

Anwendungsmöglichkeiten der technischen Diagnostik für maschinentechnische Ausrüstungen stationärer Anlagen

Dr. rer. nat. R. Kranemann, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung

1. Einleitung

Die landtechnische Instandhaltung hat sich in den 80er Jahren auf neue ökonomische Erfordernisse einzustellen. Die vom X. Parteitag der SED beschlossenen Schwerpunkte der ökonomischen Strategie und die Forderungen der folgenden ZK-Tagungen sind konsequent umzusetzen. Durch das landtechnische Instandhaltungswesen der DDR sind noch zielgerichteter als bisher zu gewährleisten:

- höchstmögliche Verfügbarkeit der Maschinen und Ausrüstungen zu den notwendigen landwirtschaftlichen Terminen und möglichst geringer Anteil von Störungen des landwirtschaftlichen Produktionsprozesses
- möglichst geringer Aufwand an Kosten, Zeit und Material, d. h. Verfügbarkeit und Aufwand sind als Einheit zu einem Optimum zu führen [1, 2].

Als entscheidende Maßnahme, diesen Forderungen gerecht zu werden, wird die verstärkte Einführung der Instandhaltung nach Überprüfung angesehen [1, 2, 3, 4].

In Veröffentlichungen der letzten Jahre [5, 6, 7] wurde mehrfach gefordert, auch in stationären Anlagen der Landwirtschaft die Instandhaltung in Abhängigkeit vom Schädigungszustand zu realisieren. Die technische Diagnostik erhält dann eine ähnliche Stellung wie bei der Instandhaltung der mobilen Landtechnik.

2. Problematik der Anlagendiagnose

Bei der Diagnose der stationären Anlagen treten vielfach analoge Fragestellungen wie an mobilen Arbeitsmitteln auf, für deren Bearbeitung bereits technologische Lösungen in Form kommerzieller Geräte vorliegen (z. B. Diagnosegerätesystem DS 1000) bzw. Laborentwicklungen in die Serienproduktion überführt werden (z. B. Motorsteuereinrichtung DS 205, Hydraulikprüfgerät DS 301). Dieser wissenschaftlich-technische und technologische Vorlauf ist bei der Lösung von Aufgaben in stationären Anlagen konsequent einzubeziehen, um ungerechtfertigte Forschungsaufwendungen zu vermeiden. Die vielfältigen Schädigungserscheinungen in den unterschiedlichen Anlagen lassen sich auf wenige physikalische bzw. chemische Ursachen zurückführen (Tafel 1). Die Meßverfahren sind bekannt und in der Werkstoffprüfung sowie in anderen Bereichen bereits Stand der Technik. Ein Einsatz in der Instandhaltung scheitert dagegen oft an den spezifischen Bedingungen und Anforderungen, wie geringe Demontierbarkeit, Prüfung während des Anlagenbetriebs, unzureichend gereinigte Oberflächen, geringer spezifischer Kostenaufwand u. a. Für die Diagnose der maschinentechnischen Ausrüstungen stationärer Milchproduktionsanlagen (einschließlich der perspektivisch anzustrebenden Entwicklung) lieferte Stirl [8] einen Überblick, unterbreitete Vorschläge zur zukünftigen Organi-

Tafel 2. Grundausrüstung einer Diagnosestation für die Überprüfung stationärer Anlagen in Anlehnung an [8]

Diagnostiktechnik	Gerätebeispiel
vibroakustisches Wälzlagerdiagnosegerät	DS 601 (DDR)
Ultraschallprüfgerät	DJ-5T (VRP)
Ultraschallwanddickenmeßgerät	545 M (VRP)
Endoskop	Bronchoskop (DDR)
magnetisch-induktiver Risseprüfer	RG/N (DDR)
Rißtieftennmesser (Wirbelstromverfahren)	Defektometer H (NSW)
Digitalthermometer	DDR-Gerät in Entwicklung
Thermografie-Kamera	AGA 750 (NSW)
Spektralanalyse-einrichtung	(DDR/SW)
Thermax-Meßstreifen	(NSW)

sation der Diagnostik und erarbeitete eine Grundausrüstung für eine Diagnosestation (Tafel 2).

