

Technologischer und technischer Vergleich von Bunker- und Parallelverfahren in der Kartoffelernte

Dipl.-Ing. W. Müller/Dipl.-Ing. R. Köpke

Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben der AdL der DDR

1. Aufgaben- und Zielstellung

Die Forderungen nach der weiteren Intensivierung der Kartoffelproduktion zwingen, nach neuen Wegen bei der Ernte zu suchen, bei denen eine Erhöhung der Qualität der Marktware sowie eine Senkung der Bodenbelastung und der Arbeitszeitaufwendungen erreichbar sind.

Erhöhte Beimengungen im Erntegut, unzulässige Beschädigungen der Knollen sowie ungerechtfertigte Verluste resultieren aber auch aus den nicht den Bedingungen entsprechenden Einstellungen sowie dem unzweckmäßigen Einsatz derzeitiger Kartoffelerntemaschinen. Produktivitäts- und Effektivitätsverluste sind die Folge. Mit dem durchgeführten Vergleich von Bunker- und Parallelverfahren wird das Ziel verfolgt, die technischen, technologischen und ökonomischen Vorzüge der Varianten gegeneinander zu werten und Schlußfolgerungen für die weitere Einsatzstrategie in der Landwirtschaft sowie die Anforderungen an neue Kartoffelerntemaschinen abzuleiten.

Im einzelnen sind beim Bunkerverfahren gegenüber dem Parallelverfahren folgende Effekte nachzuweisen:

- geringere Bodenbelastung infolge verringerter Überrollhäufigkeit
- geringerer DK-Verbrauch
- geringerer Aufwand an lebendiger Arbeit (AKh/t).

2. Untersuchungsmethodik

An den durchgeführten Untersuchungen beteiligten sich in interdisziplinärer Zusammenarbeit Betriebe des Landmaschinenbaus und der landwirtschaftlichen Praxis sowie Institute der AdL der DDR.

Untersuchungsbetrieb LPG (P) Schönevalde, Bezirk Cottbus, bewirtschaftet auf einem D 2-Standort eine Nutzfläche von 6440 ha mit einer durchschnittlichen Ackerzahl von 26. Die Größe der Kartoffelanbaufläche beträgt mit 920 ha etwa 20% des Ackerlandes. Die untersuchten Kartoffelerntemaschinen einreihiger Rodetrennbunker E 689 und zweireihiger Rodetrennlader E 686 A 01 waren Serienmaschinen und kamen auf Produktionsflächen zum Einsatz. Als Zugmittel dafür wurden Traktoren MTS-80/82 verwendet. Das Erntegut wurde aufgrund der relativ geringen Entfernungen zwischen Feld und Lagerhaus überwiegend mit Hilfe von Traktoren MTS-50 und Anhängern HW 60.11 ND transportiert, wobei jeder Traktor ständig mit dem gleichen Anhänger gekoppelt war. Zusätzlich wurde beim Bunkerverfahren die Arbeit mit am Feldrand abgestellten Anhängern (Standanhänger) analysiert. Hierbei wurde der unbeladene Anhänger am Feldrand abgekoppelt und dort durch die Kartoffelerntemaschine beladen, während der Traktor einen anderen, beladenen Anhänger abtransportierte.

Das komplexe Untersuchungsprogramm war in folgende Schwerpunkte untergliedert:

Ermittlung der Einsatz- und Standortbedingungen

Zur Sicherung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse war es notwendig, die Randbedingungen während des Ernteprozesses möglichst umfassend aufzunehmen. Dazu zählen:

- acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen bis zur Ernte
- Boden- und Witterungsbedingungen während der Ernte
- spezifische Schlag- und Dammbmessungen
- Betriebsparameter der eingesetzten Maschinen.

Beurteilung der Arbeitsqualität der Kartoffelerntemaschine

Von großer Bedeutung waren die Untersuchungen zur Arbeitsqualität. Mit verschiedenen Prüfmethoden wurden die Knollenbeanspruchungen in beiden Ernteverfahren analysiert:

- Schältest nach Standard TGL 24 637/02
- Provokationstest nach Standard TGL 24 637/06
- Beanspruchungsmessungen nach dem Meßprinzip „Künstliche Kartoffel“
- Überlagerungsversuch durch Ermittlung der Lagerungsverluste.

