

## 1. Einleitung

Mit der Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften unserer Republik ergaben sich wesentlich neue Aspekte für die Gestaltung der Produktionsprozesse. Unter anderem wurden Produktionseinheiten geschaffen, die den wirtschaftlichen Einsatz und die Auslastung hochproduktiver Maschinen, Maschinensysteme und Anlagen gestatten. In der Feldwirtschaft wird der Einsatz selbstfahrender Landmaschinen und ganzer Maschinensysteme zunehmen. In der Viehwirtschaft kommen wir zu großen Produktionsanlagen, die weitestgehend mechanisiert und teilweise automatisiert sind. Im Zuge dieser Entwicklung kann man erhebliche Steigerungen der Arbeitsproduktivität und Senkungen der Verfahrenskosten erwarten. Der Einsatz großer vielseitiger Systeme miteinander verketteter technischer Arbeitsmittel stellt allerdings hohe Anforderungen an die Betriebssicherheit. Eine ausreichende Kontinuität der Produktion, wie die notwendige Auslastung dieser umfangreichen Maschinensysteme ist nur bei minimaler Störanfälligkeit zu erwarten. Dieser Umstand zwingt auch den Landtechniker, bei Projektierung, Konstruktion, Einsatz und Instandhaltung seiner technischen Arbeitsmittel dem Problem der *Zuverlässigkeit* erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Dabei kommt es darauf an, die bereits vorhandenen technisch-wissenschaftlichen Grundlagen nunmehr auch für die praktische Anwendung in der Landtechnik zu erschließen.

## 2. Definition der Begriffe Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit ist in [1] definiert als:

„Wahrscheinlichkeit, daß eine Maschine, Baugruppe oder ein Einzelteil unter gegebenen Bedingungen während einer bestimmten Nutzungsdauer betriebstauglich bleiben.“

Dabei wird unter *Nutzungsdauer* verstanden:

„Maß für die Inanspruchnahme von Maschinen, Baugruppen oder Einzelteilen. Sie kann als Anzahl der Betriebsstunden, oder -jahre oder in anderen Einheiten angegeben werden, z. B. als Menge des verbrauchten Kraftstoffes, Größe der bearbeiteten Fläche oder der zurückgelegten Wegstrecke, Masse des verarbeiteten Gutes.“

Die *Grenznutzungsdauer* [1] einer Maschine wird durch einen Ausfall beendet, wobei unter Ausfall der volle oder teilweise Verlust der Betriebstauglichkeit einer Maschine oder eines Systems verstanden wird.

In diesem Zusammenhang ergibt sich als Kennziffer der Anzahl der Ausfälle die Ausfallrate.

Die *Ausfallrate*  $\lambda$  ist der Anteil einer bestimmten Menge von Elementen oder Systemen des gleichen Typs, der in der Zeiteinheit ausfällt. Die Menge ist dabei auf das betrachtete Zeitelement bezogen.

Eine weitere Kennziffer ist die *Verfügbarkeit*.

Die Verfügbarkeit als Maß für die Zuverlässigkeit und Instandsetzbarkeit muß für ununterbrochen arbeitende Maschinen, z. B. Klimaanlage in Geflügelgroßhaltungen, und unterbrochen arbeitende Maschinen, z. B. Futterbänder, Melkanlagen und Maschinen der Feldwirtschaft, getrennt betrachtet werden. Für ununterbrochen genutzte Maschinen ist die Verfügbarkeit  $\bar{A}$  die Wahrscheinlichkeit, daß sich ein System zu einem beliebigen Zeitpunkt nicht in Instand-

setzung oder zur Pflege, Wartung oder zur Überprüfung befindet. Sie wird ermittelt durch das Verhältnis

$$\bar{A} = \frac{\tau}{\tau + \tau_r + \tau_p}$$

Darin bedeuten:

- $\tau$  summierte Betriebszeit,
- $\tau_r$  summierte Instandsetzungszeit,
- $\tau_p$  summierte Zeit für Pflege, Wartung oder Überprüfung eines Systems oder eines Kollektivs von Systemen.

