

Probleme der Instandsetzung landwirtschaftlicher Großmaschinen

Prof. Dr. sc. techn. C. Eichler, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

1. Gegenwärtiger Stand

Landwirtschaftliche Großmaschinen werden bisher meist zwischen zwei Einsatzkampagnen umfangreichen, grundüberholungsähnlichen Instandsetzungen in spezialisierten Instandsetzungsbetrieben unterzogen, ohne den Schädigungszustand der Einzelmaschine zu beachten. Die spezialisierten Instandsetzungsbetriebe setzen jährlich 400 bis 1200 Maschinen, meist in Fließerbeit, zu Höchst-Festpreisen instand. Die Einzugsbereiche verursachen maximale Transportentfernungen bis zu 150 km. Jährlich werden 70 bis 90% aller landwirtschaftlichen Großmaschinen in diesen spezialisierten Instandsetzungsbetrieben instand gesetzt. An den meist aus Kapazitätsgründen nicht der spezialisierten Instandsetzung zugeführten Maschinen erfolgt eine ähnliche Instandsetzung handwerklich im Territorium des Einsatzbetriebs, vor allem durch den zuständigen VEB Kreisbetrieb für Landtechnik (VEB KfL).

Um eine schnelle und verlustarme Ernte zu ermöglichen, wurde in den vergangenen Jahren in der DDR die Anzahl der landwirtschaftlichen Großmaschinen wesentlich vergrößert. Dadurch sank beispielsweise die mittlere Kampagneleistung für Mähdrescher E 512 von rd. 450 ha im Jahr 1969 auf rd. 200 ha im Jahr 1978. Die Beibehaltung der für die Fließerbeit der spezialisierten Instandsetzungsbetriebe günstigen grundüberholungsähnlichen Instandsetzung mit vom Schädigungszustand unabhängigen Instandsetzungsumfang hat zu einem relativen Vergrößern der Instandsetzungskosten je ha geernteter Fläche um bis zu 100% und zu einem relativ hohen Ersatzteilverbrauch geführt.

Die Ursachen für die grundüberholungsähnlichen, vom Schädigungszustand weitgehend unabhängigen Instandsetzungen in den spezialisierten Instandsetzungsbetrieben liegen in folgenden Aspekten:

- Die Grundüberholung ist mit ihrem annähernd gleichen Umfang an jeder Maschine für die Fließerbeit besonders geeignet und gestaltet die technologische Vorbereitung und Durchführung der Fließerbeit einfach.
- Für eine objektive Beurteilung der Instandsetzungsbedürftigkeit nach dem Prinzip der Kampagnefestigkeit stehen in unzureichendem Maß Schädigungsgrenzen, Diagnoseverfahren und Geräte für spezielle Landmaschinenelemente und andere Daten für die Restnutzungsdauerprognose zur Verfügung.
- Die Untersuchungen zum Einsatzverhalten landwirtschaftlicher Großmaschinen hinsichtlich ihres Schädigungsverhaltens mit Schlußfolgerungen für die Gestaltung der Instandsetzungstechnologie, vor allem der Schadensaufnahme, sind noch unzureichend.
- Die jahrelange Wirkung der Kennziffer „Warenproduktion“ in den Instandsetzungsbetrieben führte zu einem hohen Instandsetzungsaufwand. Die Folgen ihrer Wirkung sind noch nicht beseitigt.

Für landwirtschaftliche Großmaschinen sind spezifische Instandsetzungsstrategien zu finden, die die einsatzseitig geforderte Zuverlässigkeit mit möglichst geringen Instandsetzungskosten, hoher Materialökonomie, hoher Ar-

beitsproduktivität in der Instandhaltung und guter Planbarkeit ermöglichen. Der nachfolgende Beitrag berichtet über Arbeitsergebnisse der Sektion Landtechnik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock zu diesem Problemkreis [1] und will mit Realisierungsvorschlägen zur Lösung des anstehenden Problems beitragen.

2. Forderungen an die Instandsetzungsstrategie für landwirtschaftliche Großmaschinen

Die moderne Erntemaschine bestimmt innerhalb der für die Ernte der betreffenden Kultur eingesetzten Maschinenkette die Gesamtkapazität. Von ihrer Verfügbarkeit hängen die Kapazität und Effektivität der Ernte im hohen Maße ab. Die Anzahl der im Abtransport des Erntegutes eingesetzten Maschinen und Arbeitskräfte übersteigt die der Erntemaschinen wesentlich.

Von den leistungsbestimmenden Großmaschinen muß eine Einsatzverfügbarkeit von 0,9 bis 0,98 gefordert werden, wenn auf das Bereitstellen von Maschinen in kalter Redundanz mit Rücksicht auf die Grundfondsökonomie verzichtet werden soll [2]. Aus dieser kurzen Begründung ergibt sich die Forderung nach sehr hoher Zuverlässigkeit und gegen Null gehenden instandsetzungsbedingten Stillstandszeiten, besonders der landwirtschaftlichen Großmaschinen, während der Kampagnen.

Berechnungen [3] haben ergeben, daß die Zuverlässigkeit bei Halmfruchterntemaschinen, gemessen als mittlere ausfallfreie Nutzungsdauer, 17 bis 22 Betriebsstunden betragen muß, um mit einem minimalen Aufwand von einer instandhaltungstechnischen Betreuungskraft je 5 bis 10 Maschinen zur operativen Einzelbetreuung eine Mindestverfügbarkeit von 0,9 zu erreichen.

Diese Zuverlässigkeit muß in den langen Pausen zwischen zwei Kampagnen durch eine vorbeugende Instandsetzung hergestellt werden. Damit erhöht sich die Bedeutung der Qualität der Instandsetzung zumindest in gleicher Weise wie die Bedeutung der Arbeitsproduktivität der Instandsetzung, weil durch zuverlässige Maschinen und geringen operativen Betreuungsbedarf eine wesentliche Steigerung der Arbeitsproduktivität im Ernteprozess erreicht wird. Weitere Grundforderungen an die Instandsetzungsstrategie landwirtschaftlicher Großmaschinen sind hohe Materialökonomie und hohe Arbeitsproduktivität bei der Durchführung der Instandsetzung. Damit kommen der Instand-

haltung nach Überprüfung und der Instandsetzung von abgenutzten Einzelteilen einerseits und der spezialisierten Instandsetzung mit industriellen Instandsetzungstechnologien andererseits wachsende Bedeutung zu.

