

Bei der Durchführung der Technischen Diagnostik besteht entsprechend der Begriffsdefinition [1] die Aufgabe, ohne vorhergehende Demontage der Maschine einen möglichst genauen Überblick über deren Zustand zu erhalten.

Von der Maschinendiagnose sollen im Sinne einer vorbeugenden Instandhaltung Angaben über notwendige Instandsetzungsmaßnahmen oder die noch zu erwartende Restnutzungsdauer abgeleitet werden. Bei fabrikneuen und grundüberholten Maschinen oder Baugruppen soll damit die Qualität der Herstellung bzw. Instandsetzung beurteilt werden.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt steht die Technische Diagnostik erst am Anfang ihrer Entwicklung.

Aufgrund ihrer großen Bedeutung für die Sicherung der geforderten Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von Maschinen und für die Senkung der Verfahrenskosten wird sie künftig im System der vorbeugenden Instandhaltung einen hervorragenden Platz einnehmen [1]. Es soll deshalb im folgenden über den gegenwärtigen Stand der Technischen Diagnostik und die sich abzeichnenden Entwicklungstendenzen berichtet werden.

Die Betrachtungen sollen hier nicht wirtschaftszweigspezifisch, sondern im Querschnitt über sämtliche Wirtschaftszweige der verschiedenen Länder, für die die Technische Diagnostik von Bedeutung ist, erfolgen.

1. Gegenwärtiger Stand der Technischen Diagnostik

1.1. Gegenwärtiger Stand der angewandten Prüfverfahren und Meßgeräte

1.1.1. Prüfverfahren

Bei der Einschätzung der gegenwärtig im Rahmen der Technischen Diagnostik angewandten Prüfverfahren ist festzustellen, daß die subjektiven Einflüsse bei den Überprüfungen noch sehr groß sind.

Einerseits werden eine ganze Reihe von Prüfungen an Maschinen nur nach augenscheinlichen Begutachtungen oder aufgrund subjektiv wahrgenommener akustischer Signale durchgeführt; andererseits existieren in vielen Fällen keine objektiv festgelegten Schadensgrenzwerte, mit denen gemessene Werte zur Einschätzung des Zustandes der Maschinen verglichen werden können. Außerdem ist zu bemerken, daß eine Reihe von angewandten Prüfmethoden — selbst bei Verwendung von Prüfgeräten — Meßwerte von geringem Informationsgehalt bezüglich des Zustandes der Maschine oder Baugruppe liefern, so daß die Aussagemöglichkeit dieser Prüfmethoden nicht sehr groß ist.

In vielen Fällen fehlen bei der Überprüfung von Maschinen exakte Prüftechnologien, die die genaue Reihenfolge der Prüfungsvorgänge angeben.

Schließlich muß bemerkt werden, daß eine Aussage über die noch zu erwartende Nutzungsdauer (Restnutzungsdauerprognose) größtenteils überhaupt nicht oder nur mit sehr großer Unsicherheit möglich ist.

1.1.2. Meßgeräte

Für die bei der Technischen Diagnostik notwendige Messung der verschiedenen Größen, wie Druck, Temperatur, Drehzahl usw., finden gegenwärtig im allgemeinen konventionelle Meßgeräte, d. h. Röhrenfedermanometer, Stab- oder Fernthermometer, Handtachometer usw., Verwendung.

Die Meßgeräte werden größtenteils zur Durchführung der Messung einem Behältnis, in dem sie abgelegt sind (Sehrank, Koffer), entnommen, zur Maschine getragen, angeschlossen und während der Messung vom Überprüfenden in der Hand gehalten.

Der Anschluß der Meßgeräte an die zu prüfende Baugruppe erfordert gegenwärtig noch einen verhältnismäßig hohen Zeitaufwand, da oft vorher Leitungen, Verschlüsse, Verkleidungen usw. demontiert werden müssen. Bei verschiedenen Maschinen bzw. Baugruppen bestehen zur Messung wichtiger, funktionsbedingter Größen überhaupt keine Anschlußmöglichkeiten.