Für unterbrochen genutzte Maschinen gilt:

$$A = \frac{\tau}{\tau + \tau_r^x}$$

Hierin ist:

- $\tau_r^x$  summierte Instandsetzungszeit während der geplanten Einsatzzeit

## 3. Die Charakteristik der Ausfallrate

Um technische Arbeitsmittel mit einer hohen Zuverlässigkeit betreiben zu können, ist es notwendig, die Gesetzmäßigkeiten des Eintritts von Ausfällen zu ermitteln.

Die Vielzahl der Ausfallarten läßt sich in drei Hauptgruppen einteilen:

1. Frühausfälle
2. Zufallsausfälle
3. Abnutzungsausfälle

Die Frühausfälle sind auf Montageungenauigkeiten oder -fehler, auf größere unentdeckte Werkstoffinhomogenitäten und andere Mängel der Herstellung zurückzuführen. Es fallen deshalb in der ersten Zeit nach der Inbetriebnahme eine erhöhte Anzahl von Einzelteilen aus. Mit steigender Betriebsdauer werden die Ausfälle, die auf oben genannte Ursachen zurückzuführen sind, geringer, weil diese Fehler größtenteils bereits einen Ausfall verursacht haben. Die Garantiezeit ist so festzulegen, daß alle diese Ausfälle zu Lasten des Herstellers behoben werden.

Mit Beendigung der Frühausfälle tritt eine Stabilisierung ein und die Ausfallrate zeigt eine Konstanz über der Zeit. Die Ausfälle haben zufälligen Charakter und sind auf Bedienungsfehler und Havarien zurückzuführen. Der zufällige Charakter resultiert daraus, daß es vom Alter der Maschine unabhängig ist, wann eine Havarie oder ein Bedienungsfehler auftritt. Nach einer gewissen Betriebszeit stellen sich an der Maschine Abnutzungserscheinungen ein und die Ausfallrate wird gemäß Bild 1 ansteigen. Es treten hier Ausfälle durch Verschleiß und Korrosion auf, d. h. allmähliche Ausfälle, da die Toleranzgrenze der Betriebstauglichkeit

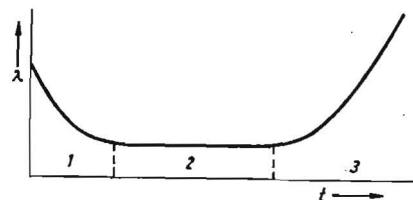


Bild 1. Jede Ausfallrate zeigt drei Phasen, die durch die Ausfallursache charakterisiert sind

\* Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- u. Fördertechnik (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. GRUNER)

langsam überschritten wird. Des weiteren werden plötzliche Ausfälle durch Ermüdungsbrüche auftreten. Der Ausfall ist auf das Überschreiten der Lastwechselzahl zurückzuführen.

Bei mechanisch beanspruchten Einzelteilen von Maschinen kann die Zeit der Zufallsausfälle sehr gering sein, da die Abnutzungsvorgänge durch Verschleiß, Korrosion und Ermüdung mit Inbetriebnahme beginnen. Auch der Abnutzungsvorgang ist ein stochastischer Prozeß und es werden schon sehr zeitig Einzelteile auf Grund der oben genannten Ursachen ausfallen. Die Zeit mit einer konstanten Ausfallrate kann dabei sehr kurz werden. In Bild 1 ist die Ausfallrate über der Zeit dargestellt. Jede Ausfallcharakteristik zeigt die 3 Phasen des Ausfallens, die Zeitspanne der jeweiligen Phasen ist jedoch bei verschiedenen Teilen oder Beanspruchungen unterschiedlich.

Die Ausfallrate kann anhand der verschiedenen Verteilungen der Grenznutzungsdauer erklärt werden.

#### 4. Verteilungen der Grenznutzungsdauer

Zuverlässigkeit und Ausfall stehen in einem gesetzmäßigen Zusammenhang und die Ausfallrate ist damit ein Maß für die Zuverlässigkeit eines Systems. Da der Ausfall ein zufälliges Ereignis ist, sind die Grundlagen seiner Berechnung durch die Wahrscheinlichkeitsrechnung [2] gegeben. Ist ein Ereignis zufällig und es wird eine Menge von Objekten betrachtet, bei denen dieses Ereignis auftritt, so erhält man eine Wahrscheinlichkeitsverteilung dieses Ereignisses.