3. Instandhaltungstechnische Bedingungen für landwirtschaftliche Großmaschinen

Die optimale Instandsetzungsstrategie für landwirtschaftliche Großmaschinen wird wesentlich von den Forderungen des Einsatzes an die Instandhaltung, von den technologischen und organisatorischen Möglichkeiten des Instandhaltungswesens und von den instandhaltungstechnischen Bedingungen landwirtschaftlicher Großmaschinen bestimmt. Nachfolgend sollen einige dieser Bedingungen umrissen werden.

3.1. Kampagneleistung

Die Kampagneleistung als die jährliche Nutzungsdauer der landwirtschaftlichen Großmaschinen wird oft als Maßstab für die Abnutzung und damit für das Festlegen des Instandsetzungsumfanges benutzt. In Tafel 1 sind die Vertrauensbereiche der mittleren Kampagneleistungen ausgewählter landwirtschaftlicher Großmaschinen für die Jahre 1977/78 zusammengestellt. Die stochastisch streuende Kampagneleistung ist mit Variationskoeffizienten von 0,3 bis 0,6 behaftet. Wird vor allem bei Halmfutter- und Hackfruchterntemaschinen die große Vielfalt der Einsatzbedingungen (Gutart, Bodenart, Steinbesatz u. a. m.) berücksichtigt, so kann die Kampagneleistung nicht primärer Bestimmungsfaktor für Art und Umfang der zwischen den Kampagnen erforderlichen Instandsetzungen sein.

3.2. Schädigungsverhalten

Wenn auch das Schädigungsverhalten wesentlicher Ausgangspunkt für das Festlegen von Instandhaltungsmaßnahmen ist, so muß festgestellt werden, daß nur Normalausfälle (Ausfälle infolge Abnutzung bei konstruktionsgerechtem Einsatz und entsprechender Bedienung) von der vorbeugenden Instandsetzung weitestgehend vermieden werden können. Zufallsausfälle (Schäden infolge Überlastung, Fremdkörper in den Arbeitselementen, Bedienungsfehler u. a. m.) sind durch die vorbeugende Instandsetzung nicht vermeidbar. Um sie zu vermeiden, sind Maßnahmen zur Verbesserung der Einsatzbedingungen (z. B. Entsteinung der Bodenoberfläche und Qualifizierungsmaßnahmen bei den Maschinenbedienern) erforderlich. Wenn auch über den Anteil von Zufallsausfällen gegenwärtig keine statistisch gesicherten Angaben bekannt sind, so kann er bei Halmfruchterntemaschinen mit 40 bis 60% und bei Hackfruchterntemaschinen mit 50 bis 80% geschätzt werden. Folglich ist eine Ursachenanalyse plötzlicher Ausfälle notwendig, um die entsprechenden Gegenmaßnahmen zu bestimmen.

Das Alter (kumulative Nutzungsdauer aller bisherigen Kampagnen) einer landwirtschaftlichen Großmaschine streut infolge verschiedener Kampagneleistungen bei gleicher Anzahl der Kampagnen. Je nach angewandeter Instandhaltungsmethode ist ein unterschiedlicher Verlauf des Instandsetzungsaufwands über dem

Tafel 1. Vertrauensbereiche mittlerer Kampagneleistungen ausgewählter landwirtschaftlicher Großmaschinen in der DDR (1977/78)

Typ	Stichproben-	Vertrauens-
	größe	
	St.	der mittleren
		Kampagne-
		leistung
		Bh
Mähdrescher E 512	123	180 ... 220
Feldhäcksler E 280	85	920 ... 1080
Rübenrodelader KS-6	18	280 ... 310

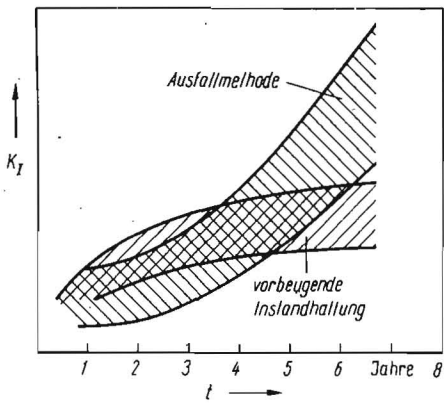


Bild 1. Tendieller Verlauf der Instandsetzungsaufwendungen K_I für landwirtschaftliche Großmaschinen bei unterschiedlichen Instandsetzungsmethoden in Abhängigkeit vom Alter

Alter festzustellen. Berechnungen von Erneuerungsprozessen und praktische Untersuchungen haben ergeben, daß bei vorwiegend nach der Ausfallmethode instand gesetzten landwirtschaftlichen Großmaschinen ein progressives Ansteigen des Instandhaltungsaufwands feststellbar ist.

Demgegenüber steigen die Instandhaltungsaufwendungen über der Nutzungsdauer bei vorwiegend vorbeugend instand gesetzten landwirtschaftlichen Großmaschinen degressiv an. Nach drei bis fünf Kampagnen ist eine relative Konstanz der Instandsetzungsaufwendungen je Nutzungsdauereinheit festzustellen (Bild 1).

Eine weitere Ursache für progressiven oder degressiven Anstieg der Instandsetzungskosten über dem Alter liegt im Anteil der auf Zeitfestigkeit bzw. der auf Dauerfestigkeit ausgelegten Elemente der Maschinen. Hoher Anteil dauerfester Elemente bringt degressiven Anstieg von Instandsetzungskosten.

