

Experimentelle Haltbarkeitsuntersuchungen von Landmaschinen auf Prüfbahnen

Dipl.-Ing. J. Augustin, KDT/Dipl.-Ing. W. Pech/Dipl.-Ing. H. Bayn
Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Erntemaschinen Neustadt, Stammbetrieb

1. Zielstellung

Die experimentellen Haltbarkeitsuntersuchungen von Landmaschinen im praktischen Einsatz, auf Prüfbahnen und Prüfständen haben das Ziel, ausreichend genaue Voraussetzungen für das spätere Einsatzverhalten der Erzeugnisse zu liefern. Trotz immer besserer Verfahren zu theoretischen Zuverlässigkeitsuntersuchungen, z. B. der Betriebsfestigkeitsrechnung, bleiben die experimentellen Untersuchungen ein unentbehrliches Mittel zur sicheren Nachweisführung der Zuverlässigkeit der Gesamtmaschine und für Aussagen zur materialökonomischen Optimierung der Bauteile.

Bei der Durchsetzung des Leichtbaus wird in den nächsten Jahren die Bedeutung der experimentellen Gewährleistung der technischen Zuverlässigkeit der Erzeugnisse entscheidend zunehmen. Das beginnt mit der genaueren und praxisnahen Ermittlung der Belastungen und reicht über die rechnergesteuerte Erzeugnisprüfung (CAT) unter simulierten Praxisbedingungen bis zur rechnergestützten Diagnose während des Betriebs der Erzeugnisse [1].

Bei Beachtung der Entwicklungszeit von

höchstens 2 Jahren sind experimentelle Haltbarkeitsuntersuchungen mit folgender Zielstellung durchzuführen:

- Forschungsstufen: Aussagen zum ökonomischen Leichtbau
- Entwicklungsstufen: Aussagen zur Zuverlässigkeit und materialökonomischen Optimierung
- Serienproduktion: Aussagen zur spezifischen Massereduzierung.

2. Experimentelle Haltbarkeitsuntersuchungen

Als Teileigenschaft der Zuverlässigkeit ist die Haltbarkeit (Langlebigkeit) der Bauteile eine

wesentliche Gebrauchseigenschaft der Erzeugnisse.

In Tafel 1 sind die in landmaschinentypische Bauteile eingeleiteten Belastungen, die Werkstoffreaktionen und die Ausfallursachen dargestellt.

Die Lebensdauer der Bauteile kann als Funktion der Belastung, der konstruktiven Gestaltung, der Werkstoffeigenschaften und der Instandhaltungsmaßnahmen interpretiert werden.

Eine Übersicht zu experimentellen Haltbarkeitsuntersuchungen und ihrer Zuordnung zu den Forschungs- und Entwicklungsstufen ist im Bild 1 dargestellt.

Tafel 1. Bauteilbelastung mit Schadenskriterien

Herkunft der Belastung	Bauteil	Schadensursache	Schaden
- Arbeitsaufgabe	- Tragelemente	- Überlastung	- Riß
- Fahrbahn	- Antriebs Elemente	- Ermüdung	- Bruch
- Umwelt	- Arbeits Elemente	- Alterung	- elastische und plastische Verformung
- Lagerung/Transport	- Steuer-, Regel- und Kontrollbauteile	- Verschleiß	- Abtragung
- Fertigung/ Instandsetzung	- Sicherheitsbauteile	- Korrosion	

Bild 1. Übersicht zu experimentellen Haltbarkeitsuntersuchungen;

Definitionen

Haltbarkeitsnachweis (HN):

theoretisch oder experimentell ermittelte Aussage, daß das Bauteil, die Baugruppe oder die Maschine für definierte Belastungen, festgelegte Zeit, Überlebenswahrscheinlichkeit und statistische Sicherheit eine ausreichende Haltbarkeit (Funktionsfähigkeit ohne Ausfall) in den Grenzen zulässiger Abweichungen aufweist

Haltbarkeitseinschätzung (HE):

Aussagesicherheit wegen zu kleiner Stichprobe (n = 1 bei Prüfbahner-

probung), zu geringer Prüfzeit oder nicht vollständig definierter Belastung für Haltbarkeitsnachweis nicht ausreichend