Vor einer umfassenden Überführung der Anlagendiagnostik in die landtechnische Praxis sollten folgende Aufgaben gelöst werden:

- praxisnahe Testung der Geräte in einer Musterstation, um statistisch sichere Aussagen zu erzielen
- Prüfung verschiedener Diagnosegeräte auf Aussagefähigkeit bei Beachtung der Ökonomie (Ablösung sehr wertintensiver Ausstattungen sowie von NSW-Importen)
- Prüfung von Kooperationsbeziehungen mit Diagnoseeinrichtungen für die mobilen landtechnischen Arbeitsmittel, z. B. Spektralanalyseeinrichtung für die mobile Technik, Elemente des Diagnosegerätesystems DS 1000 in der Anlagendiagnose.

Zur Gewährleistung des wissenschaftlichen Vorlaufs und der gerätetypischen Absicherung der Instandhaltung nach Überprüfungen in Anlagen der Tier- und Pflanzenproduktion sollten in den nächsten Jahren universelle Diagnoseverfahren einer eingehenden Betrachtung unterzogen werden. Aufwand und Nutzen sind dabei exakt gegeneinander abzuwägen.

Im folgenden sollen Meßverfahren vorgestellt werden, die wegen ihrer universellen Einsatzbarkeit, ihrer hohen Aussagefähigkeit und eines vertretbaren Kostenaufwands für die technische Diagnose an maschinentechnischen Ausrüstungen stationärer Anlagen der Landwirtschaft als besonders geeignet erscheinen.

3. Universelle Diagnoseverfahren für maschinentechnische Ausrüstungen stationärer Anlagen

3.1. Technoendoskopie

Seit Anfang der 70er Jahre gab es in der DDR in verschiedenen Forschungseinrichtungen und auch Wirtschaftszweigen intensive Bemühungen, die Schadaufnahme mit Hilfe

Tafel 1. Wesentliche Schädigungen/Diagnoseparameter in stationären Anlagen

Schädigung/Diagnoseparameter	Auswahl möglicher Meßtechnik
Änderung der Zuordnung von Bauteilen, einschließlich Formänderung (Tragkonstruktionen im weiteren Sinne) Längenänderungen (Ketten, Tragelemente)	<ul style="list-style-type: none"> · visuelle Prüfung · einfache Längen- und Winkelmeßtechnik · Laserfluchtungsmesser
Materialabtrag (Verschleiß, in Anlagen vorherrschend durch Korrosion)	<ul style="list-style-type: none"> · visuelle Prüfung · einfache Längen- und Winkelmeßtechnik · Laserfluchtungsmesser · einfache Längenmeßmittel · US-Reflexions- und Absorptionsmittel · Röntgen- und Gammadurchstrahlung · radioaktive Markierung · Technoendoskopie
Rißausbildung und -ausweitung	<ul style="list-style-type: none"> · US-Reflexions- und Absorptionsverfahren · Röntgen- und Gammadefektoskopie · magnetisch-induktive Durchflutung · Eindringverfahren · Wirbelstromverfahren · Schallemissionsanalyse · holografische Interferometrie · Manometer mit kapazitiven und induktiven Wandlern · Durchflußmeßmethoden · Berührungstemperaturmessung · Thermografie · Pyrometrie
Druckänderungen und Strömungsgeschwindigkeitsänderung (Versorgungs- und Entsorgungssysteme, hydraulische Systeme) Temperaturänderungen (Antriebe, Übertragungselemente, Elt-Verteilungen)	<ul style="list-style-type: none"> · Messung der elektrischen, hydraulischen oder mechanischen Leistungsaufnahme oder -abgabe · Infrarotspektroskopie · Atomabsorptionsspektroskopie · Atomemissionsspektroskopie · Röntgenfluoreszenzanalyse
Änderung der chemischen Struktur und/oder Zusammensetzung von flüssigen Medien (Qualität, Gehalt an Verschleißpartikeln)	

von Endoskopen umfassend zu nutzen. Dabei kamen fast ausschließlich starre Endoskope zur Anwendung, so daß die Ergebnisse nur für ausgewählte Baugruppen als positiv bewertet wurden.

Da in der DDR flexible Bronchoskope (Bild 1) entwickelt worden sind, erscheint eine erneute Prüfung der Endoskopie für die technische Diagnostik als sinnvoll. Typische Anwendungsfälle sind:

- Korrosionserscheinungen in Kesseln, Rohren und Druckbehältern
- Verschleißerscheinungen an Kolbenmotoren, Kompressoren, Getrieben und Pumpen
- Ermüdungserscheinungen an Wälzlagern und Laufflächen.

