

Zum konstruktiven Entwicklungsprozeß von Landmaschinen

Dozent Dr.-Ing. K. Plötner, KDT, Universität Rostock, Sektion Landtechnik

1. Landmaschinen und Maschinenbau

Landmaschinen sind technische Gebilde für die Be- und Verarbeitung der landtechnischen Stoffe. Bei ihrer Entwicklung, ihrem Einsatz und bei ihrer Instandhaltung sind neben den allgemeinen Grundlagen des Maschinenbaus noch landtechnische Grundlagen zu beachten. Die landtechnischen Grundlagen resultieren aus:

- den Be- und Verarbeitungsvorgängen für die landtechnischen Stoffe
- den Eigenschaften, dem Aufbau und dem Verhalten der landtechnischen Stoffe
- den sich daraus ergebenden Einsatzcharakteristiken für die Landmaschinen.

Beim derzeitigen Stand der Erkenntnisse liegen landtechnische Grundlagen in Form von gesicherten Erfahrungswerten, funktionellen Abhängigkeiten als Ergebnisse von Experimenten und z. T. auch als geschlossene Theorien und Gesetzmäßigkeiten vor. Unter Berücksichtigung der landtechnischen Grundlagen läßt sich nach Bild 1 jede Landmaschine als System „technisches Verfahren — technisches Gebilde“ darstellen, wie es in der allgemeinen Konstruktionstheorie üblich ist /1/.

Die allgemeine Aufgabe des Konstrukteurs besteht bei der Entwicklung von Landmaschinen darin, die Funktion und die Struktur der Systeme so zu bestimmen, daß die Landmaschinen hergestellt werden können und sich unter bestimmten Gebrauchsbedingungen bewähren. Im Vergleich zum allgemeinen Maschinenbau kommt bei der Entwicklung von Landmaschinen den Arbeitselementen besondere Bedeutung zu, weil

- sie die landtechnischen Stoffe nach festgelegten Operationen zielgerichtet verändern und
- deshalb bei ihrer Entwicklung neben den maschinenbautechnischen Grundlagen insbesondere die landtechnischen Grundlagen zu beachten sind.

Im konstruktiven Entwicklungsprozeß sind die Arbeitselemente in Verbindung mit den übrigen Strukturelementen der Landmaschinen entsprechend der Zielfunktion des ökonomischen Konstruierens zu entwickeln.

2. Konstruktiver Entwicklungsprozeß und Zielfunktion des ökonomischen Konstruierens

Der konstruktive Entwicklungsprozeß ist ein wesentlicher Teilprozeß der technischen Vorbereitung der materiellen Produktion technischer Gebilde allgemein und speziell auch der Landmaschinen. Er beinhaltet alle geistigen, manuellen und maschinellen Arbeiten, die bis zur vollständigen Strukturbeschreibung der Landmaschinen einschließlich der Maschinenprüfung notwendig sind. Enge Wechselbeziehungen ergeben sich für den konstruktiven Entwicklungsprozeß von Landmaschinen mit den Prozessen der Verfahrensentwicklung und technologischen Entwicklung sowie mit dem Maschinensatz und der Instandhaltung.

Im Verfahrensentwicklungsprozeß wird das technische Verfahren entwickelt, das innerhalb oder mit Hilfe der zu entwickelnden Landmaschinen realisiert werden soll. Daraus folgt ein wichtiger Grundsatz für den konstruktiven Entwicklungsprozeß:

Die Funktion der Landmaschinen ist zu bestimmen, bevor deren Struktur bekannt ist.

Die systematische Strukturbestimmung einer Landmaschine verläuft nach Bild 2 wie bei anderen technischen Gebilden in verschiedenen Phasen und Etappen. Je nach der vorliegenden Aufgabenstellung werden die Hauptetappen in einzelne Phasen weiter untergliedert und von diesen Phasen die Verbindungen zur Verfahrensentwicklung und technologischen Entwicklung sowie zwischen den Phasen hergestellt. In den drei Hauptetappen und in allen weiteren Phasen des konstruktiven Entwicklungsprozesses muß das ökonomische Konstruieren Zielfunktion und Grundlage der Arbeit sein. Die Zielfunktion des ökonomischen Konstruierens für die Konstruktion nach Ulrich /2/, die identisch mit der Zielfunktion des Maschinenverhaltens für die Instandhaltung nach Eichler /3/ ist, beinhaltet:

- Die Landmaschinen sind so zu konstruieren, daß die Summe der Aufwendungen für Herstellung, Betrieb und Instandhaltung, bezogen auf die Konstruktionsnutzungsdauer, zu einem Minimum wird.