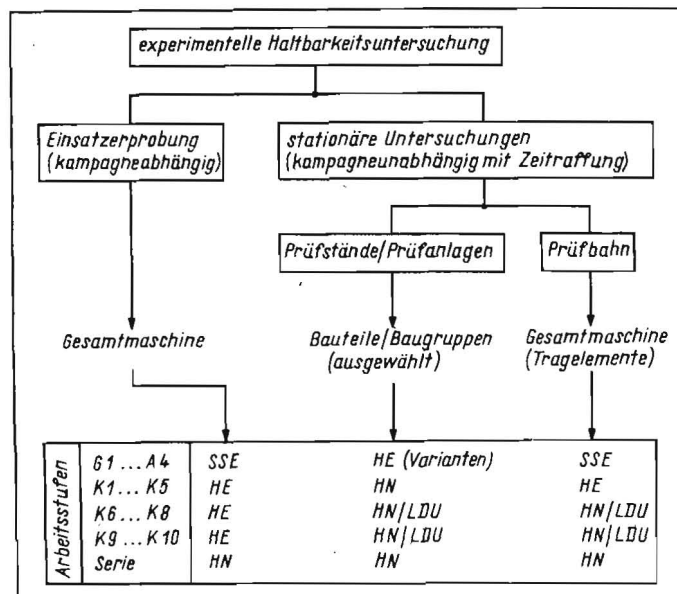
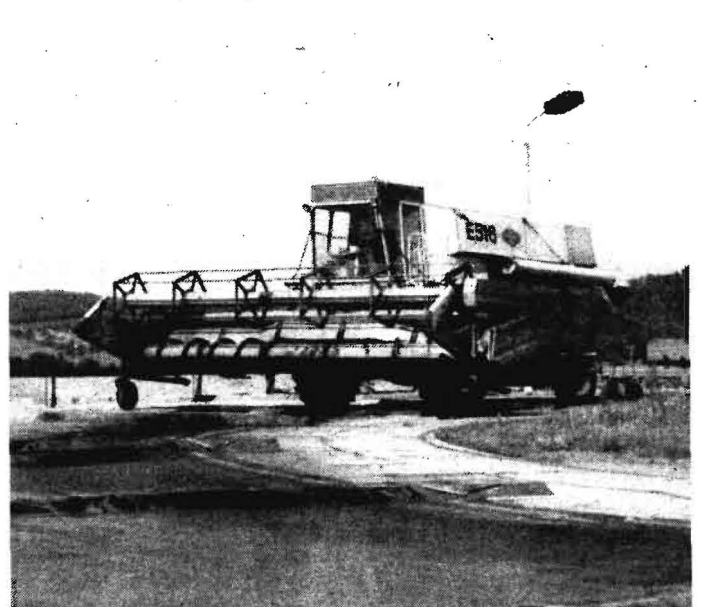
Schwachstellenermittlung (SSE):

Aussagen zu konstruktiven Schwachstellen bei geringer Prüfzeit

Lebensdaueruntersuchung (LDU):

Über den Haltbarkeitsnachweis hinausgehende Untersuchung bis zum Ausfall des Bauteils zur Ermittlung der Restlebensdauer

