

- technische Diagnostik
 - Reinigungsgeräte und -anlagen
 - Abwasser- und Altölaufbereitung
 - Instandsetzung von Einzelteilen.
- Die Qualität der Exponate verdeutlicht, daß die Werktätigen der Instandhaltungsbetriebe der ČSSR den wissenschaftlich-technischen Fortschritt mitbestimmen.
- Auf dem 5000 m² großen Freigelände werden u. a. mobile Diagnose- und Pflegefahrzeuge aus der UdSSR und die Diagnosegeräte für den Mährescher E 512 aus der UVR vorgestellt. Die DDR zeigt schwerpunktmäßig im Freigelände
- vorbeugende Instandhaltung mit Ausrüstungen aus dem VEB KfL „Vogtland“ Oelsnitz
 - Instandsetzung von Motoren in einer teilautomatischen Anlage

- aus dem VEB Rationalisierung LTI Neuenhagen, BT Grimmenthal
 - Instandsetzungsausrüstungen für Traktoren, Mährescher, Kartoffel- und Rübenerntetechnik
 - Instandsetzungstechnologie für Agrarflugzeuge.
- Die „Selchostechobslushiwanije ‘81“ ist eine würdige Weiterführung der im Jahr 1975 in Moskau stattgefundenen Ausstellung. Hier wird dokumentiert, daß durch die Beschleunigung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts effektive Rationalisierungsmittel für die landtechnische Instandhaltung von hohem technischen Niveau in allen sozialistischen Bruderländern entstanden sind. Der Ideenreichtum, der in den Exponaten zum Ausdruck kommt, wird alle interessierten Besucher anregen und neue Initiativen bei der Schaffung von Rationalisierungsmitteln wecken.
- AK 3082

Dr.-Ing. F. Stegmann, KDT

Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit des Betriebs von Landmaschinen

V. Legat, Prag (ČSSR)

Die Zuverlässigkeit der Maschinen ist ein Merkmal ihres Gebrauchswertes — ihrer Qualität. Die Qualität eines Erzeugnisses wird durch die Summe seiner Gebrauchseigenschaften (Qualitätsmerkmale) bestimmt. Man kann sie als komplexe Fähigkeit des technischen Arbeitsmittels, die Forderungen des Nutzers und der Volkswirtschaft zu erfüllen, definieren. Mit der Messung der Qualität und damit auch der Zuverlässigkeit beschäftigt sich die Qualimetrie. Die Qualität wird entweder mit Hilfe von Kennziffern, die den Entwicklungsstand der Gebrauchseigenschaften ausdrücken, oder wertmäßig mit den Teilkosten für Anschaffung und Betrieb der Maschine oder komplex mit beiden gewertet. Die komplexe Bewertung eines Erzeugnisses entspricht der angegebenen Definition am besten.

Die Landtechnik wird vor allem durch Pro-

duktionsmittel charakterisiert, bei denen eindeutig der wertmäßige Ausdruck der Qualität und der Zuverlässigkeit in den Vordergrund tritt. In diesem Fall ist es möglich, die anteiligen Kosten der durch die Maschine erbrachten Produktion (Arbeitsmenge, Menge des bearbeiteten Stoffs) als komplexen Qualitätskennwert anzugeben. Diese „Teilkosten“ beinhalten die Aufwendungen für Herstellung und Betrieb der Maschine über der Konstruktionsnutzungsdauer. Bei Weiterführung dieser Definition läßt sich aus der Menge von für die Erfüllung derselben Funktion vorgesehenen Maschinen diejenige herausfinden, die für den jeweiligen Fall die günstigste ist. Die günstigste Maschine weist den kleinsten Quotienten aus Summe aller Kosten für Herstellung und Betrieb und Konstruktionsnutzungsdauer aus:

- Funktionsgenauigkeit (Qualität der Arbeit): in Form der Verluste
- Manövrierfähigkeit: in Form der Lohnkosten für die Bedienung
- Zuverlässigkeit: in Form der Instandhaltungskosten.

Einige Qualitätsmerkmale sind in den Teilkosten nicht enthalten. Dazu gehören z. B. Formgestaltung, Arbeitsschutzfähigkeit und ergonomische Eigenschaften. Sie müssen mit Hilfe von zusätzlichen speziellen Kennziffern durch Vergleichsmethoden bewertet werden. Die Gesamtbewertung der Qualität erfolgt demnach in zwei Phasen:

- Bestimmung der Teilkosten nach Gl. (1)
- Bewertung weiterer, in den Teilkosten nicht erfaßter Eigenschaften.