Bild 2 zeigt das Ergebnis von Untersuchungen über den für das Sichern der einseitig geforderten Zuverlässigkeit erforderlichen Materialaufwand bei Feldhäckslern E 280 unterschiedlichen Alters für die Kampagnestandsetzung 1977/78 in Abhängigkeit von der

Kampagneleistung. Es ist keine Abhängigkeit des notwendigen Instandsetzungsumfanges von der Kampagneleistung und vom Alter (trotz geringer Stichprobengröße) festzustellen [4].

Bild 3 zeigt die Überlebenswahrscheinlichkeitsfunktionen verschiedener Baugruppen des Feldhäckslers E280 bis zu ihrer Grundüberholung. Diese Funktionen sind mit Variationskoeffizienten im Bereich von 0,4 bis 1,3 behaftet. Das läßt auf einen großen Anteil an von der vorbeugenden Instandhaltung nicht beherrschbaren Zufallsausfällen und auf große Verschiedenartigkeit der inneren und äußeren Schädigungsbedingungen schließen [1].

Die Betrachtung des Schädigungsverhaltens landwirtschaftlicher Großmaschinen ergibt, daß verschiedene Exemplare landwirtschaftlicher Großmaschinen nach gleichen Nutzungsdauern nur mit geringer Wahrscheinlichkeit gleiche Schädigungszustände aufweisen.

Da das Erfüllen der instandhaltungstechnischen Grundforderungen an landwirtschaftliche Großmaschinen mit hoher Wahrscheinlichkeit die Ausfallmethode ausschließt, können bei landwirtschaftlichen Großmaschinen mit einem Alter über 3 bis 5 Jahre Art und Umfang der erforderlichen Instandsetzungsmaßnahmen nicht vom Alter abgeleitet werden. Es ist im Höchstfall ein Gliedern in zwei Gruppen mit einem Alter kleiner bzw. größer drei bis fünf Jahre möglich.

Die anzuwendende Instandsetzungsstrategie muß deshalb Art und Umfang der Instandsetzungsleistungen zwischen zwei Einsatzkampagnen in erster Linie vom spezifischen Schädigungszustand der betreffenden Maschine und erst in zweiter Linie von ihrer Nutzungsdauer abhängig machen. Damit ergibt sich für landwirtschaftliche Großmaschinen die Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen als Vorzugsvariante.

3.3. Konstruktiver Aufbau

Landwirtschaftliche Großmaschinen lassen sich nach der Realisierbarkeit materialökonomischer Kampagnestandsetzungen auf der Basis der Instandhaltung nach Überprüfungen in zwei Gruppen einteilen. Ein Aspekt der Gliederung ist die konstruktiv gegebene Möglichkeit, mit relativ wenig Ballastarbeiten die Baugruppen unabhängig voneinander austau-

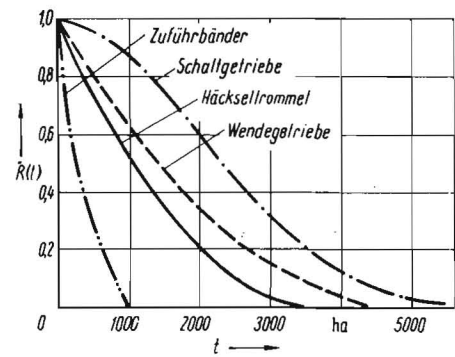


Bild 3. Überlebenswahrscheinlichkeitsfunktionen bis zur Grundüberholung ausgewählter Baugruppen des Feldhäckslers E280 (Ermittlungszeitraum 1976 bis 1978)

schen zu können. Es gibt Maschinen, bei denen diese Möglichkeit kaum gegeben ist und bei denen die Überprüfung aller funktionswichtigen Elemente und der Austausch verschiedener Baugruppen eine weitgehende Demontage der gesamten Maschine erfordern, z.B. Mäh-drescher.

Demgegenüber gibt es landwirtschaftliche Großmaschinen, bei denen beliebige Baugruppen mit geringem Aufwand unabhängig voneinander ausgetauscht werden können und bei denen der überwiegende Teil des Instandsetzungsumfanges in diesen Baugruppen konzentriert ist. Konstruktive Voraussetzung ist das Vorhandensein eines dauerfesten Zentralrahmens. Derartige Konstruktionen eignen sich für eine Instandsetzung nach Überprüfungen mit Austausch industriell instand gesetzter Baugruppen. Ein typischer Vertreter dieser Gruppe ist der Feldhäckslers E280. Bei diesen Maschinengruppen ist der Anteil an Abnutzungsteilen in den geschlossen demontierbaren Baugruppen groß und im „Rest“, dem Grundrahmen und den unmittelbar an diesen Grundrahmen montierten Elementen, klein. Die Konzentration vieler Abnutzungsteile in geschlossen demontierbaren Baugruppen fördert im Zusammenhang mit ihrer günstigen Trans-

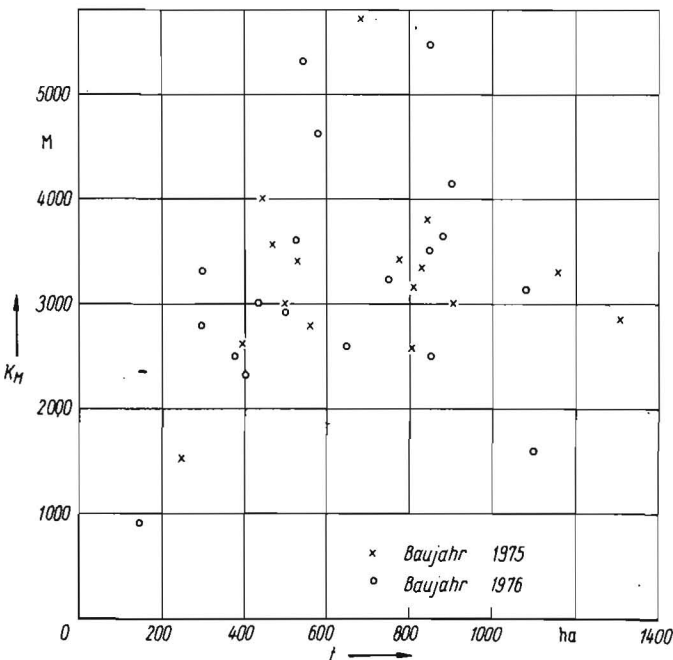


Bild 2. Instandsetzungsaufwand (Materialkosten) K_M für vorbeugende Kampagnestandsetzungen von Feldhäckslern E 280 in Abhängigkeit vom Alter und von der Kampagneleistung in der Instandsetzungskampagne 1977/78