Für die Überprüfung verschiedener Baugruppen werden häufig infolge der geringfügigen Aussagefähigkeit der einzelnen Prüfverfahren mehrere Verfahren mit speziellen Meßgeräten angewendet. Dadurch ergibt sich für die Überprüfung einer Maschine mitunter eine beträchtliche Zahl von verschiedenen Meßgeräten.

Sehr häufig werden bei der Technischen Diagnostik Meßgeräte eingesetzt, die sehr fehlerhaft messen, da die Geräte keiner planmäßigen Eichung unterliegen.

Schlußfolgernd aus dem gegenwärtigen Stand der Prüfmethoden und Meßgeräte ist festzustellen, daß sowohl die Prüfmethoden als auch die Meßgeräte in den nächsten Jahren entscheidend verbessert werden müssen, wenn die Technische Diagnostik künftig mit Erfolg im System der Instandhaltung bestehen will.

1.2. Organisation

Die Organisation der Technischen Diagnostik ist gegenwärtig in fast allen Wirtschaftszweigen erst im Aufbau begriffen, wobei der Stand und die angewandten Organisationsformen sehr unterschiedlich sind.

In einigen Wirtschaftszweigen wird die Technische Diagnostik mit Hilfe mobiler Einrichtungen durchgeführt. Das sind im allgemeinen speziell ausgerüstete Prüffahrzeuge, die die Maschinen am Einsatzort aufsuchen.

Diese Organisationsform besteht gegenwärtig z. B. im Bereich der Landwirtschaft verschiedener sozialistischer Länder, besonders ausgeprägt für Traktoren [2] sowie im Bereich des Bauwesens für die dort eingesetzten Maschinen.

In anderen Wirtschaftszweigen dagegen wird die Technische Diagnostik stationär durchgeführt. Diese Organisationsform besteht gegenwärtig besonders im Kraftverkehr und wird weiter ausgebaut [3] [4].

Allgemein kann eingeschätzt werden, daß gegenwärtig in keinem Wirtschaftszweig der verschiedenen Länder ein umfassendes Organisationssystem der Technischen Diagnostik besteht, das auch den künftigen Anforderungen gewachsen ist.

2. Entwicklung der Technischen Diagnostik

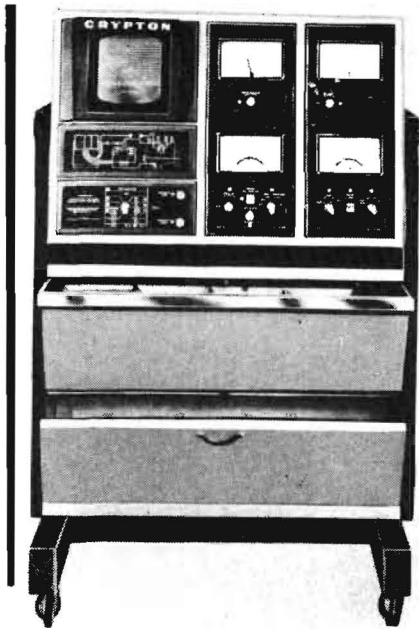
2.1. Entwicklung der Prüfverfahren und Meßeinrichtungen

Bei der Technischen Diagnostik von Maschinen und Anlagen werden künftig zweifellos in größerem Umfang Meßeinrichtungen eingesetzt werden als gegenwärtig. Die Überprüfung einfacher Teile oder Baugruppen, bei denen der Schädigungszustand leicht zu erkennen ist und der Schadensbeginn bereits die Betriebsgrenze darstellt (z. B. Keilriemen), wird jedoch auch künftig subjektiv, d. h. ohne Verwendung von Meßgeräten erfolgen, da sich der Aufwand hierfür nicht lohnt.

Die Überprüfungen werden in Zukunft anhand exakter Prüftechnologien, die die Reihenfolge der einzelnen Prüfungsvorgänge genau festlegen, erfolgen.

Für alle Überprüfungsmaßnahmen, die mit Hilfe von Meßeinrichtungen durchzuführen sind, werden objektive, auf technischen oder Optimierungsrechnungen beruhende Schadensgrenzwerte vorliegen.