Wesentliche Vorteile der Technoendoskopie sind:

- erhebliche Reduzierung des Demontageaufwands
- unmittelbare Schadenserkenkung
- frühzeitige Schadensfeststellung
- relativ geringer Geräteaufwand.

Prinzipbedingte Nachteile sind:

- rein subjektives Verfahren
 - hoher Erfahrungsschatz des Prüfers erforderlich
 - Betriebsdauer-Aussagen nur bedingt möglich
- starke Verzeichnung der Bilder
 - Größen- und Winkelverzeichnung
- räumliches Sehen unmöglich
- große Schlag- und Stoßempfindlichkeit der Geräte
- starke Reflexionen an Ölschichten und blanken Metalloberflächen.

Bild 1
Flexibles Bronchoskop 444 des VEB MLW Medizinische Geräte Berlin;

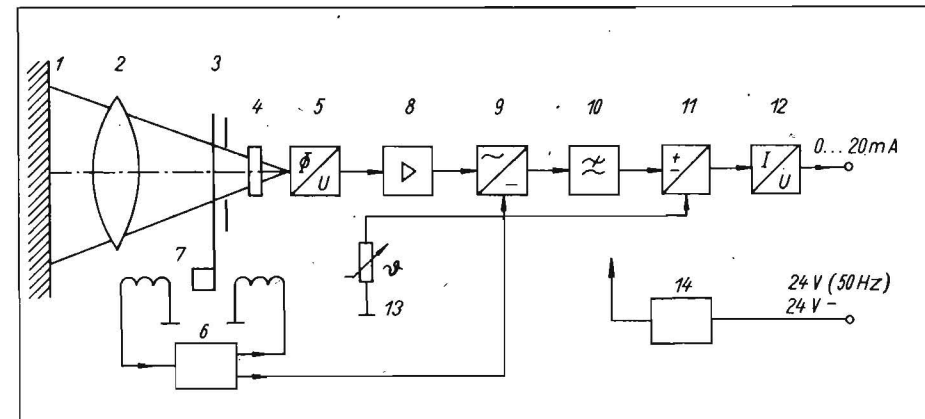
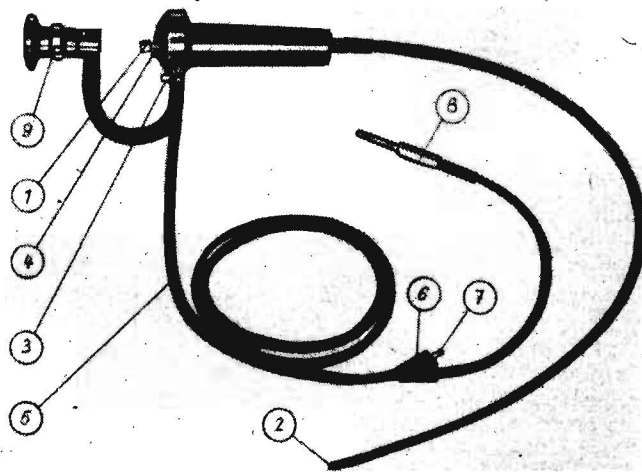


Bild 2. Blockschaltbild eines Pyrometers für Infrarot-Strahlungsmessungen nach [10];
1 Meßobjekt, 2 Linse, 3 Blende, 4 Filter, 5 Strahlungsempfänger, 6 Schwingerelektronik, 7 Schwingmodulator, 8 Verstärker, 9 Gleichrichter, 10 Tiefpaß, 11 Kompensationsstufe, 12 Ausgangseinheit, 13 Temperaturefühler, 14 Stromversorgung

3.2. Berührungslose Temperaturmessung
Die berührungslose Temperaturmessung mit transportablen Thermografie-Kameras wurde bereits bei der Prüfung von Bauwerkisolationen sowie an Energiefortleitungssystemen angewendet und für Überprüfungen in industriemäßigen Tierproduktionsanlagen getestet [8, 9]. Eine Überführung dieser positiven Ergebnisse in weitere Bereiche der Volkswirtschaft scheiterte an den hohen Anschaffungskosten und an der ausschließlichen Bereitstellung der Technik aus NSW-Importen.