DK-Verbrauchsmessungen

Für die Durchführung dieser Messungen wurden die verwendeten Traktoren MTS-50 und MTS-82 mit einem im Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben entwickelten kombinierten DK- und Wegmeßgerät ausgerüstet. Damit war es möglich, den DK-Verbrauch sowohl weg- als auch zeitbezogen zu erfassen. Durch die Verbrauchsmessungen im Vollstadium waren zusätzlich Angaben zur abgeforderten Motorleistung der Traktoren zu erwarten.

Erfassung der Zeitaufwendungen für Ernte und Transport

Für jede Kartoffelerntemaschine und Transportvariante wurden Zeitstudien über mehrere Schichten angefertigt und so die Teilzeiten und zurückgelegten Wegstrecken ermittelt. Diese wurden durch Bordbuchaufzeichnungen der Mechanisatoren ergänzt.

Untersuchungen zur Bodenbelastung

Zur Beurteilung der Bodenbelastung wurden ebenfalls mehrere Meßverfahren angewendet. Um die raddruckbedingten Bodenverdichtungen unabhängig von eventuell vorliegenden Krumbasisverdichtungen zu ermitteln, mußten spezielle Meßplätze zur Erzielung eines unverdichteten und steinfreien Ausgangszustandes präpariert werden. Über diese Meßplätze erfolgten die Überfahrten der zu prüfenden Kartoffelerntemaschinen und Transportmittel in der Weise, daß sowohl die Verdichtungswirkung der Einzelmaschinen als auch die Summenwirkung aller Achsen bzw. Räder der in den beiden Ernte-

verfahren verwendeten Maschinen und Transporteinheiten entsprechend den sich zwangsläufig ergebenden Spurpositionen beurteilt werden konnten. Bewertet wurde anhand von Messungen des Durchdringungswiderstandes, der Trockenrohddichte und der pneumatischen Leitfähigkeit. Ergänzend kam das Meßprinzip „Spannungsmessung“ mit Hilfe von Druckmeßdosen in verschiedenen Tiefen zur Anwendung.

3. Ausgewählte Untersuchungsergebnisse

Um die erreichten Ergebnisse der verschiedenen Kartoffelerntemaschinen vergleichen zu können, wurde als Zielkriterium eine optimale Maschinenauslastung bei geringen Rode- und Ausleseverlusten gewählt. Die dabei ermittelten erntespezifischen Schlagparameter sind in Tafel 1 aufgeführt.

3.1. Beanspruchungsuntersuchungen

Dabei wurde das im Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben, Teil Bornim, entwickelte Meßprinzip der „Künstlichen Kartoffel“ angewendet. Beide Kartoffelerntemaschinen wurden im Jahr 1987 baugruppenweise untersucht, wobei die Anzahl der Einzelbeanspruchungen z_i in den Beanspruchungsklassen F_i , die maximale Stoßkraft F_{max} sowie ein Beanspruchungskennwert BKW ermittelt wurden:

$$BKW = \sum F_i z_i$$

Außerdem wurde die Verweilzeit in der jeweiligen Baugruppe bestimmt. Zusammen mit sortenabhängigen Eigenschaften der Kartoffeln lassen sich daraus Aussagen zu Beschädigungswirkungen ableiten. Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse zeigt Bild 1.

Für die erste Siebkette liegen etwa gleichartige Verhältnisse vor. Bei der zweiten Siebkette jedoch wirkt sich schon die relativ größere Siebfläche der E 689 aus, so daß infolge des schneller abgieselten Erdpolsters die Beanspruchungen für die Kartoffeln zunehmen. Die Gummifingerband-Bürstentrennung läßt erwartungsgemäß keine gravierenden Unterschiede erkennen. Auffallend ist

Tafel 1. Ernterelevante Schlagparameter

Parameter		Schlag 1	Schlag 2
Schlaggröße mittlere	ha	95	201
Schlaglänge	m	240	760
Kartoffelsorte		Dorisa	Adretta
Kartoffelertrag	dt/ha	313	352
Erntevorbereitung		chemische Krautabtötung und mechanische Krautminderung	
Krautbesatz	dt/ha	18,1	15,5
Beimengungsanteil	%	10,1 ¹⁾	16,1 ¹⁾
Verlesearbeitskräfte je Kartoffelerntemaschine		3 (E 686) 2 (E 689)	

