

# Die Stellung der technischen Diagnostik im Gesamtsystem der landtechnischen Instandhaltung

Prof. Dr. sc. techn. G. Ihle, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

Die technische Diagnostik als Wissenschaft von der demontagefreien Überprüfung des technischen Zustands von Maschinen, Baugruppen und Einzelteilen findet immer wieder großes Interesse in der Praxis. Folgende Ergebnisse werden bei der Anwendung von Diagnoseverfahren erwartet:

- Vermeidung unplanmäßiger Ausfälle, d. h. Erreichen einer hohen Kontinuität der Produktionsprozesse
- Senkung des Ersatzteilaufwands in der Instandsetzung
- Festlegung der günstigsten Instandsetzungszeitpunkte
- Erhöhung der Zuverlässigkeit instandgesetzter Maschinen.

Diese Erwartungen sind gerechtfertigt, werden aber nur wirksam, wenn es gelingt, die Vorteile und auch die Grenzen der technischen Diagnostik wissenschaftlich zu begründen und richtig einzusetzen bzw. zu berücksichtigen.

## 1. Wirkungsmechanismus einer Diagnosemessung

Um Diagnoseverfahren mit maximalem Nutzen einsetzen zu können, ist es notwendig, ihren Wirkungsmechanismus zu kennen. Am Beispiel der Radialspiellage von Wälzlager wird dieses Problem im weiteren erläutert.

### 1.1. Technischer Zustand des Diagnoseobjekts

Der technische Zustand eines Wälzlagers wird bekanntlich u. a. auch durch das Radialspiel gekennzeichnet. Es bestimmt wesentlich die Laufeigenschaften des Wälzlagers. Ein wachsendes Radialspiel führt zu einem unruhigeren Lauf der Welle, zu Stoßerscheinungen im Lager, die ihrerseits die Schädigungsintensität an den Laufflächen erhöhen. Der Endzustand des Wälzlagers ist dadurch gekennzeichnet, daß die Welle überhaupt nicht mehr geführt werden kann und die Wälzkörper herausfallen. Das Diagnosepersonal muß für jedes Diagnoseverfahren diese zu diagnostizierenden Instandhaltungskriterien kennen. Das sind einerseits solche Einzelparameter des technischen Zustands, wie z. B. das Radialspiel, für Verfahren der Tiefendiagnose oder andererseits komplexe Aussagen über die weitere Einsetzbarkeit der gesamten Maschine oder Baugruppe.

### 1.2. Diagnosebedingungen

Entscheidend für die Wirksamkeit eines Diagnoseverfahrens sind die Diagnosebedingungen. Für das Beispiel der Wälzlagerdiagnose gehören hierzu z. B. die Drehzahl der Welle und die Temperatur des Schmiermittels. Beide Größen lassen sich bewußt verändern. Aber nicht alle Bedingungen sind steuerbar. So wird die Bewegung einer Welle in einem Lager mit Radialspiel auch durch den Zustand des Lagers am anderen Wellenende bestimmt. Das Einhalten konstanter Diagnosebedingungen oder mindestens eine möglichst umfassende Kenntnis der vorliegenden Diagnosebedingungen sind für die Genauigkeit der Diagnoseaussage entscheidend. Bei fast allen bekannten Diagnoseverfahren gibt es hierbei noch Probleme,

die den Diagnosefehler merklich beeinflussen. Die Diagnosebedingungen für jede Untersuchung sind daher so auszuwählen, daß sie möglichst konstant gehalten werden können und einen möglichst geringen nichtbewertbaren Einfluß auf den Diagnosefehler ausüben. Für die betrachtete Wälzlagerdiagnose ist das eine möglichst geringe Drehzahl der Welle, da dann die Wirkung anderer Wellenlagerungen und möglicher Unwuchten der Welle vernachlässigbar sind. Einflüsse z. B. aus der Verschmutzung des Schmierfettes lassen sich aber nicht völlig beseitigen, weil eine vollständige Erneuerung des Schmierfettes ohne Demontage i. allg. nicht möglich ist.