Ohne auf die Zielfunktion und deren Einflußfaktoren näher einzugehen, muß noch darauf hingewiesen werden, daß die Zielfunktion des ökonomischen Konstruierens eine wichtige Optimierungsaufgabe darstellt, die im konstruktiven Entwicklungsprozeß gelöst werden muß.

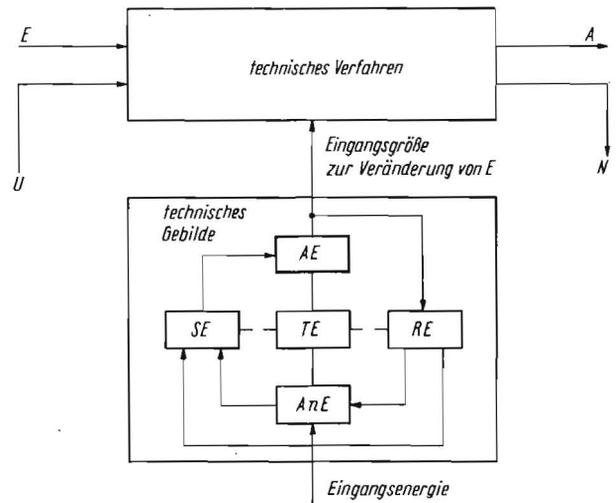


Bild 1. System „technisches Verfahren — technisches Gebilde“ für Landmaschinen; U Umstände, N Nebenwirkungen /1/; Kennzeichen des Systems für Landmaschinen:

- | | |
|----------------------|--|
| Eingangsgrößen E | — landtechnische Stoffe vor der Be- oder Verarbeitung |
| technische Verfahren | — Operationen bei der Be- oder Verarbeitung |
| Ausgangsgrößen A | — landtechnische Stoffe nach der Be- oder Verarbeitung |
| technische Gebilde | — Landmaschinen mit Arbeitselementen (AE), Trägerelementen (TE), Antriebs-elementen (AnE) sowie Steuer- (SE) und Regelementen (RE) |