Für die Merkmale der Gebrauchseigenschaften von Landmaschinen wäre es bei der Bewertung nicht nur ausreichend, sondern sogar am günstigsten, beide Angaben getrennt aufzuführen. Die Teilkosten haben insofern eine größere Bedeutung, als sie bei zulässigem Mindestniveau der verbleibenden Kennwerte meistens die Bewertung entscheiden. Das hindert den Nutzer nicht, beide Angaben bei seiner eigenen Einschätzung entsprechend zu wichten und so das Gesamtqualitätsniveau zu bestimmen.

Die Verwendung der Teilkosten als bestimmendes Kriterium für Qualität und Zuverlässigkeit hat aus der Sicht ihrer praktischen Anwendung zwei Mängel:

- Es ist nicht möglich, die Teilkosten zu dem Zeitpunkt zu bestimmen, an dem sie am meisten interessieren. Dieser Zeitpunkt liegt in der Vorbereitungsperiode für die Serienproduktion der Maschine. Zu diesem Zeitpunkt sind weder die einzelnen Kostenanteile noch die tatsächlich zu erwartende Konstruktionsnutzungsdauer bekannt.
- In Gl. (1) kann sowohl die besonders positive Wirkung einzelner Qualitätseigenschaften der Maschine (z. B. besonders gute Produktionsqualität) als auch die Nichtausnutzung bestehender Möglichkeiten der Nut-

$$u(T) = \frac{N_p + N_b(T) + N_e(T) + N_u(T) + N_d(T) + N_r(T)}{T}; \quad (1)$$

u(T)	Teilkosten für Anschaffung und Betrieb der Maschine	N _u (T)	kumulative Kosten für die Pflege und Wartung der Maschine in der Konstruktionsnutzungsdauer
T	Konstruktionsnutzungsdauer der Maschine	N _d (T)	kumulative Kosten für Anwendung der technischen Diagnostik in der Konstruktionsnutzungsdauer
N _p	Anschaffungspreis der Maschine	N _r (T)	kumulative Kosten für die Instandsetzung der Maschine in der Konstruktionsnutzungsdauer.
N _b (T)	kumulative Kosten für die Bedienung der Maschine in der Konstruktionsnutzungsdauer		
N _e (T)	kumulative Kosten für Energieverbrauch der Maschine in der Konstruktionsnutzungsdauer		

Gl. (1) stellt den Algorithmus der erwähnten wertmäßigen Methode zur Einschätzung der Gesamtqualität dar. Der Einfluß jeder erfaßten Eigenschaft ist den für die notwendige Instandhaltung erforderlichen Kosten proportional. Ein großer Vorteil dieser Kennzahl besteht darin, daß sie das Niveau der meisten Qualitätsmerkmale während der gesamten Konstruktionsnutzungsdauer in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit angibt und die Wertung als eine

komplexe Information liefert. Letztere interessiert besonders bei Landmaschinen in Form der Kosten je abgeernteten Hektar, gefahrenen Kilometer u. a. m. am meisten.

In diesen Teilkosten ist in unterschiedlicher Form die Mehrzahl der Qualitätsmerkmale enthalten, wie z. B.

- Leistung: im Wert T und in einigen Kostenanteilen

zung und Gestaltung einzelner Eigenschaften (z. B. Störanfälligkeit, Instandsetzungseignung) verborgen sein. Der niedrige Wert der Teilkosten legt also die dafür verantwortlichen Ursachen nicht direkt frei bzw. zeigt nicht die Möglichkeit der Senkung der Gesamtkosten durch Beeinflussung einzelner Kostenbestandteile.

Die Teilkosten als Komplexkriterium der Qualität und Zuverlässigkeit von Maschinen sind erst nachträglich genau feststellbar. Dazu sind langfristige Untersuchungen der gesamten Normalbetrieb eingesetzten Maschinen-Gruppe (unter vorgegebenen Bedingungen der Nutzung und Instandhaltung) mit statistischer Auswertung nötig. Dabei ist es erforderlich, diese Werte viel früher zu erkennen, als das möglich ist. Zu diesem Zeitpunkt muß entschieden werden, ob das Funktionsmuster oder der Prototyp einer zu entwickelnden Maschine qualitativ besser als der Vorgängertyp sind. Dieser Widerspruch kann so gelöst werden, daß bei der Prüfung des Prototyps oder Funktionsmusters alle bestimmbareren Angaben während der Prüfung erfaßt und die restlichen Angaben (Instandsetzungskosten, tatsächliche zu erwartende Konstruktionsnutzungsdauer) aus dem Studium von Vorgängertypen geschätzt werden.