### 1.3. Bildung des Diagnosesignals

Technischer Zustand und Diagnosebedingungen wirken in der Bildung des Diagnosesignals zusammen, z. B. im Wälzlager bei Mikrostoßvorgängen zwischen Wälzkörpern und Laufflächen, die im geschädigten Lager verstärkt auftreten. Dieses Diagnosesignal dient der Erkennung des technischen Zustands. Gegenwärtig wird schon eine große Vielfalt von Diagnosesignalen angewendet. Von ausschlaggebender Bedeutung für die erreichbare Diagnosegenauigkeit und den Diagnoseaufwand ist die Auswahl des optimalen Diagnosesignals für einen bestimmten Zweck, denn i. allg. stehen mehrere Diagnosesignale zur Verfügung. Das Radialspiel eines Wälzlagers läßt sich z. B. durch eine Wegmessung beim Ausheben der Welle im Lager, durch die Messung der Frequenz einer Oberschwingung in der Pendelbewegung eines Wellenzapfens in einem Lager mit Spiel oder durch Auswerten o. g. Mikrostoßvorgänge diagnostizieren [1]. Zur Auswahl der optimalen Diagnosesignale sind noch gründliche wissenschaftliche Untersuchungen für viele Diagnoseobjekte durchzuführen, um abgestimmte Systeme von Diagnosegeräten zu schaffen, die deren Eichung, Instandsetzung und Einsatz erleichtern. Die nicht beeinflussbaren und unbekanntlichen Diagnosebedingungen sowie der sehr oft noch nicht völlig bekannte physikalische Zusammenhang von technischem Zustand und Diagnose-signal bilden einen beträchtlichen Teil der Diagnosegenauigkeit. Das trifft auch für die Wälzlagerdiagnose zu, da z. B. die unterschiedliche Oberflächen-gestalt der Laufflächen und Wälzkörper im Stoßbereich beim Vorhandensein von Schälungen die Pegel in vielen Frequenzbändern des stoßregten Körperschalls verändern kann [2].

### 1.4. Diagnosekanal

Das Diagnosesignal läßt sich meistens nicht direkt am Entstehungsort messen. Das trifft auch auf die Stoßerscheinungen im Wälzlager zu. Hier werden die von den Mikrostoßen erregten Körperschall-schwingungen im Werkstoff des Wälzlagers und des Lagergehäuses fortgepflanzt und erreichen so auch die Befestigungsstelle des Gebers. Dieser Bereich zwischen Entstehungsstelle des Diagnosesignals und der Geberbefestigung wird als Diagnosekanal bezeichnet. Die Wirksamkeit der meisten Diagnoseverfahren hängt entscheidend

von der Kenntnis der Eigenschaften des Diagnosekanals und deren Beherrschung ab. Der Diagnosekanal hat bei den verschiedenen Diagnoseverfahren eine sehr unterschiedliche Struktur (Öldruckmessung am Dieselmotor: Schmierölsäule zwischen Kurbelwellenlager und Manometer; Hydraulikdiagnose: Hydraulikölstrom).

Der Diagnosekanal verändert i. allg. das auszuwertende Signal sowohl quantitativ als auch nicht selten in seiner Struktur. Eine quantitative Abschwächung des Körperschallsignals bei der Wälzlagerdiagnose zeigt sich in kleineren Schwingungsamplituden mit länger werdendem Diagnosekanal. Ein besonders negativer Einfluß ist feststellbar, wenn sich Außenring des Wälzlagers und Oberfläche der Gehäusebohrung gegenüber der Geberbefestigung nicht berühren und einen, wenn auch sehr engen Spalt bilden. Das tritt häufig und auch unkontrollierbar auf, da sich der Lageraußenring meist nur in drei bis vier engen Bereichen im Lagergehäuse abstützt. Im Spalt können außerdem Wasser und Reibrost vorhanden sein. Untersuchungen von Ullmann [2] zeigten, daß allein dadurch Pegelveränderungen des Diagnosesignals von 30% auftreten können.

Im Diagnosekanal überlagern sich nicht selten die für die gegebene Aufgabe nützlichen Signale mit strukturell ähnlichen Erscheinungen, die vom Geber gemeinsam aufgenommen werden, z. B. wenn Verstopfungen in der Ölleitung den angezeigten Druck verändern. Besonders typisch ist das bei der akustischen Diagnostik, zu der auch das beschriebene Diagnoseverfahren für Wälzlager auf der Basis der Körperschallauswertung gehört. Das nützliche Körperschallsignal wird durch Schwingungen anderer Herkunft in den gleichen Frequenzbereichen überlagert. Zum Erreichen einer hohen Diagnosegenauigkeit muß das nützliche Signal in den Meßgeräten möglichst wieder herausgetrennt werden, was z. T. sehr schwierig oder auch unmöglich ist. In diesem Fall erhöht sich der Diagnosefehler.

