



# ELEKTRO PRAKTIKER

Fachzeitschrift für Handwerk und Industrie



**Digitale Videoüberwachung**  
S. 212

**Blitzschutz in Ex-Bereichen**  
S. 215

**Vorbeugende Thermografie**  
S. 227

# Thermografie in Wartung und Instandhaltung

S. Krüll, Tabarz; D. Henning, Hattingen

**Thermografische Messungen an elektrischen Anlagen werden seit langem von den Energieversorgungsunternehmen durchgeführt, da diese eine berührungsfreie Untersuchung während des Betriebes ermöglichen. Regelmäßige Kontrollen mit leistungsfähigen Infrarotsystemen gewährleisten auch in der industriellen Produktion eine hohe Verfügbarkeit der elektrischen Anlagen und verhindern damit Produktionsausfälle.**

## 1 Einleitung

Die Thermografie dient als klassisches Verfahren der technischen Diagnostik. Wird die thermografische Überprüfung zu einem festen Bestandteil der Instandhaltung, so stellt dies einen wesentlichen Teil des vorbeugenden Brandschutzes dar, der von vielen Brandschutzversicherungen durch eine Senkung der Versicherungsbeiträge honoriert wird.

## 2 Zweck und Nutzen der Thermografie

Obwohl die Thermografie in der Energieversorgung aber auch in Produktionsbetrieben schon lange angewendet wird, ist die Unkenntnis über deren Nutzen oft groß. Der Vorteil der Thermografie besteht in folgendem:

- Früherkennung von Schwachstellen und Schäden;
- Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit und -zuverlässigkeit;
- Reduzierung der Brand- und Unfallgefahren;
- Dokumentation von Anlagenzuständen und potentiellen Risiken.

Nach VdS-Richtlinie 2858 sind elektrische Anlagen vom Betreiber regelmäßig (wiederkehrend) zu prüfen, z. B. gemäß:

- technischer Prüfverordnungen des jeweiligen Bundeslandes;
- BGV A3 (Unfallverhütungs-Vorschrift (UVV) der Berufsgenossenschaften);
- DIN VDE 0105, Feststellung des „ordnungsgemäßen Zustands der elektrischen Anlage“;
- Feuerversicherungs-Klausel (Klausel 3602), die zusätzlich eine Prüfung nach den

Sicherheitsvorschriften der Feuerversicherungen verlangt.

## 3 Anforderungen an die Kamertechnik

Nach DIN 54191 muss die geometrische Auflösung des Infrarot-Systems dem kleinsten nachzuweisenden Objektbereich entsprechen. Bei der thermografischen Prüfung elektrischer Anlagen kann die kleinste zu messende Objektgröße in Niederspannungsanlagen 3 mm und weniger betragen. Diese Anforderung kann unter Einhaltung des Sicherheitsprüfabstandes von Infrarot-Systemen mit der Detektorauflösung 160 × 120 bzw. 140 × 140 Pixel nur mit Wechselobjektiven erfüllt werden. Es ist daher bei den Prüfungen anzustreben, dass eine Infrarotkamera mit einer Detektorauflösung 320 × 240 Bildpunkten eingesetzt wird.

Das Messsystem, bestehend aus Kamera, Objektiven, Blenden und Filter, sollte einmal jährlich kalibriert werden. Spätestens alle zwei Jahre ist nach DIN 54191 eine Kalibrierung vorzunehmen. Diese Kalibrierung ist durch den Hersteller oder durch eine akkreditierte Kalibrierstelle durchzuführen. Wenn die Kamera die Messgenauigkeit nicht erfüllt, ist diese durch den Hersteller neu einzustellen. Nähere Informationen zur empfohlenen Kamertechnik gibt es unter [www.vath.de](http://www.vath.de).

