

# Probleme der konzeptionellen Entwicklung neuer Landmaschinen am Beispiel der Maschinen und Geräte der Bodenbearbeitung

Dr.-Ing. J. Lucius, KDT, Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Bodenbearbeitungsgeräte „Karl Marx“ Leipzig

## 1. Zielstellung

Weltweit ist gegenwärtig eine Verknappung der finanziellen Fonds zu verzeichnen, was zu einer Stagnation des Absatzes in den kapitalistischen Ländern und in den sozialistischen Ländern zur Einschränkung der Investitionskraft der Landwirtschaftsbetriebe führt. Diese Situation führt zur vollständigen bzw. optimalen Nutzung der Ressourcen, auch der des Hauptproduktionsmittels Ackerboden. So kommt es darauf an, unter den verschiedensten Bedingungen Voraussetzungen für höchste Erträge zu schaffen, was sich in einer großen Variantenvielfalt der landtechnischen Verfahren und Geräte ausdrückt. Hierunter sind jedoch nicht diejenigen zu verstehen, die in den kapitalistischen Ländern infolge der Konkurrenz angeboten werden und keine reale Spezifik im Sinne der verbesserten Bearbeitung des Arbeitsgegenstands aufweisen. Zur Realisierung des für die DDR-Volkswirtschaft wichtigen Exports ist es bei der umfangreichen Konkurrenz erforderlich, ebenfalls eine große Vielfalt der Geräte anzubieten. Besonders auf dem Gebiet der Bodenbearbeitung resultiert daraus bei gesicherter Marktdeckung eine so große Vielfalt von Varianten, daß die Ökonomie des Herstellers oft in Frage steht. So existieren z. B. in der BRD etwa 75 Pflugerhersteller mit einem breiten Angebot, das, bezogen auf die Produktionsstückzahlen je Typ, unter Beachtung des Inlandbedarfs und der sinkenden Exportmöglichkeit zu vergleichsweise hohen Preisen je Gerät und zur Verkomplizierung der ökonomischen Situation der Produzenten führt.

Zur Lösung des o. g. Gesamtproblems sind aus technischer Sicht solche Formen der Konzeption von Geräten und Maschinen zu schaffen und deren Einsatz zu sichern, die eine hohe Ökonomie beim Hersteller und beim Nutzer ermöglichen. Hier sollen Probleme der Produktion von Einzweckmaschinen, Baureihen und Baukastensystemen als Mehrzweckmaschinen am Beispiel von Bodenbearbeitungsgeräten diskutiert werden. Außerdem gilt es zu analysieren, ob der Nutzer entsprechend den Bodenbedingungen bzw. den verschiedenen Verfahren eine Umrüstung der Geräte vornehmen wird. Vom Konstrukteur sind folgende Fragen zu beantworten:

Unter welchen Bedingungen ist es aus ökonomischer Sicht zweckmäßig, einfache Einzweckmaschinen zu entwickeln?  
Wann ist es notwendig, Baureihen und Baukastensysteme zu konzipieren?

## 2. Forderungen an die Konstruktion aus dem Nutzerbereich

In zahlreichen Veröffentlichungen zu den Konstruktionswissenschaften sind methodische Hinweise zum Herangehen an eine Konstruktionsaufgabe gegeben. Im allgemeinen fehlen jedoch die Anleitungen bzw. die Hinweise zur Entscheidung o. g. Fragen. Zunächst sollen die Begriffe Einzweckmaschine, -gerät, Baureihe und Baukastensysteme definiert werden:

### *Einzweckmaschine, -gerät*

Eine für einen bestimmten Einsatzzweck hinsichtlich Zugmittel, Bodenbedingungen und Technologie entwickelte und produzierte Maschine (Gerät).

### *Baureihe*

Maschinen und Geräte, „die dieselbe Funktion mit der gleichen Lösung in mehreren Größenstufen bei möglichst gleicher Fertigung in einem weiten Anwendungsbereich erfüllen“ [1]. Zwischen den Größenstufen gelten für die einzelnen Parameter die Ähnlichkeitsgesetze. Als Beispiel kann der Kopp lungswagen T890 mit seinen Arbeitsbreitenabstufungen von 5 bis 10 m angeführt werden.

