

Peter Degen, Harsewinkel, und Markus Tschepe, Bonn

## Konstruktive Auslegung von Zuckerrübenerntemaschinen

Heute werden über 60% der Zuckerrüben in Westeuropa mit sechsreihigen Rodersystemen geerntet. Bei den Maschinen handelt es sich um hochintegrierte Erntemaschinen, deren Rode- und Reinigungsaggregate konstruktiv auf unterschiedliche Erntebedingungen ausgelegt sind. Daneben ergeben sich durch Forderungen nach langer Einsatzdauer und hoher Ernteleistung gestiegene Anforderungen an die Maschinenkonfigurationen.

Über 50% der Zuckerrübenvollernter (Köpf-Rode-Bunker, KRB) verfügen über ein sechsreihiges Entblätterungs- und Rodeaggregat [11]. Neben den KRB werden auch sechsreihige Köpf-Rode-Lader (KRL) eingesetzt, die in geringerem Umfang über 8- oder 9-reihige Ernteaggregate verfügen. Hierdurch ergeben sich eine höhere Flächenleistung und die Verringerung des Spuranteils der Erntemaschinen [8, 10].

### Entblätterungs- und Rodewerkzeuge

Bei Köpf-Rode-Bunkern (KRB) befindet sich das Ernteaggregat vor der Vorderachse und liegt so optimal im Blickfeld des Fahrers. Die Rüben werden entblättert, nachgeköpft und aus dem ungestörten Bodenverband herausgelöst. Vorteile ergeben sich

den Nachköpfmessern werden verbleibende Blattreste und Kopfteile von den Zuckerrüben entfernt. Bei einigen Maschinen kommen angetriebene Längs- oder Querputzer zur Reinigung der Köpfflächen zum Einsatz. Genaue Einstellung und Führung des Nachköpfaggregates sind kritisch, da 1 cm Köpfscheibe einen Masseverlust von etwa 10% bedeuten.

Als Rodewerkzeuge haben sich schwingende Polderschare in Deutschland durchgesetzt, wobei der gleich- vom wechselfasigen Antrieb der Schare unterschieden wird. Scheibenschare werden häufig in Frankreich eingesetzt sowie Oppelräder (Radrodeschare) bei nordeuropäischen und amerikanischen Erntemaschinen. Bei Polderscharen ist im Vergleich zu Scheibenscharen die Förderung von Erde im Zuckerrübengutstrom um bis zu 15% geringer. Somit ist die Voraussetzung zur besseren Vorreinigung der Rüben gegeben [4].

### Reinigungswerkzeuge und Bunker

Nachdem die Zuckerrüben aus dem Bodenverband gelöst wurden, werden sie in einem mehrstufigen Reinigungssystem von Erde sowie Steinen, Blättern und weiteren pflanzlichen Bestandteilen befreit. Die Reduzierung des Erdanteils ist bei der Auslegung des Reinigungssystems die wesentliche Führungsgröße. Prozesstechnologisch wird die Erde unterteilt in lose und anhaftende Bestandteile. Es werden zwei verschiedene Wirkmechanismen für die Reinigung definiert. In einer ersten Lösephase werden anhaftende Beimengungen in lose überführt, um dann in der Trennoperation aus dem Gutgemisch abgetrennt werden zu können.

Nach dieser Definition wird der Aufbau von Reinigungswerkzeugen untersucht und in die errechneten Flächen in *Bild 1* dargestellt. Löseflächen sind alle Flächenanteile eines Reinigungswerkzeuges, an denen eine Übertragung von mechanischen Stößen vom Werkzeug auf die Gutpartikel erfolgt. Trennflächen sind alle offenen Flächenelemente eines Werkzeuges, an denen Partikel abgetrennt werden können. Die Trennung erfolgt aufgrund geometrischer Unterschiede ausgelöst durch Schwerkraft oder Beschleunigungskräfte [3].

