

Neue technologische Verfahrenslösungen zur Erweiterung des Instandhaltungssortiments

Dozent Dr. sc. techn. G. Hübner, KDT/Dr.-Ing. F. Leidecker, KDT/Dipl.-Ing. U. Penne
Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung

Einleitung

Die Erfüllung der ökonomischen Zielstellungen in der Volkswirtschaft der DDR erfordert u. a. auch in der Instandsetzung eine sinnvolle Rohstoffausnutzung sowie eine maximale Wiederverwendung von Sekundärrohstoffen bei geringem Einsatz an Energie, Zusatzwerkstoffen und lebendiger Arbeit. Damit erwachsen der Einzelteilinstandsetzung quantitativ und qualitativ neue Aufgaben, die nur durch die Entwicklung, Anwendung und umfassende Nutzung von material-, energie- und arbeitszeitsparenden Fertigungsverfahren und Technologien erfolgreich gelöst werden können.

Eine besondere Bedeutung kommt unter diesem Aspekt den Umformverfahren und Umformtechnologien zu.

Bedingungen zur Anwendung von Umformverfahren in der Einzelteilinstandsetzung

Der günstige Einfluß der Umformtechnik auf die Material- und Energieökonomie zwingt auch in der Instandsetzung dazu, die Stellung der Umformtechnik neu zu durchdenken und der Anwendung von Umformverfahren in der Einzelteilinstandsetzung zukünftig wesentlich mehr Bedeutung beizumessen.

Die immer stärkere Einbeziehung dieser Verfahren bei der Instandsetzung von Einzelteilen mit einfacher und zunehmend auch komplizierter Werkstückgeometrie beruht vor allem auf folgenden Gesichtspunkten [1]:

- Verbesserung der Werkstoffeigenschaften durch Verfestigung bzw. durch Homogenisierung des Gefüges (führt besonders bei dynamisch beanspruchten Bauteilen zu einer Erhöhung der Dauerfestigkeit und Verlängerung der Nutzungsdauer)
- hohe Materialökonomie durch Ausnutzung von am Bauteil vorhandenen Werkstoffreserven
- kostengünstige Instandsetzung durch geringe Material- und Energiekosten sowie geringere Fertigungszeiten
- wiederholte Instandsetzung ohne Qualitätsverlust

Tafel 1. Arbeitsfolge der umformenden Aufarbeitung

Arbeitsfolge	Kolbenbolzen	Schlepphebel	Naben- teil	Kugel- zapfen
Prüfen	x	x	x	x
Reinigung	x	x	x	x
Schadensaufnahme	x	x	x	x
Erwärmen	x	x	x	x
Schmieden	x	x	x	x
Spanen		x	x	x
Wärmebehandlung	x	x	x	x
Spanen	x	x	x	x
Reinigung	x	x	x	x
Endkontrolle	x	x	x	x
Konservieren	x	x	x	x
Verpacken	x	x	x	x

- Sicherung einer hohen Instandsetzungsqualität.

Obwohl diese Aspekte für die Anwendung von Umformverfahren in der Aufarbeitung sprechen, dürfen die nachstehenden umfangreichen technischen Probleme der Lösungsfindung nicht übersehen werden:

- zunderarme bzw. zunderfreie Erwärmung bei der Warmumformung
- Vermeidung von Ribbildung
- Verfahrensentwicklung unter Berücksichtigung der Formenvielfalt
- hohe Werkzeugqualität und gezielte Prozeßführung
- Instandsetzung möglichst nur im geschädigten Bereich
- effektive Umformwerkzeuge (Baukastensystem usw.)
- Einschätzung der Umformkenngrößen.

Für die Anwendbarkeit von Umformverfahren lassen sich in Auswertung bisheriger umfangreicher Untersuchungen folgende Bedingungen ableiten [2]:

- geometrische und stoffliche Bedingungen
- ausreichendes Umformvermögen des Werkstoffs (notwendige Formänderungen dürfen auch örtlich begrenzt nicht zum Werkstoffversagen führen)
- volumenseitig muß eine genügend große, umformtechnisch nutzbare Werkstoffreserve zum Ausgleich des Verschleißes und zur Gewährleistung notwendiger Bearbeitungszugaben vorliegen
- keine Beeinträchtigung der Bauteilfestigkeit durch örtlich begrenzte Reduzierung des Werkstückquerschnitts
- Risse und Brüche sind als Schadensform auszuschließen