* Ing.-Büro für Rationalisierung beim BKL Dresden



1
3



2
4

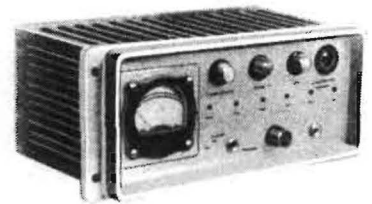
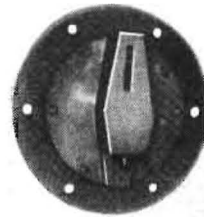


Bild 1. Testschrank für Ottomotoren
 Bild 2. Rauchdichte-Meßgerät RDM - 4
 Bild 3. Elektronisches Warn- und Abstellgerät für Verbrennungsmotoren
 Bild 4. Elektrohydraulischer Geber und Meßgerät zur permanenten Überwachung der Schwingungen von Kompressoren

Zur Maschinendiagnose werden in Zukunft vorwiegend Signale herangezogen, die einen hohen Informationsgehalt bezüglich des Maschinenzustandes besitzen. Die zur Messung dieser Größen benutzten Meßgeräte werden nicht mehr einzeln zur zu prüfenden Maschine gebracht, sondern sind künftig zu einem Meßgerätesatz vereint, der während der Überprüfung an seinem Ort (Prüffahrzeug, Prüfstation) verbleibt. Mittels langer, flexibler Leitungen werden die einzelnen Meßgeräte mit der Maschine verbunden.

Bild 1 zeigt als Beispiel dafür einen Meßgerätesatz für Ottomotoren, der alle Geräte zur Überprüfung des Vergasers, der elektrischen Anlage und des Motors enthält.

An die Stelle der konventionellen Methoden für die Messung von Druck, Temperatur, Drehzahl usw. treten künftig in zunehmendem Maße elektrische bzw. elektronische Verfahren. Dadurch wird eine weitgehende Vereinheitlichung der Prüfverfahren für die verschiedenen mechanischen, elektrischen sowie hydraulischen Funktionsgruppen der Maschinen und damit eine Verminderung der Zahl der notwendigen verschiedenartigen Meßgeräte möglich.

Für den Anschluß der Meßgeräte bzw. Geber an die zu prüfende Maschine werden an den einzelnen Baugruppen leicht zugängliche, standardisierte Anschlußstellen vorhanden sein, so daß die Verbindung der Meßgeräte mit der Maschine ohne größeren Zeitaufwand erfolgen kann.

Zum Teil werden berührungslose Meßverfahren zur Anwendung kommen (z. B. Geräuschpegelmessung).

Eine große Bedeutung kommt künftig Prüfverfahren zu, die sich auf die Messung komplexer Kennwerte beziehen und damit eine möglichst informative Entscheidung über den Gesamtzustand der Maschine oder mehrerer Baugruppen gestatten. Erst wenn bei dieser Prüfung der zulässige Wert überschritten wird, ist mit Hilfe spezieller Verfahren eine detaillierte Überprüfung der einzelnen Baugruppen durchzuführen. Ein solches Komplex-Prüfverfahren stellt beispielsweise die Rauchdichte-Messung bei Dieselmotoren dar. Bild 2 zeigt das in der DDR produzierte Rauchdichtemeßgerät mit den notwendigen Zubehörteilen [5]. Einstellung und Verschleißzustand der Kraftstoffeinspritzanlage, der Verschleißzustand der Zylinder-Kolben-Gruppe des Motors sowie der Verschmutzungsgrad des Luftfilters beeinflussen die gemessene Rauchdichte, so daß damit eine komplexe Einschätzung des Zustandes dieser Aggregate möglich ist.

Bei Überschreiten des zulässigen Rauchdichtemeßwertes muß man mit Hilfe spezieller Prüfverfahren nach der Ursache suchen.

Die periodische Messung der Rauchdichte von Dieselmotoren wird künftig auch aus lufthygienischen und verkehrstechnischen Gründen an allen Straßenfahrzeugen erforderlich sein.