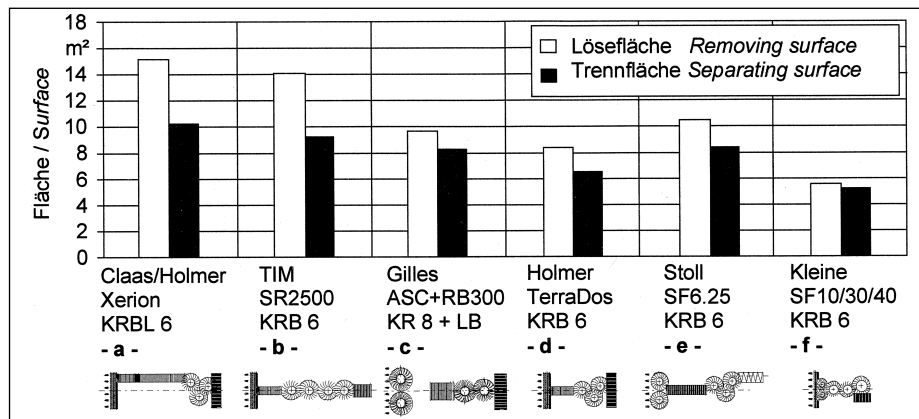


Bild 1: Löse- und Trennflächen in mehrstufigen Reinigungssystemen bei Zuckerrübenvollerntern

Fig. 1: Removing and separating surfaces in multi-stage cleaning systems in sugar beet harvesters

Dr.-Ing. Peter Degen arbeitet im Bereich Vorentwicklung Halmguternte, Claas Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH, Münsterstr. 33, 33428 Harsewinkel, und war von 1996 bis 1998 am Lehrstuhl für Landtechnik Bonn (Leiter: Prof. Dr.-Ing K.-H. Kromer); e-mail: [PetDegen@t-online.de](mailto:PetDegen@t-online.de)  
Dipl.-Ing. Markus Tschepe ist seit 1999 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik Bonn, 53115 Bonn, Nussallee 5; e-mail: [m.tschepe@uni-bonn.de](mailto:m.tschepe@uni-bonn.de)

### Schlüsselwörter

Zuckerrüben, Reinigung, Zuckerrübenerntemaschinen, Siebsterne, Radlasten, Fahrwerke

### Keywords

Sugar beet, cleaning, sugar beet harvester, turbines, wheel loads, chassis

durch eine bessere Rodequalität und den geringeren Erdanhang von an die Mantelfläche angepresster Erde [2].

Das vom Schlegelhäcksler abgetrennte Blatt wird mit einer Schnecke und einer Verteilscheibe oder Auswurftrummel über die nebenliegende, bereits abgeerntete Fläche verteilt. Beim In-line Verfahren wird das stark zerkleinerte Rübenblatt zwischen die Rübenreihen abgelegt. Hiermit wird eine sehr gleichmäßige Verteilung des Blattes auf der gesamten Fläche erreicht. Mit schleifen-

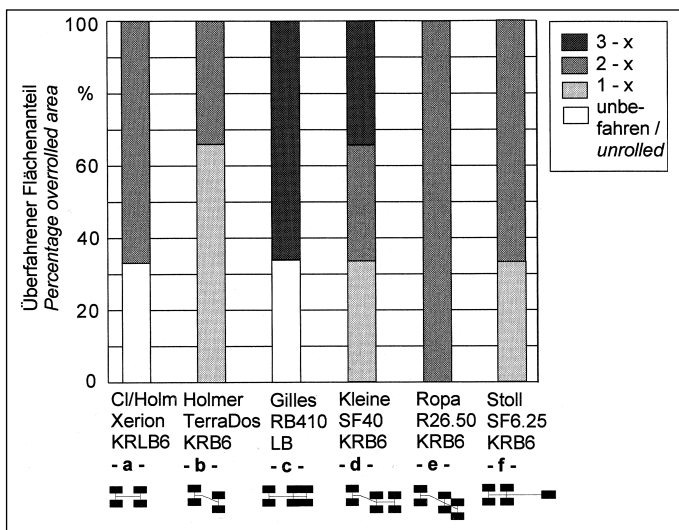


Bild 2: Überfahrener Flächenanteil bei unterschiedlichen Fahrwerkskonzepten von Zuckerrübenvollerntern