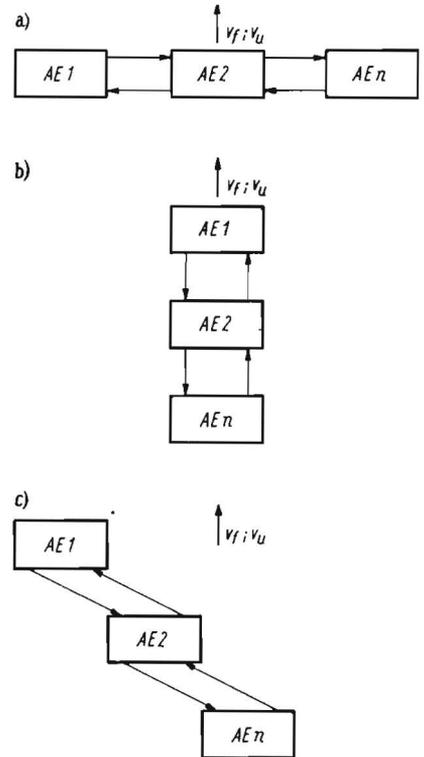
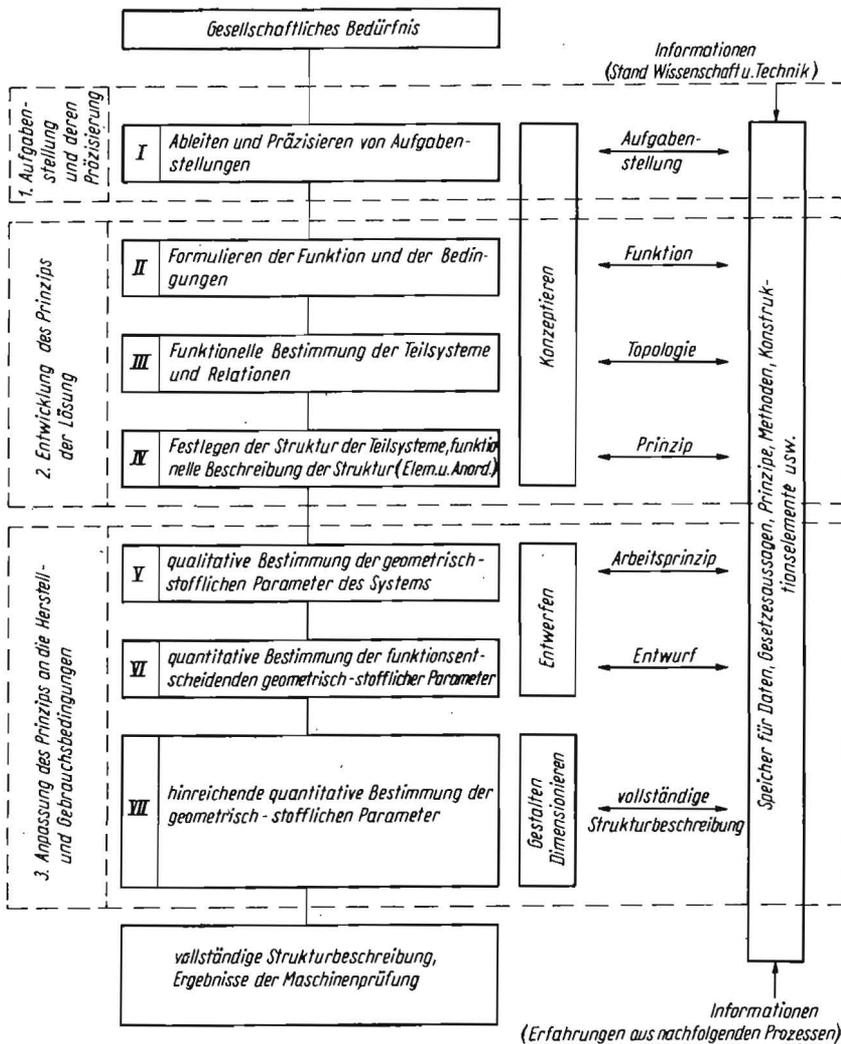


Bild 3. Möglichkeiten für die Anordnung von gleichen und unterschiedlichen Arbeits-elementen (AE) in Landmaschinen (v_f ; v_u Geschwindigkeiten):
a) Parallelanordnung
b) Hintereinanderanordnung
c) gemischte Anordnung

Bild 2. Haupttappen und Phasen für den konstruktiven Entwicklungsprozess von Landmaschinen /1/

3. Aufgaben in den Haupttappen des konstruktiven Entwicklungsprozesses von Landmaschinen

Die allgemeine Zielstellung für die Entwicklung von Landmaschinen geht aus den Dokumenten des VIII. Parteitag der SED /4/ hervor, in denen es heißt:

- Einführung neuer Technologien und Bereitstellung von Maschinensystemen, die eine wesentliche Steigerung der Arbeitsproduktivität und die Senkung der Kosten ermöglichen und damit den Anforderungen der industriemäßigen Produktion in der sozialistischen Landwirtschaft gerecht werden.

Im folgenden sollen Aufgaben zur Verwirklichung dieser Zielstellung in den Haupttappen des konstruktiven Entwicklungsprozesses und allgemeine Wege zu ihrer Lösung aufgezeigt werden.

3.1. Aufgabenstellungen und deren Präzisierung

Allgemeine Aufgabenstellungen für den konstruktiven Entwicklungsprozess von Landmaschinen können wie folgt formuliert werden:

- Entwicklung von Landmaschinen, die die zielgerichteten Veränderungen der landtechnischen Stoffe mit geringem Energieaufwand, hoher Arbeitsproduktivität, hoher Zuverlässigkeit und niedrigen Kosten erreichen und damit zur Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion beitragen.