Weiterhin kann sich das Signal im Diagnosekanal auch strukturell ändern, was ebenfalls besonders bei der akustischen Diagnostik auftritt. Die Ausbreitung von Körperschall in einem festen Körper stellt die nacheinanderfolgende Erregung von Mikroschwingungssystemen im Werkstoff dar. Nach der stoßartigen Erregung schwingt jedes System in der zugehörigen Eigenfrequenz. Das Frequenzspektrum, das der Geber aufnimmt, wird also nicht nur durch die interessierenden Vorgänge im Wälzlager, sondern auch durch die Struktur des Diagnosekanals bestimmt. Daraus ist erkennbar, daß auch modernste Fertigungsverfahren von Einzelteilen keine konstante Struktur verschiedener Einzelteil-exemplare sichern können. Während diese Tatsache für die Wälzlagerdiagnose noch kein Problem darstellt, muß in der Getriebediagnose durch Körperschall aber davon ausgegangen werden, daß jedes Getriebegehäuse sehr individuelle Eigenschaften in dieser Hinsicht hat. Das ist der Hauptgrund dafür, daß Tiefendiagnoseverfahren von Fahrzeuggetrieben auf Geräuschbasis meist ein nicht vertretbares Fehlerniveau haben.

Das Vorhandensein eines Diagnosekanals ermöglicht demontageleose Prüfverfahren. Deswegen Einfluß auf das Diagnosesignal bringt aber auch negative Ergebnisse. Um effektive Diagnoseverfahren zur Verfügung zu haben, müssen die Eigenschaften dieses Übertragungskanals bekannt sein. Sein Einfluß kann durch Auswahl eines günstigen Signals, durch günstige Diagnosebedingungen und durch seine geometrische Verkürzung wesentlich verringert werden. Die Möglichkeit, durch günstige Lage und Gestaltung der Ansatzstelle für den Geber die Diagnosegenauigkeit zu verbessern, ist neben der Verringerung des Zeitaufwands für die Diagnose eine wesentliche, in einigen Fällen sogar die wichtigste Seite der Gewährleistung einer diagnosegerechten Konstruktion neuer Maschinen. Auf diesem Gebiet gibt es aber noch zu wenig wissenschaftlich begründete Ausarbeitungen.

### 1.5. Auswertung des Diagnosesignals

Die Auswertung des Diagnosesignals zum Bestimmen des technischen Zustands bis hin zur Restnutzungsdauerprognose ist der abschließende Bestandteil einer Diagnosemessung. Sie stellt den Hauptinhalt der meisten Veröffentlichungen zur technischen Diagnostik dar, so daß an dieser Stelle auf eine umfangreiche Darstellung der Problematik verzichtet werden kann.

### 1.6. Schlußfolgerungen

#### aus dem Wirkungsmechanismus

Aus der dargestellten Theorie der Diagnosemessung ergeben sich folgende wichtige Schlußfolgerungen für die Erhöhung der Wirksamkeit der technischen Diagnostik in der landtechnischen Praxis:

#### Erstens:

Die Fehler von Diagnoseverfahren liegen i. allg. in einer höheren Größenordnung als der Fehler der zugehörigen Meßgeräte. Während letzterer immer exakt ausgewiesen werden muß, fehlen systematische Untersuchungen zum gesamten Diagnosefehler, die aber Voraussetzung für die wirksame Anwendung der verschiedenen Verfahren sind. In Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro für vorbeugende Instandhaltung Dresden wird sich ein studentisches Rationalisierungsbüro an der Technischen Universität Dresden mit solchen Untersuchungen befassen. Auch die Arbeiten zum systematischen Einsatz der technischen Diagnostik in der Landwirtschaft im Bezirk Rostock durch die Wilhelm-Pieck-Universität Rostock tragen dazu wesentlich bei.