Tafel 2. Praktische Aufwandbereiche für Großmaschineninstandsetzungen in Abhängigkeit von der Seriengröße

Seriengröße		relative Instandsetzungskosten	vorzugsweise anzuwendendes Arbeitsorganisationsverfahren
St./a	St./Schicht	%	
30	1	100	handwerklich
30 ... 200	1 ... 2	90 ... 100	handwerklich
200 ... 400	1 ... 3	80 ... 100	stationäres Fließverfahren
400 ... 1500	2 ... 6	70 ... 80	stationäres Fließverfahren, Durchlauf-fließverfahren

portierbarkeit deren industrielle Instandsetzung.

Daraus folgt, daß gegenüber den Maschinen komplexer Konstruktion (erste Gruppe) bei den Maschinen mit baugruppenegegliederter Konstruktion unterschiedliche Strategien angewendet werden müssen. Während bei baugruppenegegliederten Maschinen ein Baugruppentausch nahe am Einsatzort mit industrieller Instandsetzung dieser Baugruppen günstige Gesamtproduktivität bei rationellem Transport bringt, besteht diese Möglichkeit bei den Maschinen komplexer Konstruktion nicht.

3.4. Diagnostizierbarkeit

Eine wesentliche Voraussetzung für die Instandhaltbarkeit eines technischen Arbeitsmittels nach der Überprüfungs- und Diagnosemethode ist ihre Diagnostizierbarkeit. Unter Diagnostizierbarkeit wird die Möglichkeit der weitgehend demontagearmen objektiven Zustandsermittlung und Bewertung über Restnutzungsdauerprognose und/oder Schädigungsgrenzen verstanden. Für landwirtschaftliche Großmaschinen ist in der DDR für die Diagnostizierbarkeit der Dieselmotoren und der Hydrauliksysteme ein für die praktische Nutzung ausreichender wissenschaftlich-technischer Vorlauf vorhanden, der bei Schaffung der gerätetechnischen Ausrüstung und bei routinemäßiger Ermittlung der für die Restnutzungsdauerprognose erforderlichen Daten eine praktische Anwendung der Instandhaltung nach Überprüfung auf hinreichend hohem Niveau ermöglicht. Fast völlig fehlt dieser Vorlauf bei landmaschinentypischen Elementen und bei Zahnradgetrieben. Die Anwendung der Instandhaltung nach Überprüfungen ist gegenwärtig bei diesen Elementen nur empirisch unter Ausnutzung der umfangreichen Erfahrungen von Spezialisten der Praxis möglich. Damit kann eine sichere Instandhaltung nach Überprüfung nur schrittweise mit der technologischen Qualifizierung der Schadensaufnahme in ihrer Gesamtheit erreicht werden, wozu umfangreiche Entwicklungsarbeiten im Instandhaltungswesen und bei der maschinenherstellenden Industrie nötig sind.

3.5. Einfluß der Seriengröße

Bei richtiger Anpassung des technologischen Verfahrens an die jeweilige vorhandene Seriengröße nehmen die Instandsetzungskosten entsprechend einer Hyperbelfunktion ab. Untersuchungen über die qualitativen Zusammenhänge für schädigungsunabhängige Demontage- und Montagearbeiten bei Feldhäckslern E 280 ergaben bei verschiedenen Mechanisierungsvarianten für die Fertigungskosten K_F in M/St. folgende Gleichungen [5]:

$$K_{F1} = 7565 N^{-0.87} + 473 \quad (1)$$

$$K_{F2} = 17105 N^{-0.88} + 427 \quad (2)$$

$$K_{F3} = 18952 N^{-0.87} + 423. \quad (3)$$

Der Vergleich dieser kalkulativen auf Normbasis ermittelten Gleichungen mit praktischen Erfahrungen zeigt, daß bei Kampagnefestinstandsetzungen und Grundüberholungen — beide erfordern weitgehende Demontage — landwirtschaftlicher Großmaschinen nennenswerte Kostensenkungen oberhalb einer Seriengröße von 200 St./a auftreten (Tafel 2). Die Instandsetzungskosten bleiben innerhalb relativ großer Serienbereiche annähernd konstant. Die Ursache dafür liegt in den durch die Länge der Taktzeiten begründeten unterschiedlichen Möglichkeiten der Arbeitsteilung und der Effektivität von teuren Rationalisierungsmitteln. Bedeutende Verminderungen des Aufwands an lebendiger Arbeit auf 40 bis 50 % können erst bei Taktzeiten unter 30 min (entspricht über 2 500 Maschinen/a) erwartet werden.