Auch die Grenznutzungsdauer von Einzelteilen und Systemen ergibt sich aus einem stochastischem Prozeß und besitzt demnach eine Wahrscheinlichkeitsverteilung. Es handelt sich hierbei um eine stetige Verteilung, d. h. eine Verteilung, bei der die Wahrscheinlichkeitswerte über die ganze Abszisse oder einige Intervalle der Abszisse mit einer bestimmten Dichte verteilt sind. Die Grenznutzungsdauer als Zufallsgröße wird durch ungleiche Belastungen und Betriebsbedingungen, durch Werkstoffinhomogenitäten, Bearbeitungstoleranzen und andere Ursachen bestimmt.

Zur Darstellung der Verteilung der Grenznutzungsdauer wird auf der Ordinate die Zahl oder der Prozentsatz der ausgefallenen Teile und auf der Abszisse die Inanspruchnahme (in Betriebsstunden, verbrannter Kraftstoff, Lastwechselzahl ...) aufgetragen.

##### 4.1. Allgemeine Herleitung der Verteilungsfunktion der Grenznutzungsdauer

Im Abschnitt 2 wurde die Ausfallrate  $\lambda$  als der Anteil einer bestimmten Menge von Elementen oder Systemen des gleichen Typs, der in der Zeiteinheit ausfällt, definiert. Formelmäßig ausgedrückt ergibt sich damit folgender Zusammenhang:

$$\lambda(t) = -\frac{l}{N} \cdot \frac{dN}{dt} \quad (1)$$

wobei  $N$  der jeweilige Bestand der Elemente zu Beginn des Zeitelements  $dt$  und  $dN$  die in der Zeit  $dt$  ausgefallenen

Elemente darstellt. Durch Integration der Gleichung (1) von  $t = 0$  bis  $t = t$  bekommt man die Anzahl der Elemente, die vom Anfang bis zum Zeitpunkt  $t$  ausfallen. Damit läßt sich die Überlebenswahrscheinlichkeit der Gesamtheit ausdrücken. Das ist auch der mathematische Zusammenhang für die Zuverlässigkeit  $R(t)$ .

$$R(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) \cdot dt\right) \quad (2)$$

Mit Hilfe der Zuverlässigkeit läßt sich die Verteilungsfunktion der Ausfälle  $F(t)$  darstellen, da die Wahrscheinlichkeit des Ausfallens gleich 1 minus der Wahrscheinlichkeit des Überlebens ist.

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (3)$$

Die Dichtefunktion der Ausfälle, der prozentuale Anteil der ausfallenden Elemente an der Gesamtheit bezogen auf die Zeit, ergibt sich zu:

$$f(t) = \frac{dF}{dt} = -\frac{dR}{dt} \quad (4)$$

Aufbauend auf der Ausfallrate und der Verteilungsdichte soll die in Bild 1 dargestellte Kurve der Ausfallrate anhand der verschiedenen Verteilungsfunktionen für die Grenznutzungsdauer diskutiert werden.

##### 4.2. Verteilungsfunktionen für die Grenznutzungsdauer

Wie im Abschnitt 3 dargelegt, fallen bei mechanischer Beanspruchung einer Menge von Einzelteilen die meisten Teile durch Abnutzungserscheinungen aus. Die Ausfallrate hat in diesem Bereich den in Bild 2 gezeigten Verlauf.

Bei Betrachtung der Verteilungsfunktionen, die zur Bestimmung des stochastischen Prozesses der Grenznutzungsdauer in Frage kommen, erhalten wir bei einer solchen Ausfallrate die *Gaußsche Normalverteilung*. In der Literatur [3] [4] [5] und [6] wird auch bestätigt, daß z. B. bei Lagern, die dem Verschleiß unterliegen, oder bei wechselbeanspruchten Rahmen und Achsen die Dichtefunktion eine Gaußsche Normalverteilung annähert. Die Dichtefunktion nimmt den in Bild 3 dargestellten Verlauf an.

Die Gaußsche Normalverteilung nähert aber nur das Verhalten während der Abnutzungserscheinungen an, besonders bei Ausfall durch Verschleiß, wogegen die *logarithmische Normalverteilung*, d. h. eine Normalverteilung bei logarithmisch geteilter Abszisse, die Ausfälle bei Ermüdungserscheinungen gut darstellt. Das Ausfallverhalten bei Frühausfällen und Zufallsausfällen kann mit dieser Verteilung nicht beschrieben werden.

