

# Diagnose von Elektroanlagen in der Landwirtschaft mit Hilfe der Pyrometrie

Ing. D. Klemmer, KDT/Dr.-Ing. A. Stirl, KDT/Dipl.-Ing. Rosemarie Kremp, KDT  
VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal

## 1. Problem- und Zielstellung

In den industriemäßig produzierenden Anlagen der Tierproduktion wird eine hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Maschinen und Ausrüstungen gefordert. Plötzliche Ausfälle in den Elektroanlagen können zu erheblichen Produktionsverlusten und Folgeschäden führen.

Gegenwärtig werden die Elektroanlagen vom Prüfdienst turnusmäßig überprüft, indem diese spannungslos geschaltet werden. Nach der Demontage der verschiedenen Elemente wird der technische Zustand durch Sichtkontrolle beurteilt. Dieses Prüfverfahren ist sehr zeitaufwendig und führt oft zu Verschiebungen im Produktionsprozeß. Die Überprüfung der Elektroanlagen mit einem berührungslosen Temperaturmeßverfahren bringt folgende Vorteile:

- Prüfen der Anlagen im belasteten Zustand
- Einsparung von Arbeitszeit und Arbeitsaufwand bei den Prüfarbeiten, damit Erhöhen der Arbeitsproduktivität und effektiver Einsatz der vorhandenen Prüfkapazität des VEB LTA bzw. VEB KfL
- Feststellen von Schädigungsverläufen
- Senkung des Anteils an plötzlichen Ausfällen auf ein Minimum
- Prüfen von schwer zugänglichen Elementen.

Ein geeignetes berührungsloses Temperaturmeßverfahren ist die Pyrometrie.

## 2. Verfahren und Gerätetechnik

Pyrometrie ist das berührungslose punktweise Erfassen von Temperaturverteilungen durch Messen der Wärmestrahlung. Dieses Verfahren basiert auf der technischen Aus-

nutzung der Wärmestrahlung, die mit der Oberflächentemperatur schwankt. Alle Gegenstände, deren Temperatur über 273 K liegt, emittieren im Infrarotwellenbereich eine elektromagnetische Energie, die in Form von Photonen abgegeben wird. Die Anzahl der emittierten Photonen ist eine Funktion der Temperatur. Vom VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert“ Magdeburg werden für unterschiedliche Einsatzfälle und Meßbereiche Pyrometer produziert und angeboten (Bild 1). Für die Überprüfung von Elektroanlagen in der Landwirtschaft sind aufgrund ihrer technischen Daten besonders die Handpyrometer HPN und HPA geeignet (Tafel 1).

Die Geräte sind sofort betriebsbereit und benötigen keine Nachkalibrierung und Nullpunkteinstellung vor der Messung. Stromversorgung, digitale Anzeigen und Meßkopf sind in einem kompakten, einfach zu bedienenden Gerät vereinigt. In Abhängigkeit vom Gerätetyp sind entsprechende Einstellmöglichkeiten für den Emissionsgrad, die Meßentfernung und die Umgebungstemperatur vorgesehen. Durch das Drücken der Auslösetaste, die sich am Griff befindet, werden die Geräte in Betrieb gesetzt. Die Temperatur wird auf dem Display digital angezeigt. Durch das Drücken der Auslösetaste in die zweite Stellung wird der Meßwert ge-

speichert und kann abgelesen werden. Eine Maximalwertspeicherung ist möglich, so daß beispielsweise die Maximaltemperatur eines Objekts durch Abtasten der Oberfläche ermittelt werden kann.