Im Zusammenhang mit der Entwicklung der Technischen Diagnostik ist mit Sicherheit anzunehmen, daß künftig eine größere Zahl von Meßeinrichtungen zur permanenten Überwachung des Betriebs- und Schädigungszustandes einzelner Aggregate oder Bauteile direkt in die Maschine oder Anlage eingebaut werden.

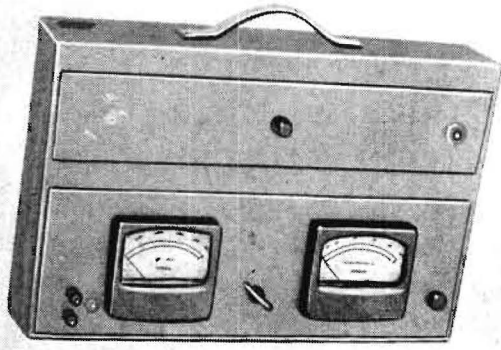


Bild 5. Sowjetisches Motorleistungsmeßgerät

Bild 6. Schalldruckverlauf einer Zahnradpaarung; oben — unbeschädigt, unten — beschädigt

Bild 7. Korrelationsfunktion der Zahnradschwingungen; oben — beschädigte Paarung, unten — unbeschädigte Paarung

Diese Kontrolleinrichtungen geben bei Erreichen eines Grenzzustandes der Bedienungsperson ein optisches oder akustisches Signal; sie können jedoch auch zusätzlich eine Regel- oder Nachstellfunktion übernehmen.

Im Bild 3 ist als Beispiel dafür ein elektronisches Warn- und Abstellgerät für Dieselmotoren dargestellt, das den Verschmutzungsgrad sämtlicher Filter des Motors überwacht. Bei Erreichen eines unzulässigen Verschmutzungsgrades eines Filters wird dies dem Fahrzeugführer angezeigt und gleichzeitig die Regelstange der Einspritzpumpe auf Nullförderung verstellt, so daß der Motor stehenbleibt. Bild 4 zeigt als weiteres Beispiel einen elektro-hydraulischen Geber und das zugehörige Meßgerät zur ständigen Überwachung des Schwingungsverhaltens von Kompressoren während des Betriebes. Bei Erreichen einer bestimmten Amplitude der Schwingungen wird der Bedienungsperson ein Signal gegeben.

Weiterhin ist damit zu rechnen, daß man sich bei der Technischen Diagnostik von Maschinen künftig völlig neuartiger Prüfverfahren bedient, die sich auf eine Prüfung des dynamischen Verhaltens der Maschine beziehen.

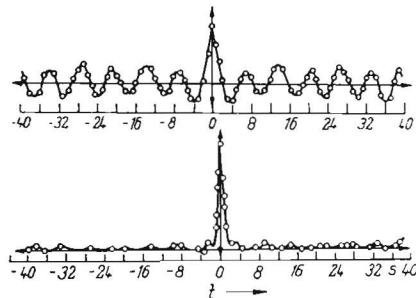
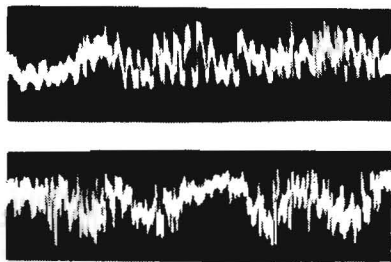
Dabei zeichnen sich gegenwärtig drei Verfahren ab:

- die Ermittlung des Beschleunigungsverhaltens in Übergangsprozessen
- die Messung und Analyse parametererregter Schwingungen
- die akustische Diagnostik von Stoßvorgängen

Die erstgenannte Methode könnte besonders für die Überprüfung von Verbrennungsmotoren Bedeutung erlangen, da es damit möglich ist, auf relativ einfache Weise die Motorleistung zu messen.

Bild 5 zeigt ein in der Sowjetunion entwickeltes Gerät zur Messung der Motorleistung ohne Demontage des Motors. Dabei wird mit Hilfe eines am Gehäuse der Schwungscheibe des Motors angebrachten Gebers während des plötzlichen Erhöhlens der Motordrehzahl von der unteren bis zur oberen Leerlaufdrehzahl beim Erreichen einer definierten mittleren Drehzahl die Momentanbeschleunigung gemessen. Während des Beschleunigungsvorganges wird die gesamte Motorleistung zur Beschleunigung der translatorisch bewegten und rotierenden Teile des Motors und seiner Zusatzaggregate benötigt.