3.6. Einzelteilinstandsetzung

Das Instandsetzen von Einzelteilen ist der wesentliche Faktor zum Verbessern der Materialökonomie bei der Instandsetzung. Beim Grundüberholen von Feldhäckslern E 280 werden gegenwärtig in der DDR rd. 90 verschiedene Positionen abgenutzter Einzelteile (ohne Motor und Hydraulik) instand gesetzt. Dabei handelt es sich vorwiegend um das Aufarbeiten rotationssymmetrischer Einzelteile mit Hilfe des CO₂-Auftragschweißens und das Reparieren verschiedener Teile mit Hilfe von Verbindungsschweißen und Metallkleben. Damit werden je Feldhäcksler gegenüber der ausschließlichen Verwendung von Neuersatzteilen 1 300 bis 1 600 M eingespart [6]. Die Gesamtkosten verringern sich um 10 bis 20 %. Eine für die Instandsetzung von verschlissenen Einzelteilen genutzte Arbeitskraftstunde führt zu Einsparungen an Neuersatzteilen von 50 bis 100 M. Mit diesem Entwicklungsstand sind die technisch-ökonomisch gegebenen Möglichkeiten noch nicht ausgeschöpft. Ein näheres Untersuchen der 90 Positionen des Instandsetzungsteilesortiments ergab, daß 60 % dieser Ersatzteilpositionen aus dem Häckselwerk und aus den Getrieben entstammen, die 75 % der Kosteneinsparungen ausmachen. Weitere 9 Positionen bringen zusätzlich 23 % der Einsparungen. Damit ergibt sich, daß die wesentlichen Möglichkeiten der Einzelteilinstandsetzungen in den geschlossenen demontierbaren Baugruppen zu finden sind. Das spricht für ein spezialisiertes Instandsetzen dieser Baugruppen [4].

3.7. Transportprobleme

In Abhängigkeit von der Maschinendichte können große Serien nur über die Vergrößerung der Einzugsbereiche spezialisierter Instandsetzungsbetriebe erreicht werden. Damit werden ökonomische und organisatorische Probleme des Transports landwirtschaftlicher Großmaschinen zwischen Einsatzbetrieben und Instandsetzungsbetrieben bedeutungsvoll. Die wachsenden geometrischen Abmessungen und Massen landwirtschaftlicher Großmaschinen, die negative Beeinflussung ihrer Zuverlässigkeit durch Transporte und die wachsende Verkehrsdichte auf den Straßen führen zu wichtigen Problemen, die neben den Transportkosten der Maschinen zu beachten sind. Diese haben zur Folge, daß weite Transportwege für landwirtschaftliche Großmaschinen zur spezialisierten Instandsetzung praktisch

ausscheiden. Je nach Transportmittel (aufgeladen oder selbstfahrend) und nach Transportorganisation muß in der DDR für den Transport einer landwirtschaftlichen Großmaschine zwischen Einsatzbetrieb und Instandsetzungsbetrieb (Hin- und Rücktransport) mit Transportkosten von 2 bis 14 M/km gerechnet werden [7, 8]. Damit wird die Auswahl einer zweckmäßigen Transportvariante wichtig. Unter den Bedingungen der DDR sind bei Transportentfernungen unter 40 bis 50 km die Selbstfahrer-variante, über 50 km der Transport mit Spezialstraßenfahrzeugen für landwirtschaftliche Großmaschinen günstig, sofern das von den geometrischen Abmessungen her möglich ist.

3.8. Optimale Seriengrößen

Die optimale Seriengröße eines spezialisierten Instandsetzungsbetriebs ergibt sich aus dem Minimum der seriengrößenabhängigen Instandsetzungs- und Zirkulationskosten. Für ihren näherungsweise Bestimmen bei landwirtschaftlichen Großbetrieben kann Gl. (4) angewendet werden:

$$N_{opt} = \sqrt[3]{\frac{b + 0.5}{t_{sp} k_f k'_1 k'_2 k'_3 k'_4 u'_1}} \cdot \frac{2ab \sqrt{d k k_a}}{k_f k'_1 k'_2 k'_3 k'_4 u'_1} \quad (4)$$

Ihr liegt die Hyperbelfunktion für die Fertigungskosten (5) zugrunde:

$$K_F = a N^{-b} + c; \quad (5)$$

- a, b, c Faktoren der Hyperbelfunktion für die Fertigungskosten
- N Seriengröße St./a
- d Maschinendichte St./km²
- k Anlieferrfaktor 1/a
- k_a Anlieferungsfaktor
- t_{sp} spezifische Transportkosten M/km
- k_{f1}...₄, u_{f1} Faktoren zur Berücksichtigung der geometrischen Form des Einzugsbereichs, der Lage des Instandsetzungsbetriebs im Einzugsbereich u. a. m. (nach Sell [8]).

Auf dieser Basis ermittelte optimale Seriengrößen für die Instandsetzung des Feldhäckslers E 280 unter den Bedingungen der DDR sind in Tafel 3 zusammengestellt. Es ist ersichtlich, daß unter Berücksichtigung des Anlieferrfaktors 0,3 bis 0,8 1/a (Anlieferungsfaktor 1,0) kleine optimale Seriengrößen auftreten. Die kleineren Werte gelten für exzentrische Lage des Instandsetzungsbetriebs im Einzugsbereich.

3.9. Technologische Möglichkeiten

Struktur und Kapazität vorhandener Instandsetzungsbetriebe in Verbindung mit der in den jeweiligen Territorien vorhandenen Arbeitskräftekapazität und den Möglichkeiten, durch Investitionen neue, große Instandsetzungswerke schaffen zu können, bestimmen die Instandsetzungsstrategie für landwirtschaftliche Großmaschinen im wesentlichen Maß. Die DDR verfügt gegenwärtig in den VEB KfL über ein dichtes Netz von Instandsetzungswerkstätten, die für die Großmaschineninstandsetzung weitestgehend genutzt werden müssen. Diese Werkstätten haben meist 1 000 bis 2 500 m² geeignete Montagefläche für Instandsetzungen an landwirtschaftlichen Großmaschinen und 60 bis 120 VbE ganzjährig einsetzbare Arbeitskräftekapazität. Diese Werkstätten können meist nur die unteren Grenzen der optimalen Seriengrößen realisieren und sind oft besser für das Instandsetzen kleinerer Objekte (Baugruppen) geeignet.