## 3. Diagnose von Elektroanlagen

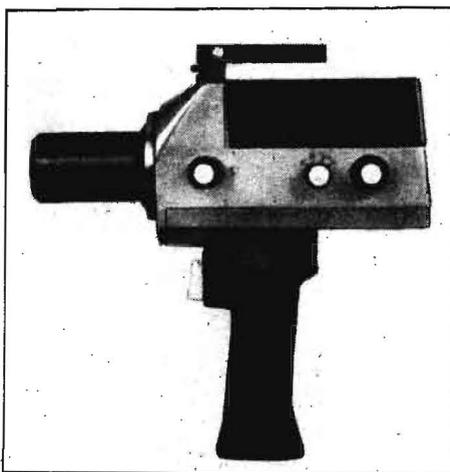
Die häufigsten Schäden in Elektroanlagen treten infolge von Korrosions- und Alterungserscheinungen in elektrischen und elektronischen Bauelementen, wie Widerständen, Spulen und Kondensatoren, sowie durch Kaltflötstellen in Schaltkreisen und lose Klemmverbindungen an Kontaktstellen auf. Diese Schäden verursachen höhere elektrische Übergangswiderstände, die sich in einer Wärmeentwicklung äußern und örtlich eine erhöhte Temperaturabstrahlung verursachen. Diese Temperaturänderungen in hochbelasteten Energieverteilungsanlagen sind mit der Pyrometrie im belasteten Zustand ohne Demontage- und Montageaufwand schnell zu erfassen.

### 3.1. Meßbedingungen

Zur Verringerung von Meßunsicherheiten sind während der Diagnosearbeiten bestimmte Meßbedingungen [3] zu beachten. Voraussetzung für die Überprüfung der Elektroanlagen ist deren möglichst gleichmäßige Strombelastung von >50% der Nennleistung. Elektroanlagen sind mit einer Emissionsgradeinstellung von  $\epsilon = 1$  zu prüfen. Der Vergleich der Temperaturen zwischen den drei Außenleitern L1, L2 und L3 sowie zwischen den Zu- und Abgängen der Elemente charakterisiert ausreichend genau den Zustand der untersuchten Anlage. Eine ständige Änderung des Emissionsgrades  $\epsilon$  würde nur zu einem größeren Meßfehler führen, gewährleistet nicht die Vergleichbarkeit der Meßergebnisse und belastet unnötig das Prüfpersonal. Entsprechend der Größe des Prüfobjekts, d. h. des elektrischen Elements bzw. der Kontaktstelle, ist die Meßentfernung zu wählen. Die optimale Meßentfernung ist einem Diagramm (Bild 2) zu entnehmen.

Beim Einsatz des Handpyrometers HPN ist die Umgebungstemperatur zu ermitteln und am Gerät einzustellen. Die Ergebnisse der Messung sind auf vorgedruckten technologischen Karten zu erfassen.

Bild 1. Handpyrometer HPN vom VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert“ Magdeburg



Tafel 1. Technische Daten der Handpyrometer HPN und HPA [1, 2]

	HPN	HPA
Meßbereich	0...200°C	0...900°C
Temperaturauflösung	±0,1 K	±1 K
Grundfehler	1% vom Endwert	1% vom Endwert
Arbeitsspektralbereich	2...35 µm	8...9 µm
Arbeitsabstand	0...2 m	0...4 m
kleinster Meßfleckdurchmesser	15 mm	7 mm
Einstellzeit		1,5 s
Masse		1,5 kg
Stromversorgung		Batterie

Fortsetzung von Seite 390

vorfristige unbegründete Instandsetzungsarbeiten zu vermeiden.

Mit der Anwendung der Ultraschall-Dickenmessung im Bereich der Landwirtschaft wird eine wichtige Voraussetzung für den Übergang zur Strategie der Instandhaltung nach Überprüfungen geschaffen.

## Literatur

- [1] Bedienanleitung Ultraschall-Dickenmesser Unipan 545 LC (VR Polen).
- [2] Stirl, A.; Kremp, R.: Diagnostiktechnologie für die Ultraschall-Dickenmessung. VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal, Abschlußbericht 1985.
- [3] Stirl, A.: Beitrag zur Anwendung der Instandhaltung nach Überprüfung für stationäre maschinentechnische Ausrüstungen in Anlagen der Tierproduktion. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation 1980.
- [4] Schiroslawski, W.: Eigenschaften und Anwendungsbereiche von Instandhaltungsmethoden. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Abschlußbericht 1980.