Fig. 2: Percentage of passed area with different chassis concepts for sugar beet harvesters

Alle im Bild 1 aufgeführten Zuckerrübenroder verfügen über die drei Werkzeugtypen Siebband, Wendelwalze und Siebsterne. Aufgrund des sehr langen Siebbandes hat der Aufbauroder KRBL Holmer auf dem Claas Xerion eine Lösefläche von 15,2 m<sup>2</sup> und eine Trennfläche von 10,2 m<sup>2</sup>. Über große Löse- und Trennflächen verfügt ebenfalls der Roder SR2500 der Fa. TIM mit 14,1 m<sup>2</sup> Lösefläche und 9,3 m<sup>2</sup> Trennfläche. Beim geteilten Verfahren, bestehend aus einer am Traktor angebauten Köpff-Rodegruppe KR und einem selbstfahrenden Ladebunker LB, und bei den drei übrigen Köpff-Rode-Bunkern KRB ist das Reinigungssystem kompakter und verfügt somit über geringere Löse- und Trennflächen. Diese Maschinen haben Löseflächen von 5,2 m<sup>2</sup> bis 10,4 m<sup>2</sup> und Trennflächen von 4,7 m<sup>2</sup> bis 8,2 m<sup>2</sup>.

In der Regel sind alle Reinigungswerkzeuge hydraulisch angetrieben und werden in der Drehzahl den Einsatzbedingungen entsprechend eingestellt. Die geeignete Drehzahl wird zunehmend vom Fahrer in der Kabine eingestellt, unterstützt durch eine visuelle Kontrolle mit Hilfe von Kameras. Führungsgrößen sind hier Durchsatz, Reinigungsintensität, Beschädigungen und Verluste. Neben der Drehzahleinstellung kann bei Siebsternen durch Veränderung des Abstandes vom Siebrost zum Siebsterneboden die Trennfläche verändert werden.

Wendelwalzen verfügen über ein hohes Erdlösevermögen, verbunden mit einem geringen Trennvermögen. Durch die konische Form der Zuckerrüben können sich diese sehr gut an die Löseflächen anlagern, wodurch eine gute Wirkung bei der Ablösung anhaftender Erde erzielt wird. Bei radial fördernden Wendelwalzenbetten sinkt der Erdanteil erst ab einer Länge von mehr als 2 m [1, 7] auf unter 50% des Ausgangserdanteils. Diese Systeme werden in der Nachreinigungsphase eingesetzt. Gleichlaufende Wendelwalzenbetten, die radial/axial fördern, werden zur Zusammenführung des Gutes beispielsweise nach den Rodescharen verwendet, siehe Bild 1 a, b, d, f.

Siebsterne werden zur Gutzusammenführung sowohl nach den Rodescharen (Bild

1 c, e) als auch in der Nachreinigung eingesetzt. Sie verfügen aufgrund der vielfältigen Bauformen neben großen Löseflächen auch über große Trennflächen. Der Gutstrom auf Siebsternen sollte so ausgeprägt sein, dass der Umschlingungswinkel über 150° liegt, da dort das Maximum der Erdabreinigung liegt [3].

Siebänder haben eine geringe Reinigungswirkung, da die tatsächliche Fördergeschwindigkeit der Bandgeschwindigkeit entspricht. Dies ändert sich, wenn Rückhaltevorrichtungen im Gutstrom wirken, um eine Relativgeschwindigkeit zu erhöhen und damit den reinigungsrelevanten Impulsaustausch zu erreichen.

Mit Bunkerelatoren werden die Zuckerrüben von den Reinigungswerkzeugen in den Bunker gefördert. Elevatoren dienen ausschließlich der Gutförderungen und haben nur eine geringe Reinigungswirkung. Da die Gutabgabe vom Elevator in den Bunker punktförmig ist, übernimmt eine Verteilschnecke die gleichmäßige Füllung des Bunkers. Dies ist zur besseren Ausnutzung des verfügbaren Volumens und der Gewichtsverteilung notwendig (Bild 1 c, d, e, f). Entleert wird der Bunker durch einen Kratzboden und ein links- oder heckseitig angeordnetes Entladeband. Die Entladezeiten liegen unter zwei Minuten.