Bild 2. Prüfbahnerprobung des Mähreschers E516



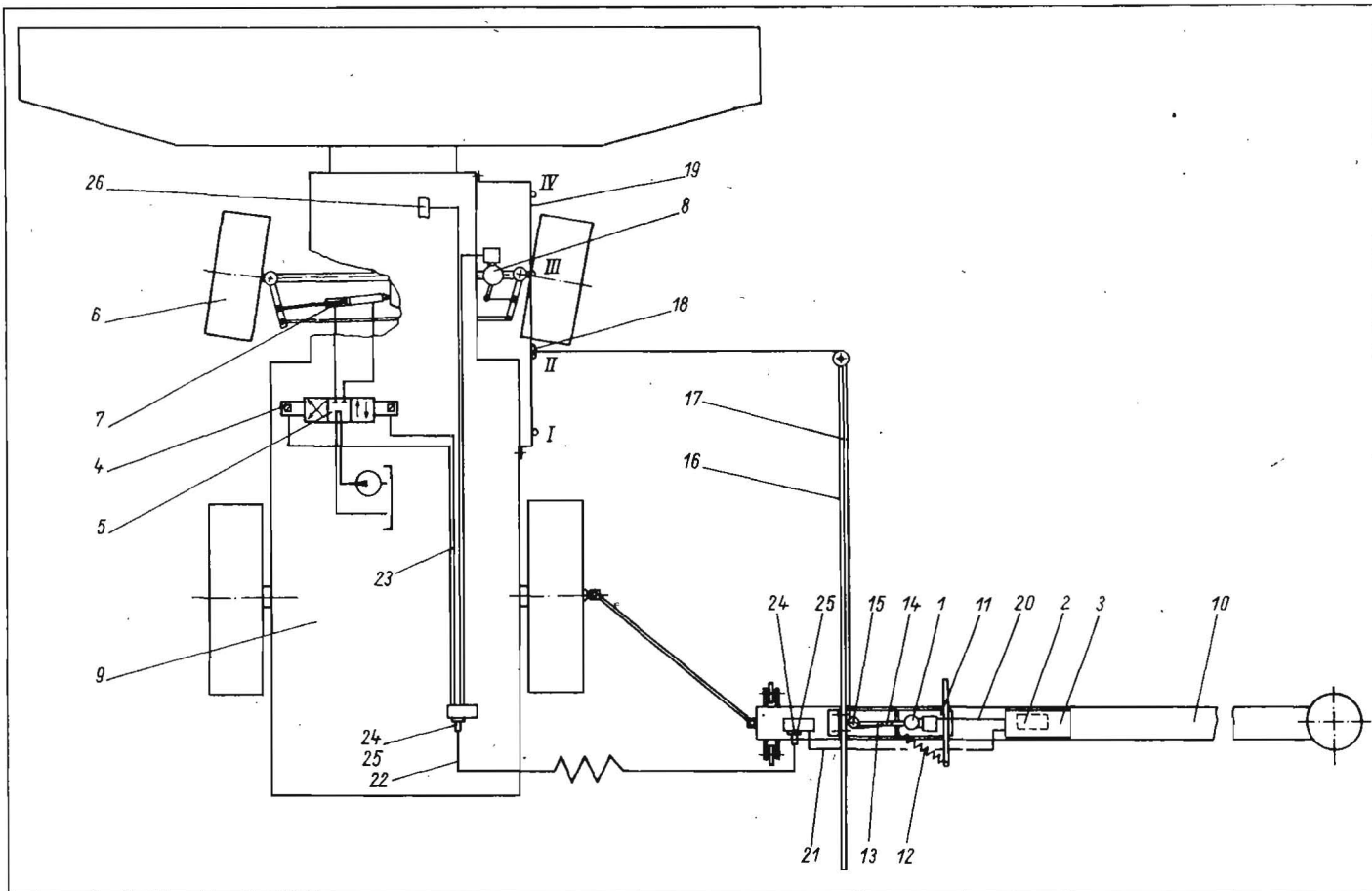


Bild 3. Konstruktionsprinzip der elektrohydraulischen Lenkung;

1 Meßwertgeber, 2 Reglereinheit, 3 Bedieneinrichtung, 4 Schaltmagnete, 5 Wegeventil, 6 Lenkzylinder, 7 Lenkräder, 8 Rückführgeber, 9 Maschine, 10 Laufarm, 11 Konsole, 12 Zugfeder, 13 Hebel, 14 Klemmvorrichtung, 15 Seilrolle, 16 Träger mit Seilrolle, 17 Zugseil, 18 Anschlußpunkte I-IV, 19 Anschlußschiene, 20 Anschlußleitung 2, 21 Anschlußleitung 3, 22 Steuerleitung 1, 23 Anschlußleitung 4, 24 Kupplungssteckdose, 25 Anbaustecker, 26 Anschluß Maschine (Schaltkasten)

Die Haltbarkeitsuntersuchungen von Tragsystem und -elementen kompletter mobiler Landmaschinen werden auf Rundlaufprüfbahnen durchgeführt. Aussagen zur Haltbarkeit sind für alle die Bauteile möglich, die hauptsächlich durch Massenkräfte belastet werden. Ursache der Massenkräfte sind im Fahrzeugzustand die Unebenheiten der Fahrbahn und im Arbeitszustand die Bewegung der Antriebs- und Arbeitselemente.

Die seit 1966 im Kombinat Fortschritt Landmaschinen in Neustadt durchgeführten Prüfbahnerprobungen der Mähdschwer E512, E514 und E516 (Bild 2), der Schwadmäher E301, E302 und E303, der Feldhäcksler E280, der Hochdruckpressen K453, K454 und K440, der Anhänger T088, HTS100.27 und HTS60.04 sowie des Gartengerätesystems E930 trugen maßgeblich zu der vorhandenen hohen Zuverlässigkeit der Tragelemente dieser Maschinen bei.

3. Prüfbahn

Die Prüfbahn stellt eine Ersatzfahrbahn mit definierten Fahrbahnebenheiten dar. Die Prüfbahnanlage der Hauptabteilung Werk-erprobung des VEB Erntemaschinen Neustadt, Stammbetrieb des Kombinats Fortschritt Landmaschinen (s. agrartechnik-Titelbild Heft 12/1986. Red.), ist seit 1976 in Betrieb. Vorangegangene Untersuchungen fanden auf kleineren Prüfbahnen seit 1966 statt. Eine weitere Prüfbahn befindet sich im Betriebsteil Automatisierungstechnik Leipzig.

Die zwei nebeneinanderliegenden Rundlauf-

bahnen mit einem Außendurchmesser von 44 m sind mit trapezförmigen Hindernissen (Höhe 40 bis 140 mm, An- und Abfahrwinkel 20° bis 30°) im Abstand von 1 bis 4 m ausgerüstet. Die Fahrgeschwindigkeit, die Parameter und die Anordnung der Hindernisse werden über Belastungs- und Beanspruchungsmessungen im Einsatz und auf der Prüfbahn für jeden Maschinentyp neu festgelegt.

Die Prüfmaschinen werden mit Hilfe eines elektrohydraulischen Lenkverfahrens auf der Kreisbahn geführt, ohne daß zusätzliche Zwangskräfte in die Maschine eingeleitet werden. Dabei wird von einer Leiteinrichtung über Meßwertgeber, Regeleinheit und Rückführgeber ein Wegeventil im Kreislauf der hydraulischen Lenkung der Maschine angesteuert. Das Konstruktionsprinzip ist im Bild 3 dargestellt [2].

Für den Antrieb der Zugmittel bzw. selbstfahrenden Maschinen wurden in der Vergangenheit Dieselmotoren verwendet. Mit dem Ziel der Kraftstoffeinsparung und Verbesserung der Steuer- und Regeltechnik sind in den letzten zwei Jahren ein Feldhäcksler mit 45-kW-Drehstrommotor (Bild 4) und ein Traktor ZT 300 mit 40-kW-Gleichstrommotor (Bild 5) als Zugmittel ausgerüstet worden. Im Jahr 1986 wurde erstmals der Einbau eines 22-kW-Gleichstrommotors in einen massereduzierten Schwadmäher E303 realisiert. Die Gleichstrommotoren werden über einen Thyristorstromrichter gespeist. Eine speziell für Prüfbahnen neuentwickelte Elektronik auf moderner mikroelektronischer Basis steuert und regelt den gesamten Prüfablauf. Der

Steuerteil (Schwachstrom) besteht aus der Zentralelektronik, dem Bedienpult, dem Steuergerät und der Schaltschrankelektronik.