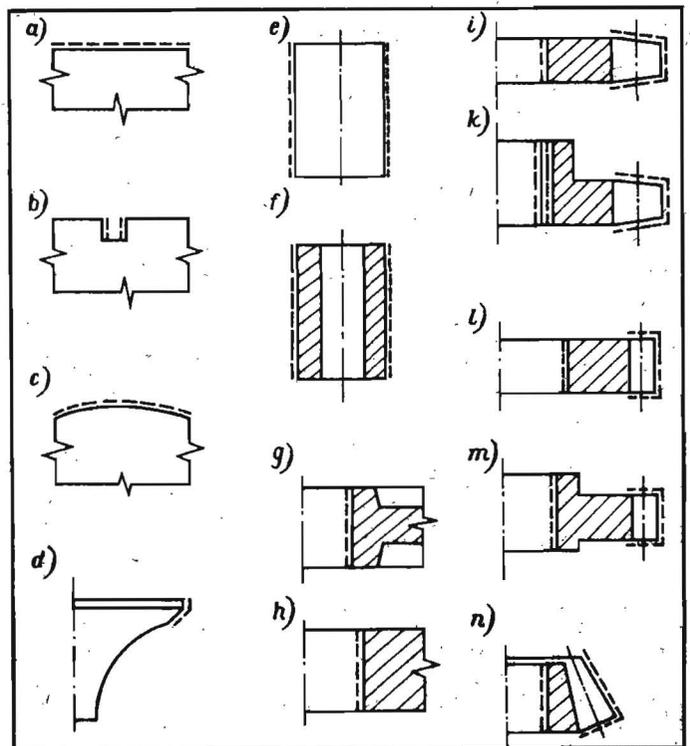
- nicht ausreichend vorhandene Werkstoffreserven müssen durch Werkstoffauftrag (Schweißen) ergänzt werden können
- aufgetragene Werkstoffreserven dürfen die Umformbarkeit nicht herabsetzen
Sie schließen gleichzeitig die Umformung bei Raumtemperatur aus und ermöglichen die Anwendung der Halbwarmumformung nur in sehr begrenztem Maß.
- plastische Verformungen dürfen nur so groß sein, daß ein Einlegen des Teils in das Umformwerkzeug nicht behindert wird
- technologische und ökonomische Bedingungen
 - Vorhandensein einer genügend großen Sortimentsbreite und Stückzahl
 - Sicherung einer zentralen Instandsetzung und Werkzeugfertigung für formkomplizierte Einzelteile
 - Entwicklung und Einführung bedienerarmer Instandsetzungstechnologien als Grundlage für eine ökonomische Instandsetzung.

Nach bisherigen Erkenntnissen gelten die im Bild 1 dargestellten geometrischen Formen bzw. Formelemente als umformtechnisch instandsetzbar. Zu den Form- und Stoffeigenschaften instandsetzungswürdiger und instandgesetzter Einzelteile sowie zur Umformbarkeit einsatzgehärteter Werkstoffe bzw. aufgeschweißter Werkstoffreserven liegen umfangreiche wissenschaftliche Erkenntnisse vor [1, 2, 3].

Neue Verfahrenslösungen

Bisherige umformtechnische Instandsetzlösungen beziehen sich vor allem auf

Bild 1
Umformtechnisch instandsetzbare geometrische Formen an Werkstücken;
a) Ebene, b) Nut, c) sphärische Form, d) Kegel und Außenzylinder, e) Außenzylinder ohne Bohrung, f) Außenzylinder mit Bohrung, g) Innenzylinder, h) Innenzylinder, i) Kettenverzahnung und Bohrung, k) Kettenverzahnung und Bohrung mit Nut sowie Nabe, l) Gerad- und Schrägverzahnung mit Bohrung, m) Gerad- und Schrägverzahnung ufd Bohrung mit Nut sowie Nabe, n) Kegelverzahnung mit Bohrung