Tafel 3. Optimale Seriengröße spezialisierter Instandsetzungsbetriebe für komplette Feldhäcksler E 280 in der DDR [4]

Anlieferrfaktor k 1/a	Anlieferungsfaktor k _a	Transportorganisation	optimale Seriengröße N _{opt} St./a
0,3	1,0	mit Leerfahrt	200...300
0,5	1,0	mit Leerfahrt	250...350
0,9	1,0	mit Leerfahrt	550...700
0,3	1,0	ohne Leerfahrt	350...500
0,5	1,0	ohne Leerfahrt	400...600
0,9	1,0	ohne Leerfahrt	550...950

4. Optimale Instandsetzungsstrategien

4.1. Grundvarianten

Theoretische Untersuchungen, Simulationsrechnungen und praktische Erprobungen auf der Basis oben dargestellter Bedingungen ergaben für die DDR folgende Grundsätze des Gestaltens optimaler Instandsetzungsstrategien für die gegenwärtig im Einsatz befindlichen bzw. zu erwartenden Generationen landwirtschaftlicher Großmaschinen:

- Durchführung regelmäßiger (jährlicher) Kampagnestandardinstandsetzungen an jeder landwirtschaftlichen Großmaschine bei strenger Beachtung des Instandsetzungsumfangs in Abhängigkeit von dem sich aus der vorangegangenen Kampagne ergebenden Schädigungszustand und der in nachfolgender Kampagne geforderten Zuverlässigkeit
- maximale Nutzung der Möglichkeiten industrieller Instandsetzung in spezialisierten Instandsetzungsbetrieben mit dem Bestreben, komplette Maschinen möglichst wenig transportieren zu müssen
- maximales Herauslösen geschlossen transportierbarer Baugruppen aus der Instandsetzung der kompletten Maschine und deren Instandsetzung in spezialisierten Instandsetzungsbetrieben, um damit gleichermaßen den Instandsetzungsumfang besser dem Schädigungszustand anpassen, die Transporte rationaler durchführen und vorhandene Werkstätten kleinerer Kapazität besser ausnutzen zu können.

Die konstruktiven Gegebenheiten der verschiedenen landwirtschaftlichen Großmaschinen führen beim Realisieren o.g. Grundsätze zu unterschiedlichen Instandsetzungsstrategien für Maschinen komplexer Konstruktion und für Maschinen gut baugruppengliederter Konstruktion.

4.2. Instandsetzungsstrategie für landwirtschaftliche Großmaschinen komplexer Konstruktion

Maschinen komplexer Konstruktion sind instandsetzungstechnologisch durch folgende Grundeigenschaften gekennzeichnet:

- Die für das Herstellen der Kampagneständigkeit nötige umfangreiche Überprüfung (Schadensaufnahme) erfordert bei allen Maschinen gleicher Art eine relativ weitgehende Demontage sehr ähnlichen Umfangs. Der Umfang dieser Demontage ist vom Entwicklungsstand der technischen Diagnostik abhängig.
- Es können keine oder nur sehr wenige Baugruppen mit geringem Demontageaufwand aus der kompletten Maschine herausgelöst und industriell instand gesetzt werden. Der an der kompletten Maschine erforderliche Instandsetzungsumfang bildet den Hauptteil des Gesamtinstandsetzungsumfangs.

Die Kampagnestandardinstandsetzung sollte vor allem wegen der höchsten Qualifikation erfordernden Schadensaufnahme spezialisiert durchgeführt werden. Um industrielle Instandsetzungstechnologien anwenden zu können und gleichzeitig die Transportprobleme noch in beherrschbaren Grenzen zu halten, sollte die Seriengröße spezialisierter Instandsetzungsbetriebe für diese Maschinengruppe bei 300 bis 600 Maschinen je Jahr in Abhängigkeit von der Maschinendichte gewählt werden.

Kleinere Seriengrößen bringen auch den Vorteil, daß in der Einsatzkampagne die Spezial-

isten dieses Instandsetzungsbetriebs die Einsatzbetriebe bei operativen Instandsetzungen schneller unterstützen können. Genutzt werden für diese Maschinenart auch die Möglichkeiten, Einzelteile und Baugruppen entsprechend der Kapazität spezialisiert instand zu setzen. Kann beispielsweise in einem Bezirk der Gesamtbedarf dieser Instandsetzungen aus Kapazitätsgründen von einem Betrieb nicht gedeckt werden, so wird nicht empfohlen, die nicht von diesem Betrieb instandsetzbaren Maschinen in kleinsten Serien im Territorium des Einsatzbetriebes instand zu setzen, sondern es sollten ein oder mehrere weitere Spezialbetriebe in der Größe vorgelegter Stückzahlen profiliert werden. Ein Verteilen von Instandsetzungen an landwirtschaftlichen Großmaschinen auf zu viele Betriebe ist aus Gründen der instandsetzungstechnologischen Vorbereitung, der Qualitätssicherung und der Ersatzteilversorgung nicht vorteilhaft. Diese Strategie wird unter den Bedingungen der DDR für Mähdrescher und Kartoffelvollerntemaschinen empfohlen.

4.3. Instandsetzungsstrategie für landwirtschaftliche Großmaschinen baugruppengliederter Konstruktion

Maschinen baugruppengliederter Konstruktion sind instandsetzungstechnologisch durch folgende Grundeigenschaften gekennzeichnet:

- Die Instandsetzungsbedürftigkeit der funktionswichtigen Baugruppen kann weitgehend demontagelos mit dem Ziel der Kampagneständigkeit beurteilt werden.
- Der größte Teil des Gesamtinstandsetzungsumfangs (70 bis 80%) konzentriert sich auf geschlossen herauslösbare, leicht transportierbare und spezialisiert vorteilhaft instandsetzbare Baugruppen.

Damit wird eine maximale Anpassung des Instandsetzungsaufwands an den Schädigungsumfang bei optimaler Nutzung des Spezialisierungseffekts und minimalen Transporten möglich. Die Instandsetzungsstrategie ist im Bild 4 dargestellt.