1) Angaben in Masseanteil in %

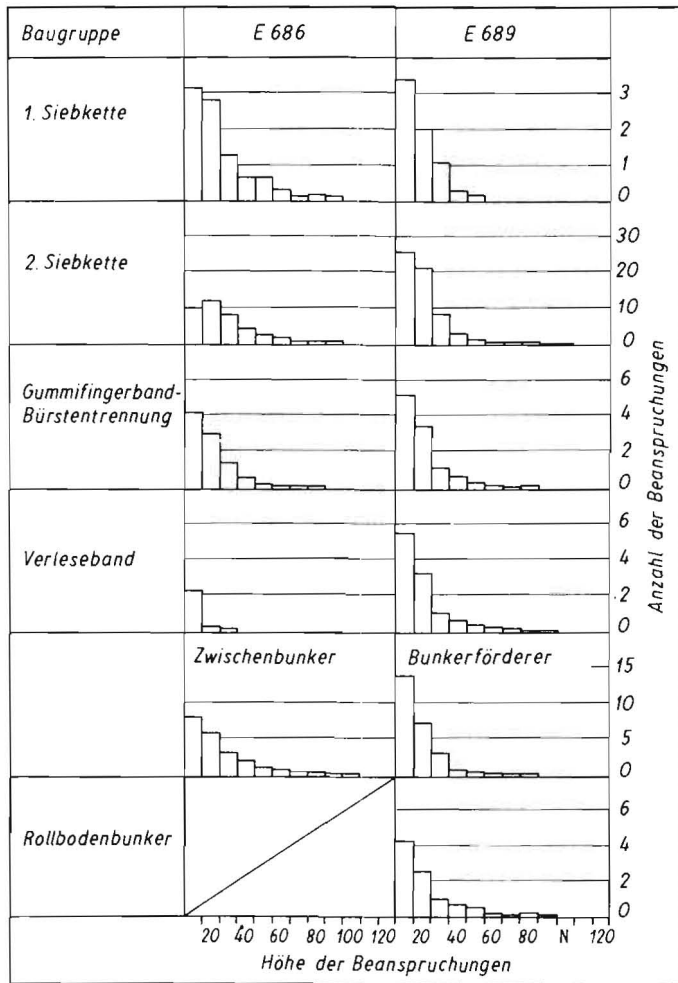


Bild 1. Baugruppenbezogene Gegenüberstellung der gemessenen Beanspruchungen

dagegen die stärkere Beanspruchung auf dem Verleseband der E689. Es ist anzunehmen, daß bei diesen hohen Erträgen der optimale Durchsatz der Baugruppe überschritten wurde und dadurch vermehrt Stoßbelastungen auftraten. Die Meßwerte für die übrigen Baugruppen lassen aufgrund der unterschiedlichen konstruktiven Gestaltung keinen direkten Vergleich zu. Ein zunächst nicht erwartetes Ergebnis lieferte die Berechnung des sog. Beanspruchungskennwertes (Bild 2), der für beide Kartoffelerntemaschinen nahezu gleich ist. Dies ist jedoch durch die Tatsache zu erklären, daß durch die E689 die Kartoffeln zwar nur mäßig beansprucht werden, aber dafür in allen Baugruppen. Bei der E686 dagegen verursachen einige Baugruppen relativ starke und andere nur sehr geringe Beanspruchungen. So stellt die Momentübergabe vom Rollbodenbunker eine geringere Beanspruchung für alle Knollen dar als die Einzelübergabe beim Elevator der Parallelerntemaschine. Das führt insgesamt zu einer großen Anzahl gering beschädigter Knollen bei der E689 und zu einer geringeren Anzahl jedoch stark beschädigter Knollen bei der E686, was durch die Aussagen des Provokationstests unterstützt wird.

3.2. Aufwendungen für Ernte und Transport

Diese Untersuchungen hatten zum Ziel, die wichtigsten leistungsbeeinflussenden Faktoren zu quantifizieren und ihre Auswirkungen auf den Einsatz der Kartoffelerntemaschinen darzustellen. Die wichtigsten Ergebnisse der Zeitstudien sind in Tafel 2 als Relativwerte gegenübergestellt.