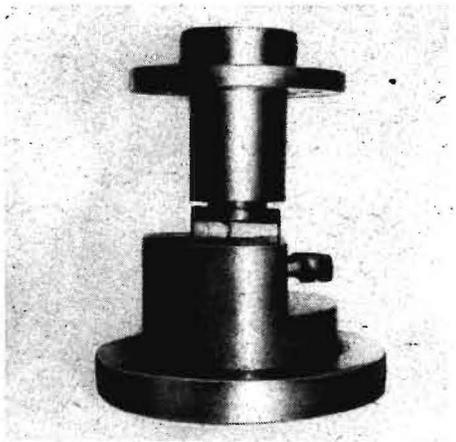


Bild 2. Umformwerkzeug zur Aufarbeitung von Schlepphebeln

Anwendungsbeispiele zur Aufarbeitung

- von Ein- und Auslaßventilen von Verbrennungsmotoren
- der Ringnut von Motorenkolben
- von Bohrungen, besonders bei Zahn- und Kettenrädern
- von Zahn- und Kettenrädern.

Aufbauend auf den im Wissenschaftsbereich Fertigungstechnik der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg vorliegenden Erfahrungen zur umformtechnischen Instandsetzung einzelner Teile wurden weitere verfahrenstechnische Untersuchungen zur Erweiterung des Instandsetzungssortiments

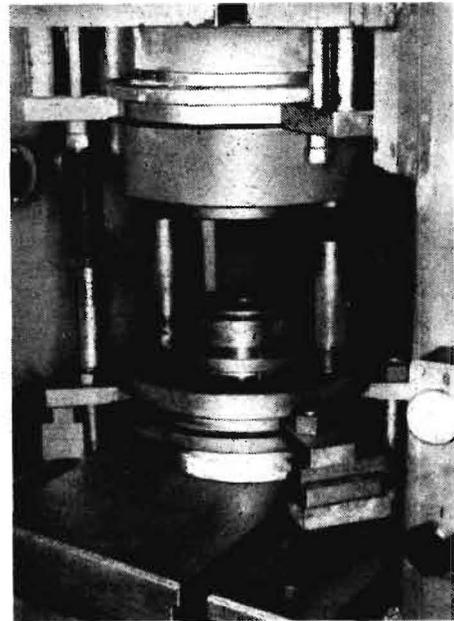


Bild 4. Warmformpressen zur Aufarbeitung von Kugelzapfen (links: Unterwerkzeug, rechts: Oberwerkzeug)

Bild 5. Werkzeugunterteil (links) und Werkzeugoberteil (rechts) zur Aufarbeitung von Nabenteilen

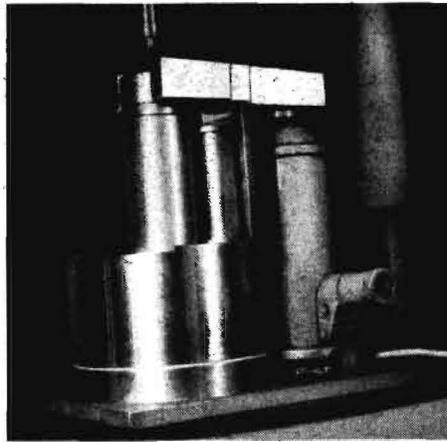
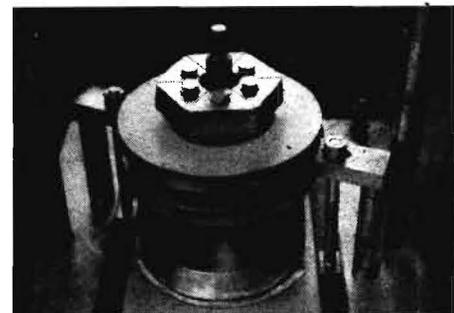
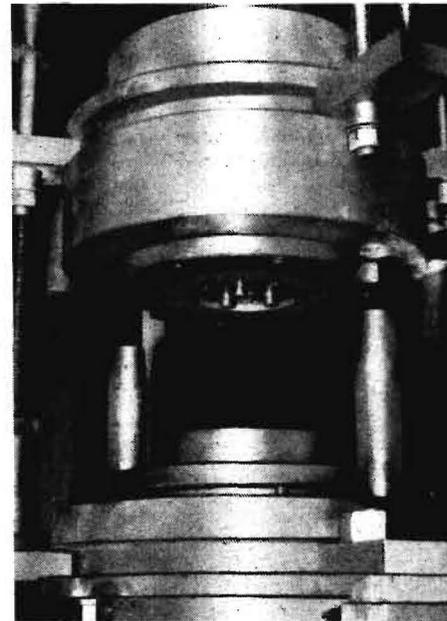


Bild 3. Umformtechnische Verfahrenslösung zur Aufarbeitung von Kolbenbolzen

in Abstimmung mit dem VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal durchgeführt und die nachfolgend aufgeführten technischen Lösungen versuchstechnisch erprobt.