Vom Bedienpult aus erfolgen Anfahr- und Anhaltevorgänge (mit Bremsung) sowie die Korrektur der Fahrgeschwindigkeit. Zahlreiche Kontrolleinrichtungen zur Funktion des Erprobungsmusters (Reifensicherung, Sicherungsleine, Drehzahl, Temperatur u. a.) mit Anzeige auf dem Bedienpult sowie Schutz-einrichtungen für den Starkstromteil des Zugmittels bzw. der selbstfahrenden Maschine gewährleisten die Betriebssicherheit der Anlage.

Besonders wichtig ist die Einhaltung der vorgeschriebenen Fahrgeschwindigkeit. Zu diesem Zweck erfolgt von einem speziellen Steuergerät aus eine ständige Kontrolle und bei Abweichungen eine selbständige Nachregelung der Fahrgeschwindigkeit. Die konstruktive Gestaltung der E-Antriebe auf den Maschinen läßt auch den Betrieb von Zapfwelle und Arbeitshydraulik zu.

4. Methodik

Das Ziel der Prüfbahnerprobung besteht darin, in kalendermäßig kürzester Zeit zu ausreichend sicheren Aussagen zur Haltbarkeit und zur materialökonomischen Optimierung der Tragelemente der Gesamtmaschine zu kommen.

Die Aufstellung des Prüfprogramms umfaßt die Festlegung der Prüfbelastung, -dauer und -reihenfolge. Bestimmt wird die Prüfbelastung durch die Prüfbahnparameter Hinder-

nisform (Höhe, Anfahr- und Abfahrwinkel) und Hindernisanordnung (radial verteilt, einseitig, zweiseitig), die Maschinenparameter Reifennendruck, Masse und Masseverteilung sowie durch die Fahrgeschwindigkeit.

Grundlage für die Festlegung der Prüfbelastung bildet der Vergleich des im praktischen Einsatz durch repräsentative Belastungs- und Beanspruchungsmessungen ermittelten Gesamtlastkollektivs mit dem Lastkollektiv der Prüfbahn. Die auftretenden Einzellastkollektive an den Kräfteinleitungspunkten der Maschine (Räder, Deichsel, Anhängerkupplung) und die Beanspruchung an ausgewählten Bauteilen des Tragsystems werden bei allen typischen Betriebslastfällen (Arbeitsvorgang mit unterschiedlichen Adaptern und Lademasen, Transportfahrt auf unterschiedlichen Fahrbahnen, Hangeinsatz) und Extremlastfällen (Grabendurchfahrt, Hindernisauffahrt, extreme Fahrzustände, Bild 6) über Spannungs-Dehnungs-Messung und rechnergestützte statistische Auswertung der Meßergebnisse ermittelt. Hierfür steht in der Hauptabteilung Werkerprobung eine moderne PCM-Meßtechnik (Puls-Code-Modulation) mit entsprechender Rechentechnik (K 1520, PC 1715) zur Verfügung.

Die Maschinenparameter sollen auf der Prüfbahn denen des landwirtschaftlichen Einsatzes entsprechen. Die Masse und die Masseverteilung werden durch Variation der Rüstzustände (Arbeitsstellung mit verschiedenen Adaptern, Transportstellung) und Lademasen (Bunkerfüllung Mähdrescher, Lademasse Anhänger) dem praktischen Einsatz angeglichen. Die Reihenfolge der Belastung soll in Blöcken von 10 bis 50 Prüfstunden gleichfalls der des Einsatzes ähneln. Die Drehrichtung ist nach jeweils 100 bis 200 Prüfstunden zu ändern. Bei Temperaturen unter -10°C wird die Prüfbahnerprobung ausgesetzt.

Grundlagen für die Bestimmung der Prüfdauer t_p sind:

- Einsatzzeit t_E bzw. effektive Nutzungsdauer der Maschine, abgeleitet aus der projektierten Nutzungsdauer (Einsatzspiegel [3] mit Einsatzzeit $P_E = 50\%$)
- Zeitraffung bzw. Intensität der Prüfbelastung I_p im Vergleich zum praktischen Einsatz
- Sicherheitszahl $v = f(P_0, S, n, V)$ bei Lebensdauerverteilungsfunktionen nach Weibull- bzw. Normalverteilung (P_0 Überlebenswahrscheinlichkeit, S statistische Sicherheit, n Stichprobengröße, V Variationskoeffizient).

Daraus folgt:

$$t_p = \frac{t_E v}{I_p}$$

Einsatzzeit

In die Einsatzzeit gehen i. allg. die technologischen Teilzeiten T_1 , T_2 , T_3 und Sondertransportzeiten ein.