Mit derartigen Aufgabenstellungen kann aber der Konstrukteur noch nicht viel anfangen. Nach dem Stand der Erkenntnisse, durch theoretische Betrachtungen und in der Mehrzahl der Fälle durch experimentelle Untersuchungen müssen die Aufgabenstellungen eindeutig präzisiert werden. Ausgehend von agrotechnischen, maschinenbautechnischen und ökonomischen Forderungen, die klar formuliert werden müssen, sind unter anderem folgende Fragen zu beantworten:

- Mit welchen Verfahren soll die Be- und Verarbeitung der landtechnischen Stoffe erfolgen und wie sind diese in Maschinen zu kombinieren?
Für die Kombination von Verfahren in Maschinen werden z. Z. zwei gegensätzliche Wege beschritten, die aus der Be- und Verarbeitung der landtechnischen Stoffe resultieren:
 - a) Die Zahl der realisierten Verfahren nimmt zu, was gleichbedeutend mit kombinierten und bestimmt auch komplizierten Maschinen ist, und
 - b) die Zahl der realisierten Verfahren nimmt ab, was zu einfacheren Maschinen führt.
- Wo liegen hier die Grenzen und nach welchen Gesetzmäßigkeiten werden sie ermittelt?
- Welche Eingangsgrößen liegen vor und welche Ausgangsgrößen sollen unter welchen Umständen und bei welchen Nebenwirkungen erreicht werden?
Hier sind die Stoffparameter der landtechnischen Stoffe wichtig.

- Wie sollen die Verfahren oder Teilfunktionen durch die Strukturelemente realisiert werden?

Für Arbeitselemente (AE) muß dabei grundsätzlich zwischen folgenden drei Möglichkeiten bei gleichen Ein- und Ausgangsgrößen sowie gleichen Umständen und Nebenwirkungen entschieden werden:

- 1 AE realisiert 1 TGV (technologisches Grundverfahren)
- 1 AE realisiert n TGV
- n AE realisieren 1 TGV

Damit werden gleichzeitig Teilsysteme „(1...n) technologische Grundverfahren — Arbeitselement“ und Wirkpaarungen „Arbeitselement — landtechnischer Stoff“ definiert, die die Grundlage für die systematische Prinzipientwicklung darstellen. Für die Teilsysteme und Wirkpaarungen, für die entsprechend der Zielstellung bewährte Strukturen bekannt sind, sollen diese bereits bei der Präzisierung ausgewählt und nach den Methoden der Projektierenden Konstruktion in die Gesamtmaschine eingeordnet werden. Geht es jedoch um neue, bisher unbekannte Prinzipien zur Realisierung bekannter Funktionen, dann müssen die nicht weiterentwicklungsfähigen Strukturen aus der Betrachtung ausgeschlossen werden.

Wenn in der Etappe der Präzisierung noch die Grenzwerte für Energien, Arbeitsqualitäten und -quantitäten, Leistungen, Zuverlässigkeiten und die Einordnung in Gesamtsysteme festgelegt werden, dann sind mit dem Ergebnis der Präzisierung der Aufgabenstellung eindeutig Hinweise, Vorschriften und Forderungen für die konstruktive Entwicklung der Maschinen gegeben.

3.2. Entwicklung des Lösungsprinzips

Die Prinzipientwicklung stellt einen Schwerpunkt im konstruktiven Prozeß dar. Wie bereits angedeutet, ist die Entwicklung neuer Prinzipien für Arbeitselemente, Baugruppen und Maschinen nur sinnvoll und ökonomisch vertretbar, wenn die bekannten Prinzipien auch aus anderen Wissenschaftsdisziplinen zur Realisierung bestimmter Funktionen die angestrebte Zielstellung nicht erreichen. Wie sieht es mit dieser Frage in Landmaschinen aus?