A 4989

Tafel 2. Einteilung der Fehlergruppen [4]

Fehlergruppe	Temperaturbereich
I	0...10 K
II	10...35 K
III	35...70 K
IV	> 70 K

Tafel 3. Einordnung der Instandsetzungsmaßnahmen

Fehlergruppe	Instandsetzungsmaßnahme
I	keine Maßnahmen
II	Instandsetzung bei der nächsten Revision bzw. planmäßigen Wartung
III	wie Gruppe II; bei einer Leistungsauslastung $I > 60\%$ innerhalb eines Monats
IV	sofortige Instandsetzung

### 3.2. Bewertung der Ergebnisse

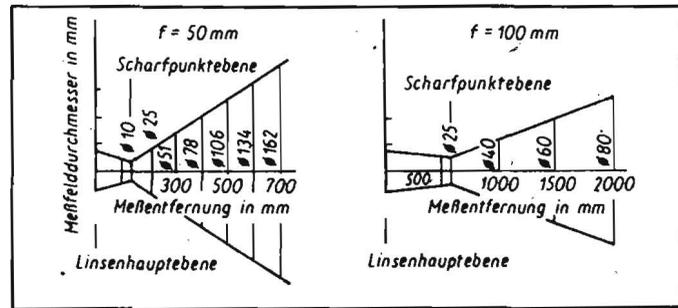
Zur Bewertung der ermittelten Ergebnisse ist eine Einordnung in Fehlergruppen erforderlich (Tafel 2). Diese Einordnung erfolgt auf der Grundlage der Erwärmung des Anschlusses gegenüber dem angeschlossenen Leiter [4]. In Abhängigkeit von der Fehlergruppe sind entsprechende Instandsetzungsmaßnahmen einzuleiten bzw. einzuordnen (Tafel 3).

### 3.3. Ergebnisse der Diagnose von Elektroanlagen

Seit 1985 werden im Bezirk Schwerin halbjährlich Überprüfungen an Elektroanlagen, wie Haupteinspeisung, Netzersatz-, Kompensations- und Verteilungsanlagen, für die Lüftung, Fütterung, Entmistung, Milchkühlung u. a. in industriemäßigen Anlagen der Tierproduktion durchgeführt. In die Überprüfungen werden 1930er- und 1000er-Milchviehanlagen, Rindermast- und Schweinemastanlagen einbezogen.

Bei den Erprobungsarbeiten wurden rd. 80 Elemente je Anlagenkomplex, z. B. Trenner, Lastschalter, Stromwandler und NH-Si-

Bild 2  
Meßfleckdiagramm  
des Handpyrometers  
HPA [2]



Tafel 4. Fehleranalyse der Meßergebnisse aus den Überprüfungen mit den Pyrometern HPN und HPA [5]

	Fehlergruppe I		Fehlergruppe II		Fehlergruppe III		Fehlergruppe IV	
	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Haupteinspeisung	22	16,3	25	18,5	25	18,5	10	7,4
sonstige Verteilungen	31	9,0	45	13,2	13	3,8	3	0,9

cherungen, sowie 500 Klemmverbindungen untersucht. Die Ergebnisse sind in Tafel 4 zusammengestellt. Daraus ist ersichtlich, daß die Fehlerhäufigkeit in den Gruppen III und IV der Haupteinspeisung besonders hoch liegt. Zum Teil wurden Temperaturen von 150 bis 190 °C ermittelt, wobei die Elektroanlagen mit rd. 70% belastet waren. Die meisten Fehler waren auf lose Klemmverbindungen zurückzuführen. Nach erfolgter Instandsetzung ging im Jahr 1986 die Fehlerhäufigkeit besonders in den Gruppen III und IV gegenüber 1985 deutlich zurück.