### *Baukastensysteme*

Hierunter werden Maschinen bzw. Geräte verstanden, „die durch systematische Auflösung in Baugruppen und Einzelteile sowie deren dem Verwendungszweck entsprechende Kombination zu verschiedenartigen Finalerzeugnissen“ entstehen [2].

Bei mehreren Größenstufen dieser Baukastensysteme enthalten sie auch Baureihen. Hier können die 20-kN-Pflüge B200/B201 als Beispiel angeführt werden, die zwar als Baukastensystem konzipiert, aber leider nicht so produziert werden.

Nach Soucek und Regge [3] sind wesentliche Elemente zur Formulierung der Aufgabenstellung für die Konstruktion von Landmaschinen die Steigerung der Arbeitsproduktivität und die Senkung der Verfahrenskosten. Letztere werden im starken Maß von den Kosten der vergegenständlichten Arbeit, d. h. vom Grundmittelbesatz im Nutzerbereich, beeinflußt. Der Grundmittelbesatz ergibt sich einmal aus der zu bearbeitenden Fläche sowie aus den entsprechend den unterschiedlichen Bedingungen erforderlichen verschiedenen Geräte- bzw. Maschinentypen oder -varianten. Um nun die Verfahrenskosten zu senken, bedarf es der Senkung des Grundmittelbesatzes. Das ist jedoch unter dem Aspekt der Sicherung der notwendigen Schlagkraft zu sehen, da die Einhaltung der agrotechnischen Termine zu erhöhten Erträgen und zu verbesserter Qualität führt sowie die Verluste senkt. Die ökonomische Lösung kann durch die Bereitstellung von Baukastensystemen erfolgen, wenn es gelingt, bestimmte Kosten und Preisrelationen zu den Einzweckmaschinen unter Einbeziehung möglichst kurzer Umrüstzeiten zu gewährleisten. Es soll nun versucht werden, nachfolgend einige Kriterien für die Auswahl der geeigneten Konzeptionen der Maschinen bzw. Geräte aus der Sicht des Anwenders zu nennen.

In Tafel 1 ist eine Zusammenstellung der Einflußbedingungen auf die Wahl der Konstruktion dargestellt. Es ist ersichtlich, daß eine große Vielfalt unterschiedlicher Bedingungen Beachtung finden muß. Die Realisierung dieser Arbeiten mit Einzweckmaschinen würde eine hohe Grundmittelbelastung zur Folge haben. Deshalb ist als nächstes zu un-

tersuchen, unter welchen Bedingungen der Nutzer Einzweckmaschinen, Baureihen bzw. Baukastensysteme einsetzt.

### *Einzweckmaschinen*

Die Bedingungen beim Nutzer sind konstant. Der Boden und auch die Zugmittel erlauben eine einheitliche Bearbeitung. Eine solche Feststellung ist zunächst formal, wenn beachtet wird, daß infolge der Witterung sehr unterschiedliche Bodenbedingungen entstehen können. Aber auch hier gibt es bestimmte Bodenarten, die auf unterschiedliche Feuchtigkeiten im Sinne der Bearbeitung nur gering ihre Eigenschaften ändern bzw. bei denen zum Zeitpunkt der Bearbeitung relativ konstante Witterungsbedingungen vorherrschen.

Der Einsatzumfang für die bestimmte Bearbeitung ist so groß, daß eine Maschine bzw. ein Gerät oder sogar mehrere parallel nebeneinander wirtschaftlich eingesetzt werden können. Das ist für die Großraumwirtschaft zutreffend.