Für eine Vielzahl von Aufgaben, die in der Landtechnik durch berührungslose Temperaturmessungen lösbar sind, bietet sich die Gesamtstrahlungs-pyrometrie (Bild 2) als einfach handhabbare ökonomische Variante an. Folgende wesentliche Anwendungsmöglichkeiten in der Schädigungs- und Fehlersuchdiagnose werden gesehen:

- Erfassung von Temperaturverteilungen an Verbrennungskraftmaschinen und Getrieben

- Ermittlung schadhafter Lagerstellen in Antriebssystemen
- Lokalisierung von Wärmeverlustquellen an Bauwerken und heizungstechnischen Anlagen
- Prüfung von Elementen in elektrotechnischen Verteilungen.

Geeignet wären die Handpyrometer aus dem „Pyrovar-System“ (Bild 3) des VEB Meßgerätekwerk Magdeburg. Die Geräte sind für unterschiedliche Temperaturbereiche und Meßentfernungen (Tafel 3) vorgesehen, so daß eine Auswahl entsprechend der Diagnoseaufgabe möglich ist.

3.3. Nachweis von Verschleißpartikeln im Öl

Bei Lagern und Getrieben bedingt der Abrieb durch Verschleiß eine Metallanreicherung im Schmieröl. Werden periodisch Proben aus dem Ölsystem analysiert, so lassen sich schon kleine Schädigungen durch Ansteigen der Metallgehalte nicht nur frühzeitig erkennen, sondern häufig auch aus der Art des Abriebmetalls lokalisieren. Für diese Un-

tersuchungen sind vor allem folgende Analyseverfahren methodisch geeignet und bereits getestet:

- Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)
 - Atomabsorptionsspektroskopie (AAS)
 - Atomemissionsspektroskopie (AES).
- Größte Vorteile bietet die Atomabsorptionsspektroskopie mit flammenloser Atomisierung [11] (Bild 4):
- Ölaufbereitung nicht erforderlich
 - keine Strahlenschutzprobleme
 - kostengünstigste Variante
 - Gerätetechnik des VEB Carl Zeiß JENA anwendbar

Tafel 3. Technische Daten der Handpyrometer aus dem „Pyrovar-System“

technische Daten		HPN		HPH		HPK		HPG		HPA		HPM		HPS		HPF	
		A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
Meßbereich	°C	0 ... 200		400 ... 2 000		50 ... 300		50 ... 1 300		30 ... 200		15 ... 45		30 ... 600		30 ... 200	
Spektralbereich	µm	2,0 ... 35		0,5 ... 1,1 0,8 ... 1,8		8 ... 9		4,5 ... 5,5		8 ... 14		0,6 ... 35		0,6 ... 35		8 ... 14	
Temperaturauflösung	K	0,1		1		0,5		0,5		0,5		0,1		0,25		0,25	
Basisfehler	%	1,0 1,0		1,5 1,0		1,5 1,0		1,5 1,0		1,5 1,0		1,5 1,0		1,5 1,0		1,5 1,0	
Objektentfernungsbereiche	0 ... 0,3 m 0,3 ... 2 m 2 ... 25 m	x x x		x x x		x x x		x x x		x x x		x x x		x x x		x x x	
Nennvisierwert		1:18 ... 1:28		1:50 ... 1:200		1:15 ... 1:50		1:15 ... 1:50		1:15 ... 1:50		∅ 20 mm		1:80		x 1:200	
Umgebungstemperaturbereich	°C	5 ... 40		0 ... 70				5 ... 40									
Masse	kg			1,5													
Ausgangssignal	V							0 ... 2						3,0			



Bild 3
Ansicht eines Handpyrometers des „Pyrovar-Systems“

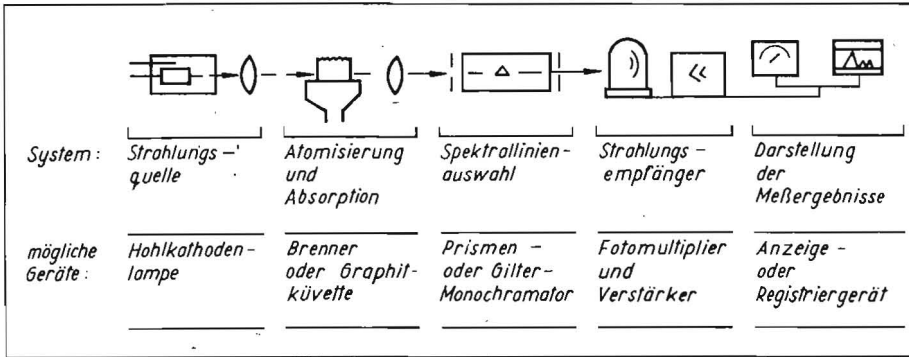


Bild 4. Prinzipieller Aufbau eines Atomabsorptionsspektroskops nach [11]

– Nachweisgrenze für Fe bei 0,001 bis 0,0005 ppm.