Nutzung der Teilkosten als Kriterium der Wirtschaftlichkeit des Maschinenbetriebs

Wie bereits angedeutet, dienen bei konstanten Betriebsbedingungen die Teilkosten als Qualitätskennwert. Sie verdeutlichen den Einfluß unterschiedlicher Qualitätseigenschaften.

Werden die Teilkosten für einen bestimmten Typ bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen betrachtet, so können diese auch als Kriterium der Wirtschaftlichkeit des Maschineneinsatzes genutzt werden.

Mit Hilfe der Mechanisierung sind die Arbeiten in der Pflanzen- und Tierproduktion bei minimalem Aufwand durchzuführen. Möglichkeiten zum Senken der Betriebskosten sind in der Analyse der Gl. (1) zu suchen. Der Anschaffungspreis der Maschine N_p ist im landwirtschaftlichen Betrieb nicht direkt beeinflussbar. Wenn beim Kauf Auswahlmöglichkeiten zwischen ähnlichen Maschinen bestehen, sollte die günstigste Maschine gewählt werden, die aber nicht immer die absolut billigste sein muß. Aus der Sicht der Betriebswirtschaft wird für den landwirtschaftlichen Betrieb diejenige Maschine am günstigsten sein, die die geringsten Teilkosten für Beschaffung und Betrieb nach Gl. (1) aufweist, und nicht die mit dem geringsten Anteil N_p/T .

Um die durchschnittlichen Kosten für die Bedienung der Maschine $N_b(T)$ zu senken, gibt es zwei Möglichkeiten:

- Senkung der Lohnkosten für die Bedienung
- Steigerung der Maschinenausnutzung.

Die Senkung der Lohnkosten ist praktisch nur durch die verringerte Anzahl von Bedienkräften (Arbeitskräften) über Rationalisierungsmaßnahmen bei der Maschinenkonstruktion, vor allem durch Automatisierungsmaßnahmen, möglich. Die bessere Maschinenausnutzung bietet größere Möglichkeiten und einen unmittelbaren Effekt im landwirtschaftlichen Betrieb. Diese Probleme bearbeitet die selbständige Wissenschaftsdisziplin „Technologie der landwirtschaftlichen Produktion“. Es

kommt darauf an, mit den gegebenen Kosten für die Bedienung eine möglichst hohe Leistung (z. B. Hektar gepflügten Bodens, gefahren Kilometer) zu erzielen, dargestellt durch die Konstruktionsnutzungsdauer T .

Die kumulativen Kosten für Energie und Betriebsstoffe $N_e(T)$ bilden unter Beachtung der Abnahme der Weltvorräte und der damit direkt oder indirekt verbundenen Preissteigerungen eine besonders zu beachtende Komponente. Wege zur Senkung dieser Kostenanteile führen einerseits wieder in den Bereich der Maschinennutzung (Erhöhung von T) und andererseits auf einige technische Aufgabenstellungen, wie z. B.:

- Kompensation der Blindstromkomponenten bei Großverbrauchern von Elektroenergie
- Kontrolle des Wirkungsgrades bei Systemen der Energieübertragung (Getriebe, Steuerungen)
- Erreichen einer optimalen Verbrennung und Übergang auf beschaffbare Brennstoffe in Trocknungsanlagen mit Hilfe der technischen Diagnostik und der Regelungstechnik.

Die Bearbeitung dieser technischen Aufgabenstellungen gehört in das Arbeitsgebiet der Energetiker und Landmaschineningenieure im landwirtschaftlichen Betrieb.

Die kumulativen Kosten für die Pflege und Wartung $N_w(T)$ können vor allem durch folgende Rationalisierungsmaßnahmen auf dem Gebiet der Instandhaltung gesenkt werden:

- Anwendung der optimalen Instandhaltungsmethode
- Verbesserung der Technologien für Pflege und Wartung
- Anwendung geeigneter technischer Hilfsmittel für Pflege und Wartung
- Anwendung neuer Organisationsformen für Pflege und Wartung, vor allem Registrieren und Analysieren des Aufwands und Kontrolle der Qualität der Pflegemaßnahmen.

Die angegebenen Maßnahmen führen nicht nur zur Senkung der kumulativen Kosten für Pflege und Wartung, sondern auch zur Verlängerung der tatsächlichen Konstruktionsnutzungsdauer der Maschine und somit zu einer verstärkten Senkung der spezifischen Kosten für Pflege und Wartung $N_w(T)/T$. Sie wirken nicht isoliert voneinander und beeinflussen auch die Entwicklung anderer Kostenbestandteile günstig. Im Prinzip verringert eine qualitativ bessere Pflege und Wartung die Abnutzungsgeschwindigkeit und senkt so die Instandsetzungskosten.