Die Umrüstzeiten für eine Maschine bzw. ein Gerät aus dem Baukastensystem sind so groß, daß Verluste in Form von Erträgen und Qualitätsmängeln zu erwarten sind. Das tritt dann auf, wenn zur Sicherung der Aussaattermine z. B. eine andere Werkzeugkombination infolge veränderter Witterungsbedingungen notwendig ist. Hier liegen die Grenzen, was gegenwärtig realisiert werden kann. Der Landwirt muß entscheiden, ob der auftretende Verlust an Zeit zur Umrüstung eines Baukastensystems und der damit verbundene Ertragsverlust ihm die Bereitstellung einer Einzweckmaschine wert ist. Eine exakte Ökonomie dazu anzugeben ist z. Z. in bezug auf die Bodenbearbeitung nicht möglich.

Besonderes Kennzeichen der Einzweckmaschinen ist, daß sie nur das Nötigste zur Erfüllung der Funktion aufweisen. Sie sind vergleichsweise billig und weisen eine hohe Materialökonomie aus.

### *Baureihen*

Die Struktur des Landwirtschaftsbetriebs verlangt infolge Geländegestaltung und Wirtschaftsform Maschinen und Geräte unterschiedlicher Leistungs- bzw. Größenklassen. Unter dem Aspekt des Verschleißes und der Ersatzteilhaltung ergeben sich hier besondere Vorteile. Die Verwendung von einheitlichen Arbeitswerkzeugen der Bodenbearbeitung für alle Traktorklassen bei gleichen Anschlußbedingungen ist ein gutes Beispiel.

### *Baukastensysteme*

Der Einsatz erfolgt von Landwirtschaftsbetrieben mit sehr unterschiedlichen Bedingungen, die eine jeweilige Anpassung der Maschinen und Geräte erfordern. Die Vielzahl der zum gleichen Effekt führenden Einzelmaschinen würde den Grundfonds zu sehr belasten. Dabei ist jedoch ökonomisch schwer exakt zu belegen, wo

die Grenze zwischen Einzweckmaschinen und Baukastensystemen liegt. Auch hier ist das Kriterium der ökonomische Verlust infolge der Senkung der Schlagkraft der Bodenbearbeitungstechnik durch Umrüstarbeiten. Charakteristisch für eine Baukastenmaschine ist ein im allgemeinen höherer Preis sowie eine schlechtere Materialökonomie im Vergleich zu einer Einzweckmaschine. Für den Hersteller ist jedoch die Ökonomie einer Maschine aus dem Baukastensystem nicht im Vergleich mit der Einzweckmaschine, sondern im Vergleich mit den das gesamte Spektrum umfassenden Maschinen zu suchen.

Bei der Betrachtung der effektiven Nutzung der Grundfonds in der Landwirtschaft ist an dieser Stelle ein neuer Trend in der Mechanisierung der Landwirtschaft zu berücksichtigen. Es werden hauptsächlich in den entwickelten Industrieländern zunehmend Systemtraktoren und Standardtraktoren mit leistungsfähiger Front- und Heckhydraulik sowie zugeordneten Zapfwellen und fahrkinematischen Eigenschaften bereitgestellt, die neue Möglichkeiten der Senkung der Grundfonds in der Landwirtschaft erkennen lassen. Auf dem Gebiet der Bodenbearbeitung ist eine Senkung des Aufwands für Tragwerke, besonders für Kombinationen, bei gleichzeitiger Verbesserung der Achslastverteilung der Traktoren und somit verminderter Bodenschädigung möglich. Der jedoch noch größere Effekt entsteht durch die Einbeziehung der anderen Mechanisierungsmittel, wie z. B. für die Futter- und Hackfruchternte. Den erhöhten Traktorenkosten steht eine wesentliche Senkung der Kosten für die Anbaugeräte gegenüber, da diese wesentlich billiger sind als die entsprechenden selbstfahrenden Maschinen. Auf diese Weise entsteht ein Baukastensystem, das über die Grenzen der Mechanisierungsmittel zur Bodenbearbeitung hinausreicht und den Traktor als ein Element mit einbezieht. Aus wirtschaftsökonomischer Sicht sind für die Bedingungen der DDR entsprechende Untersuchungen notwendig.