## 4 Qualifizierung des Messpersonals

Eine thermische Überprüfung von elektrischen Anlagen kann auch bei guter Technik nur so gut sein wie das Personal, welches die Messungen durchführt. Jede Infrarotmessung erfolgt berührungsfrei, bei der aufgrund der Strahlungsphysik von der Strahlungsverteilung der Objektoberflächen auf die Temperaturverteilung geschlossen wird. Dazu sind an der Wärmebildkamera die relevanten Messparameter, wie Emissionsgrad, reflektierte Umgebungstemperatur u. a. einzugeben. Nur die geschulte und erfahrene Fachkraft für Thermografie verfügt über derartige Kenntnis-

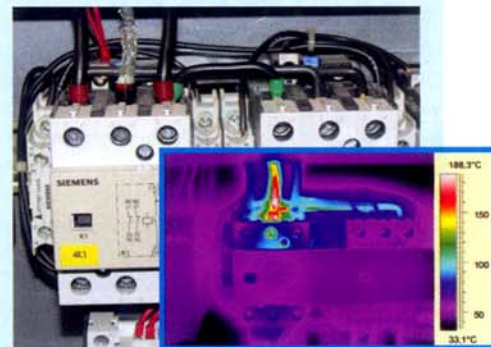
se, die Voraussetzung sind, um Messaufgaben fach- und sachgerecht durchführen zu können.

Auch die spätere Auswertung erfordert erhebliche Fachkenntnisse über das Prüfobjekt. Daher empfehlen die VdS Schadenverhütung und der Bundesverband für Angewandte Thermografie e. V. (VATH) die Qualifizierung und Zertifizierung der mit den Messaufgaben beauftragten Personen. Bei sicherheitsrelevanten Fragen ist es sogar fahrlässig, die Messungen von unqualifiziertem Prüfpersonal durchführen zu lassen. Der vom VATH mit dem Zertifizierer Sector Cert angebotene Lehrgang „Stufe 2 Elektrothermografie“ und der VdS-Lehrgang zum „VdS anerkannten Sachverständigen für Elektrothermografie“ bieten beste Voraussetzungen für eine hohe Fachkompetenz. Die Lehrgangsinhalte und die Prüfungen entsprechen den Anforderungen der europäischen Feuerschutzrichtlinie der CFP (Confederation of Fire Protection Association), der DIN 54162, der DIN EN 473 und der VdS-Richtlinie 2859.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die nationalen relevanten Regelwerke DIN 54162 (Qualifizierung und Zertifizierung von Thermografen), DIN 54190/1-3 (Grundlagen, Geräte, Begriffe) und DIN 54191 (Thermografische Prüfung von elektrischen Anlagen) in den Normenausschüssen NA 062-08-21 und 27 AA des DIN (Deutsches Institut für Normung e. V.) unter Mitwirkung des VATH erarbeitet wurden. Gegenwärtig erarbeitet der für Thermografie zuständige DIN-Ausschuss die Norm für aktive Thermografie (siehe Kasten).

## 5 Durchführung thermografischer Messungen

Im Regelfall können elektrische Anlagen untersucht werden, wenn diese mit mindestens 10% der Nennlast belastet und für die Aufnahme eines aussagekräftigen Thermogramms zugänglich sind. Je nach den zu untersuchenden elektrischen Bauteilen muss



### 1 Schadhafter oberer Kabelanschluss L2 an einem Schaltschütz

Schon im Sichtfoto zeigt sich der defekte Kabelanschluss; hier besteht dringender Handlungsbedarf.  $\Delta T$  beträgt 140 K.

## Autoren

Dipl.-Ing. Sönke Krüll ist Geschäftsführer des Ingenieurbüros Industrie Thermografie Krüll und Vorstandsmitglied des Bundesverbandes für Angewandte Thermografie (VATH), Tabarz.

Dr.-Ing. Dietmar Henning ist Geschäftsführer von Sector Cert und Obmann des DIN Normenausschusses Visuelle und thermografische Prüfung, Hattingen.

eine Einschaltdauer von 15 Minuten bis zwei Stunden vor den Infrarot-Messungen gewährleistet sein, um Aussagen zum thermischen Zustand der Anlagen treffen zu können.