Während der Zeit der Zufallsausfälle besitzt die Ausfallrate einen konstanten Wert (Bild 4).

Weiter kann sich als Verteilungsfunktion auch die Exponentialfunktion ergeben. Auch sie tritt im Maschinenbau auf, vor allem bei stark überdimensionierten Konstruktionen. Die Einzelteile erreichen meist nicht den Abnutzungsausfall, der durch den natürlichen Verschleiß oder die kritische

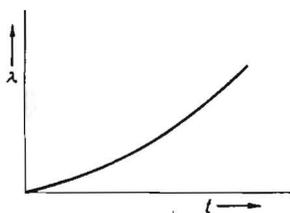


Bild 2  
Verlauf der Ausfallrate im Bereich der Abnutzung

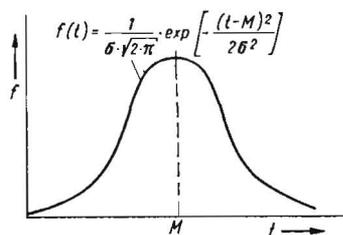


Bild 3  
Dichtefunktion der Ausfälle nach der Gaußschen Normalverteilung

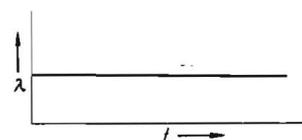


Bild 4  
Im Bereich der Zufallsausfälle besitzt die Ausfallrate einen konstanten Wert

Lastwechselzahl hervorgerufen wird. Die Einzelteile fallen durch Havarien und Bedienungsfehler, soweit diese nicht auf die Qualifikation des Bedienungspersonals zurückzuführen sind, aus, bevor sie ihre technisch mögliche Grenznutzungsdauer erreicht haben.

Aber auch diese Verteilung beschreibt nur einen Teil der Ausfallrate und eignet sich nicht zu ihrer Widerspiegelung über die gesamte Zeit. Mit Einführung einer parameterbehafteten Ausfallrate gelingt es mit der Weibullverteilung verschiedene Ausfallperioden zu beschreiben. Die Ausfallrate für die Weibullverteilung nimmt folgende Form an

$$\lambda(t) = \lambda_0 \cdot \left(\frac{t}{t_0}\right)^{\alpha-1} \quad (5)$$

und zeigt in Abhängigkeit von  $\alpha$  das in Bild 5 gezeigte Verhalten.

Aus Gleichung (2) und (4) ergibt sich die Dichtefunktion der Ausfälle:

$$f(t) = \frac{\alpha}{\tau^\alpha} \cdot t^{\alpha-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t}{\tau}\right)^\alpha\right] \quad \alpha > 0 \quad (6)$$

Die Weibullverteilung bietet durch die Wahl des Parameters  $\alpha$  die Möglichkeit, andere Verteilungen darzustellen oder anzunähern

z. B.  $\alpha = 1$ ; konstante Ausfallrate  $\hat{=}$  E-funktion

$\alpha = 3$ ; Abnutzungsausfallverhalten  $\hat{=}$  Gaußsche Normalverteilung

Die Weibullverteilung kann aber immer nur 2 Phasen des Ausfallverhaltens darstellen

z. B.  $\alpha < 1$  Frühausfälle und Zufallsausfälle

$\alpha > 1$  Zufallsausfälle und Abnutzungsausfälle

Die gemischte Weibullverteilung nach Kao [6] läßt die Beschreibung des gesamten Ausfallverhaltens von den Frühausfällen bis zu den Abnutzungsausfällen zu.

## 5. Probleme der Zuverlässigkeit bei Maschinensystemen

Für die Gesamtzuverlässigkeit eines technischen Systems ergibt sich auf Grund der Wahrscheinlichkeitsrechnung eine multiplikative Verknüpfung zwischen der Einzelzuverlässigkeit  $R_1, R_2 \dots R_n$  und der Gesamtzuverlässigkeit  $R_{ges}$ .

$$R_{ges} = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot \dots \cdot R_n$$

Die Zuverlässigkeit eines Systems ist damit nicht nur von der Zuverlässigkeit der Einzelteile, sondern in sehr starkem Maße auch von deren Anzahl abhängig. Je mehr Einzelteile ein System hat, desto größer muß die Zuverlässigkeit der Einzelteile sein, um noch eine ausreichende Systemzuverlässigkeit gewährleisten zu können.