Die gemessene Momentanbeschleunigung ergibt durch Multiplikation mit dem auf die Kurbelwelle reduzierten Gesamt-Massenträgheitsmoment des Motors das Motor-Drehmoment, woraus sich zusammen mit der Nominaldrehzahl die Motorleistung errechnen läßt. Das Gerät ist direkt auf die Angabe der Motorleistung geeicht; die verschiedenen Massenträgheitsmomente der Motortypen lassen sich am Gerät vorwählen.



Das zweite Diagnoseverfahren auf der Grundlage der Prüfung des dynamischen Verhaltens, die Messung und Analyse parametererregter Schwingungen, eignet sich für die Überprüfung von unwuchtbehafteten Wellensystemen mit gleichbleibendem Bewegungsablauf [6].

An solchen Systemen entsteht bei Vorhandensein von Lagerpiel durch Abnutzungserscheinungen an den Lagerstellen infolge der Unwucht neben der Rotationsbewegung der Welle noch eine Relativbewegung, aus der sich Rückschlüsse auf den Zustand des Systems ziehen lassen.

Bei dem dritten Diagnoseverfahren — der akustischen Diagnostik von Stoßvorgängen — ermittelt man durch Körperschallmessungen die durch Stöße entstehenden Störschwingungen [7]. Stöße können entstehen, wenn an kinematischen Paarungen verschleißbedingtes Spiel vorhanden ist.

Die durch Stöße entstehenden Impulse pflanzen sich als Körperschall bis zum Gehäuse der Baugruppe fort und können dort als periodisch gedämpfte Schwingungen, die sich dem normalen Schwingungsbild der Baugruppe oder Maschine überlagern, aufgenommen werden. Die gemessenen und aufgezeichneten Schwingungsbilder werden zur Bestimmung des Schädigungszustandes der untersuchten Baugruppe oder Maschine nach verschiedenen Methoden ausgewertet.

Ein Verfahren zur Bewertung der aufgenommenen Schwingungsbilder stellt die sogenannte Korrelationsmethode dar [8] [9]. Dabei wird aus dem gemessenen Schwingungsverlauf mit Hilfe elektrischer Korrelatographen eine sogenannte Korrelationsfunktion errechnet und aufgezeichnet, deren Verlauf Rückschlüsse auf den Schädigungszustand gestattet.

Bild 6 zeigt als Beispiel dafür den Schalldruckverlauf einer unbeschädigten und einer beschädigten Zahnradpaarung [9]. Man kann aus diesen Meßergebnissen kaum Rückschlüsse auf den Zustand der Zahnradpaarungen ziehen. Errechnet man dagegen die Korrelationsfunktion des gemessenen Schalldruckverlaufes und zeichnet sie auf, läßt sich die beschädigte Paarung gut erkennen (Bild 7).

Weitere Methoden zur Auswertung von gemessenen Schwingungsbildern stellen die Ermittlung der mittleren Schwingungsamplitude sowie die Deutung der aufgenommenen Schwingungsspektren und Zuordnung zu bestimmten Schädigungszuständen dar.

Obwohl alle diese Methoden, die sich auf eine Prüfung des dynamischen Verhaltens der Maschine beziehen, bis heute noch keine praktische Bedeutung erlangt haben und sich

noch im Stadium der Forschung befinden, kann festgestellt werden, daß die Schwingungsmesstechnik künftig bei der Technischen Diagnostik eine beachtliche Rolle spielen wird.

Da der heutige Stand der Schwingungsmesstechnik die Messung kleinster Impulse gestattet, werden künftig auch solche Kontrollmaßnahmen wie Messung des Ventilspiels und des Einspritzzeitpunktes bei Dieselmotoren mit Hilfe sogenannter vibroakustischer Meßverfahren möglich sein [10].