Zeitraffung (Prüfintensität)

Die Zeitraffung wird durch die Schadenseintrittszeit gleichartiger Schäden im praktischen Einsatz und auf der Prüfbahn bestimmt:

$$I_p = \frac{\bar{t}_E}{t_p}$$

Die Werte sind bauteilspezifisch unterschiedlich. Die genaue Ermittlung bereitet oftmals Probleme, da Frühausfälle wegen der

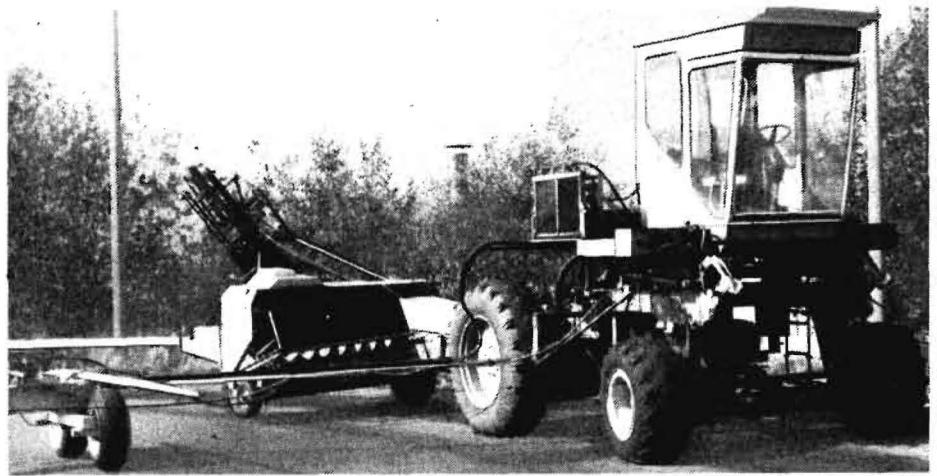


Bild 4. Feldhäcksler mit E-Motor

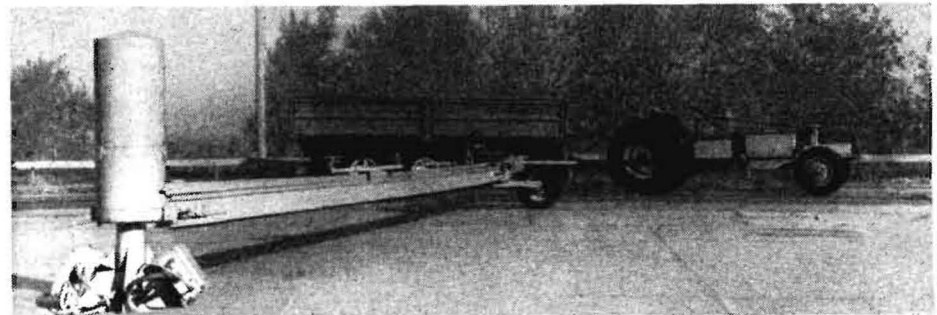


Bild 5. Traktor ZT 300 mit E-Motor

verbesserten Berechnungsverfahren kaum noch auftreten und die hohe projektierte Nutzungsdauer im praktischen Einsatz innerhalb der zweijährigen Entwicklung nicht erreichbar ist.

Folgende Verfahren werden zur Bestimmung der Zeitraffung angewendet:

- Analogieschlüsse von Typvorläufern
- Betriebsfestigkeitsrechnung und Vergleich der Lebensdauerwerte (50% Einsatzkollektiv zu Prüfbahnkollektiv) bzw. Vergleich der Kollektivvölligkeiten nach Standard TGL 13 500
- Vergleich der Schadenseintrittszeiten gleichartiger Schäden zwischen praktischem Einsatz und Prüfbahn

- Extrapolation des Rißverlaufs bis zum Ausfall [4]
- Einbau von Bauteilen mit Sollbruchstellen, die innerhalb von ein bis zwei Kampagnen zum Ausfall führen (bisher Ausnahmefälle wegen Gefährdung der landtechnischen Untersuchungen).

Sicherheitszahl

Die Notwendigkeit der Sicherheitszahl ergibt sich aus dem statistischen Problem, vom Ergebnis der Untersuchung weniger Prüflinge auf das Verhalten der Grundgesamtheit der später produzierten Maschinen zu schließen.

Die Lebensdauer konstruktiv gleich gestalte-

Bild 6. Extreme Fahrerprobung des Schwadmähers E 303 am Hang



Tafel 2. Bauteilklassifizierung Überlebenswahrscheinlichkeit, statistische Sicherheit

Klasse	Merkmal (bei Ausfall)	n_{Min}	P_u %	S %
1	<ul style="list-style-type: none"> - keine Gefährdung Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz (GAB) - kein Funktionsausfall bei Schadenseintritt - geringer Instandsetzungsaufwand, operativ vom Anwender lösbar - gute Erkennbarkeit, keine Folgeschäden 	2	50	60
2	<ul style="list-style-type: none"> - keine Gefährdung GAB - geringe Ausfallzeit bei Schadenseintritt (< 1 Tag) - geringer bis mittlerer Instandsetzungsaufwand, Instandsetzung operativ lösbar - gute Erkennbarkeit, keine Folgeschäden - theoretisch (Berechnung) kein Risiko zur Betriebssicherheit 	2	90	70
3	<ul style="list-style-type: none"> - keine Gefährdung GAB - mittlere Ausfallzeit (1 bis 3 Tage) - mittlerer bis hoher Instandsetzungsaufwand, Instandsetzung nur in Werkstatt lösbar - Erkennbarkeit eingeschränkt, Folgeschäden möglich - aus Berechnung ist Risiko für Betriebssicherheit vorhanden 	2	90	80
4	<ul style="list-style-type: none"> - Gefährdung GAB mit geringer Erwartungswahrscheinlichkeit - hohe Ausfallzeit bei Schadenseintritt (4 bis 10 Tage) - hoher Instandsetzungsaufwand - keine Erkennbarkeit, große Folgeschäden - aus Berechnung ist Risiko für Betriebssicherheit hoch 	3	95	90
5	<ul style="list-style-type: none"> - Gefährdung GAB mit hoher Erwartungswahrscheinlichkeit - sehr hohe Ausfallzeit (> 10 Tage) - sehr hoher Instandsetzungsaufwand - keine Erkennbarkeit, sehr große Folgeschäden - aus Berechnung keine Haltbarkeit zu erwarten 	5	98	95