Bild 6 zeigt die Abhängigkeit der Systemzuverlässigkeit von der Zuverlässigkeit der Einzelteile und deren Anzahl.

Um in der Praxis einen zu großen Rechenaufwand zu verhindern, gliedert man das System nicht in jedes Einzelteil auf, sondern nur in Baugruppen oder Maschinen. Mit gewissen Vernachlässigungen kann man für die praktische Rechnung einige Baugruppen mit der Zuverlässigkeit von 100% ansetzen (z. B. alle Dauerteile).

Dieselben Probleme ergeben sich auch, wenn man den Anfall als Überlagerung verschiedener Ursachen ansieht, z. B. kann eine Maschine oder ein Einzelteil auf Grund einer Kombination von Ermüdung und Verschleiß ausfallen. Auch hier findet die Produktenregel Anwendung.

Mit Hilfe der Produktenregel werden die Beziehungen für die Fehlerrate und die Verteilungsdichte für das Zusammenwirken von  $n$ -Einzelteilen oder die Überlagerung von  $n$ -Ausfallursachen hergeleitet.

Bild 5 Die Ausfallrate für die Weibullverteilung zeigt in Abhängigkeit vom Parameter unterschiedliches Verhalten

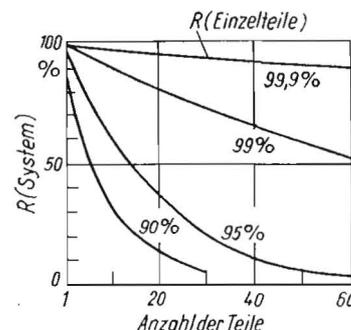
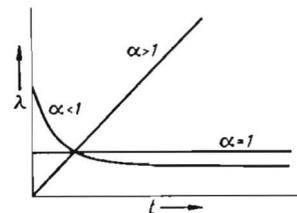


Bild 6 Abhängigkeit der Systemzuverlässigkeit von Zuverlässigkeit und Anzahl der Einzelteile

$$R(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) \quad (7)$$

$$f(t) = \sum_{i=1}^n f_i(t) \cdot \prod_{j=1}^{i-1} R_j(t) \cdot \prod_{j=i+1}^n R_j(t) \quad (8)$$

$$\lambda(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(t) \quad (9)$$

Bei der praktischen Berechnung stößt man aber durch die Unlösbarkeit des Integrals für die Normalverteilung auf Schwierigkeiten, so daß die Weibullverteilung als geeignetste erscheint.

Man erhält für die Überlagerung von  $n$ -Weibullverteilungen folgende Gleichungen für die Zuverlässigkeit, die Verteilungsdichte und die Fehlerrate.

$$R(t) = \exp\left[-\sum_{i=1}^n \left(\frac{t}{\tau_i}\right)^{\alpha_i}\right] \quad (10)$$

$$f(t) = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{\tau_i^{\alpha_i}} \cdot t^{\alpha_i-1} \cdot \exp\left[-\sum_{i=1}^n \left(\frac{t}{\tau_i}\right)^{\alpha_i}\right] \quad (11)$$

$$\lambda(t) = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{\tau_i^{\alpha_i}} \cdot t^{\alpha_i-1} \quad (12)$$

Damit ist eine allgemeine Funktionsdarstellung gegeben, mit der die Überlagerung verschiedener Ausfallursachen oder die Reihenschaltung verschiedener Einzelteile, Baugruppen oder Maschinen berechnet werden kann. Durch Wahl des Parameters  $\alpha$  werden die einzelnen Ausfallursachen variiert. Durch laufende Datenerfassung und -auswertung an bereits im Betrieb befindlichen Maschinen und Anlagen müssen Unterlagen für die Schätzung von  $\alpha$ , sowie für die ständige Überwachung und Optimierung der Zuverlässigkeit geschaffen werden.

Die aufgezeigten Grundlagen zur Zuverlässigkeitstheorie sollen dazu dienen, die in der Landtechnik auftretenden Probleme sowohl der vorbeugenden Instandhaltung wie der operativen Instandsetzung optimal zu lösen. Die erhöhte Mechanisierung und Automatisierung der landtechnischen Prozesse erfordert dringend die Anwendung der Zuverlässigkeitstheorie.