- Die Mehrzahl der verwendeten Prinzipien für Arbeitselemente und Baugruppen in Landmaschinen arbeitet auf mechanischer Basis und ist bereits lange Zeit bekannt.
- Die Steigerung der Arbeitsproduktivität und die Senkung der Kosten wurde bisher mit den bekannten Prinzipien vor allem durch die 3. Hauptetappe des konstruktiven Entwicklungsprozesses, die verbesserte Anpassung an die Herstell- und Gebrauchsbedingungen, erreicht. Zur Steigerung der Arbeitsproduktivität werden noch vorwiegend die bekannten Wege:

- Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeiten
- Vergrößerung der Arbeitsbreiten
- beide in Kombination

beschritten. Nicht vergessen darf man hier die technische Gestaltung bestimmter Hilfsprozesse. Verallgemeinert und auf die Gesetzmäßigkeiten der systematischen Prinzipientwicklung übertragen, beinhalten diese Wege:

- Gleiche Funktionen oder Grundverfahren werden durch gleiche Arbeitselemente gleichzeitig realisiert oder
- Wiederholung gleicher Funktionen oder Grundverfahren mit gleichen Arbeitselementen in einer bestimmten Zeiteinheit.

Diese beiden Varianten für die Funktionserfüllung können durch drei Möglichkeiten der Anordnung von Arbeitselementen nach Bild 3 realisiert werden. Für die Kombination von bewährten Baugruppen zu Maschinen treffen diese drei Möglichkeiten ebenfalls zu. Im Ergebnis einer Analyse der in Landmaschinen realisierten Prinzipien konnten die Varianten a) und b) für die Funktionserfüllung und die drei

Realisierungsmöglichkeiten nach Bild 3 für die strukturelle Anordnung der Arbeitselemente abgeleitet und verallgemeinert werden.

Es muß eingeschätzt werden, daß es richtig war, die bisher bekannten und bewährten Prinzipien immer besser an die Herstell- und Gebrauchsbedingungen anzupassen und auf diesem Wege die Zielfunktion des ökonomischen Konstruierens zu verwirklichen. In diesem Zusammenhang ergibt sich aber auch die Frage:

- Bis zu welchen Grenzen können für bekannte Prinzipien in der Anpassungsetappe durch die verschiedenen Anordnungsmöglichkeiten noch die Arbeitsbreiten vergrößert und die Arbeitsgeschwindigkeiten erhöht werden?

Ergebnisse theoretischer und experimenteller Untersuchungen deuten für bestimmte Prinzipien bereits Grenzen an, so daß sich daraus die Notwendigkeit für die Entwicklung neuer Prinzipien zur Realisierung bestimmter Funktionen oder Verfahren ableitet. Für die Weiterentwicklung bekannter Prinzipien und die systematische Entwicklung neuer Prinzipien für Strukturelemente in Landmaschinen sind besonders wichtig:

- Systematisierung bekannter Prinzipien mit gleicher und analoger Funktion, auch aus anderen Wissenschaftsdisziplinen
- Aufnahme von neuen, bisher unbekanntenen „Suchrichtungen“, d. h. Integration der Gesetze der dialektischen Logik in den methodologischen Weg der Prinzipfindung
- Übergang von mechanisch-wirkenden zu nichtmechanisch-wirkenden Strukturelementen. Wertvolle Hinweise und Anregungen dazu gehen aus der Broschüre „Die sowjetische Landtechnik heute und morgen“ /5/ hervor.

Ausgangspunkt für die Entwicklung neuer Prinzipien sind in jedem Fall die Ergebnisse der Präzisierung der Aufgabenstellung. Die angegebenen Schwerpunkte müssen dabei als Einheit betrachtet werden. Die Entwicklung neuer Prinzipien ist die Hauptetappe mit höchstem schöpferischem Anteil im konstruktiven Entwicklungsprozeß. Da die Gesetzmäßigkeiten dieses gedanklichen Prozesses so gut wie noch nicht aufgedeckt sind, gibt es auch noch keine mit Sicherheit zum Ziel führende Methode für die Prinzipientwicklung. Eine Methode zeichnet sich nach eigenen Erkenntnissen in Weiterentwicklung der Konstruktionssystematik für die Prinzipientwicklung von Arbeitselementen ab. Diese Methode setzt allgemeingültige ordnende Gesichtspunkte voraus und muß bis zur Verallgemeinerung noch weiter erprobt werden.