#### Zweitens:

Um die Wirksamkeit der technischen Diagnostik hinsichtlich der Genauigkeit ihrer Aussage zu erhöhen, muß der Einhaltung optimaler Diagnosebedingungen, der Auswahl des optimalen Diagnosesignals mit den zugehörigen Diagnosegeräten und den Vorgängen im Diagnosekanal mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden. Die Ausbildung der Diagnosespezialisten ist gerade auf diesen Gebieten zu verbessern und darf sich nicht nur auf das richtige Bedienen der Meßgeräte beschränken. Beim gegenwärtigen Entwicklungsstand der technischen Diagnostik und voraussichtlich auch noch in den nächsten 10 bis 20 Jahren wird der Wert eines Diagnosebefunds entscheidend durch die individuellen Erfahrungen des Prüfschlossers bestimmt. Von seiner Fähigkeit, aus der Angabe des Diagnosegeräts, den Aussagen des Bedienungspersonals, seiner eigenen subjektiven Einschätzung hinsichtlich Aussehen, Geräuschentwicklung und ähnlichen Merkmalen

des Diagnoseobjekts den realen technischen Zustand zu bewerten, hängt entscheidend die Wirksamkeit fast aller modernen Diagnoseverfahren ab.

#### Drittens:

Die Bearbeitung des Diagnosesignals ab Geberausgang ist verhältnismäßig leicht zu automatisieren. Das beweist die sowjetische Anlage DIPS. Der wirksame Einsatz der automatischen Diagnostik ist aber nur möglich, wenn entweder Diagnosesignale verwendet werden können, die bis zum Geber kaum verfälscht werden, oder wenn die Diagnoseanlage gleichzeitig auch die konkreten Diagnosebedingungen und die Eigenschaft des jeweiligen Diagnosekanals im einzelnen Diagnoseobjekt in der Aussage mit berücksichtigt. Zur Zeit stehen aber weder ausreichend genaue Diagnoseverfahren zur Verfügung, noch ist die o. g. zweite Variante ökonomisch realisierbar. Die Entwicklung von automatischen Anlagen zur Gesamtdiagnose von Maschinen ist eine wichtige Aufgabe der Grundlagenforschung. In der nächsten Zeit wird der Einsatz der technischen Diagnostik aber weiterhin durch die Fähigkeiten der Diagnosespezialisten bestimmt, die über einen bestimmten Komplex einzelner Diagnosegeräte verfügen. Der umfassenden Ausbildung dieser Spezialisten im genannten Sinn und der Entwicklung praktikabler Diagnoseverfahren muß verstärkte Aufmerksamkeit gewidmet werden.

## 2. Zur Wirksamkeit der technischen Diagnostik

In der Fachliteratur, besonders in sowjetischen Quellen, wird der Effekt der technischen Diagnostik oft in beeindruckendem Maß ausgewiesen [4]:

- Senkung des Kraftstoffverbrauchs um 5 bis 8 %
- Steigerung der mittleren jährlichen Verfügbarkeit von 0,64 auf 0,97 bis 0,98
- Senkung des Ersatzteilverbrauchs um 30 bis 50 %
- Senkung der Arbeitszeit für die operative Instandsetzung um 17 %.

Diese Ergebnisse konnten aber nur erzielt werden, wenn bestimmte Voraussetzungen für den Einsatz der jeweiligen Diagnoseverfahren vorhanden waren oder zumeist erst speziell geschaffen wurden. Allein das Vorhandensein eines wertvollen Diagnosegeräts in einem Landwirtschaftsbetrieb oder in einem Instandsetzungswerk bringt keinen Nutzen, wenn nicht objektiv begründbare Einsatzfälle für das Gerät vorliegen und nicht das gesamte System der Instandhaltung darauf abgestimmt wird. Mit Hilfe der Diagnose können Schäden festgestellt werden, der Nutzen entsteht erst aus der Anwendung des Diagnosebefunds in der Instandhaltung. Aus diesem Grund konnten sich auch die früher angestrebten spezialisierten Diagnosesstationen ohne eine direkte Weiterverwendung des Diagnosebefunds nicht behaupten.

Eine hohe Wirksamkeit der technischen Diagnostik ist nur dann zu erreichen, wenn sich der Nutzen eines Diagnoseverfahrens im komplexen Wirken folgender drei Problemkreise zeigt:

- instandhaltungsstrategisches Problem  
Die Instandhaltungsmethode nach Überprüfung muß einen nachweisbaren ökonomischen Nutzen bringen.
- verfahrenstechnisches Problem  
Ein Diagnosegerät muß verfügbar sein, daß in der Genauigkeit der Diagnose, in den Kosten- und Zeitaufwandsparametern

sowie in den Qualifikationsanforderungen an die Bedienung der vorliegenden Diagnoseaufgabe entspricht.