## Zusammenfassung

Die „Grundlagen der Zuverlässigkeit“ werden durch eine Reihe von Begriffsbestimmungen eingeleitet. Darauf aufbauend wird die Ausfallrate diskutiert und den einzelnen

Abschnitten der Ausfallrate werden Verteilungen der Grenznutzungsdauer zugeordnet.

Den Schluß bildet die mathematische Erfassung der Zusammenhänge der Zuverlässigkeit bei Überlagerung mehrerer Fehlerursachen oder bei der „Reihenschaltung“ von Einzelteilen, Baugruppen oder Maschinen, wie sie in den modernen Produktionssystemen der Landwirtschaft auftreten.

#### Literatur

- [1] —: Grundbegriffe der Landtechnischen Instandhaltung, TGL 80 — 22278
- [2] SMIRNOW, N. W. / I. W. DUNKIN-BARKOWSKI: Mathematische Statistik in der Technik, 1. Auflage, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1963
- [3] HACKLER, J.: Zuverlässigkeit von Bauelementen. IDV Schriftenreihe, Heft 3, Dresden 1965
- [4] HUMMITSCH, P.: Zuverlässigkeit von Systemen. REHIE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, Heft 28, VEB Verlag Technik, Berlin 1964
- [5] SCHOR, J. B.: Anwendung der Zuverlässigkeitstheorie. Presse der Sowjetunion, Ausg. A, Berlin 1967, Sonderbeilagen zur Nr. 56, Nr. 58, Nr. 68, Nr. 86

- [6] RUSCH, E.: Theorie und Praxis der Lebensdauer-Verteilungen. Technische Zuverlässigkeit in Einzeldarstellungen. R. Oldenbourg Verlag, München und Wien 1964, Heft 2, Seite 81 bis 100, und Heft 3, Seite 63 bis 94

Außerdem wurden folgende Quellen ausgewertet:

NITSCHKE, K.: Instandhaltung landwirtschaftlicher Anlagen. Vortrag zur wissenschaftlichen Tagung „Landwirtschaftlicher Anlagenbau“ 30. Sept./1. Okt. 1963 in Dresden

LIEBELT, L.: Bestimmung der Lebensdauer von Gerätekomplexen. Diplomarbeit TH Dresden, Fakultät Ingenieurökonomie 1958 (unveröffentlicht)

PATERSON, E. G. B.: Zuverlässigkeit und Qualität. Technische Zuverlässigkeit in Einzeldarstellungen. R. Oldenbourg Verlag, München und Wien 1964, H. 2

KLEEDER, H. G.: Einführung in die Begriffe der Lebensdauer und Zuverlässigkeit. Nachrichtentechnische Fachberichte, Band 24 S. 1 bis 21, Verlag Friedr. Vieweg und Sohn, Braunschweig 1965

KUGEL, R. W.: Streuung und Lebensdauer von Maschinen und Maschinenelementen und Aggregaten. Vestnik masinstroenija Moskva 5 (1959) II, 8, S. 3 bis 9

STANGE, K.: Zur Ermittlung der Abgangslinie für wirtschaftliche und technische Gesamtheiten. Mitteilungsblatt für mathematische Statistik Würzburg 7 (1955) S. 113 bis 157

A 7475

Dipl.-Ing. S. MODRA, KDT\*

## Über die Instandhaltung landwirtschaftlicher Anlagen

### 1. Problemstellung

Während die Probleme der Instandhaltung von Maschinen der Feldwirtschaft, von Traktoren und Auhängern seit vielen Jahren Gegenstand intensiver wissenschaftlicher und praktischer Tätigkeit waren, und dadurch bestimmte Grundlagen auf diesem Gebiet erarbeitet worden sind, fanden die Maschinen und Geräte der Innenwirtschaft kaum Beachtung. Trotz steigenden Anteils dieser Arbeitsmittel und ihrer stark zunehmenden Bedeutung innerhalb des landwirtschaftlichen Produktionsprozesses ist ihre Instandhaltung fast unverändert geblieben: Die Pflege erfolgt unregelmäßig und ohne entsprechende Anleitung, Überprüfungsmethoden sind kaum bekannt und die Instandsetzung erfolgt erst nach eingetretenem Schaden und fast ausschließlich handwerklich; bei der Konstruktion und Projektierung werden die Gesichtspunkte der Instandhaltung nur ungenügend oder gar nicht berücksichtigt. Die Besonderheiten bei Anlagen<sup>1</sup> im Gegensatz zu den mobilen Arbeitsmitteln sind kaum untersucht und damit bisher nur wenig berücksichtigt worden.