Nach der Kampagne erfolgt auf dem Territorium des Einsatzbetriebs eine Komplexüberprüfung jeder Maschine. Wird festgestellt, daß die Zuverlässigkeit für die nachfolgende Kampagne ausreichend ist, so wird in diesem Ausnahmefall auf eine Instandsetzung verzichtet. Im anderen Fall erfolgt eine Tiefenüberprüfung. Wird hierbei festgestellt, daß nur einige leicht demontierbare Baugruppen instandsetzungsbedürftig sind, so wird am Einsatzort oder in dem für das Territorium zuständigen VEB KfL eine Teilinstandsetzung unter Verwendung spezialisiert instand gesetzter Austauschbaugruppen in handwerklicher Arbeitsweise durchgeführt. Ist eine Grundüberholung erforderlich, wird die Maschine dem spezialisierten Instandsetzungsbetrieb zugeführt.

Mit dieser Strategie werden, wenn ein hohes Niveau der Überprüfung erreicht wurde, folgende Vorteile erzielt:

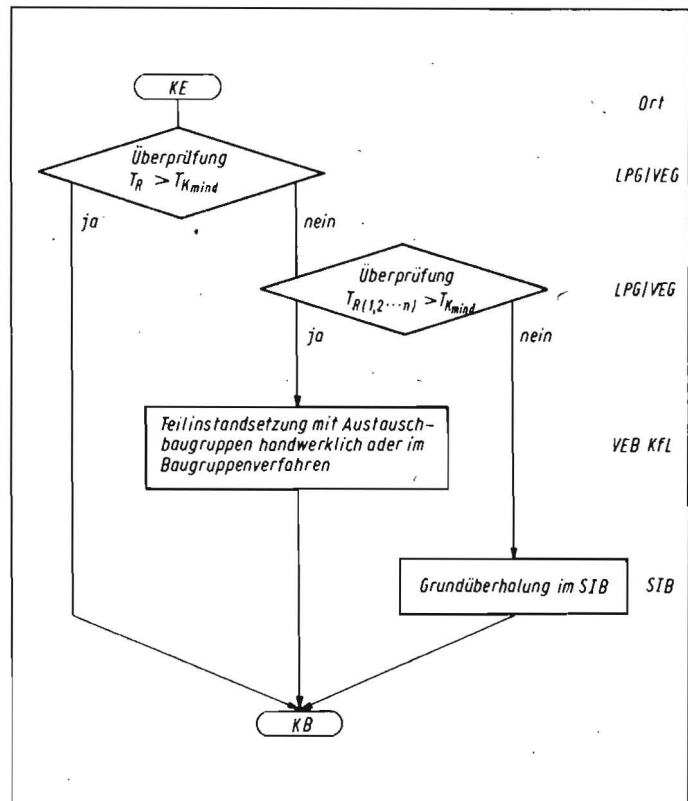
- Der Instandsetzungsumfang wird maximal an den spezifischen Schädigungszustand der einzelnen Maschine angepaßt.
- Für die Fließarbeit geeignete grundüberholungsbedürftige Maschinen werden in Serien industriell instand gesetzt.
- Die Möglichkeiten industrieller Instandsetzung von Baugruppen werden maximal genutzt.
- Die Transporte werden auf ein Minimum reduziert.
- Es gibt Möglichkeiten, auch kleinere örtlich vorhandene Kapazitäten in das Kooperationsprogramm zur Sicherung der Zuverlässigkeit dieser Maschinen gut einzubeziehen.

Diese Strategie hat auch den Vorteil, daß in jedem Territorium genügend bezüglich der vorbeugenden Instandsetzung geschulte Spezialisten für die operative Einsatzbetreuung zur Verfügung stehen.

Sie verzichtet auf jeden Schematismus, erfordert jedoch höchstes Niveau bei den Diagnosen, um schädigungsgerecht eine hohe Zuverlässigkeit zu sichern.

Die Realisierung dieser Strategie erfordert, da

Bild 4
Ablaufalgorithmus der Instandsetzungsstrategie für baugruppengliederte landwirtschaftliche Großmaschinen;
 T_R Restnutzungsdauer,
 $T_{K\text{mind}}$ Mindestkampagnelleistung, KE
Kampagneende, KB
Kampagnebeginn



Tafel 4. Anfallfaktoren für Kampagnestandardsetzungen an Feldhäckslern E 280

Maschine/Baugruppe	Anfallfaktor für spezialisierte Grundüberholung der kompletten Maschinen	individuelle Teilinstandsetzung der Maschine	Anfallfaktor Instandsetzung vorbeugend zwischen den Kampagnen	operativ in der Kampagne
Maschine, komplett	0,3 ... 0,5	0,5 ... 0,7	—	—
Motor			0,18 ... 0,42	0,03 ... 0,05
Schaltgetriebe			0,18 ... 0,42	0,01 ... 0,07
Wendegertriebe			0,25 ... 0,58	0,03 ... 0,06
Häckselwerk			0,55 ... 0,79	0,35 ... 0,38
Häckseltrommel			0,33 ... 0,39	0,16 ... 0,24

meßtechnisch exakte Diagnoseverfahren für spezielle Landmaschinenelemente kaum zur Verfügung stehen, einerseits noch viele instandsetzungstechnologische Entwicklungen (z. B. Bestimmen von Schädigungsgrenzen, Entwickeln von Diagnosegeräten), kann aber andererseits unter zielgerichteter Nutzung der Qualifikation vorhandener Spezialisten und unter exakter Überwachung des Einsatzverhaltens der nach dieser Strategie instandgesetzten Maschinen schrittweise auch empirisch ein hohes Niveau erreichen.

Diese Strategie wurde in den Instandsetzungskampagnen 1977/78 und 1978/79 gemeinsam von den Kombinat für Landtechnische Instandhaltung Rostock und Neubrandenburg und der Sektion Landtechnik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock erprobt [1, 9]. Dabei ergaben sich die in Tafel 4 dargestellten Anfallfaktoren.

Bild 5 zeigt die bei Anwendung dieser Strategie in beiden Varianten erreichten Instandsetzungskosten unter gleichen Bedingungen eingesetzter Feldhäckslers. Auf Baugruppentauschbasis teilinstand gesetzte Maschinen erfordern einen um 17% geringeren Instandsetzungsaufwand für die Kampagnestandsetzung als jährlich grundüberholte Maschinen; sie unterscheiden sich aber während der Kampagne hinsichtlich ihres Bedarfs an operativer Instandsetzung nicht signifikant [9].