Die kumulativen Kosten für die technische Diagnostik $N_d(T)$ sind eine relativ neue Kostenkomponente in der Instandhaltung, die mit der Einführung der technischen Diagnostik an komplizierten Maschinen (vor allem Traktoren, LKW und selbstfahrende Landmaschinen) entstand. Es handelt sich hier scheinbar um Mehrkosten, die beim bisherigen Maschinenbetrieb nicht bekannt waren. Diese subjektive Auffassung wäre jedoch schädlich. Jeder zweckmäßige Aufwand in der technischen Diagnostik bringt einen viel höheren Nutzeffekt durch Einsparung an Instandsetzungskosten (Objektivierung des Zeitpunktes der Instandsetzungsmaßnahmen), durch Sicherung hoher Verfügbarkeit sowie durch bessere Ausnutzung der Abnutzungsreserve der Maschinenelemente.

Die kumulativen Kosten für die Instandsetzung $N_r(T)$ bilden einen der größten Anteile an den Betriebskosten. Durch geeignete Maßnahmen können relativ hohe Einsparungen erzielt werden. Zu den wichtigsten Rationalisierungsmaßnahmen in der Instandsetzung gehören:

- Optimierung der Einzugs- und Betreuungsbereiche von Instandsetzungseinrichtungen
- objektive Bestimmung des Umfangs und des Zeitpunktes von Instandsetzungsarbeiten durch Anwendung der technischen Diagnostik
- Nutzung der Einzelteilinstandsetzung
- gute Arbeitsorganisation in den Instandsetzungseinrichtungen (Wahl der Arbeitsorganisationsverfahren, materielle Interessiertheit der Werktätigen, Ausnutzung der Produktionsflächen)
- Anwendung moderner Verfahren und Arbeitsmittel für Demontage- und Montageprozesse
- optimale maschinelle Ausrüstung der Instandsetzungseinrichtungen
- Verbesserung der Qualifikation der Werktätigen (Verbesserung der Lehrausbildung und Schulung der Facharbeiter)
- bessere objektive Leitungs- und Planungsmethoden in den Ersatzteil- und Materiallagern zur optimalen Vorratshaltung.

Die tatsächliche Konstruktionsnutzungsdauer T beeinflusst wesentlich die Größe der mittleren Teilkosten und damit die Wirtschaftlichkeit des Maschinenbetriebs. Wird T zu niedrig angesetzt, übersteigt der relativ anwachsende Anteil des Anschaffungspreises der Maschine wesentlich die möglichen Senkungen der Teilbetriebskosten, vor allem der Instandsetzungskosten. Das hat eine Erhöhung der gesamten Teilkosten zur Folge.

Wird die tatsächliche Konstruktionsnutzungsdauer zu hoch angenommen, so werden zwar die Teilkosten für die Anschaffung der Maschine geringer sein, aber meistens steigen die kumulativen Instandsetzungskosten an. Mit wachsender tatsächlicher Konstruktionsnutzungsdauer erhöht sich auch der moralische Verschleiß der Maschine.

Es ist ersichtlich, daß die Maschine für die optimale Zeit in Betrieb zu halten ist, bei der sich ein Minimum der gesamten Teilkosten für Beschaffung und Betrieb ergibt. Gl. (1) kann folglich auch als Algorithmus für die Bestimmung der zweckmäßigen Konstruktionsnutzungsdauer der Maschine benutzt werden.

Aus der angedeuteten Problematik geht hervor, daß die durchschnittlichen Teilkosten für Anschaffung und Betrieb der Maschine ein wichtiger Kennwert sowohl für die Qualität als auch für die Wirtschaftlichkeit des Maschinenbetriebs sind. Sie spiegeln die Qualitäts- und Zuverlässigkeitseigenschaften der Maschine, ihre Ausnutzung und Instandhaltung wider. Sie dienen der Bestimmung der optimalen Konstruktionsnutzungsdauer der Maschine aus der Sicht des Maschinenbetriebs. Deshalb muß der Untersuchung der betrachteten Teilkosten für Anschaffung und Betrieb, vor allem kostenaufwendiger und komplizierter Maschinen und Anlagen, große Aufmerksamkeit gewidmet werden. In den landwirtschaftlichen Betrieben sollte deshalb eine detaillierte Kostenerfassung erfolgen, deren Ergebnisse für die Leitung technischer Prozesse genutzt werden können.