Die fortschreitende technische Revolution in der Landwirtschaft erhöht die Bedeutung der aufgezeigten Probleme und bringt neue Gesichtspunkte in den Vordergrund, die uns zu einer intensiven Arbeit auf dem Gebiet der Instandhaltung von landwirtschaftlichen Anlagen zwingen:

Der Bruttowert der landtechnischen Arbeitsmittel in der Innenwirtschaft wird sich im Prognosezeitraum bis 1980 schätzungsweise vervierfachen.

Die Konzentration der Tierbestände führt zu Anlagengrößen, bei denen ein Improvisieren bei Eintritt eines Schadens nicht mehr vertretbar oder nicht mehr möglich ist (z. B. Melkanlagen für 2000 Rinder oder Fütterungsanlagen für 20 000 Schweine).

Die landtechnischen Arbeitsmittel der Innenwirtschaft gewinnen in zunehmendem Maße Anlagencharakter. Die Verket-

tung der Einzelemente führt dazu, daß die gesamte Anlage eine Einheit wird, die bei Störung eines Elementes ausfällt. Dadurch erhöhen sich die Stillstandskosten und die eventuell auftretenden Folgeschäden.

Die Anlagen werden durch zunehmende Automatisierung und steigenden Einsatz an Elementen der BMSR-Technik komplizierter, wodurch ein erhöhter Instandhaltungsaufwand erforderlich wird. Dadurch kommt es zur Verlagerung eines Teiles der im Hauptprozeß eingesparten Arbeitskräfte in den Hilfsprozeß Instandhaltung. Um diesen Anteil möglichst niedrig zu halten, ist der Instandhaltungsprozeß unbedingt in die Rationalisierung einzubeziehen.

### 2. Instandhaltungsgerechte Konstruktion und Projektierung — Mittel zur Lösung des Problems

Die Lösung der aufgezeigten Probleme darf und kann nicht den Anstrengungen der Nutzer überlassen werden; den entscheidenden Anteil können nur die Konstrukteure und Hersteller der Arbeitsmittel und die Projektanten der landwirtschaftlichen Anlagen durch konsequente Berücksichtigung und Bearbeitung der Gesichtspunkte der instandhaltungsgerechten Konstruktion und Projektierung beitragen.

Alle notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen, Pflege, Überprüfung, Instandsetzung und Ersatz, müssen vor Inbetriebnahme einer Anlage durch das Zusammenwirken von Herstellern, Projektanten und Benutzern erarbeitet und zu einem vorläufigen Plan zusammengestellt werden. Dem Benutzer obliegt dann neben der Durchführung der meisten Instandhaltungsarbeiten die laufende Verbesserung des Planes. Er liefert dem Hersteller und Projektanten die Daten, die nach der Auswertung die unentbehrlichen Unterlagen für die Schwachstellenforschung und für neue und verbesserte Anlagen bilden.

#### 2.1. Nutzungsdauer, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit als Grundlage

Grundlage der Überlegungen der Konstrukteure und Projektanten muß die Kenntnis der zu erwartenden Nutzungsdauer [1], der geforderten Zuverlässigkeit<sup>2</sup> [1] und der Verfügbarkeit sein.

\* Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik (Direktor Prof. Dr.-Ing. W. GRÜNER)

<sup>1</sup> Unter Anlagen sollen hierbei verstanden werden: „Komplexe landtechnischer Arbeitsmittel (Ausrüstung, Gebäude, Speicher), die in ihrer Leistung, Zuverlässigkeit und räumlichen Zuordnung so aufeinander abgestimmt sind, daß sie die kontinuierliche Durchführung eines landwirtschaftlichen Produktionsprozesses gestatten“.

<sup>2</sup> s. Beitrag auf S. 176