ter Bauteile einer Grundgesamtheit entspricht einer statistischen Verteilung, die von den Lebensdauereinflußgrößen Werkstoffeigenschaft, Fertigungsqualität und Belastung und deren Streuungen abhängt. Die Verteilungsfunktion der Lebensdauer der Landmaschinenbauteile entspricht ausreichend genau der Weibullverteilung bzw. der Gaußschen Normalverteilung.

Die Senkung der Lebensdauerwerte wird durch den Variationskoeffizienten $V = \sigma/\mu$ definiert (μ Erwartungswert der Grundgesamtheit, σ Standardabweichung). Erfahrungsgemäß beträgt $V = 0,3 \dots 0,5$.

Die Forderungen zur Überlebenswahrscheinlichkeit und statistischen Sicherheit der Aussage (einseitiger Vertrauensbereich) sind bauteilspezifisch (Tafel 2) und sollten nicht nur nach wahrscheinlichkeitstheoretischen Grundlagen, sondern auch nach den praktischen Erfahrungen und realen Möglichkeiten festgelegt werden.

Die Berechnung der Sicherheitszahl wird auf der Grundlage des Standards TGL 19 336 bzw. nach einem in der Hauptabteilung Werk-erprobung vorliegenden Programm „Grenznutzungsdauerbestimmung bei kleinen Stichproben“ durchgeführt. Der Einfluß der Stichprobengröße auf die Sicherheitszahl nach diesem Programm geht aus Tafel 3 hervor. Die Sicherheitszahlen bei $n = 2$ und den in Tafel 2 festgelegten Werten liegen in der Größenordnung von $v = 0,7 \dots 3,5$.

Die Stichprobengröße für den Haltbarkeitsnachweis ist mit $n \geq 2$ bzw. $n \geq 3$ und $n \geq 5$ (s. Tafel 2) festgelegt.

Die Untersuchung von einer Stichprobe läßt nur eine Haltbarkeitseinschätzung zu. Mit den aufgeführten Einflußgrößen folgen für gezogene und selbstfahrende Landmaschinen Prüfdauerwerte von $t_p = 1000 \dots 2000$ h.

In den Haltbarkeitsnachweis werden außerdem alle Ergebnisse der Einsatzerprobung und der Bauteil- und Baugruppenuntersuchungen auf Prüfständen einbezogen.

5. Materialökonomische Optimierung

Experimentelle Haltbarkeitsuntersuchungen zum ökonomischen Leichtbau von Bauteilen und Baugruppen mit Variantenuntersuchungen z. B. zum Wirkprinzip, zum statischen Aufbau und zur Querschnittsform sind i. allg. nur in den Forschungsstufen möglich. Bei Haltbarkeitsuntersuchungen von Entwicklungsmustern und Serienerzeugnissen besteht dagegen die Aufgabe, Aussagen zu Möglichkeiten der materialökonomischen Optimierung von Bauteilen zu treffen und nach Realisierung solcher Maßnahmen den Haltbarkeitsnachweis dafür zu führen. Unter materialökonomischer Optimierung wird dabei die Gesamtheit aller konstruktiven Maßnahmen, die durch Änderung der Bauteilgestalt (bei Beibehaltung des Konstruktionsprinzips) absolute und spezifische Massereduzierung (Leistungserhöhung), Substitution u. a. materialkostenbeeinflussende Maßnahmen zur Einsparung der volkswirtschaftlichen Kosten, vor allem Werkstoff und Energie, bei gleichen oder höheren Gebrauchseigenschaften des Erzeugnisses führt. Die Erhöhung der Gebrauchseigenschaften kommt für den Anwender z. B. in der Senkung des Bodendrucks (Verringerung der Bodenverdichtung), in der Energieeinsparung und teilweise auch in der Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen und bei Transport und Lagerung zur Wirkung.

Die Grenzen des Haltbarkeitsnachweises entsprechend Abschn. 4 bestehen aus materialökonomischer Sicht in folgendem:

- keine Aussage zu Überdimensionierungen nach Abschluß der Untersuchung, obwohl die Prüfzeitverlängerung ein Mehrfaches der projektierten Nutzungsdauer beträgt
- Bauteilausfälle mit der Schadenseintrittszeit $t_s > t_e/l_p$ erfordern konstruktive Änderungen, obwohl bei Erhöhung der Stichprobengröße und damit Verringerung der Sicherheitszahl eine ausreichende Haltbarkeit möglich wäre
- Haltbarkeitsuntersuchung wird wegen

Tafel 3. Sicherheitszahl $v = f(n)$ bei $P_u = 90\%$ und $S = 90\%$

n	2	3	4	5	10
v	2,5	2,13	1,92	1,75	1,35

$P_u = 90\%$ auf der Grundlage einer Belastungsintensität von $l_p = 90\%$ geführt, damit sind theoretisch 90% der Maschinen geringeren Einsatzbelastungen ausgesetzt und damit überdimensioniert.