Beim thermografischen Messen und Prüfen elektrischer Anlagen ist stets besondere Sorgfalt und Umsicht geboten, da die Arbeiten unter Spannung erfolgen. Es müssen vor den Prüfungen Schaltschränke geöffnet und, sofern dies möglich ist, alle Blech- oder Kunststoffabdeckungen für den Berührungsschutz entfernt werden, da diese Einrichtungen für Wärmestrahlung nicht transparent sind und somit Messungen an dahinter liegenden Bauteilen und Verbindungen nicht ermöglichen. Bei der Thermografie sind zu beachten:

- die Anforderungen aus der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV);
- die zugehörigen technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS);
- die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften;
- die Sicherheitsvorschriften der Anlage und
- die Sicherheitsabstände nach DIN VDE 0105-100 (VDE 0105-100). Sie sind auch bei der Aufnahmetechnik zu berücksichtigen.

Können beispielsweise Schaltschranktüren im Betriebszustand nicht geöffnet werden, lassen sich Schaltanlagen auch nachträglich mit IR-Sichtfenstern ausstatten. Diese Fenster sind für Infrarotstrahlung durchlässig, werden in verschiedenen Größen gefertigt oder angeboten und sind bis 50 kA Lichtbogen geprüft. Bei einigen Herstellern erfolgt der Einbau serienmäßig.

Generell wird bei thermografischen Aufnahmen immer nur die Verteilung der Wärmestrahlung von Oberflächen erfasst, die vom Infrarot-System, basierend auf physikalischen Gesetzen, in Temperaturverteilungen umgewandelt wird. Der Prüfer muss daher auf Scheinanzeigen achten, die durch Reflexionen und/oder Unterschiede im Emissionsgrad hervorgerufen werden können. Fehlmessungen durch Reflexionen können z.B. durch Positionswechsel und/oder Änderung des Beobachtungswinkels erkannt werden.

Von jeder thermischen Auffälligkeit ist ein Thermogramm mit zugehörigem Foto anzufertigen.

Die konkrete Belastungssituation (Momentanwert und Maximalwert des Stromes) zum Zeitpunkt der Messung ist zu dokumentieren und bei der Beurteilung der thermischen Auffälligkeit mit zu berücksichtigen. Umgebungseinflüsse, die die Messung beeinflussen, wie Luftgeschwindigkeit, Witterung u. a., sind ebenfalls mit einzubeziehen.

Wird die thermografische Prüfung im Rahmen der Erst- oder Abnahmeprüfung bei der Errichtung einer Anlage durchgeführt, lassen sich durch Montagefehler hervorgerufene Fehler rechtzeitig erkennen, bevor diese ernsthafte Schäden verursachen. Zugleich lässt sich der Anfangszustand der Anlage (Basismessung, Nullmessung) definieren. Der Prüfzyklus der

dann folgenden wiederkehrenden Prüfungen hängt vom Belastungszustand der Anlagen und vom Gefahrenpotential ab. Sinnvoll ist es jedoch, mindestens die Hauptbestandteile von elektrischen Anlagen jährlich mit den anderen vorgeschriebenen Wiederholungsprüfungen zu untersuchen.

Zur weiteren Diagnostik an verschiedenen Betriebsmitteln sind neben der Thermografie noch zusätzliche Messungen sinnvoll. So geben Strommessungen, Schwingungsanalysen oder endoskopische Untersuchungen weitere Indizien über den Zustand von Anlagen und Maschinenteilen.

## 6 Thermische Auffälligkeiten und Fehlerbewertung

Um thermische Auffälligkeiten an elektrischen Betriebsmitteln erkennen und bewerten zu können, müssen Kriterien für Schwachstellen festgelegt werden. Diese Betrachtungen sind für alle Spannungsebenen gültig und erfolgen unter nachfolgenden Kriterien:

- zulässige Temperaturen entsprechend der betreffenden Produktnorm;
- optisch erkennbare Schwachstellen;
- Temperaturdifferenzen zwischen den Leitern bei mehrphasigen Betriebsmitteln;
- Temperaturdifferenzen zwischen den oberen und unteren Anschlüssen eines Betriebsmittels (bzw. auch den unterschiedlichen Anschlüssen eines Schaltgerätes im Mittel- und Hochspannungsbereich);
- Temperaturdifferenzen entlang eines Leiters (bzw. Leiterseiles im Mittel- und Hochspannungsbereich);
- Temperaturdifferenzen zwischen dem Anschluss eines Betriebsmittels und dem angeschlossenen Leiter in wenigen Zentimetern Entfernung vom Anschluss.