3.4. Vibroakustische Analyse

Maschinen, Getriebe und Übertragungselemente führen mechanische Schwingungen aus. Eine Zunahme der Schädigung ist in fast allen Fällen mit einem entsprechenden Anstieg des Schwingpegels bei charakteristischen Frequenzkomponenten verbunden. Die Überwachung des Schwingpegels und die Frequenzanalyse gestatten in vielen Fällen eine hinreichende Aussage zum Schädigungszustand von Paarungen. Auf dieser Basis arbeitet das Wälzlagerprüfgerät DS 601. In komplizierteren Aggregaten ist eine Selektion gegenüber Störgeräuschen nicht möglich. Es sind Schmalbandanalysatoren einzusetzen. Eine weitere Möglichkeit bietet sich mit der Auswertung von mechanischen Stoßimpulsen. In druckbelasteten Anlagen bietet die Schallemissionsanalyse (Bild 5) perspektivreiche Anwendungsmöglichkeiten. Schallemissionen entstehen in beanspruchtem Material bei Überwindung innerer Wechselwirkungs-

kräfte. Die Emissionen sind irreversibel. Somit kann die Summe der Schallemissionen als Maß der Schädigung betrachtet werden [12].

3.5. Korrosionsmeßsonden

An besonders gefährdeten Bereichen innerhalb von Anlagen werden Meßsonden angebracht, die aus gleichem oder ähnlichem Material wie die Wandung bzw. das Anlagenteil bestehen. Der Fortgang der Korrosion wird dann durch Ausmessen der Sonden kontinuierlich oder periodisch erfaßt. Als Meßelemente könnte in Frage kommen [13]:

- Coupons
- elektrische Widerstandssonden
- Polarisationsmeßsonden.

3.5.1. Coupons

Coupons sind streifenförmige oder zylinderförmige Körper. Sie werden in bestimmten Zeitabständen aus dem korrosiven Medium entfernt und ausgewogen. Die Masseabnahme ist ein Maß für das Fortschreiten der Korrosion.

3.5.2. Elektrische Widerstandssonden

Widerstandssonden bestehen aus einem Drahtelement, das in ein Sondenrohr eingebettet ist und elektrische Anschlüsse aufweist. Durch Korrosion verringert sich der Querschnitt des Drahtelements. Damit wird die Widerstandszunahme dieses Drahtelements ein Maß für die Korrosionsrate. Eine kontinuierliche oder periodische Registrierung der Korrosion ist möglich.

3.5.3. Polarisationsmeßsonden

Herrscht als Hauptschädigung die elektrolytische Korrosion durch leitende Flüssigkeiten vor, eignen sich Polarisationssonden zur Ermittlung der Korrosionsrate. Diese Sonden bestehen aus zwei oder drei Elektroden und werden mit einer Gleichspannungsquelle verbunden.

Der Strom im Meßsystem unterliegt bei identischen Materialien den gleichen Faktoren wie der Korrosionsstrom und ist somit der Geschwindigkeit des Metallverlustes proportional.

4. Zusammenfassung

Auf der Basis von Studien zum Stand der Technik und der Auswertung von Erprobungsergebnissen in verschiedenen Bereichen der Volkswirtschaft werden technische Möglichkeiten der Diagnose von maschinen-technischen Ausrüstungen stationärer Anlagen der Landwirtschaft behandelt. Im Beitrag werden universelle Meßverfahren vorgestellt, die prinzipiell in den unterschiedlichen Anlagen der Tier- und Pflanzenproduktion einsetzbar wären.

Parallel zur Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von Diagnoseverfahren ist der Bestimmung der Schädigungsgrenzwerte und des Schädigungsverlaufs typischer Baugruppen und Elemente Beachtung zu widmen. Außerdem sind dabei die Instandhaltungsorganisatorischen, technologischen und ökonomischen Belange zu berücksichtigen.