Es soll an dieser Stelle noch ein Diagnoseverfahren erwähnt werden, das künftig ebenfalls Bedeutung erlangen könnte, die Bestimmung des Gehaltes an Verschleißprodukten im verwendeten Öl durch Spektralanalyse von Ölproben [11].

Die Ölproben werden dabei in einem Lichtbogen verdampft und die Lichtstrahlen in einem Prisma zerlegt.

Aus dem entstehenden Lichtspektrum läßt sich der Anteil der im Öl enthaltenen Metalle genau bestimmen, woraus sich Rückschlüsse auf die Größe des Verschleißes der einzelnen Teile ergeben. Derartige Ölprüfanlagen, die vollautomatisch arbeiten, werden bereits in der Sowjetunion und in England bei Kraftverkehrsgesellschaften zur ständigen Kontrolle des Verschleißzustandes von Lkw-Motoren und Getrieben eingesetzt.

Eine große Bedeutung wird künftig der weitgehenden Automatisierung der Maschinenprüfung zukommen.

Dazu werden Computer dienen, die die einzelnen Meßgeräte steuern, die Meßgeräte erfassen, auswerten und anschließend ein Protokoll, das die Meßwerte und die Diagnose enthält, auswerfen.

Erste Versuche dazu laufen in der Sowjetunion und den USA bereits.

Die amerikanische Armee wendet zur Prüfung von Panzermotoren ein mit einem Computer ausgestattetes automatisches Kontrollsystem an [11], und im Bereich des Kraftverkehrs wird eine Teststation für Pkw betrieben, die mit einem Elektronenrechner ausgerüstet ist, der die Meßwerte von 112 Meßstellen am Pkw verwertet [12].

Aus den Betrachtungen über die Entwicklung der Prüfverfahren und Meßeinrichtungen zur Technischen Diagnostik geht hervor, daß der Umfang an verwendeten Meßeinrichtungen, ihre Kompliziertheit und ihre Anschaffungskosten künftig beträchtlich zunehmen werden. Mit Hilfe dieser Meßeinrichtungen wird es jedoch möglich sein, den Zustand der Maschinen und Anlagen genauer zu bestimmen. Auf der Grundlage der genaueren Diagnose und infolge der Kenntnis des Schädigungsverhaltens der verschiedenen Baugruppen der Maschinen wird dann auch eine ausreichend sichere Angabe der noch zu erwartenden Restnutzungsdauer möglich sein.

2.2. System und Organisation der Technischen Diagnostik

Die Technische Diagnostik wird künftig nur dann umfassend und erfolgreich anzuwenden sein, wenn es gelingt, beim Maschinenhersteller, -nutzer und -instandhalter ein einheitliches, aufeinander abgestimmtes System der Technischen Diagnostik aufzubauen.

In diesem System müssen weitgehend einheitliche Organisationsformen, gleichartige Prüfverfahren und Meßgeräte und ein umfassender Informationsfluß vorhanden sein.

Die beim Hersteller im Rahmen der Endkontrolle der Maschine gemessenen Daten müssen als Vergleichswerte bei den Prüfungen während der Nutzungszeit der Maschine zur Verfügung stehen. Die während des Betriebes der Maschine bei der Technischen Diagnostik ermittelten Daten der Maschinendiagnose und der Restnutzungsdauerprognose wiederum müssen den Instandsetzungsbetrieben als Grundlage für deren Planung zugeleitet werden.

Zur Durchführung der Technischen Diagnostik wird man sich künftig, entsprechend den Bedingungen im jeweiligen Wirtschaftszweig, mobiler und stationärer Prüfeinrichtungen bedienen (Prüffahrzeuge und Diagnostikstationen).

Während mit den Prüffahrzeugen in erster Linie stationäre Anlagen überprüft werden, erfolgt in den Diagnostikstationen

die Überprüfung der Fahrzeuge bzw. der ortsveränderlichen Maschinen. Verschiedene hochproduktive und teure stationäre Anlagen werden über eigene Diagnostikeinrichtungen, die ständig bei der Anlage verbleiben, verfügen.

In den mobilen und stationären Diagnostikeinrichtungen werden hochqualifizierte Diagnostikingenieure tätig sein.