Das konsequente und instandhaltungstechnisch richtige Anwenden der vorgeschlagenen Strategien wird schrittweise im Verlauf mehrerer Jahre zur Einsparung an Instandhaltungskosten von 15 bis 20% bei gleichbleibender Zuverlässigkeit führen. Der wesentliche Teil dieser Einsparungen resultiert aus geringeren Materialkosten. Dabei muß aber unbedingt beachtet werden, daß diese Einsparungen eine sehr intensive instandsetzungstechnologische Arbeit aller an der Instandsetzung beteiligten Partner erfordern, daß diese Ergebnisse in der breiten Praxis nur schrittweise erreicht werden können und durch weitere Untersuchungen bestätigt werden müssen. Diese Strategie scheint gegenwärtig besonders für Feldhäckslers E 280 und Schwadmäher E 301 geeignet zu sein.

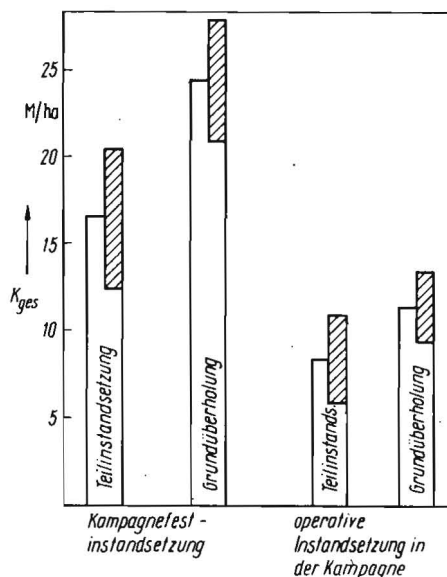


Bild 5. Gesamtinstandsetzungskosten von Feldhäckslern E 280 bei verschiedenen Instandsetzungsvarianten im Jahr 1978 in den Nordbezirken der DDR [6]

Das optimale Anwenden dieser Strategie erfordert für jeden Maschinentyp entsprechend den territorialen Bedingungen spezielle Untersuchungen, um die technischen und ökonomischen Grenzen beider Varianten zu bestimmen und die Überprüfungstechnologien zu erarbeiten.

Die laufende Vervollkommnung dieser Strategie erfordert ein Überwachen des Einsatzverhaltens der Instandsetzungsobjekte.

5. Zusammenfassung

Im Beitrag wurden einige wesentliche Bedingungen der Großmaschineninstandsetzung behandelt und zwei Grundstrategien für die Instandsetzung von landwirtschaftlichen Großmaschinen abgeleitet. Es zeigt sich, daß sich entsprechend den konstruktiven Eigenschaften und den instandhaltungstechnologischen sowie

instandhaltungsorganisatorischen Bedingungen verschiedene Grundvarianten für das Sichern der Kampagnefestigkeit landwirtschaftlicher Großmaschinen ergeben, die spezifische Anwendungsbereiche haben.

Die optimale Instandhaltung erfordert das Anwenden der für den jeweiligen Typ im Ergebnis von technisch-ökonomischen Untersuchungen ermittelten Strategie und das Vermeiden von Schematismus. Das Berücksichtigen des Schädigungszustands und der Qualität sind sehr wichtige Arbeitsgesichtspunkte für den Instandsetzungstechnologen bei der Steigerung der Effektivität der Instandsetzung.

Literatur

- [1] Sell, W.; Eichler, C.: Richtlinie für die Instandhaltungsorganisation und die Instandsetzungsstrategie von Feldhäckslern. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Forschungsbericht 1978 (unveröffentlicht).
- [2] Ludley, H.: Zur Kontinuität technologischer Prozesse und ihre Anwendung auf Futterernteprozesse. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Forschungsabschlußbericht 1978 (unveröffentlicht).
- [3] Eichler, C.: Zur Struktur und zu einigen Entwicklungstendenzen der Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel. Wiss. Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, 28 (1979) Mathem.-Naturw. Reihe, H. 1, S. 9—16.
- [4] Sell, W.: Beitrag zur Optimierung der spezialisierten vorbeugenden Instandsetzung von landwirtschaftlichen Großmaschinen am Beispiel eines Feldhäckslers. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Dissertation 1979 (unveröffentlicht).
- [5] Brandis, R.: Bestimmung wesentlicher Aufwandsgrößen in Abhängigkeit von der Instandsetzungsstückzahl für schädigungsunabhängige Instandsetzungsarbeiten. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Forschungsbericht 1978 (unveröffentlicht).
- [6] Haddorf, F.: Projekt für die Rationalisierung der Feldhäckslereinstandsetzung im Bezirk Potsdam. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Abschlußarbeit im postgradualen Studium „Instandhaltung“ 1979 (unveröffentlicht).
- [7] Sell, W.: Transport von landwirtschaftlichen Großmaschinen und Baugruppen zum spezialisierten Instandsetzungsbetrieb. agrartechnik 28 (1978) H. 5, S. 208—212.
- [8] Sell, W.: Bestimmung der mittleren Transportkosten eines spezialisierten Instandsetzungsbetriebs für landwirtschaftliche Großmaschinen. agrartechnik 26 (1976) H. 9, S. 427—430.
- [9] Bertelmann, J.: Untersuchung zur Technologie und Organisation der vorbeugenden Instandsetzung von Feldhäckslern E 280 im Bezirk Neubrandenburg unter besonderer Berücksichtigung der Verwendung von Austauschbaugruppen und der Instandsetzungsqualität. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Diplomarbeit 1979 (unveröffentlicht). A 2452

KATALOG

über die lieferbare und in Kürze erscheinende Literatur des VEB VERLAG TECHNIK kostenlos erhältlich durch jede Fachbuchhandlung oder direkt durch den Verlag, Abteilung Absatz—Werbung