Literatur

- [1] Lietz, B.: Die wachsende politische und ökonomische Verantwortung der Betriebe der Landtechnik als Stützpunkte der Arbeiterklasse auf dem Lande. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 2, S. 47–53.
- [2] Kremp, H.-J.: Die Weiterentwicklung der landtechnischen Instandhaltung durch die Einführung der technischen Diagnostik und der schadbezogenen Instandsetzung. agrartechnik, Berlin 32 (1982) 9, S. 384–387.
- [3] Ihle, G.: Die Stellung der technischen Diagnostik im Gesamtsystem der landtechnischen Instandhaltung. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 12, S. 527–529.
- [4] Eichler, C.; Grieb, H.-G.: Einordnung der technischen Diagnostik in das landtechnische Instandhaltungswesen der DDR. agrartechnik, Berlin 32 (1982) 9, S. 388–391.
- [5] Eichler, C.; Schiroslawski, W.; Verch, H.: Empfehlungen und Grundsätze für die Instandhaltung von Anlagen der industriemäßigen Tierproduktion. agrartechnik, Berlin 26 (1976) 2, S. 67–70.
- [6] Eichler, C.; Ihle, G.: Entwicklungstendenzen in der Instandhaltungstechnik. agrartechnik, Berlin 29 (1979) 12, S. 527–532.
- [7] Schiroslawski, W.; Stirl, A.: Anwendung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen in einer 2 000er-Milchviehanlage. agrartechnik, Berlin 29 (1979) 3, S. 125–128.
- [8] Stirl, A.: Beitrag zur Anwendung der Instandhaltung nach Überprüfung für stationäre maschinentechnische Ausrüstungen in Anlagen

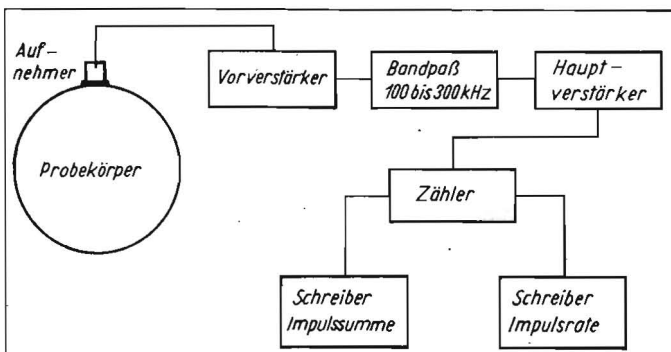


Bild 5
Blockschaltbild einer Anlage zur Schallemissionsanalyse nach [12]

Fortsetzung auf Seite 413

Entscheidungskriterien über durchzuführende Korrosionsschutzmaßnahmen bei der Rekonstruktion und Rationalisierung von Tierproduktionsanlagen

Ing. W. Schreck, KDT, Leitstelle für Korrosionsschutz des MLFN im VEB Landtechnische Industrieanlagen Seehausen, Betrieb des VEB Ausrüstungskombinat für Rinder- und Schweineanlagen Nauen

Problem- und Zielstellung

Im Rahmen der Rekonstruktion und Rationalisierung von Tierproduktionsanlagen sind auch umfangreiche Korrosionsschutzmaßnahmen zu realisieren. Über die Korrosionsbelastung in den industriemäßigen Tierproduktionsanlagen ist in mehreren Veröffentlichungen dieser Zeitschrift bereits berichtet worden [1, 2, 3]. Stallanlagen sind den Aggressivitätsgraden 4 (stark korrosionsaggressiv) bzw. 5 (sehr stark korrosionsaggressiv) zuzuordnen. Deshalb sind volkswirtschaftlich effektive Lösungen des Korrosionsschutzes für den Erst- und Wiederholerschutz in den Tierproduktionsanlagen und Futtermittelanlagen anzuwenden. Besonders bei der Einschätzung des Istzustands des vorhandenen Korrosionsschutzsystems und bei der Ausführung der Korrosionsschutzarbeiten können durch unsachgemäße Beurteilung, Nichteinhaltung der Forderungen an die Qualität der Oberflächenvorbehandlung und Anstrichstoffbeschichtung Schäden an den Bau- und Ausrüstungsteilen auftreten, die bis zum Produktionsausfall führen und beträchtliche Kosten verursachen können. Die Nutzer von Tierproduktionsanlagen haben die Aufgabe, während der Bewirtschaftung regelmäßig Kontrollen des Korrosionsschutzzustands durchzuführen. Daraus sind dann die notwendigen Wiederholungsmaßnahmen abzuleiten und einzuplanen. Bei der Planung der Arbeiten für den Erst- und Wiederholkorrosionsschutz sind die in den Bildern 1 und 2 dargestellten Kriterien zu beachten.