Entsprechend der Analyse des Nutzerbereichs ist es aus der Sicht des Herstellers nicht exakt möglich, den Bedarf im Sinne der Themenstellung ökonomisch zu begründen. Ursache ist die bereits erwähnte Unmöglichkeit der Ermittlung der ökonomischen Verluste bei Überschreitung der agrotechnisch günstigen Termine unter den Bedingungen der Witterungsschwankungen der künftigen Vegetationsperiode. Allgemein kann eingeschätzt werden, daß für klein- und mittelbäuerliche Wirtschaften Baukastensysteme von Vorteil sind. Ausgenommen davon sind die Nutzer in den Entwicklungsländern, die entsprechend ihrer extensiven Technologie nur Einzweckmaschinen benötigen. Für die Großraumwirtschaft werden nur bedingte Umrüstungen vorgenommen. Das ist dann der Fall, wenn genügend Zeit zwischen dem Einsatz der unterschiedlichen Rüstvarianten liegt, wie z. B. die Saatbettbereitung im Frühjahr und im Herbst. Für die verbleibenden Einsatzbedingungen werden im Interesse einer einfachen Ersatzteilhaltung und Instandsetzung und zur Gewährleistung der erforderlichen Schlagkraft aus dem Baukastensystem die spezifischen Rüstvarianten von der Industrie bezogen, aber im Laufe ihrer Nutzung nicht oder nur selten umgerüstet. Baureihen sind perspektivisch für die Boden-

Tafel 1. Einflußbedingungen auf die Wahl der Konstruktion

lfd. Nr.	Einflüsse von		Einschätzung je Wirtschaftseinheit
1	Arbeitsgegenstand	unterschiedliche Bodenart, Steinbesatz, organischer Bewuchs u. ä.	kann unterschiedlich sein je nach Standort
2	Technologie der Bearbeitung	regional unterschiedliche Monokultur, Fruchtfolgewirtschaft, Einbeziehung der Branche (z. B. in Entwicklungsländern)	i. allg. einheitlich
3	Wirtschaftsform	kleinbäuerliche Wirtschaft, Großraumwirtschaft	einheitlich
4	Zugmittel		
4.1.	Zugkraft	Zugkraftklassen, Bauformen	unterschiedlich 14...50 kN Standard-, Systemtraktoren
4.2.	Kopplungsbedingungen	Dreipunktbau, Aufsattel- und Anhängereinrichtung	unterschiedlich in Abhängigkeit von der Zugkraftklasse

bearbeitung in der Großraumwirtschaft grundsätzlich zu empfehlen.

### 3. Forderungen an die Konstruktion aus der Sicht des Herstellers

Die bisherigen Aussagen bezogen sich im wesentlichen auf den Nutzer der Maschinen und Geräte. Eingangs wurde darauf hingewiesen, daß der gegenwärtige Trend in der individuellen Anpassung an die verschiedenen Bedingungen liegt. Es wurde auch festgestellt, daß das gegen die Ökonomie des Herstellers gerichtet ist.

Das Ziel der Hersteller kann demzufolge nur sein, alles zu tun, um die Stückzahl insgesamt zu erhöhen. Dazu sind die Einzweckmaschinen nicht geeignet.

Die Orientierung kann nur auf Baukastensysteme und Baureihen gerichtet sein, da hier infolge einer systematischen Aufgliederung der Konstruktion in technologisch abgeschlossene Baugruppen ein hoher Wiederholteilgrad erreicht wird. Diese Art der Produktion setzt zwar einen hohen Forschungs- und Entwicklungsaufwand voraus, führt aber zu folgenden Vorteilen:

- Durch zeitliche und räumliche Trennung von Baugruppen- und Endmontage sind die Senkung der Durchlaufzeiten und die Senkung der Umlaufmittel möglich.
- Bei Vorhandensein entsprechender Lagerflächen und Fonds für Umlaufmittel ist ein sofortiges Reagieren auf den Markt möglich.
- Die Weiterentwicklung und die Berücksichtigung von Kundenwünschen sind schneller realisierbar, wenn die Forderungen nicht die Systembedingungen verletzen.
- Eine rationelle Instandsetzung der Produktionsanlagen ist möglich.
- Bei einfachen Geräten ist die „Endmontage“ der Maschinen und Geräte beim Nutzer möglich. Das hat besonders beim Export nach Übersee Bedeutung.

