

Anhang C – Mindestanforderungen an geeignete Kamerasysteme

C.1 Auflösungsprüfung für Kamerasysteme (Schlitzblendentest), ab dem Jahr 2023 normativ

C.1.1 Allgemeines

Bei der Elektrothermografie müssen teilweise Leitungen mit geringen Querschnitten, z.B. 1,5 mm² (ca. 2,8 mm Durchmesser) untersucht werden. Um den Elektrothermografen nicht zu gefährden muss es zudem möglich sein, diese Querschnitte aus einer Entfernung von mindestens 0,5 m zu messen. Aus diesen Anforderungen ergibt sich der folgende Messaufbau mit seinen Randbedingungen.

C.1.2 Durchführende Prüfstelle

Die Überprüfung dieses Tests ist durch eine der folgenden Stellen durchzuführen

- Elektrothermograf mit einer Anerkennung nach DIN EN ISO 9712, Stufe 2 oder VdS-anerkannter Sachverständiger für Elektrothermografie, die über einen kalibrierten Referenzstrahler und einer Schlitzblende nach den Anforderungen dieser Richtlinien verfügen oder
- Prüflaboratorium, z. B. Werkskalibrierstelle des Herstellers, akkreditiertes Kalibrierlabor oder
- Prüfer bzw. Mitarbeiter von VdS-Schadenverhütung bei einer Untersuchung anlässlich einer VdS-Fortbildungsfachtagung für Elektrothermografen

C.1.3 Messaufbau

Die Prüfung erfolgt nach dem Messaufbau in Bild C.1.3. Dabei müssen folgende Anforderungen eingehalten werden.

Der Kalibriernachweis des Referenzstrahler weist:

- eine Temperaturabweichung von max. 2 K auf und
- der Emissionsgrad des Strahlers beträgt $\varepsilon \geq 0,95$.

Die Referenztemperatur des Strahlers beträgt während der Prüfung 70 °C. Der Abstand zwischen der Schlitzblende und dem Strahler beträgt 0,15 m. Der Abstand zwischen der Kamera und der Schlitzblende beträgt 0,5 m. Die Schlitzblende muss aus stabilem und infrarotundurchlässigem

Material bestehen. Der Schlitz in der Schlitzblende darf nicht größer als 2,3 mm sein.

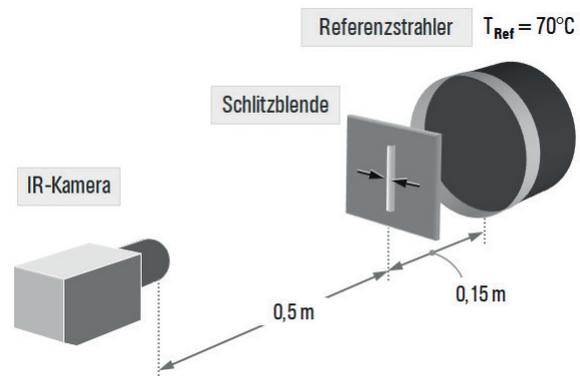


Bild C.1.3: Messaufbau für den Test mit Schlitzblende

C.1.4 Durchführung der Prüfung und Messergebnis

Die Temperaturmessung wird einmal mit der Schlitzblende (T_{ms}) und einmal ohne Schlitzblende (T_{os}) durchgeführt. Der übrige Messaufbau bleibt davon unberührt. Die beiden Temperaturen werden subtrahiert ($T_{ms} - T_{os}$ oder $T_{os} - T_{ms}$). Die Prüfung wurde bestanden, wenn der Betrag dieser Subtraktion gleich oder kleiner als 4 K ist.

Die Prüfung ist mit allen Kameras und dazugehörigen Objektiven, die der Thermograf verwendet, durchzuführen.