Einschätzung des Istzustands des Korrosionsschutzes und Festlegung von Wiederholungsmaßnahmen

Das Hauptkriterium für die Ermittlung des Istzustands von anstrichstoffbeschichteten Oberflächen ist die „Korrosion“ nach Standard TGL 18785.

Fortsetzung von Seite 412

- der Tierproduktion. WPU Rostock, Dissertation A 1981.
- [9] VEM-Handbuch Zuverlässigkeit von Automatisierungs- und Elektroenergieanlagen. Berlin: VEB Verlag Technik 1981.
- [10] Walther, L.; Gerber, D.: Infrarotmeßtechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1981.
- [11] Jantzen, E.: Nachweis und Früherkennung von Verschleiß mit Hilfe der Atomabsorptionsspektroskopie unter besonderer Berücksichtigung der flammenlosen Atomisierung. Schmiertechnik und Tribologie, Hannover 22 (1975) 2, S. 31-37.
- [12] Morgner, W., u. a.: Erfahrungen bei der Anwendung der Schallemissionsanalyse in Druck- und Berstversuchen. Maschinenbautechnik, Berlin 30 (1981) 2, S. 84-88.
- [13] Staib, W.: Automatisierte Korrosionsmessung mit auswechselbaren Sonden in Drucksystemen ohne Prozeßunterbrechung. Förster Engineering Trading GmbH., Firmenschrift.

A 3811

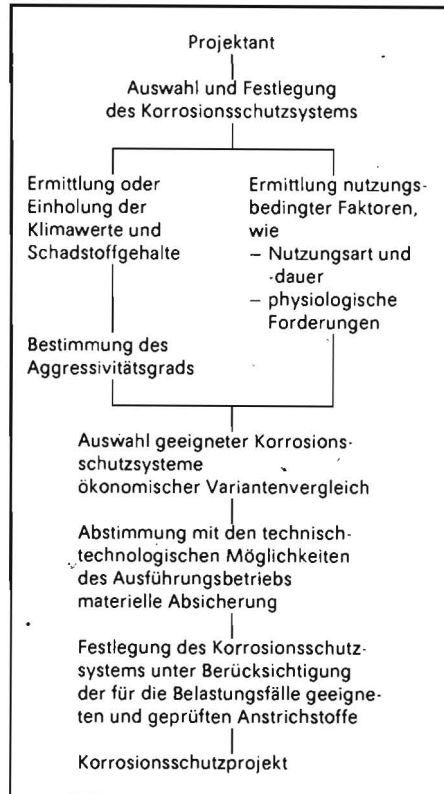


Bild 1 Entscheidungs-kriterien über durchzuführende Korrosionsschutzmaßnahmen beim Erstkorrosionsschutz

Bild 2 Entscheidungs-kriterien über durchzuführende Korrosionsschutzmaßnahmen während der Nutzung

Ausbesserungsanstriche

Für einen langlebigen Korrosionsschutz ist eine sachgemäße und rechtzeitige Ausbesserung von beschädigten Stellen (Transport-, Lagerungs- und Montageschäden sowie während der Nutzung entstandene Schäden) unerlässlich. Aufgetretene Transport-, Lagerungs- und Montageschäden sind vor der Abnahme der Bau- und Anlagenteile auszubessern.

Instandhaltungsanstriche

Ein Instandhaltungsanstrich ist ein Anstrich, der zur Verlängerung der Haltbarkeit eines bereits beanspruchten Anstrichsystems aufgebracht wird. Die Instandhaltungsanstriche sind auszuführen:

- spätestens nach Zerstörung der Deckanstriche
- bei Erreichen der Zustandsstufe 5
- bei Hauptkonstruktionen und statisch hoch beanspruchten Konstruktionen bereits bei Erreichen der Zustandsstufe 4.

Die unterrosteten Stellen sind mit Hilfe von rotierender Drahtbürste, Schaber u. ä. von nicht festhaftenden Resten der Schutzschicht, Rost und weiteren Verunreinigungen zu reinigen und erforderlichenfalls zu entfetten. Als Mindestanforderung an die Qualität der Reinigung gilt der Säuberungsgrad SG 1 nach Standard TGL 18730/02.

Die korrodierten Stellen sind mit einem zwei-