Die Messungen ergaben, daß mit der E689 gegenüber der E686 durchschnittlich 7 bis 13% höhere Fahrgeschwindigkeiten während der Arbeitsfahrt erreicht wurden. Die Ursache dafür liegt in der je Kartoffelfreihe größeren Siebkettenbreite und -fläche. Aufgrund der Einreihigkeit ist die Flächenleistung in der Grundzeit geringer, liegt jedoch immer noch über 50% im Vergleich zur E686. Infolge des relativ größeren Anteils der Wendezeit und der notwendigen Abbunkerzeit am Feldrand erhöht sich die Hilfszeit, so daß beim Bunkerverfahren die Flächenleistung in der Operativzeit sinkt und gegen-

Tafel 2. Relativer Vergleich von E686 und E689 im Abschnitt Ernte (E686 $\hat{=}$ 100%)

Parameter	Jahr	
	1986	1987
Fahrgeschwindigkeit in der Grundzeit	% 112,6	107,2
Flächenleistung in der Grundzeit	% 56,3	53,6
Flächenleistung in der Operativzeit	% 49,3	50,6
nach Zeitstudie	% 41,7	49,5
nach Bordbuch		
Anteil der Wendezeit an der Operativzeit	% 147,5	125,8
Anteil der Abbunkerzeit (nur E689) an der Operativzeit	% 8,1	11,2
Aufwand an lebendiger Arbeit in der Schichtzeit	AKh/ha 152,1	148,2

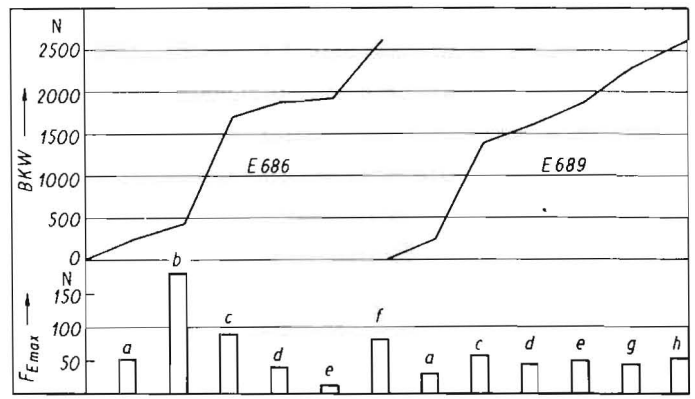


Bild 2. Ermittelte Beanspruchungskennwerte BKW und maximale Stoßkräfte $F_{E,max}$
a 1. Siebkette, b Klutenballon, c 2. Siebkette, d Gummifingerband-Bürstentrennung, e Verleseband, f Zwischenbunker, g Bunkerförderer, h Rollbodenbunker

technisches Arbeitsmittel	Reifen				p_i kPa	F_N kN
MTS-82	vr	///	///	///	7,5-20	250
	vl	///	///	///	7,5-20	250
	hr	///	///	///	15,5-38	160
	hl	///	///	///	15,5-38	160
E 686	r	///	///	///	12,5-20	250
	l	///	///	///	12,5-20	250
MTS-50	vr	///	///	///	6,5-20	250
	vl	///	///	///	6,5-20	250
	hr	///	///	///	13,6-38	160
	hl	///	///	///	13,6-38	160
HW 60	vr	///	///	///	12,5-20	300
	vl	///	///	///	12,5-20	300
	hr	///	///	///	12,5-20	300
	hl	///	///	///	12,5-20	300
Variante	b	a	b	a	b	

Bild 3. Spuranordnung und Radparameter für Ernte mit MTS-82 + E686 und Transport mit MTS-50 + HW60 (l links, r rechts, v vorn, h hinten);
a Spur von E686 (beide Räder),
b Spur von MTS-82, MTS-50 und HW60 (alle Räder)
1) Überrollungen bei erster Durchfahrt,
2) Überrollungen bei folgenden Durchfahrten

über der E686 einen Wert von rd. 50% erreicht. Ebenfalls als Folge der Einreihigkeit ist der Aufwand an lebendiger Arbeit bei der Ernte mit der E689 in der Schichtzeit je ha um etwa 50% höher.

Werden in diese Betrachtungen die Meßergebnisse aus dem Verfahrensabschnitt Transport einbezogen, ergeben sich die Tafel 3 zusammengestellten Werte.

Im Gesamtvergleich beider Verfahren waren die summierten Aufwendungen auffallend ausgewogen. Die Mehraufwendungen der einreihigen Ernte mit der E689 wurden unter den vorliegenden Bedingungen durch die Bunkerung und den verringerten Transportaufwand gegenüber der zweireihigen Ernte mit der E686 ausgeglichen. Durchgeführte DK-Verbrauchsmessungen bestätigen dieses Ergebnis.