Die Auswahl des optimalen Prinzips, das in der Hauptetappe der Anpassung an die Herstell- und Gebrauchsbedingungen gestaltet und dimensioniert wird, erfolgt nach Bewertungsverfahren mit Hilfe von Kriterien, die sich aus der Zielfunktion des ökonomischen Konstruierens und Forderungen der präzisierten Aufgabenstellungen ableiten. Als Ergebnis der Prinzipientwicklung liegen Teilsysteme „(1...n) technologische Grundverfahren — Arbeitselement“ mit Wirkpaarungen „Arbeitselement — landtechnischer Stoff“ vor, die mit Hilfe der Ergebnisse der Präzisierung der Aufgabenstellung bereits durch wichtige Konstruktions- und Betriebsparameter gekennzeichnet sind.

3.3. Anpassung des Prinzips an die Herstell- und Gebrauchsbedingungen

Durch Gestalten und Dimensionieren wird das entwickelte und ausgewählte Prinzip für Arbeitselemente, Baugruppen oder Maschinen entsprechend der Zielstellung an die vorgesehenen Herstell- und Gebrauchsbedingungen angepaßt. In dieser Hauptetappe sind enge Wechselbeziehungen zur Technologie der Herstellung und zur Technologie des Einsatzes zu beachten.

Das Ziel der Dimensionierung ist, alle Strukturelemente der Maschine so zu bemessen, daß zulässige Spannungen und

zulässige Verformungen nicht überschritten werden und damit die vorgesehene Funktion mit den definierten Eingangs- und Ausgangsgrößen erreicht wird. Hier treten oft erhebliche Schwierigkeiten auf, weil für die Gesetze der Festigkeitslehre, der Werkstoffkunde, Werkstoffprüfung und Konstruktionslehre nur ein Teil der notwendigen Größen aus den Funktionsbedingungen und andere erst aus der stofflich-geometrischen Struktur der Baugruppe oder Maschine ermittelt werden können. Deshalb wird meist die Iteration

— Entwurfsrechnung — Gestaltung — Nachrechnung

unumgänglich, wobei die Nachrechnung oft mit experimentellen Untersuchungen unter Labor- und Praxisbedingungen und demzufolge mit erheblichem Zeit- und Kostenaufwand verbunden ist. Bei der Dimensionierung sind von besonderer Bedeutung:

- Lastannahmen und Belastungsfälle
- Beanspruchungsarten und Sicherheiten
- Festigkeits- und Zuverlässigkeitsnachweis.

Nach Tersch /6/ ist es notwendig, Berechnungsvorschriften für die zuverlässige Vorausbestimmung der Belastung der Maschinen zu erarbeiten. Die besondere Problematik ist hierbei, daß die Belastungen im allgemeinen dynamischer und auch zufälliger Art sind.

Im Zusammenhang mit dem Festigkeitsnachweis sind auch die Strukturelemente einer Baugruppe oder Maschine zu gestalten, denn besonders die dynamischen Festigkeitswerte hängen stark von der jeweils vorliegenden stofflich-geometrischen Struktur ab. Das Gestalten ist nach Cottin und Trudel /7/ häufig die Ursache für das Versagen von Konstruktionen. Nach Cottin /8/ bedeutet Gestalten die zweckmäßige Formgebung von Einzelteilen, Baugruppen oder Maschinen. Das Gestalten soll so erfolgen, daß die Erzeugnisse ihre Funktion mit hoher Zuverlässigkeit erfüllen, daß sie mit den wirtschaftlichsten Fertigungsverfahren in hoher Qualität hergestellt werden können und daß ihre Tragfähigkeit bei minimalem Materialeinsatz garantiert ist.

Beim Gestalten der Strukturelemente von Maschinen sind nach Schlottmann /9/ zu beachten:

- Gesetze der Werkstoffanordnung und des Werkstoffeinsetzes
- fertigungs- und werkstoffgerechtes Gestalten
- gußtechnisches Gestalten
- Gestalten von Schmiede- und Preßteilen
- Blechverarbeitung.

Aus der Sicht des Einsatzes von Landmaschinen müssen das Instandhaltungsgerechte und Instandsetzungsgerechte Gestalten auch beachtet werden.

Beim Dimensionieren und Gestalten stehen meistens mehrere Varianten zur Diskussion, von denen durch Bewerten und Optimieren im Rahmen von theoretischen oder auch experimentellen Untersuchungen die optimale Variante ausgewählt wird. Im Ergebnis der Gestaltung und Dimensionierung liegt die vollständige Strukturbeschreibung einschließlich der Ergebnisse der Maschinenprüfung vor. Für alle Strukturelemente der Baugruppe oder Maschine sind alle Konstruktions- und Betriebsparameter eindeutig bestimmt.