### 4. Zusammenfassung

Die dargelegten Ergebnisse zum Einsatz der Pyrometermeßtechnik bei der Diagnose von Elektroanlagen in der Landwirtschaft lassen die Vorteile gegenüber den herkömmlichen Prüfverfahren erkennen.

Neben der Ermittlung des technischen Zustands der Anlagen ist eine Fehlersuchdiagnose realisierbar. Weiterhin können Überbelastungen einzelner Leiter ermittelt und abgestellt werden. Die Pyrometermeßtechnik ist eine geeignete

Gerätetechnik für die Elektroprüfdienste der VEB KfL bzw. VEB LTA zur Erhöhung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der landtechnischen Ausrüstungen.

### Literatur

- [1] Bedienvorschrift für das digitale Handpyrometer HPN. VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert“ Magdeburg, 1984.
- [2] Bedienvorschrift für das digitale Handpyrometer HPA. VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert“ Magdeburg, 1985.
- [3] Entwurf der Diagnosetechnik für die Prüfung von Elektroanlagen mit der Pyrometermeßtechnik. VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal, 1985.
- [4] Stirl, A.: Beitrag zur Anwendung der Instandhaltung nach Überprüfung für stationäre maschinentechnische Ausrüstungen in Anlagen der Tierproduktion. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation 1980.
- [5] Kremp, R.; Klemmer, D.: Zwischenbericht zur Diagnosetechnik mit Pyrometermeßtechnik. VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal, 1986.

A 4990

## Einflußfaktoren auf die Meßgenauigkeit bei der Anwendung der Pyrometrie in der technischen Diagnostik

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

### Verwendete Formelzeichen

- $A_M$  Fläche des Meßfeldes
- $A_O$  Objektfläche
- $a$  Objektentfernung
- $d_M$  Meßfelddurchmesser
- $f$  Brennweite des Pyrometers
- $T_A$  vom Pyrometer angezeigte Temperatur
- $T_O$  Temperatur des Diagnoseobjekts
- $T_U$  Umgebungstemperatur
- $T_{UE}$  am Pyrometer eingestellte Umgebungstemperatur
- $\epsilon_{eff}$  effektiver Emissionsgrad bei  $A_M < A_O$
- $\epsilon_O^*$  Emissionsgrad des Diagnoseobjekts
- $\epsilon_{OE}$  eingestellter Emissionsgrad

### 1. Einleitung

Die berührungslose Temperaturmessung mit Strahlungspyrometern ist eine aussagefähige und relativ einfache Meßmethode [1, 2, 3]. In der technischen Diagnostik bilden elektrotechnische Anlagen (Verteilungen, Sicherungselemente, Leitungssysteme) sowie mechanische Reibpaarungen herausragende Anwendungsbereiche. Die Temperaturen liegen überwiegend im Niedertemperaturbereich ( $T \leq 200^\circ\text{C}$ ). Diesen Anforderungen genügt das Handpyrometer HPN aus dem VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert“ Magdeburg. Eine hohe Meßgenauigkeit wird dann erzielt, wenn die Umgebungstemperatur und der Emissionsgrad des Untersuchungsobj-

jekts am Pyrometer richtig eingestellt worden sind. Bei der Nutzung in der technischen Diagnostik wird die erforderliche Meßgenauigkeit durch die Diagnoseaufgabe festgelegt. Zu fordern ist eine einfache Handhabung des Meßgeräts, d. h. eine unkomplizierte Berücksichtigung der Objektgröße bei kleinen Diagnoseobjekten sowie die Einstellung mittlerer Emissionsgrade entsprechend den Objektgruppen (Tafel 1) und mittleren Umgebungstemperaturen. Im vorliegenden Beitrag werden die wesentlichen Einflußfaktoren diskutiert. Auf der Basis eines vereinfachten Modells [3] werden die zu erwartenden Meßfehler theoretisch abgeschätzt und mit experimentell ermittel-