Aufarbeitung von Schlepphebeln

Bisher angewendete Aufbereitungsverfahren für Schlepphebel sind das Nachschleifen auf Instandsetzungsmaß und die Aufarbeitung durch Auftragschweißen, wobei beide Varianten mit Nachteilen behaftet sind. Untersuchungen in [4] bestätigen, daß das Gesenkpressen im erwärmten Zustand als ge-



eignete Aufarbeitungsvariante gegenüber einer Reihe weiterer Verfahrensvarianten eindeutige Vorteile hat.

Mit dem im Bild 2 dargestellten Umformwerkzeug konnte die verfahrenstechnische Realisierung bei Sicherung vorgegebener Qualitätsparameter nachgewiesen werden.

Auf der Basis der in Tafel 1 angegebenen Arbeitsfolge und der in der landtechnischen Instandsetzung gültigen Kalkulationsvorschrift konnte gegenüber der Variante Auftragschweißen neben eindeutigen stofflichen Qualitätsvorteilen auch eine erhebliche Kosteneinsparung nachgewiesen werden.

Weiterhin bietet die Verfahrenslösung die Möglichkeit zur Realisierung eines bedienerarmen Instandsetzungsprozesses und damit zu einer weiteren Erhöhung der Instandsetzungsstückzahlen.

Aufarbeitung von Kolbenbolzen

Bekannte Aufarbeitungsvarianten sowohl durch mechanisches als auch durch thermoplastisches Aufweiten unterliegen in ihrer Anwendungsbreite (Werkstoff, Abmessungen, Verschleiß) unterschiedlich starken Einschränkungen. Untersuchungen in [5] zum Aufweiten von Kolbenbolzen im erwärmten Zustand unter Verwendung von Wärmebechern und einer zusätzlichen Spannungsüberlagerung bestätigen, daß die neue umformtechnische Verfahrenslösung die o. g. Nachteile ausschließt und auch bei belastungskritischen Werkstoffen eine qualitätsgerechte Instandsetzung garantiert. Die verfahrenstechnische Realisierbarkeit wurde mit dem im Bild 3 dargestellten Versuchswerkzeug eindeutig nachgewiesen, wobei gegenüber bisherigen Lösungen eine zusätzliche Reduzierung des Energieaufwands erreicht werden konnte. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß durch die besondere Werkzeugkonstruktion eine Doppelwirkung für die Spannungsüberlagerung erreicht wird und damit die Verwendung einfach wirkender Pressen möglich ist.

Gegenüber der Neuteilfertigung ergibt sich bei der Instandsetzung eine Kosteneinsparung von 30 bis 55%. Zusätzlich könnten durch Einsatz von aufgearbeiteten Kolbenbolzen bei der Komplettierung von Kolben beim Hersteller weitere ökonomische Effekte erzielt werden.

Aufarbeitung von Kugelzapfen

Für die Aufarbeitung der Kugelzapfen wurde in der Instandsetzungspraxis bereits eine Lösung durch Nacharbeiten (Nachschleifen der verschlissenen Kugel) entwickelt. Durch die fehlende Bereitstellung der Pfannen mit Untermaß für die Lenkgestänge konnte eine spezialisierte Instandsetzung nicht breitenwirksam werden. Eine neue Möglichkeit der Aufarbeitung der Kugelzapfen stellt das Warmformpressen dar (Bild 4) [6]. Dabei wird aus dem Bereich der oberen Kugelhälfte Werkstoff an die Stellen des Verschleißes verdrängt. Die Gravur, die die Negativform des Kugelzapfens darstellt, ist nicht wie gewöhnlich waagrecht, sondern senkrecht geteilt. Die Aufnahme und Positionierung des Werkstücks erfolgt in einem Konus des Gravureinsatzes. Druckbolzen sorgen für das Schließen der Einsätze und verhindern ein Öffnen während des Umformvorgangs. Die Erwärmung wird partiell im Kugelbereich mit einer Mittelfrequenz-Induktionsanlage (Fre-