C.1.5 Dokumentation des Ergebnisses

Das Prüfergebnis und die beiden gemessenen Temperaturen sind durch eine Prüfstelle nach C.1.2 mit Hilfe eines Formblattes, z.B. VdS Kamera Überprüfungsblatt zu bestätigen und zu dokumentieren.

C.2 Mindestanforderungen an Kamerasysteme, normativ

Folgende technischen Merkmale von FPA-Kamerasystemen (Focal Plane Array-Kamerasysteme) stellen den derzeitigen Stand der Technik dar. Sie sorgen für eine gleichbleibende und vergleichbare Qualität der Messergebnisse im Rahmen von Reihenuntersuchungen und werden daher für die Auswahl der Kamera verbindlich vorgeschrieben:

	Merkmal	Erforderliche Werte/Eigenschaften
1	Arbeitstemperaturbereich (Einsatzbereich)	-10 °C bis +40 °C
2	Temp.-Messbereich	-20 °C bis +500 °C
3	Genauigkeit/Messwert	+/- 2 % bzw. 2 K
4	Spektrum	LW 8-12 µm oder MW 2 – 5 µm
5	Geometrische Auflösung bei Objektiv FOV: 20 ° bis 25 °	≤ 2 mrad (kleinstes messbares Objekt: ≤ 3 mm) oder Auflösung: mindestens 500 : 1
6	Rauschen therm. Auflösung	NETD bei 30 °C ≤ 0,08
7	Interne Kalibrierung (Stabilität)	ja
8	Überprüfung der Genauigkeit (Gesamtsystem)	jährlich (entweder durch Hersteller oder unter Verwendung eines Kalibrierstrahlers); eine Dokumentation ist stets erforderlich
9	Bild	Darstellung in Graustufen oder Falschfarben
10	Detektorauflösung bei Blickwinkel 24°	mind. 240 x 320
11	Einstellbare Messparameter	Emissionsgrad, reflektierte Umgebungstemperatur
12	Messfunktionen	Temp.-Bereichsskala, 1 Messpunkt (Spot), 1 Isotherme, 1 Messfläche, Autom. Hotspot-Suchfunktion, Freeze-Funktion
13	Messwertverwaltung	Infrarot-Aufnahmen digital speichern, auswerten
14	Handling	schwenkbares oder externes (Draht- oder Funkverbunden) Display <i>Hinweis 1: externe Displays sind für thermografische Untersuchungen unpraktisch, da sie vom Bediener separat gehalten werden müssen.</i> <i>Hinweis 2: Für Außenaufnahmen ist eine Kamera mit separaten Sucher notwendig, da aufgrund von Blen- dungen und Reflexionen keine Details auf dem Dis- play zu erkennen sind.</i>
15	Energieversorgung	Netzunabhängig (Akkubetrieb) ausreichend für eine Mindestgebrauchszeit von 2 Stunden
16	Bildskalierung	Möglichkeit der Einstellung von Level und Span
17	Bildwiederholrate	mind. 9 Hz
18	Fokus	variable Fokussierung

Für sichere und schnelle bzw. effektive Messungen wird zudem empfohlen, bei der Auswahl der Kamera zusätzlich folgende Punkte zu berücksichtigen:

	Merkmal	Erforderliche Werte/Eigenschaften
19	Objektive	Weitwinkel + Tele

Je nach Messaufgabe können auch FPA-Kamerasysteme mit anderen Leistungsmerkmalen oder anstatt FPA- andere Kamerasysteme verwendet werden. Siehe auch DIN EN 16714-2. Elektrothermografische Untersuchungen in elektrischen Anlagen sind in der Regel als passive Messungen im Sinne von DIN EN 16714-1 durchzuführen.

Durch die technische Weiterentwicklung ist es möglich, dass zukünftig noch leistungsfähigere Kamerasysteme verfügbar sein werden, als in der Tabelle dargestellt. Dabei können einzelne Leistungsmerkmale aufgrund anderer Technologien ggf. auch ihre Bedeutung verlieren.