Entsprechend den vorhandenen Forderungen nach Einzweckmaschinen ist aus dem Baukastensystem bzw. der Baureihe die entsprechende Variante abzurüsten, um somit dennoch einen hohen Wiederholteilgrad zu erhalten. Diese Variante enthält jedoch keine Elemente, die eine Umrüstung mit anderen Baugruppen ermöglicht. Es entsteht somit ein neuer Typ außerhalb des Baukastensystems, jedoch mit Wiederholteilen aus diesem. Der Hersteller hat das Ziel, geringe

Umrüstzeiten zu realisieren und billige Maschinen aus dem Baukastensystem zu konzipieren, um somit die Forderung nach Einzweckmaschinen möglichst einzuschränken.

Die Gewährleistung einer eindeutigen und schnellen Produktionsorganisation setzt bei der Vielzahl der Varianten der Bodenbearbeitungsgeräte den effektiven Einsatz der Datenverarbeitung in der Form voraus, daß mit ihrer Hilfe, beginnend von den bestellten Varianten der einzelnen Baukastensysteme über die Materialbestellung und -ausschreibung bis zur Produktionskontrolle, die Arbeit organisiert wird.

### 4. Darstellung einer möglichen Konzeption eines Saatbettbereitungssystems mit passiven Werkzeugen

Es gibt wohl keine andere Gerätegruppe in der Landtechnik, die so vielseitig gestaltet sein muß, wie die passiven Saatbettbereitungsgeräte. Die Traktorenzugkraftklassen, die Bodenbedingungen und die unterschiedlichen Technologien für die einzelnen Fruchtarten sind die Ursache für die Vielzahl der Geräte. Diese gilt es unter Beachtung der Produktionsbedingungen in Form eines Baukastens zu konzipieren, der in Baureihen aufgelöst ist. An dieser Aufgabe haben das Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg und der VEB Erntemaschinen Neustadt, Stammbetrieb, Betriebsteil Automatisierungstechnik Leipzig, Anteil. Grundgedanke ist die Austauschbarkeit von 10 Werkzeugen zu verschiedenen Werkzeugkombinationen, unabhängig von der jeweiligen Zugkraftklasse. Die Anpassung an die verschiedenen Zugkraftklassen erfolgt durch ein Rahmensystem, das die Kopplung der Werkzeuge über die Breite und die Tiefe ermöglicht. Damit sind kurze und lange Anbaurahmen sowie ein Aufsattelrahmen mit nachgeordneter weiterer Kopplungseinrichtung möglich (Bilder 1 und 2). Anhand der Rahmenkonzeption ist das Problem der Baukastensysteme zu erkennen. Es besteht die Möglichkeit, durch Anflanschen am kurzen Anbaurahmen den langen Anbaurahmen und aus diesem wiederum den Aufsattelrahmen zu erstellen. Das sind jeweils aber andere Belastungsfälle, und bei einheitlichen Bauelementen ist hier eine optimale Auslastung des Materials nicht gewährleistet. Wird für die jeweilige Rahmenvariante das spezielle Rahmenelement bereitgestellt, so ist zwar in der