Um in kürzerer Zeit und mit größerer Wahrscheinlichkeit optimale Lösungen für Arbeitselemente, Baugruppen und Maschinen zu entwickeln, ist für alle drei Hauptetappen die Systematisierung der Tätigkeiten des Konstrukteurs und der Konstruktionsobjekte notwendig. Wertvolle Unterlagen dazu bilden:

- Die systematische Gliederung des konstruktiven Entwicklungsprozesses in Verbindung mit den Nomenklaturen für Arbeitsstufen und Leistungen von Aufgaben des Plans Wissenschaft und Technik

- das Oberprogramm und die Unterprogramme der Systematischen Heuristik
- die Arbeitsmethoden der Konstruktionssystematik und
- das Anwenden der EDV im konstruktiven Entwicklungsprozeß.

Unter Verwendung dieser allgemeinen Unterlagen sind in Wissenschaft und Praxis in den letzten Jahren zahlreiche Arbeiten für den konstruktiven Entwicklungsprozeß erschienen, die wertvolle Grundlagen für die tägliche Arbeit des Konstrukteurs und für die Ausbildung von Diplomingenieuren für Landtechnik darstellen. Es ist an der Zeit, daß durch eindeutige Abstimmung und enge Zusammenarbeit alle Erkenntnisse zum konstruktiven Entwicklungsprozeß in Speichern für Daten, Gesetzesaussagen, Prinzipien, Konstruktionselemente und Methoden geordnet und anwendungsbereit erfaßt werden.

4. Zusammenfassung

Ausgehend von einem Vergleich Landmaschinenbau und Maschinenbau wird der konstruktive Entwicklungsprozeß von Landmaschinen mit der Zielfunktion des ökonomischen Konstruierens beschrieben. Nach der allgemeinen Zielstellung für die Entwicklung von Landmaschinen werden für die Hauptetappen des konstruktiven Entwicklungsprozesses Aufgaben und allgemeine Wege zu ihrer Lösung aufgezeigt.

Literatur

- /1/ Autorenskollektiv: Konstruktionslehre I. Karl-Marx-Stadt: Institut für Fachschulwesen der DDR 1969.
- /2/ Ulrich, K.: Zur Formulierung der Zielfunktion des ökonomischen Konstruierens. Dt. Agrartechnik 21 (1971) H. 9, S. 369—400.
- /3/ Eichler, Ch.: Grundlagen der Instandhaltung am Beispiel landtechnischer Arbeitsmittel. Berlin: VEB Verlag Technik, 1973.
- /4/ —: Dokumente des VIII. Parteitagess der SED. Berlin: Dietz Verlag 1971.
- /5/ Artobolewski/Dubrowski: Die sowjetische Landtechnik heute und morgen. Berlin: Zentralvorstand der Gesellschaft für Deutsch-Sowjetische Freundschaft, Abt. Wissenschaft und Technik 1971.
- /6/ Tersch, H.: Überlegungen zu Lastannahmen für mobile Landmaschinen. Vorträge des 1. Kolloquiums „Zuverlässigkeit und ökonomischer Materialeinsatz bei Landmaschinen“. Leipzig: Institut für Landmaschinentechnik im VEB Weimar-Kombinat 1971.
- /7/ Cottin, D./D. Trudel: Die Anwendung determinierter und heuristischer Programme im FG Betriebsfestigkeit des ILT. Vorträge des 1. Kolloquiums „Zuverlässigkeit und ökonomischer Materialeinsatz bei Landmaschinen“. Leipzig: Institut für Landmaschinentechnik im VEB Weimar-Kombinat 1971.
- /8/ Cottin, D.: Gestaltung geschweißter Landmaschinenkonstruktionen. Wissenschaftlich-technische Arbeitsunterlagen des ILT, Nr. 2, Leipzig 1972.
- /9/ Schlottmann, D.: Maschinenelemente — Grundlagen. Berlin: VEB Verlag Technik 1973. A 9614