger als 1 Akh/ha.

Im Vergleich zu einem zweireihigen Köpfrdebunker, der den Boden mehrfach überrollt, bewirkt ein sechsreihiger KRB trotz mehr als zweifacher Einzelradlast keine höheren Bodenverdichtungen und die Weizenenerträge nach den Rüben sind mindestens ebenso hoch. Auch bei Zuckerrübenerntesystemen gewinnt die Elektronik zunehmende Bedeutung. Über Sensoren, Bordrechner und Multifunktionshebel lassen sich alle Maschinenfunktionen vom Blattkäufer bis zur Bunkerentleerung überwachen und bedienerfreundlich von der Kabine aus einstellen.



John Deere Traktor 6410 mit zweireihigem Bunkerköpfrder Stoll V 202

Über Datenschnittstellen ist heute bereits der Import von externen Daten auf die Bordrechner sowie der Export von Daten zum Beispiel für die Abrechnung möglich. Zukünftig dürfte mit dieser Technik auch eine Fehlerdiagnose bei Störungen sowie der Service der Maschinen mittels Mobilfunk direkt vom Hersteller möglich werden. Der technische Stand der Erntetechnik wird im Abstand von 4 Jahren anlässlich der internationalen Erntemaschinenvorführung in Seligenstadt bei Würzburg ermittelt. Die Ergebnisse bestätigen in eindrucksvoller Weise den hohen technischen Stand der heutigen Technik bezüglich der Erntequalität. Die Testmethode ist durch das Internationale Institut für Zuckerrübenforschung (IIRB) in Brüssel genormt und wird vom Institut für Landtechnik der Universität Bonn praktiziert.

Wichtigste Kriterien zur Beurteilung der Rübenerntequalität sind der Erdanteil (%), die Masseverluste (%) sowie die Oberflächenbeschädigungen (cm<sup>2</sup>/100 Rüben). Diese gilt es auf ein Minimum zu reduzieren. Während der Erdanteil unter günstigen Erntebedingungen weniger als 5 % betragen kann, liegt er bei normalen Verhältnissen bei etwa 10 % und kann auf sehr feuchten Böden auf mehr als 15 % ansteigen. Die Masseverluste, bedingt durch ein zu tiefes Köpfen und Wurzelbruch liegen durchschnittlich bei etwa 3 %. Bei dem Versuch, möglichst viel Erde von den Rüben zu trennen, sei es in der Erntemaschine oder bei den Reinigungsladern, lassen sich Beschädigungen der Rüben nicht vermeiden. Diese können bei Lagerung in Feldmieten über einen längeren Zeitraum zu beträchtlichen Zuckerverlusten durch Veratmung führen. Um diesen Nachteil zu vermeiden, werden Feldmieten zunehmend mit Vliesmatten oder gehäckseltem Stroh abgedeckt.



### Aktuelle Ernte- und Ladetechnik auf dem Hohenheimer Feldtag

Stellvertretend für den Stand der aktuellen Rübenernte- und Ladetechnik werden folgend der zweireihige KRB der Firma Stoll, der sechsheihige KRB der Firma Holmer sowie der selbstfahrende Reinigungslander der Firma ROPA beschrieben. Beim gezogenen Stoll-Köpfrodebunker V 202 werden die Rüben mit einem Schlegelköpfer mit Seitenauswurf und einem Parallel-Nachköpfer geköpft. Angetriebene einzelschwingende Rodeschare und das Hubradsystem ROTALIFT fördern die Rüben aus dem Boden. Die Maschine hat eine automatische Tiefen- und Seitenführung. Die Rüben werden über drei Siebsterne und einem Fördererelevator in den ca. 10 m<sup>3</sup> fassenden Rübenbunker befördert. Die Rüben können in einer Höhe zwischen 1,65 m und maximal 3,75 entladen werden. Gezogen vor einem Traktor mit mindestens 55 kW (75 PS) werden bei einer durchschnittlichen Arbeitsgeschwindigkeit von etwa 5 km/h ca. 3–4 ha Rüben pro Tag gerodet.

Der niederbayerische Hersteller Alfons Holmer setzt mit dem selbstfahrenden sechsheihigen Köpfrodebunker Terra Dos den Standard für die sechsheihigen Erntesysteme. Die Anfang der siebziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts in Frankreich begonnene Entwicklung sechsheihiger Erntemaschinen wurde von der Firma Südzucker aufgenommen und mit dem „Beta King 3000“ zur Serienreife geführt. In „Der Goldene Pflug“, Heft 13/2001, hat Dr. Hans Irion diese Geschichte eindringlich beschrieben. Nach den Ideen

Selbstfahrender 6-reihiger Bunkerköpfer „Holmer Terra Dos“ unterhalb von Schloss Hohenheim

des Landwirtes Hermann Paintner baute Alfons Holmer 1974 den ersten selbstfahrenden sechsheihigen Köpfrodebunker. An dem Prinzip hat sich bis heute nichts geändert, abgesehen von den im Laufe der Zeit zahlreichen eingeführten Detailverbesserungen. Seit 1991 werden jährlich etwa 160 Maschinen gebaut. Damit ist Holmer europaweit unangefochtener Marktführer unter etwa 10 Anbietern.