Bei der Durchführung der Technischen Diagnostik wird man künftig zwischen einer Teildiagnostik, Komplexdiagnostik und Tiefendiagnostik unterscheiden.

Die Teildiagnostik erfolgt mit Hilfe einfacher Geräte zusammen mit Pflegemaßnahmen und umfaßt nur die Kontrolle einiger wichtiger Größen.

Die Komplexdiagnostik wird mit Hilfe von Komplex-Prüfverfahren erfolgen und ohne größeren Zeitaufwand einen Überblick über den Zustand der gesamten Maschine oder mehrerer Baugruppen gleichzeitig vermitteln.

Bei der Tiefendiagnostik wird mit Hilfe spezieller Verfahren jedes einzelne Aggregat überprüft, wenn sich bei der Komplexdiagnostik eine detaillierte Überprüfung der einzelnen Baugruppen als erforderlich herausgestellt hat.

Die Erarbeitung und Einführung eines optimalen Organisationssystems wird die erfolgreiche Anwendung der Technischen Diagnostik wesentlich beeinflussen.

Zusammenfassung

Der gegenwärtige Stand der Technischen Diagnostik in den einzelnen Wirtschaftszweigen wird den künftigen Anforderungen nicht mehr gewachsen sein.

Neben einer genauen Maschinendiagnose ist künftig von der Technischen Diagnostik eine möglichst sichere Restnutzungsdauerprognose zu fordern.

Das erfordert die Messung von Signalen mit einem möglichst hohen Informationsgehalt über den Zustand der Maschine.

Der Umfang von Überprüfungen mit Hilfe von Meßeinrichtungen wird in Zukunft stark zunehmen, wobei die zur Anwendung kommenden Meßgeräte im Aufbau komplizierter und teurer als gegenwärtig sein werden.

Die erfolgreiche Anwendung der Technischen Diagnostik erfordert neben der Entwicklung und Anwendung geeigneter Prüfeinrichtungen die Einführung eines optimalen, einheitlichen Organisationssystems.

Literatur

- [1] WOHLLEBE, H.: Technische Diagnostik. Deutsche Agrartechnik, 20 (1970), H. 8, S. 380
- [2] THUM, E.: Traktorenprüfdienst in der sozialistischen Landwirtschaft. Herausgeber: Landwirtschaftsrat beim Ministerrat der DDR 1964, 58 S.
- [3] HARKINSO, I.: Klinik für Autos. „Amerika“ Washington U. S. Information Agency
- [4] WOROPAJEW: Technische Betreuung und Diagnostik von Automobilen. Vortrag auf der 4. wissenschaftl.-techn. Tagung „Rationalisierung der Instandhaltung in der sozialistischen Landwirtschaft“ der KDT, Leipzig, Dez. 1969
- [5] Beschreibung zum Rauchdichte-Meßgerät RDM - 4. VEB Spezialfahrzeugwerk Berlin, 1969
- [6] IHLE, G.: Beitrag zur Technischen Diagnostik landtechnischer Wellensysteme. Dissertation, TU Dresden, 1970
- [7] BABIN, L. V.: Einschätzung des technischen Zustandes der Motorlager nach Vibrationsparametern. Avtomobilnaja promyslennost (1964) H. 4, S. 8 bis 10
- [8] LANGE, F. H.: Anwendung der Korrelationsanalyse in der Nachrichtentechnik. Nachrichtentechnik (1955, 1956, 1957)
- [9] PAVOLOV, B. B., und ZMANOVSKIJ, V. A.: Korrelationsmethode zur Schadensermittlung. Vestnik sel'skokochozjajstvennoj nauki (1962) H. 9, S. 120 bis 123
- [10] APPLGATE, R. S.: Schwingungsfelder. Power (1966) H. 2, S. 74 und 75
- [11] ANDREW, N. F., und BELSKICH, V. I.: Technische Maschinendiagnostik. Mechanizacija i elektrifikacija soe. sel'skom droz. (1968) H. 8, S. 1 bis 5
- [12] Überprüfung eines Automobils auf Mängel. Neue Züricher Zeitung (1969) Nr. 14, S. 35

A 8036