Daraus lassen sich für die Durchsetzung der materialökonomischen Optimierung folgende Schlußfolgerungen ableiten:

- Die Aufnahme von einsetzungsspezifischen materialökonomischen Vorgaben im Pflichtenheft ist zu sichern.
- Nach Vorliegen des Haltbarkeitsnachweises sind die Untersuchungen zum statistisch sicheren Erkennen von Überdimensionierungen fortzusetzen, optimal wäre bis zum Ende der Lebensdauer (ökonomisch aber für die Gesamtmaschine nicht vertretbar).
- Anzustreben ist eine maximal mögliche Stichprobengröße für den Haltbarkeitsnachweis, um die Prüfdauer $t_p = t_e/l_p$ so gering wie möglich überschreiten zu müssen.

- Bei Bauteilausfällen ist zu entscheiden über

- konstruktive Änderung zur Erhöhung der Lebensdauer
- Verminderung der projektierten Grenznutzungsdauer bzw. Planung als Abnutzungsteil
- Instandhaltungsmaßnahmen zur Verlängerung der Lebensdauer.
- Die Bauteilausfälle mit $t_s > t_e/l_p$ sind besonders zu bewerten (evtl. rechnerische Untersuchungen) und die konstruktiven Maßnahmen einsetzungsspezifisch zu differenzieren.
- Der Haltbarkeitsnachweis von Konstruktionsvarianten ist auf der Grundlage von mindestens zwei Belastungskollektiven mit unterschiedlichen Schädigungsvorgängen, z. B. für „Ebene“ und „Bergland“, zu führen.
- Quantitative und qualitative Erweiterung der prüftechnischen Ausrüstung bei Prüfstand und Prüfanlagen, z. B. elektroservohydraulische Prüfanlagen mit praxisgerechter Simulation der Belastungen.

Die in den Jahren 1983 bis 1986 durchgeführten Untersuchungen zur materialökonomischen Optimierung von Schwadmäher und Hochdruckpresse führten zu folgenden Ergebnissen:

Schwadmäher

Mit Serieneinführung des Schwadmähers E303 im Jahr 1984 traten gegenüber dem bisherigen Erzeugnis E302 folgende Effekte auf:

- Erhöhung der Flächenleistung W_{07} von 1,85 ha/h auf 2,24 ha/h durch Einführung des neuen Schneidwerks E025 und Maßnahmen an der Grundmaschine
- Verringerung der absoluten Maschinenmasse um 300 kg
- damit spezifische Massereduzierung (kg Maschinenmasse/ha · h⁻¹ Flächenleistung) um 22 %.

Gegenüber dem im Jahr 1971 eingeführten E301 tritt infolge der Erhöhung der Grenznutzungsdauer von 3600 ha auf 6000 ha für

Dauerteile eine spezifische Massesenkung (kg Maschinenmasse/ha Grenznutzungsdauer) von 46 % ein.

Hochdruckpresse

Im Vergleich zwischen der Hochdruckpresse K453 (Serieneinführung 1973) und der Weiterentwicklung K454 (Stand 1986) werden ausgewiesen:

- Erhöhung der technologischen Durchsatzleistung in T_1 von 14,0 t/h auf 17,1 t/h durch konstruktive Maßnahmen im Antriebs- und Arbeitssystem
- Verringerung der absoluten Maschinenmasse um 190 kg
- damit spezifische Massereduzierung (kg Maschinenmasse/t · h⁻¹ technologischer Durchsatz) um 24 %
- Erhöhung der Grenznutzungsdauer von 2100 ha (K 453) auf 2800 ha (K 454), damit für Dauerteile eine spezifische Massesenkung (kg Maschinenmasse/ha Grenznutzungsdauer) von 30 %.

6. Zusammenfassung

Für die experimentellen Haltbarkeitsuntersuchungen von Tragelementen kompletter Maschinen haben sich Prüfbahnerprobungen gut bewährt. Im Kombinat Fortschritt Landmaschinen befinden sich zwei Prüfbahnen in der Hauptabteilung Werkerprobung Neustadt und eine im Betriebsteil Automatisierungstechnik Leipzig. Zielstellung der Prüfbahnerprobungen von Entwicklungsmustern und Serienerzeugnissen sind der Nachweis der Haltbarkeit und die Aussage zur materialökonomischen Optimierung der Bauteile.

Haltbarkeitsuntersuchungen sind in jeder Forschungs- und Entwicklungsstufe erforderlich. Für die Untersuchung kompletter Tragsysteme werden Prüfbahnerprobungen auch in den nächsten 10 Jahren ihre Bedeutung behalten.

Die vorhandenen und geplanten elektroservohydraulischen Prüfeinrichtungen und (Rollen-) Leistungsprüfstände dienen in erster Linie zur Untersuchung von Bauteilen und Baugruppen und vor allem für stationäre, praxiserprobte Untersuchungen von Antriebs- und Arbeitselementen, für die ein großer Nachholebedarf besteht.