#### — organisatorisches Problem

Der Diagnoseprozeß muß organisatorisch und technologisch so in die Instandhaltung eingeordnet sein, daß der Nutzen aus der Diagnose konkret spürbar wird.

## 3. Zur Rolle der Instandsetzung nach Überprüfung

In den 60er und 70er Jahren entwickelte sich in der Landwirtschaft der DDR ein hocheffektives Instandhaltungswesen, das auch international anerkannt ist. Sehr oft wurde aber darauf hingewiesen, daß die hierbei erreichte Wechselbeziehung zwischen Qualität und Aufwand nicht optimal ist. Der Instandsetzungsaufwand ist hoch, ohne daß die Instandsetzungsqualität immer zufriedenstellt. In den 80er Jahren müssen die Qualität der Instandhaltung erhöht und gleichzeitig der Aufwand, besonders aus der Sicht des Ersatzteilverbrauchs und der Energiegewinnung, spürbar gesenkt werden. Das sind objektive Forderungen aus den Entwicklungsrichtungen der wissenschaftlich-technischen Revolution. Daher kann nur die Einheit von Qualitätserhöhung und Aufwandsenkung den erwarteten Nutzen bringen. Daraus entstehen neuartige Anforderungen an das Instandhaltungswesen, denen z. Z. noch nicht voll entsprochen wird. In einigen Betrieben der Mähdrascherinstandsetzung konnte z. B. bei Einführung einer Kampagnefestinstandsetzung nach Schadstufen, also einer Instandsetzung nach Überprüfung auf höherem Niveau, die Qualität der instand gesetzten Maschinen nicht gehalten werden. Aber eine Verlagerung des Ersatzteileinsatzes aus dem Instandsetzungsbetrieb auf das Feld ist keine gangbare Lösung. Neben der Verbesserung der Pflege und Wartung muß die Instandsetzung nach Überprüfung, d. h. die schadigungsbezogene Instandsetzung, Schadstufeninstandsetzung o. ä., hauptsächlich zur Senkung des Instandhaltungsaufwands beitragen. Dazu müssen aber auch der wirkliche Schädigungszustand der Einzelteile und Baugruppen bekannt oder mindestens die verbliebene Restnutzungsdauer ausreichend genau einschätzbar sein. Es entstehen hohe Anforderungen an die Exaktheit der Schadensaufnahme sowohl in Form einer Vorschadensaufnahme als Komplexdiagnose einer Baugruppe oder Maschine hinsichtlich der Weiterverwendung ohne Instandsetzung, der Einordnung in eine Grundüberholung oder in eine Teilinstandsetzung als auch in Form eines Schadensaufnahmeaktes für Einzelteile und Kleinbaugruppen innerhalb einer Instandsetzungstechnologie. Für die Entwicklung der technischen Diagnostik ergeben sich daraus zwei Grundsätze:

- Diagnoseverfahren sind dann sinnvoll, wenn sich der Demontageaufwand in der Instandsetzung wirklich verringert, da entweder einzelne Objekte überhaupt nicht instand gesetzt werden müssen oder aber nur eine Teilinstandsetzung notwendig wird.
- Die Diagnoseverfahren müssen mit ausreichend hoher Sicherheit die Aussage gewährleisten, daß auch alle nicht demontierten Teile der Maschine oder Baugruppe über eine ausreichende Zuverlässigkeit im folgenden Nutzungsintervall verfügen.

Wenn die Demontage eines Einzelteils technologisch vorgesehen ist, um z. B. die Zugänglichkeit zu einem anderen Teil zu erreichen, braucht man den Zustand des ersten Teils

nicht zu diagnostizieren. Eine Zustandsbewertung im demontierten Zustand ist immer genauer und hinsichtlich des eigentlichen Prüfaufwands auch nicht ungünstiger als ein Diagnoseverfahren. Reicht die Genauigkeit eines Diagnoseverfahrens nicht aus, um die verbleibende Zuverlässigkeit bewerten zu können, sollte das Objekt weiterhin im ausgebauten Zustand ausgemessen werden, um Ausfälle im Einsatz weitgehend zu vermeiden. Der Einsatz der technischen Diagnostik ist also mit der gesamten Instandhaltungstechnologie eng verbunden.