Tafel 2. Erzielbare volkswirtschaftliche Effekte der umformenden Aufarbeitung

	Verhältnis Aufarbeitung zu Neuteilfertigung %
Werkstoffverbrauch	5...15
Energieverbrauch	70...85
Arbeitszeitbedarf	85...95
technologische Kosten	45...70

quenz 8 kHz) durchgeführt. Da der Kugelzapfen zu den Lenkungsteilen der Fahrzeug- und Landmaschinenteknik gehört, sind hinsichtlich der erzielbaren Aufarbeitungsqualität, besonders der Restnutzungsdauer, qualitative Nachweise erforderlich. Die gemeinsam mit dem Hersteller durchgeführten dynamischen Prüfuntersuchungen weisen aus, daß die umformtechnische Aufarbeitung für den weiteren Einsatz eine Restnutzungsdauer sichert, die das 2- bis 3fache der geforderten Nutzungsdauer beträgt.

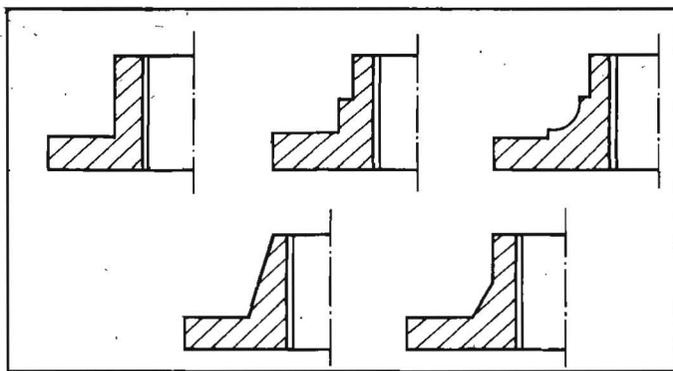
Aufarbeitung von Nabenteilen

Die Aufarbeitung von Nabenteilen, die in der profilierten Bohrung Verschleiß aufweisen, kann durch Ausbuchen erreicht werden, wenn eine genügende Wanddicke der Nabe vorliegt. Der Nachteil dieser Lösung liegt in dem großen Aufwand der spanenden Bearbeitung der Nabenbohrung und der Buchse.

Es bietet sich an, den Verschleiß der Bohrung aus der Werkstoffreserve der Nabe umformtechnisch durch gleichzeitige radiale und axiale Kraftwirkung auszugleichen (Bild 5) [7]. Dabei wird das Werkstück zentrisch auf einen Profildorn im auseinandergefahrenen Unterwerkzeug gelegt, das die erforderliche Umformtemperatur hat. Der Profildorn enthält die Negativform des Profils der Nabenbohrung. Durch die Bewegung des Oberwerkzeugs in Richtung des Unterwerkzeugs fixiert als erstes ein gefederter Niederhalter das Werkstück im Unterwerkzeug. Danach erfolgt durch das Schließen des Gesenks die Ausprägung der Nabenbohrung. Nach der Umformung wird das Nabenteil durch einen Auswerfer aus dem Unterwerkzeug gehoben und vom Profildorn abgestreift.

Die durchgeführten Versuche zeigen, daß der Verschleiß sowohl der Kerbzahn- und Zahnprofile als auch der Keilnabenprofile nach diesem Prinzip der umformenden Herstellung der Ergänzungsform mit gutem Ergebnis ausgeglichen werden kann. Die breite Variation der Geometrie und der Ab-

Bild 6 Grundformen Instandsetzbarer Nabenteile



messungen der Nabenteile erfordert, daß für ein Umformwerkzeug auswechselbare Elemente verwendet werden. Damit können zylindrische, kegelige u. a. Nabenformen in die Instandsetzung einbezogen werden (Bild 6).

Bedingungen der Gestaltung eines ökonomischen Instandsetzungsprozesses

Um die hohen ökonomischen Erwartungen zu garantieren, die mit der umformenden Aufarbeitungstechnologie verbunden sind, werden Mindeststückzahlen gefordert. Demzufolge sind die neuen technischen Lösungen zur Aufarbeitung in die in der landtechnischen Instandsetzung vorhandenen Umformtechnologien zu integrieren. So können Produktionsstückzahlen von mehr als 150000 Stück je Anlage erreicht werden, die eine zweischichtige Auslastung der kostenaufwendigen Umformanlagen ermöglichen. Gleichzeitig sind durch umsichtige technologische, organisatorische und ökonomische Vorarbeiten die Voraussetzungen für die Erreichung der optimalen Losgröße der Fertigung zu schaffen.