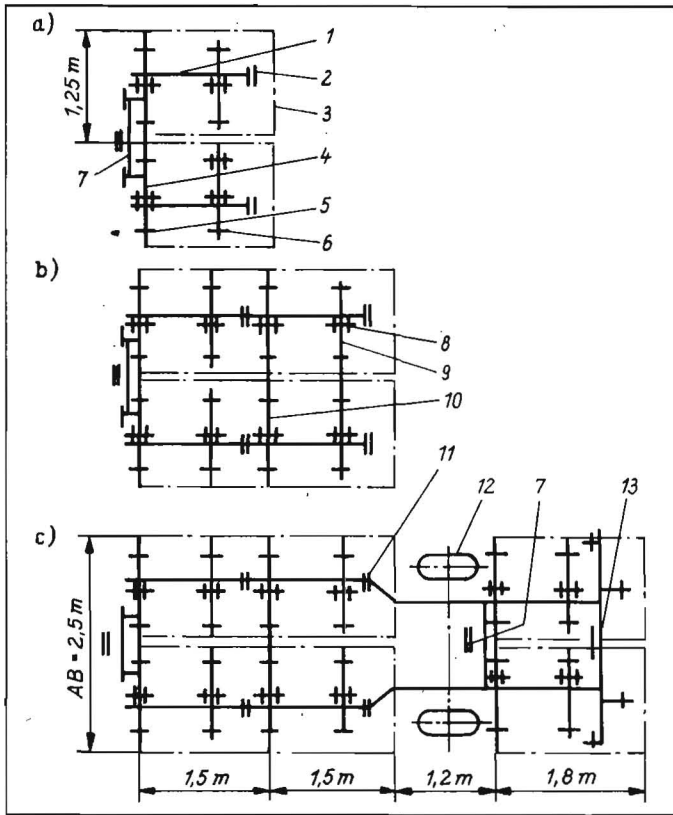


Bild 1. Schematische Darstellung der Staffeltiefen der Basisrahmen der Saatbettbereitungskombination für die Zugkraftklasse von 20 bis 50 kN (Tiefenraster 1,5 m, 3,0 m, 4,2 m, 6,0 m); a) kurzer Anbaurahmen, b) langer Anbaurahmen, c) Aufsattelrahmen mit Zusatzwerkzeugträger (Erweiterung der Arbeitsbreite AB mit Hilfe von Rahmenaußenfeldern auf 5,0 m und 7,5 m sowie über Kopplungsgerät auf 10,0 m (15,0 m) für alle Anbauvarianten)  
 1 Längsholm, 2 Flanschpunkt zwischen kurzem Anbaurahmen und Rahmensegment, 3 Umriß der Werkzeugsektion (WZS), 4 Kopfräger, 5 Zugpunkt der WZS, 6 Anhängpunkt der WZS, 7 Dreipunktaufhängung, 8 Gelenkpunkt, 9 Anhängetraverse, 10 Zugtraverse, 11 Rahmenflanschpunkt zum Laufwerk, 12 Laufwerk, 13 Zusatzwerkzeugträger

Konstruktion das Material optimal ausgelastet, jedoch für die Umrüstung ein höherer Materialaufwand erforderlich, da z. B. zur Erreichung eines langen Anbaurahmens die

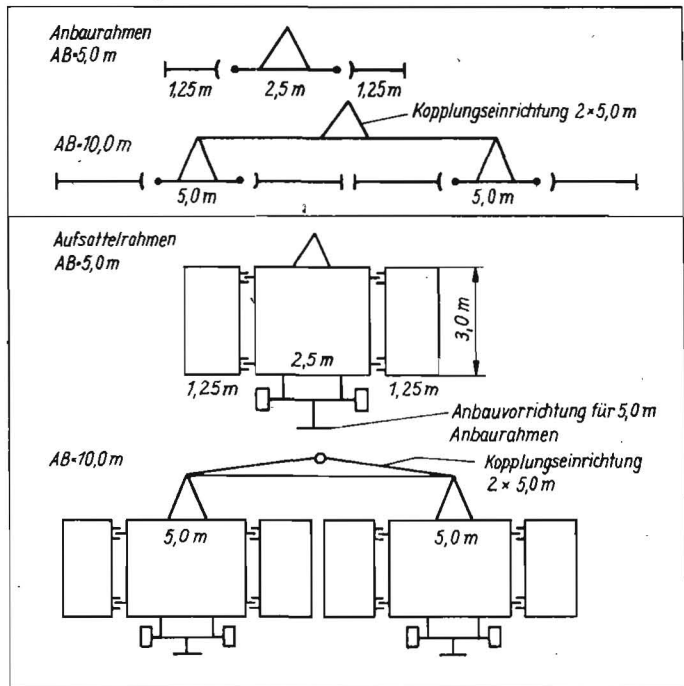


Bild 2. Schematische Darstellung einer Saatbettbereitungskombination für die Zugkraftklasse von 20 bis 50 kN (Breitenraster)