Die technische Diagnostik hat auch eine große Bedeutung für die Baugruppeninstandsetzung. Sie wird zur Beurteilung des Funktionsniveaus von Baugruppen in der Maschine benötigt, um diese optimal einstellen zu können. Als sehr wirtschaftlich hat sich die Beurteilung des realen Schädigungszustands von Baugruppen vor dem Tausch erwiesen [3]. Die Anteile nicht grundüberholungswürdiger Traktorenbaugruppen bei der Anlieferung an den Instandsetzungsbetrieb (LIW), d. h. von noch funktionsfähigen Baugruppen und von Baugruppen, die nur einer Minimalinstandsetzung bedürfen, sind beträchtlich. Auf eine breite Einführung der technischen Diagnostik zu diesem Zweck muß sich das Instandhaltungswesen wie folgt vorbereiten:

- Die diagnostizierende Einrichtung (Pflegestation oder Instandsetzungseinrichtung) muß über entsprechende Voraussetzungen für die Teilinstandsetzungen der Baugruppen sowohl kapazitätsmäßig als auch hinsichtlich des Ersatzteilsortiments verfügen.
- Die VEB LIW müssen sich in ihren Technologien, Aufwandsnormen und Planzahlen darauf einstellen, daß zwar weniger Baugruppen angeliefert werden, die aber ausschließlich grundüberholungsbedürftig sind.

Innerhalb der Instandsetzung kompletter Maschinen (Kampagnefeststandsetzung von Landmaschinen, Grundüberholung von LKW, Traktoren und Mobilkränen) behält die technische Diagnostik die dargelegte Bedeutung überall dort, wo der Austausch und die spezialisierte Instandsetzung von Baugruppen technologisch vorgesehen sind. Auch in den Instandsetzungsbetrieben für komplette Maschinen (VEB KfL, LIW) ist es zweckmäßig, Minimal- und Teilinstandsetzungen an Austauschbaugruppen durchzuführen und dabei die entsprechende Diagnosetechnik einzusetzen. Nicht getauschte Baugruppen müssen mindestens die gleiche Zuverlässigkeit wie die in stand gesetzte Maschine haben. Hieraus ergeben sich höhere Anforderungen an die Genauigkeit der Diagnoseverfahren. Das Prinzip der Kampagnefestheit bzw. einer gewährleisteten Zuverlässigkeit über eine vorgegebene Nutzungsdauer der kompletten Maschine darf

mit der schädigungsbezogenen Instandsetzung nicht aufgegeben werden. Die Kampagnefestheit der Landmaschinen hat als Voraussetzung für einen kontinuierlichen Produktionsablauf in der Landwirtschaft eine so große volkswirtschaftliche Bedeutung, daß sie gegenüber kleinen technologischen Vorteilen in den Instandsetzungsbetrieben höher eingestuft werden muß. Das ändert sich auch dann nicht, wenn sich der spezialisierte Instandsetzungsbetrieb auf vertraglicher Basis nur zur Instandsetzung bestimmter Teile einer Maschine verpflichtet. Damit würde nur die Verantwortung in einen dafür weniger kompetenten Bereich abgeschoben.

Hieraus folgt, daß die Möglichkeiten der technischen Diagnostik den z. Z. realisierbaren Umfang des Übergangs zur schädigungsbezogenen Instandsetzung wesentlich bestimmen. So wird z. B. für den Mährescher eingeschätzt, daß sich der notwendige Demontageaufwand für unterschiedliche Schadstufen beim jetzigen Stand der Diagnosetechnik, der mittleren Verläufe der Schädigungsprozesse und der gegenwärtigen Konstruktion kaum um mehr als 20% ändert. Hier entsteht die berechtigte Frage, ob man dann überhaupt unterschiedliche Technologien ausarbeiten muß oder ob man nicht besser über eine einheitliche Technologie die Schädigungsbezogenheit vorerst nur über einen Ersatzteileinsatz streng nach dem Schädigungszustand realisiert. Die letzte Variante sichert eine hohe Instandsetzungsqualität, schränkt aber die Anwendung der technischen Diagnostik vorerst auf die Beurteilung von Austauschbaugruppen ein. Jedes neue Diagnoseverfahren und jede konstruktive Verbesserung neuer Landmaschinen in der Diagnoseeignung hinsichtlich der Gestaltung von Austauschbaugruppen, der Senkung des Diagnoseaufwands und besonders hinsichtlich der Erhöhung der Diagnosegenauigkeit lassen aber die Bedeutung der technischen Diagnostik wachsen.