3.3. Bodenbelastung im Verfahren

Im Rahmen des Verfahrensvergleichs E686 und E689 wurden die raddruckbedingten Bodenverdichtungen, die von den zu prüfenden Mechanisierungsmitteln verursacht worden waren, an präparierten Meßplätzen ermittelt.

Tafel 3. Aufwendungen im Verfahrensabschnitt Ernte und Transport

		E686	E689
Ernte	AKh/t	0,23	0,32
Transport	AKh/t	0,71	0,56
gesamt	AKh/t	0,94	0,88
	%	100	93,6

Die Spurpositionen der zu prüfenden Kartoffelerntemaschinen und Transportmittel sowie die unterschiedliche Belastung ausgewählter Meßplätze sind aus den Bildern 3 und 4 ersichtlich.

Zur Beurteilung der Schädigung dienen die Meßwerte der Lagerungsdichte (Trockenrohddichte) und der pneumatischen Leitfähigkeit des Bodens. Folgt man den Empfehlungen der Bodenfruchtbarkeitsforschung und legt den Lagerungsdichtegrenzwert für den Untersuchungsstandort bei $1,51 \text{ g/cm}^3$ fest, dann ergeben sich die im Bild 5 dargestellten Werte meßplatz- und variantenweise für Ober- und Unterkrume.

Die Ergebnisse belegen, daß alle untersuchten Fahrwerke den Boden in unzulässigem Maß verdichten. Die stärksten Verdichtungen (mit Grenzwertüberschreitung im Krumbereich um $0,3 \text{ g/cm}^3$) verursachten die Fahrwerke in Variante b (Zugtraktor für Kartoffelerntemaschine E686 + Transporteinheit). Aber auch die Räder der E686 (Variante b) allein, die „leer“ über den Meßplatz gezogen wurde, verdichteten den Boden unzulässig stark bis in die Krumbasis infolge des hohen Reifeninnendruckes p_i und zu großer Radlast F_N auf dem rechten Rad. Genauso wurde der Boden durch die Kartoffelerntemaschine E689 + Zugtraktor MTS-80 mit gefülltem Bunker (Variante g) verdichtet. Die Meßwerte der pneumatischen Leitfähigkeit entsprechen grundsätzlich den Lagerungsdichtemeßwerten.

4. Zusammenfassende Schlußfolgerungen

Gegenwärtig dominiert in der Kartoffelproduktion das Parallelernteverfahren. Im Ergebnis eines durchgeführten Verfahrensvergleiches werden die bodenseitigen, Aufwands- und Qualitätsvorteile des Bunkerernteverfahrens dargestellt.

Wenn auch keines der untersuchten Fahrwerke der Kartoffelerntemaschinen den Anforderungen der Bodenschonung auf druckempfindlichen Standorten entspricht, so ist aus den vergleichenden Untersuchungen eindeutig erkennbar, daß Bunkererntemaschinen günstiger abschneiden als konventionelle Kartoffelerntemaschinen, die das Erntegut im Parallelverfahren übergeben. Weitere tendenziell positive Effekte von Bunkererntemaschinen bestehen in einem geringeren spezifischen DK-Verbrauch im gesamten Verfah-

Bild 4
Spuranordnung und Radparameter für Ernte mit MTS-80 + E689 (l links, r rechts, v vorn, h hinten, k. M. keine Messung); g. Spur von MTS-80 + E689 (alle Räder), h Spur von E689 (nur linkes Rad)
1) Überrollungen bei erster Durchfahrt, 2) Überrollungen bei folgenden Durchfahrten

technisches Arbeitsmittel		Reifen	p_i kPa	F_N kN
MTS-80	vr	///	7,5-20	250
	vl	///	7,5-20	250
	hr	///	15,5-38	160
E689	r	///	12,5-20	250
	l	///	12,5-20	250
Variante		h k.M. k.M. g g g		

ren, verbunden mit einem niedrigeren Aufwand an lebendiger Arbeit und der Möglichkeit, die Knollenbelastungen weiter zu vermindern. Im Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen lassen sich weiterhin einige Hinweise für den Einsatz der vorhandenen Kartoffelerntemaschinen in der Landwirtschaft der DDR ableiten:

- Die Einstellmöglichkeiten der zur Zeit eingesetzten Kartoffelerntemaschinen (E682 bis E689) lassen genügend Reserven, um eine verlustarme und qualitätssichernde Kartoffelernte durchzuführen, die aber in der Praxis nicht in vollem Umfang genutzt werden:
- Die Betriebsparameter der Klutenwalzen sind einzuhalten, sie sind aber nur bei Notwendigkeit einzusetzen.
- Die Absiebung auf der 2. Siebkette ist möglichst schonend einzustellen.
- Die Sicherung geringer Fallstufen ist u. a. durch Einsatz der automatischen Fallhöhenanpassung zu gewährleisten.
- Im technologischen Ablauf während der Ernte gilt es, bestehende Verlustquellen zu minimieren:
- Der Entleerungsvorgang für den Rollbodenbunker ist so kurz wie möglich zu gestalten.
- Empfohlen wird das Abbunkern der E689 auf Standanhänger, wenn die Umlaufzeit des Transportmittels kleiner oder gleich der Beladezeit des Standanhängers ist.
- Obwohl das Ernteverfahren mit der E689 um rd. 20% günstigere Bodenverfestigungswerte im Vergleich zur Kartoffelerntemaschine zweireihiger Rodetrennlader E686 liefert, liegen beide doch wesentlich über den im Interesse der Bodenschonung erforderlichen Richtwerten. Grund-

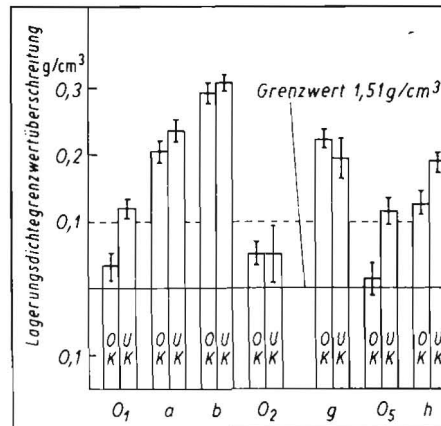


Bild 5. Lagerungsdichtegrenzwertüberschreitung in der Oberkrume (OK) und Unterkrume (UK) durch den Bodendruck der Fahrwerke (O₁, O₂, O₃ Dichte des Bodens vor der Überrollung; a, b, g, h s. Bilder 3 und 4)

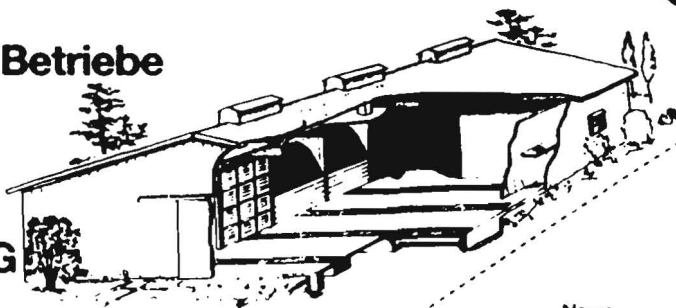
sätzliche Verbesserungen sind bei der vorhandenen Technik nicht erreichbar. Geringe Effekte lassen sich durch folgende Maßnahmen erzielen:

- Vermeidung unnötiger Lastfahrten der Transportmittel auf dem Feld
- große Schlaglängen durch Querfahrtstrecken unterteilen
- Ausrüstung des Anhängers HW60 mit Bereifung 16-20 (die entsprechende Dokumentation liegt im Teil Meißen des Forschungszentrums für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft vor).
- Bei dem hohen Rodetempo und der geringen Möglichkeit, die zweite Siebkette bezüglich Erdbedeckung zu beobachten, sind Maschinenverstopfungen besonders bei der E689 leicht möglich. Eine Steuerung oder sogar Regelung der Siebintensität während der Fahrt könnte ein Ausweg sein.

A 5730

LK-Kartoffellager

- für bäuerliche Betriebe
- für Großlager
- PLANUNG
- BERATUNG
- AUSFÜHRUNG



LK-FERTIGBAU
Oberste Höhe - 5204 Lehmar 21

Tel. 02206/3021 · Tx 067521 · Teletax 02206/32106

Coupon

Bitte einsenden an:

in der DOR Beratung und Verkauf:
Sächsischer Anlagenbau GmbH i. Gr.
Postfach 280 · Kirchplatz Nr. 3
DDR-8600 Bautzen
Tel. 054/511319 · Telex 287298

- Informieren Sie mich
- Ich bitte um ein unverbindliches Beratungsgespräch.

Name _____
Straße _____
PLZ/Ort _____
Telefon _____