Nach der DIN 54191 werden thermische Auffälligkeiten wie folgt klassifiziert:

- keine Auffälligkeit (ok)
- thermische Auffälligkeit (ta)
- gefährliche thermische Auffälligkeit (gta)
- kein Befund möglich (da z. B. Schrank nicht zu öffnen ist) (kb)
- sonstige Auffälligkeit (nichtthermischer Art – nta)

Die thermischen Auffälligkeiten sind bauteil- und anlagenspezifisch zu betrachten, vom Sicherheits- und Qualitätsstandard des Betriebes abhängig und zwischen dem Messingenieur und dem Auftraggeber zu vereinbaren. Manche Energieversorgungsunternehmen teilen beispielsweise die auf Nennbelastung umgerechneten Übertemperaturen ( $\Delta T$ ) nach folgenden vier Fehlergruppen mit den Maßnahmen ein:

**Fehlergruppe 1.**  $0 K < \Delta T < 10 K$  (keine Maßnahmen, Nachbesserung innerhalb eines Jahres)

**Fehlergruppe 2.**  $10 K < \Delta T < 35 K$  (Überprüfung der Ursachen einschließlich Beseitigung bei der nächsten Wartung)

## Aktive Thermografie

Die aktive Thermografie wird häufig in der Qualitätssicherung angewendet, wenn es darum geht, Verbundwerkstoffe zu untersuchen. So werden z. B. im Fahrzeug- und Flugzeugbau oder auch in der Solarbranche Materialstrukturen geprüft. Durch Halogen- oder Blitzlampen oder anderweitige Wärmequellen wird impulsartig oder periodisch Wärme auf die Oberfläche des Materials gebracht, welche sich durch unterschiedliche Materialstrukturen unterschiedlich im zu prüfenden Material ausbreitet. Befinden sich jetzt z. B. ungewollte Hohlräume in dem Material, so ist es mit der Infrarotkamera möglich, in den Werkstoff „hineinzuschauen“ und diese Hohlräume zu detektieren, was mit der herkömmlichen Thermografie nicht möglich ist. Das System Blitzlampen-Infrarotkamera stellt dabei eine komplexe Einheit dar, welche über Rechner gesteuert wird und mit der herkömmlichen Thermografie im Elektrotechnik- und Instandhaltungsbereich kaum etwas Gemeinsames hat.

Die neue Norm DIN 54192 Zerstörungsfreie Prüfung – Aktive Thermografie beschreibt dieses Verfahren. Es werden Anregungsarten, Auswertetechniken und Personenqualifikationen beschrieben. Sie enthält ebenfalls die Anforderungen an das Prüfsystem, die Beurteilungen von thermischen Auffälligkeiten und die Bewertung der Prüfergebnisse. Die neue DIN 54192 ist über das DIN-Normentwurfportal unter [www.entwurf.din.de](http://www.entwurf.din.de) einsehbar und kommentierbar.

**Fehlergruppe 3.**  $35 K < \Delta T < 70 K$  (Überprüfung der Ursachen einschließlich Beseitigung bei einer Abschaltung, mindestens < 1 Monat)

**Fehlergruppe 4.**  $\Delta T > 70 K$  (kurzfristige Außerbetriebnahme, Überprüfung der Ursache einschließlich Beseitigung)

## 7 Fazit

Turnusmäßige Infrarot-Messungen führen zusammen mit anderen Maßnahmen zu höherer Sicherheit und besserer Verfügbarkeit beim Betreiben von elektrischen Anlagen. Um die hohe Aussagekraft der Thermografiemessungen nicht zu schmälern und um Fehlmessungen zu vermeiden, ist es unverzichtbar, neben einem hohen Qualifikationsstand der Messingenieure auch eine Technik einzusetzen, welche den hohen Anforderungen gerecht wird. Das Messergebnis muss nachvollziehbar sein und mit einer hohen Genauigkeit erfolgen, um rechtzeitig vor dem Eintreten von Schäden reagieren zu können. ■