Die technische Ausrüstung der Prüfbahnen hat mit der Verwendung von E-Motoren als Antriebe der Zugmittel und der selbstfahrenden Landmaschinen, mit elektrohydraulischen Lenkverfahren und elektrischen Steuer-, Regel- und Kontrolleinrichtungen ein hohes technisches Niveau erreicht, das auch international im Vergleich zu bekannten Prüfbahnen in der UdSSR und in der UVR bestehen kann.

Die Methodik für den Haltbarkeitsnachweis auf Prüfbahnen wird bestimmt von der Kenntnis der Belastungen im praktischen Einsatz und auf der Prüfbahn, der daraus resultierenden Zeitraffung, der effektiven Nutzungsdauer der Maschine im Einsatz und den statistischen Zusammenhängen zur Sicherheit der Haltbarkeitsaussage. Zur differenzierten Beurteilung von Bauteilen wird eine Bauteilklassifizierung mit zugeordneter Überlebenswahrscheinlichkeit und statistischer Sicherheit festgelegt.

Die Auswertung der Schadensereignisse an

Serienerzeugnissen zeigt, daß die aus den Ergebnissen der Prüfbahnerprobung hervorgegangenen Zuverlässigkeitsaussagen mit großer Sicherheit im praktischen Einsatz eintraten.

Um Aussagen zur materialökonomischen Optimierung von Bauteilen treffen zu können, sind Lebensdaueruntersuchungen mit möglichst großer Stichprobe erforderlich. Die Bauteilfälle sind einsetzspezifisch zu bewerten und die Möglichkeiten der Instandhaltung besser zu berücksichtigen.

Gute Ergebnisse sind u. a. an den Maschinen Schwadmäher und Hochdruckpresse erreicht worden, indem eine spezifische Massereduzierung von 22 % bzw. 24 % bei gleichzeitiger Sicherung der Zuverlässigkeit realisiert wurde.

Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Leichtbau-Handbuch. Institut für Leichtbau Dresden 1984.
- [2] Schöne, C.: Entwicklung und Konstruktion einer Lenkeinrichtung für Erprobungsmaschinen auf Prüfbahnen. Kombinat Fortschritt Landmaschinen, HA Werkerprobung, Ingenieurabschlußarbeit 1980.
- [5] FoN 106100 Einsatzpiegel für mobile Landmaschinen, 1985.
- [4] Augustin, J.: Bestimmung von Lebensdauerumrechnungsgrößen zwischen Prüfbahn- und Einsatzzerprobung. Kombinat Fortschritt Landmaschinen, HA Werkerprobung, Diplomarbeit 1977. A 4822

Rationalisierung der Testung von Mähdreschern

Dipl.-Ing. A. Peters/Dipl.-Ing. H. Bayn

Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Erntemaschinen Neustadt, Stammbetrieb

Die Qualität einer Erntemaschine wird wesentlich durch ihre Funktionskennwerte bestimmt. Diese werden im Rahmen von Funktionsprüfungen und Labortests ermittelt. Ein charakteristischer Parameter von Mähdreschern ist die Durchsatzleistung in Abhängigkeit von den Dreschwerksverlusten, die sich aus Schüttler-, Ausdrusch- und Reinigungsverlusten zusammensetzen.

Mit der Entwicklung des Mähdreschers E512 wurde im Jahr 1968 in der Hauptabteilung Werkerprobung des Kombinats Fortschritt Landmaschinen eine erste Testeinrichtung entwickelt und aufgebaut. Im Ergebnis umfangreicher Erkenntnisgewinnung im Erprobungs- und Prüfprozeß im In- und Ausland machte sich eine Weiterentwicklung der Testeinrichtung erforderlich, die nachfolgend beschrieben wird.

1. Aufbau des Testmähdreschers

Der Testmähdrescher ist in den Bildern 1 und 2 dargestellt.

Im Bild 3 ist die Durchführung eines Funktionstests schematisch veranschaulicht. Die Angaben zum Untersuchungsobjekt, zu den Einsatzbedingungen und zu den Meßergeb-

nissen werden in ein Testprotokoll entsprechend Tafel 1 eingetragen.

2. Funktionsbeschreibung

Der Schüttler- und Reinigungsabgang wird getrennt auf zwei Planen mit einer Länge von 30 m abgelegt. Dieser Vorgang beginnt, wenn ein quasistationärer Betrieb des Mähdreschers erreicht ist. Die Anlaufstrecke sollte nicht kleiner als 100 m sein. Der Korn-ertrag wird entweder durch Abfangen der Körner in der Meßstrecke mit einem Korn-auffangbehälter oder durch Abtanken der Körner nach einer Durchfahrt (Anlauf-

strecke, Meßstrecke, Auslaufstrecke) und aus dem errechneten Durchschnittsertrag ermittelt.

Die abgelegten Planen werden nacheinander mit dem Testmähdrescher aufgenommen und ausgewertet (Bild 4). Dabei erhält man beim Aufrollen der Plane mit dem Schüttlerabgang zuerst die Ausdruschverluste. Das geschieht so, daß die losen Körner und Kurzstrohteile im Vorschüttler herausgeschüttelt und unter dem Vorschüttler aufgefangen werden.

Unausgedroschene Ähren und Langstroh werden nachgedroschen und die Körner ge-

Bild 1
Testmähdrescher
in Arbeitsstellung
(Foto: E. Fröde)