Beim „Terra Dos“ wird der Schlegler über zwei Tasträder gestützt; diese können unabhängig vom Fahrersitz aus hydraulisch in der Tiefe eingestellt werden. Die Tasträder können stufenlos hydraulisch bis zu 95 % entlastet werden und lassen sich damit optimal an die herrschenden Bodenbedingungen anpassen. Das abgeschlegelte Blatt wird durch den hydraulisch hoch klappbaren und stufenlos einstellbaren Streuteller über das Feld breitgestreut. Wahlweise kann in der Variante Integralschlegler die Blattablage über ein mit einer Kunststoffplatte ausgekleidetes Deckblech zwischen den Reihen erfolgen. Die parallel geführten, kugelgelagerten Nachköpfer mit integrierter Schnittstärkenautomatik sind vom Fahrersitz aus stufenlos in der Köpfdicke einstellbar. Die mittlere Köpfdicke kann durch Höhenverstellung der Nachköpfer hydraulisch eingestellt werden. Die Tiefenautomatik des Rodeaggregats wird über sieben angetriebene Tasträder gesteuert. Dabei ist die Rodetiefe vom Fahrersitz aus vorwählbar. Das komplette Rodeaggregat kann um 20 cm nach links bzw. rechts zur Vergröße-

rung des Abstandes zwischen Reifen und Rübenreihe ausgeschwenkt werden.

Das Rodeaggregat kann mit starren Reihenabständen von 45 oder 50 cm betrieben werden. In der Rodevariante VPV ist der Reihenabstand zwischen 45 und 50 cm verschiebbar. Die seitenbeweglich geführten und vollhydraulisch angetriebenen Polderschare fördern die Rüben auf wahlweise sieben oder acht Rodewalzen. Die zweite Rodewalze fördert die Rüben von der Mitte nach außen, um den Reinigungseffekt zu erhöhen. Die Rodewalzen-drehzahl ist variabel auf die Bodenbedingungen einstellbar. Über ein Siebband werden die Rüben auf drei gegenläufige Siebsterne geführt. Deren Drehzahlen sind vom Fahrersitz aus stufenlos regelbar. Der Elevator fördert die Rüben in den 25 m<sup>3</sup> umfassenden Bunker. Durch den ca. 11 m langen Reinigungsweg ist eine gute Voraussetzung für optimale Abreinigung und schonende Rübenbehandlung gegeben. Die Entleerung des Bunkers erfolgt über das Entladeband. Ein Längs- und ein Querkraatzboden beschleunigen den Entladevorgang. Im Fahrwerk des mit 308 kW (420 PS) angetriebenen Roders befindet sich ein Knickgelenk. Damit lassen sich die hinteren Räder zur Bodenschonung spurversetzt fahren. Die Lenkung aller vier Räder ermöglicht eine gute Manövrierbarkeit der Maschine auch in schwierigem Gelände. Die großdimensionierte Terra-Bereifung sorgt für eine gute Bodenschonung und verhindert Fahrspuren auf dem Mietenplatz.



Selbstfahrender Rübenreinigungslader ROPA „euro maus“

Der Fahrer kann mittels Kameras und Monitor die Siebsterne und den hinteren Bereich der Maschine überwachen. Mit dem Multifunktions-Joystick werden alle Befehle für Lenkungs- und Rodeabläufe ausgeführt. Mit dem modernen Bordrechner läßt sich der gesamte Arbeitsablauf der Maschine steuern. Ein Diagnosesystem weist auf Störungen hin.

### Lade- und Reinigungstechnik – leistungsfähig und rübenschonend

Auch bei hervorragender Rodetechnik bleibt immer ein bestimmter Erdanteil im Erntegut zurück. Damit über den Erdanteil kein wertvoller Ackerboden verloren geht und in der Fabrik keine hohen Kosten für die Aufbereitung der Erde entstehen, werden größte Anstrengungen zur Minimierung des Erdanteils beim Laden unternommen. Ziel ist eine effektive Erdabreinigung bei einer gleichzeitig schonenden Rübenverladung. In Deutschland werden zur Zeit ca. 90 % aller Rüben vorgereinigt, davon wiederum 90 % mittels selbstfahrender Reinigungslader. Diese haben mittlerweile Aufnahmebreiten von über 8 m erreicht. Die Rüben werden in der Regel durch eine Kombination verschiedener Reinigungswerkzeuge wie Wendelwalzen, Siebsterne und Siebbänder abgereinigt. Dabei sind die einzelnen Reinigungswerkzeuge meist unabhängig voneinander stufenlos in der Geschwindigkeit regelbar.