Rahmenelemente des kurzen Anbaurahmens durch solche des langen ausgetauscht werden müssen. Hieraus folgt, daß die ökonomische Zweckmäßigkeit wiederum davon abhängt, ob in der landwirtschaftlichen Praxis umgerüstet wird oder nicht. Bei der Umrüstung ist die Flanschvariante die optimale, während im anderen Fall, d. h. wenn nicht umgerüstet wird, spezielle Rahmenelemente für den kurzen und langen Anbaurahmen sowie für den Aufsattelrahmen vorzusehen sind.

Während die Forderungen der landwirtschaftlichen Technologie auf der Basis einer hohen Ackerkultur eine hohe Vielfalt und Anpassungsfähigkeit bedingen, sind für die Entwicklungsländer extreme Einfachheit, Robustheit und wenig Verstellbarkeit erforderlich. Diese Forderungen sind mit einem Baukastensystem schwer oder nicht zu erreichen. Unter diesem Aspekt sind unter Nutzung der vorhandenen Werkzeuge einfache, nach Möglichkeit geschweißte Rahmen ohne Veränderungsmöglichkeiten erforderlich.

## 5. Zusammenfassung

Es wurde versucht, eine Analyse der Bedingungen zur Verwendung von Einzellmaschinen, Baureihen und Baukastensystemen zu geben. Einfluß auf die Wahl der jeweiligen Konstruktionsprinzipie haben die unterschiedlichen Einsatzbedingungen, die Grundmittelbelastung in Beziehung zur Schlagkraft der Maschinen und Geräte sowie die Wirtschaftsform der Landwirtschaftsbetriebe. Die Angabe einer exakt berechenbaren Entscheidungshilfe zur geeigneten Auswahl ist nicht möglich, da sich Verzögerungen agrotechnischer Termine ökonomisch schwer bewerten lassen und die Witterungsbedingungen der folgenden Vegetationsperiode nicht zu prognostizieren sind.

## Literatur

- [1] Dubbel, H.: Taschenbuch für den Maschinenbau. Berlin (West), Heidelberg: Springer Verlag 1983.
- [2] Richter, E.; Schilling, W.: Montage im Maschinenbau. Berlin: VEB Verlag Technik 1974.
- [3] Soucek, R.; Regge, H.: Grundsätze für die Konstruktion von Landmaschinen. Berlin: VEB Verlag Technik 1974.

A 4382

## Neuerscheinung

### Adaptive Steuerungen von Werkzeugmaschinen

Auslieferung in diesen Tagen durch den Fachbuchhandel.

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Von einem Autorenkollektiv unter Leitung von J. M. Solomencev. Aus dem Russischen. In deutscher Bearbeitung. 452 Seiten, 207 Bilder, 21 Tafeln, DDR 60,- M, Ausland 60,- DM. Bestellangaben: 553 295 9 / Solomencev, Steuerungen

Ausführlich dargestellt werden der theoretische Stand sowie praktische Ergebnisse sowjetischer Forschungseinrichtungen und der sowjetischen Industrie.

Hauptabschnitte: Qualität, Produktivität und Selbstkosten – Hauptkennziffern des technologischen Prozesses · Adaptive Steuerung des technologischen Prozeßablaufs zur Steigerung der Genauigkeit und Produktivität der Werkstückfertigung · Steuerung anderer Prozeßparameter zur Steigerung der Fertigungsgenauigkeit und -produktivität · Steuerung des Maßeinrichtens und -umrüstens technologischer Systeme · Adaptive Steuerung des Arbeitszyklus einer Werkzeugmaschine · Optimierung technologischer Prozesse der Werkstückfertigung auf Werkzeugmaschinen · Entwicklung von Systemen der adaptiven Steuerung des Fertigungsprozeßablaufs an Werkzeugmaschinen · Fertigungsaufgaben, die auf Werkzeugmaschinen mit adaptiven Steuerungen gelöst wurden.