### Fahrwerk und Antrieb

Die Fahrwerke von Zuckerrübenrodern müssen folgenden Anforderungen genügen:

- Manövrierbarkeit des Fahrzeugs auch unter schwierigen Bedingungen
- sichere Abstützung hoher Gerätemassen
- Bodenschonung
- Aufnahme der Ernte- und Reinigungswerkzeuge, des Bunkers sowie Antriebe
- Einhaltung der gesetzlichen Auflagen (Maße und Gewichte)
- Kosten

So sind bei Selbstfahrern alle Räder angetrieben und lenkbar. Dies verbessert die Traktion der Fahrzeuge. Durch die Lenkbarkeit der Räder wird eine hohe Manövrierbarkeit mit Wendekreisdurchmessern unter 11

m der bis zu 14,8 m langen Maschinen ermöglicht.

Das Leergewicht der sechsstufigen selbstfahrenden Erntemaschinen erreicht heute im Mittel bei Zweiaxsern 25 t und bei Dreiaxsern 30 t. Bei KRB erhöht sich das Gesamtgewicht mit vollem Bunker bei Zweiaxsern auf bis zu 41 t und auf bis zu 60 t bei Dreiaxsern. Die Bunkerkapazitäten liegen bei Zweiaxsern bei bis zu 18 t und bei Dreiaxsern bei bis zu 28 t. Durch die Regelung von Bunkerfüllstand und Achslast wird bei Dreiaxsern die gleichmäßige Abstützung dieser hohen Massen auf das Fahrwerk gewährleistet. Es wurden Einzelradlasten von mehr als 12 t gemessen, im Mittel lagen sie bei 9,8 t. Unterschiede von mehr als 37% wurden bei den Radlasten einer Achse ermittelt, hervorgerufen durch ungünstige Anordnung des Bunkers.

Die hohen Radlasten müssen durch entsprechende Reifen sicher abgestützt werden. Das gewährleisten Niederquerschnittsreifen mit einer Breite von 800 bis 1050 mm, die bei diesen Belastungen mit zulässigen Reifendruck zwischen 1,8 und 2,4 bar gefahren werden. Zur Bodenschonung werden Fahrwerke eingesetzt, bei denen die gesamte Arbeitsbreite von den Reifen überrollt wird. Der Anteil nicht überfahrener Fläche zwischen den Reifen reduziert sich beim Einsatz eines Knickgelenkes in Verbindung mit gelenkten Hinterreifen (Bild 2 b) zu Null. Beim Dreiaxser (Bild 2 d) mit doppeltem Knickgelenk in Verbindung mit starren Achsen verringert sich der Anteil dreifach überfahrener Fläche von 66% (Bild 2 c) auf 33%. Die komplette Arbeitsbreite wird beim Einsatz eines Knickgelenkes mit zwei gelenkten Hinterachsen zweimal überrollt (Bild 2 e).

Insgesamt ist die Erhöhung des Anteils der befahrenen Fläche aus Sicht des Bodenschutzes sinnvoll, jedoch ist die Wirkung hoher Einzelradlasten bei feuchten Bodenbedingungen nicht abschließend geklärt [6, 9].

Der Antrieb des Fahrwerks und der Arbeitswerkzeuge erfolgt heute ausschließlich hydraulisch. Mit einem Verbrennungsmotor, der sich am Fahrzeugheck oder mittig befindet, werden über Hydraulikpumpen und elektrohydraulische Steuereinrichtungen alle Komponenten angetrieben. Die Motorleistung liegt bei Zweiaxsern durchschnittlich bei 300 kW und bei Dreiaxsern bei 360 kW. Einige Roder verfügen über CAN-Bus-Steuerung [5], mit denen kritische Fahrwerksoperationen und Ernteaggregatantriebe logisch verknüpft und über Sensoren und fahrerseitige Einstellung geregelt werden.

Literaturhinweise sind unter LT 01 SH 107 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.