Selbstfahrende Reinigungslader sind heute mit modernen Bordrechnern sowie

vielfältigen Anzeigenüberwachungs- und Steuerungsfunktionen in der Kabine ausgerüstet. Bei optimaler Einstellung der Maschinen wird eine kostenoptimierte, verlustarme, qualitäts- und bodenschonende sowie leistungsstarke Rübenverladung gewährleistet. Der selbstfahrende Reinigungslader „ROPA euro-Maus“ besitzt eine 8,7 m breite Walzenaufnahme. Der über einen Exzenter permanent angetriebene Mittenteiler sorgt für eine Auflockerung der Miete. Über die aufnehmende Fingerwalze und die nachfolgende Putzerwalze kommen die Rüben auf die beiden Förderwalzen, die auf dem Aufnahmebereich für einen gleichmäßigen Rübenfluß nach außen sorgen. Vier gegenläufig arbeitende „Zwickwalzen“ fördern den Rübenstrom wieder nach innen auf den Bauchgurt. Eine konische Walze trennt den Rübenstrom zwischen Förderwalzen und Zwickwalzen, um die Rüben den gesamten Reinigungsweg nach außen und innen passieren zu lassen. Der teleskopierbare Restrübenaufnehmer wird bequem von der Kabine aus per Joystick bedient. Zwischen Bauchgurt und Überlader können wahlweise Siebketteneiniger oder ein „Zwickwalzenreiniger“ eingesetzt werden. Der „Zwickwalzenreiniger“ besteht aus acht gegenläufigen Wendelwalzen, über denen drei hydraulisch einstellbare Bremsrechen zur Steuerung der Reinigungsarbeit angebracht sind. Der Überlader kann über zwei Drehkränze um 300 Grad geschwenkt werden. Die Überladehöhe beträgt 6,0 m, die Überladebreite 11,5 m, optional 13,0 m. Für eine gute Standsicherheit der Maschine wird der Kraftstofftank als Gegen-

gewicht zum Überladearm ausgeschwenkt.

Der Durchsatz der von einem 191 kW-Motor (260 PS) angetriebenen Maschine liegt über 350 t/h. Die Steuerung und Überwachung der Maschine erfolgt mit drei Bordrechnern, die über ein CAN-Bus-System mit dem Terminal kommunizieren. Einstellungen und Veränderungen können während des normalen Betriebsablaufes vorgenommen werden. Über eine Datenschnittstelle können externe Daten in den Bordcomputern ein- oder Daten des Bordrechners ausgelesen werden. Die „euro-Maus“ verfügt über einen stufenlosen hydrostatischen Antrieb sowie eine Allrad- bzw. Hundeganglenkung. Der Erdanteil der aus der Miete aufgenommenen und gereinigten Rüben liegt bei etwa 3 – 4 %.

### Rübentransport

Wie auf dem Hohenheimer Felddag eindrucksvoll demonstriert, werden die Rüben überwiegend auf Lkw überladen. Der Anteil der durch die Landwirte in Selbstabfuhr zur Fabrik transportierten Rüben liegt heute bundesweit unter 10 %. Mehr als 30 % der Rüben werden über bäuerlich organisierte Gemeinschaftsabfuhr und mehr als 40 % über gewerbliche Spediteure zur Fabrik gefahren. Hierbei werden ausschließlich Lkw eingesetzt, mit deutlichem Trend zu Alu-Muldenaufliegern. In den vergangenen 20 Jahren hat sich die durchschnittlich je Fuhre transportierte Masse „reiner“ Rüben von 9 auf 23 t erhöht. Die deutliche Reduzierung der einzelnen Transporte führt nicht nur zu einer Entlastung im Straßenverkehr, sondern auch zu einer deutlich verbesserten Organisation der Rübenabfuhr mit Vorteilen für den Landwirt und die Zuckerfabrik.

Durch die kontinuierliche Anlieferung mit einer geringeren Anzahl von Fahrzeugen pro Stunde gibt es weniger Störungen bei der Rübenannahme und nur geringe Wartezeiten bei der Entladung der Fahrzeuge. Ein reibungsloser Ablauf erleichtert die Disposition innerhalb der organisierten Abfuhr. Moderne GPS-gestützte Transportlogistiksysteme können Transportfahrzeuge gezielt zu den Verladeeinheiten führen und bieten weiteres Rationalisierungspotential. Die größten Kosteneffekte liegen in der überbetrieblichen Verzahnung vom Roden, Verladen und Transport. Eine gute Auslastung der Fahrzeuge über die gesamte Kampagne ist wichtigste Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Rübentransport.