Zur Minimierung des Arbeitszeitaufwands und damit auch des Kostenaufwands ist eine bedienerarme Fertigung durch Maßnahmen der Mechanisierung und Automatisierung in einer zentralen flexiblen Instandsetzungseinheit zu organisieren. Aus der Arbeitsfolge (Tafel 1) kann entnommen werden, daß ein hoher Einheitlichkeitsgrad in bezug auf die Maschinen bzw. die Anlagen- und Gerätetechnik besteht und sich Unterschiede vornehmlich bei Werkzeugen und Vorrichtungen ergeben. Damit sind wesentliche Bedingungen für die o. g. Forderung erfüllt.

Unter den Voraussetzungen der flexiblen Fertigung können im Vergleich zur Neuteilfertigung über umformende Technologien günstige volkswirtschaftliche Effekte erreicht werden (Tafel 2).

Zusammenfassung

Die Durchsetzung einer höheren Material- und Energieökonomie bei Sicherung der funktionellen Austauschbarkeit instand gesetzter Einzelteile erfordert zunehmend die Einführung technologischer Verfahrenslösungen mit höherem Technisierungsniveau. Umformende Aufarbeitungstechnologien erfüllen nachhaltig die Forderungen zur Gestaltung bedienerarmer flexibler Instandsetzungsprozesse. Neue technologische Verfahrenslösungen durch Anwendung der Umformtechnik zur Erweiterung des Instandsetzungsassortiments wurden vorgestellt.

Literatur

- [1] Hübner, G.: Untersuchungen zum Einsatz von Fertigungsverfahren in der Instandsetzung von Einzelteilen, insbesondere von Zahn- und Kettenrädern. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Dissertation B 1984.
- [2] Leidecker, F.: Untersuchungen zur Anwendung des gratlosen Gesenkschmiedens in der Instandsetzung von Zahn- und Kettenrädern. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Dissertation A 1983.
- [3] Penne, U.: Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Verfahren Weiten mit Dorn, Warmformpressen und Querwalzen mit Rundwerkzeugen für die Instandsetzung zylinder- und kugelförmiger Formelemente. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Dissertation A 1988.
- [4] Holz, J.: Untersuchungen zur umformtechnischen Instandsetzung von Schleppebeln. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1986.
- [5] Barth, U.: Untersuchungen zur Instandsetzung von Kolbenbolzen mittels Umformverfahren. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1984.
- [6] Schink, S.: Untersuchungen zur Instandsetzung von Kugelzapfen durch Eindrücken. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1986.
- [7] Mingerzahn, C.; Vogel, A.: Untersuchungen zur Anwendung des gratlosen Gesenkschmiedens für die Aufarbeitung von Nabenteilen landtechnischer Arbeitsmittel. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1987.

A 5422

Publikationsreihe

In der Publikationsreihe „Arbeiten zur Mechanisierung der Pflanzen- und Tierproduktion“ des Forschungszentrums für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft (FZM) Schlieben ist jetzt das Heft 33 erschienen. Es kann im FZM, Gartenstraße 30, Schlieben 7912, bestellt werden.

agrartechnik, Berlin 39 (1989) 1

Methodik der Entwicklung von Simulationsmodellen für Ernteprozesse

Von Prof. Dr. sc. S. Badewitz, Dipl.-Ing. Steffi Conrad und Dr. W. Boss. Reihe „Arbeiten zur Mechanisierung der Pflanzen- und Tierproduktion“, Heft 33 (1988), Format 14,7 cm x 20,5 cm, 35 Seiten, 6 Bilder, 3 Tafeln, 12 Literaturquellen, Broschur, bei Einzelbezug etwa 8,- M

Die entwickelte Methodik besteht in der Erarbeitung definierter Modellierungs- bzw.

Darstellungsmittel, und zwar von Mitteln zur Abbildung der sachlichen und der zeitlichen Struktur des Realprozesses, von Mitteln zur Beschreibung räumlicher Aspekte dieses Prozesses sowie von Mitteln zur Berechnung der Zielgrößen. Diese Mittel sind gleichzeitig Dokumente des Softwareproduktes. Die Anwendung der Methodik läßt die bisherigen Mängel der Entwicklung von Simulationsprogrammen (besonders mangelnde Transparenz mit ihren Konsequenzen) umgehen.