#### 4. Schlußfolgerungen zur organisatorischen Einordnung der technischen Diagnostik

Der Nutzen der technischen Diagnostik tritt erst in der Anwendung des Diagnosebefunds in der weiteren Instandhaltung zutage. Darin besteht der grundlegende Unterschied zur Pflege und Wartung, die immer aktiv zur Zuverlässigkeitserhöhung beiträgt. Daraus resultiert die große Empfindlichkeit der technischen Diagnostik in bezug auf ihre organisatorische und technologische Einordnung in die Instandhaltung. Es entspricht voll den Grundsätzen der sozialistischen Wirtschaftsführung, daß der, der einen Aufwand betreibt, auch Nutznießer des erreichten Ergebnisses ist. Für die tech-

nische Diagnostik bedeutet das, sie dort einzugliedern, wo auch der ökonomische Nutzen wirksam wird. Daraus ergeben sich folgende Tendenzen für die organisatorische Einordnung der technischen Diagnostik:

- Die technische Diagnostik ist in Kombination mit Pflegeeinrichtungen einzusetzen, um die Maschinen optimal zu betreiben und die Nutzungsdauerreserven der Baugruppen und wichtigen Einzelteile voll ausnutzen zu können.
- Die technische Diagnostik hat eine Bedeutung für die Fehlerortung in der operativen Instandsetzung, um Ausfalldauer und Aufwand zu verringern, und muß dort mit der Instandsetzungseinrichtung verknüpft sein, z. B. als Diagnosestandplatz.
- Die technische Diagnostik wird für die Einordnung von Austauschbaugruppen und Maschinen in verschiedene Technologien einer komplexen Instandsetzung, z. B. bei schädigungsbezogener Kampagnefeststandsetzung benötigt. Diese Entscheidung sollte unter Verantwortung des Landwirtschaftsbetriebs getroffen werden, auch wenn Einrichtungen des VEB KfL oder eines anderen Partners genutzt werden. Das trifft besonders für Kampagnefeststandsetzungen nach unterschiedlichen Technologien zu. Bei kleineren Baugruppen kann diese diagnostische Kontrolle des Zustands voll in Verantwortung des Instandsetzungsbetriebs liegen, wenn er für alle Baugruppen eine ausreichende Zuverlässigkeit garantiert.
- Spezialisiert arbeitende Diagnoseeinrichtungen als Dienstleistungseinrichtung, mobil oder stationär, sind sinnvoll, wenn staatliche Überwachungspflicht besteht oder die Diagnoseaufgaben so selten anfallen, daß die wirtschaftliche Auslastung von Spezialisten und Geräten nicht gewährleistet ist. Hierzu gehört der Elektroprüfdienst, der Melkmaschinenprüfdienst, Prüfdienste zur Überwachung von Tankanlagen u. ä. Aber auch hierbei muß eine direkte Beziehung zur entsprechenden Instandsetzungseinrichtung bestehen.

#### Literatur

- [1] Ihle, G.: Beitrag zur Technischen Diagnostik landtechnischer Wellensysteme. TU Dresden, Dissertation A 1969.
- [2] Ullmann, R.: Verfahren zur demontagelosen Überprüfung von Ermüdungsschäden in Wälzlagern. TU Dresden, Dissertation A 1974.
- [3] Eichler, C.; Ihle, G.: Entwicklungstendenzen der Instandhaltungstechnik. *agrartechnik* 29 (1979) H. 12, S. 527—532.
- [4] Gebhardt, N.: Beitrag zur Minimierung des organisatorischen Aufwandes für die Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel. TU Dresden, Dissertation A 1980. A 2976

Folgende Fachzeitschriften des Maschinenbaus erscheinen im VEB Verlag Technik:

agrartechnik; Die Eisenbahntechnik; Feingerätetechnik;  
Fertigungstechnik und Betrieb; Hebezeuge und Fördermittel; Kraftfahrzeugtechnik;  
Luft- und Kältetechnik; Maschinenbautechnik; Metallverarbeitung; Schmierungstechnik;  
Schweißtechnik; Seewirtschaft