

# RISK ENGINEERING GUIDELINE

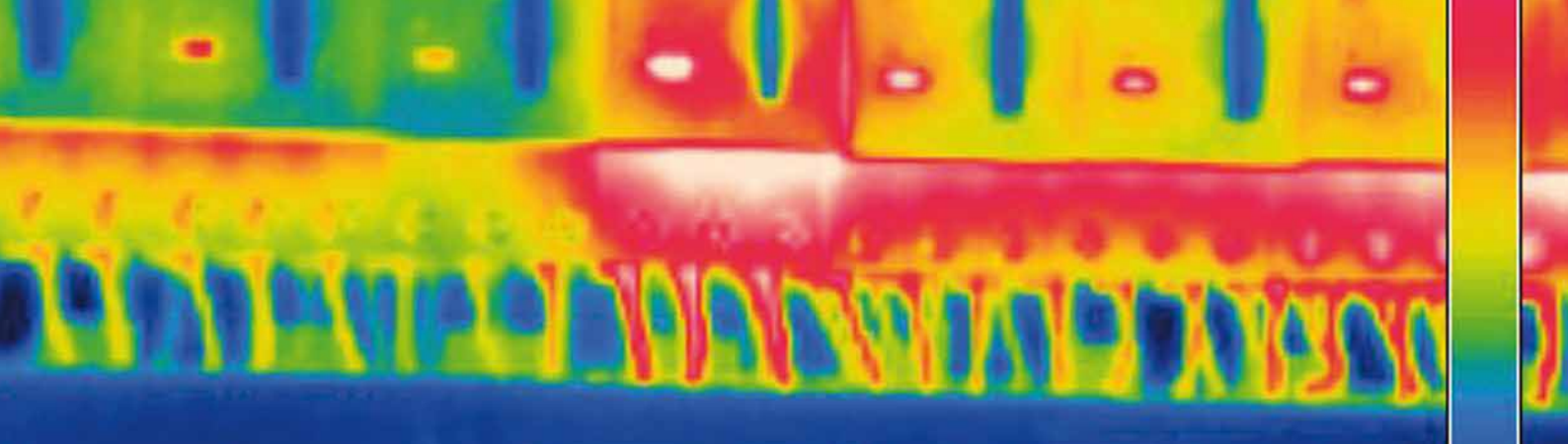
THERMOGRAFIE

HDI Risk Consulting

Feuer

[www.hdi.global](http://www.hdi.global)

**HDI**



Thermografie gehört zu den Standard-Messmethoden für die Prüfung, Inspektion und Instandhaltung technischer Systeme und Anlagen.



## 1 Was ist Thermografie?

Die Thermografie ist ein Verfahren, um Oberflächentemperaturen von Bauteilen, Gebäuden und Anlagenkomponenten berührungslos zu messen und darzustellen. Wärmebildkameras nehmen die für das menschliche Auge unsichtbare Wärmestrahlung auf und wandeln diese in sichtbare Wärmebilder um (Thermogramme). Eine qualifizierte Auswertung dieser Thermogramme liefert wichtige Informationen zur Beurteilung der inspizierten bzw. untersuchten Objekte.

## 2 Wo wird Thermografie eingesetzt?

Mit Hilfe der Thermografie wird beispielsweise analysiert, ob die zulässigen Oberflächentemperaturen eingehalten werden. Überschreitungen (selten Unterschreitungen) der einzuhaltenden Oberflächentemperaturen weisen auf Schwachstellen oder Mängel hin.

### Thermografie wird eingesetzt

- in elektrischen Anlagen (z. B. Verschleiß von elektrischen Kontakten, Überlastung von elektrischen Betriebsmitteln, Defekte oder fehlerhafte Dimensionierung von Betriebsmitteln),
- in Bau und Prüfung von Maschinen und Anlagen (z. B. Ofenisolierungen, Kugellager, Schweißnähte etc.),
- zur Prüfung der Isolation von Gebäuden und Rohrleitungssystemen (z. B. Feuchtigkeitseinschlüsse),
- als Brandfrüherkennungssystem (z. B. in Müllbunkern von Müllverbrennungsanlagen als stationäre thermografische Anlagen).

Thermografie ist besonders effektiv bei der Überprüfung elektrischer Anlagen, so dass nachfolgend auf diesen Schwerpunkt näher eingegangen wird.

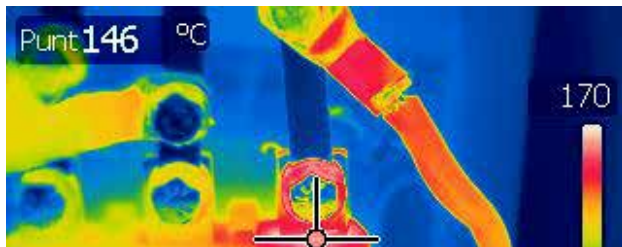


Abb. 1: Klemme Lastschalter, keine ausreichende kraftschlüssige Verbindung



Abb. 2: Abgangsfeld NH Sicherungen



### 3 Was nützt die Thermografie?

Die Thermografie ist ein leistungsfähiges Werkzeug zur Zustands- und Risikobeurteilung von maschinen-, elektro- sowie kraftwerkstechnischer Einrichtungen. Sie wird in Abhängigkeit der Messaufgabe alleine oder ergänzend zu anderen Messverfahren eingesetzt.

#### Ziele beim Einsatz thermografischer Messmethoden sind:

- Reduzieren der Brand- und Unfallgefahren,
- Dokumentieren von Anlagenzuständen und potenziellen Risiken,
- Feststellen von Defiziten bei Neuerrichtung und Inbetriebnahme von Anlagen,
- Früherkennen von Schwachstellen und Schäden,
- Erhöhen der Anlagenverfügbarkeit und -zuverlässigkeit,
- Vermeiden von Folgeschäden.

Die Thermografie kann eine wichtige Entscheidungshilfe bieten, um notwendige Maßnahmen (z. B. Instandsetzungen, Modernisierungen) zu planen bzw. vorzunehmen.

### 4 Wie wird Thermografie durchgeführt?

#### Die Thermografie ermöglicht die Ermittlung von Oberflächentemperaturen

- im laufenden Betrieb, ohne Abschaltung der Anlagen,
- in einem für den Prüfer sicheren Abstand zu gefährlichen Anlagenteilen,
- unter realen Betriebsbedingungen.

Die Messungen können in der Regel nur an Anlagenteilen durchgeführt werden, die offen bzw. optisch zugänglich sind. Hierzu müssen gegebenenfalls Abdeckungen entfernt oder Türen geöffnet werden.

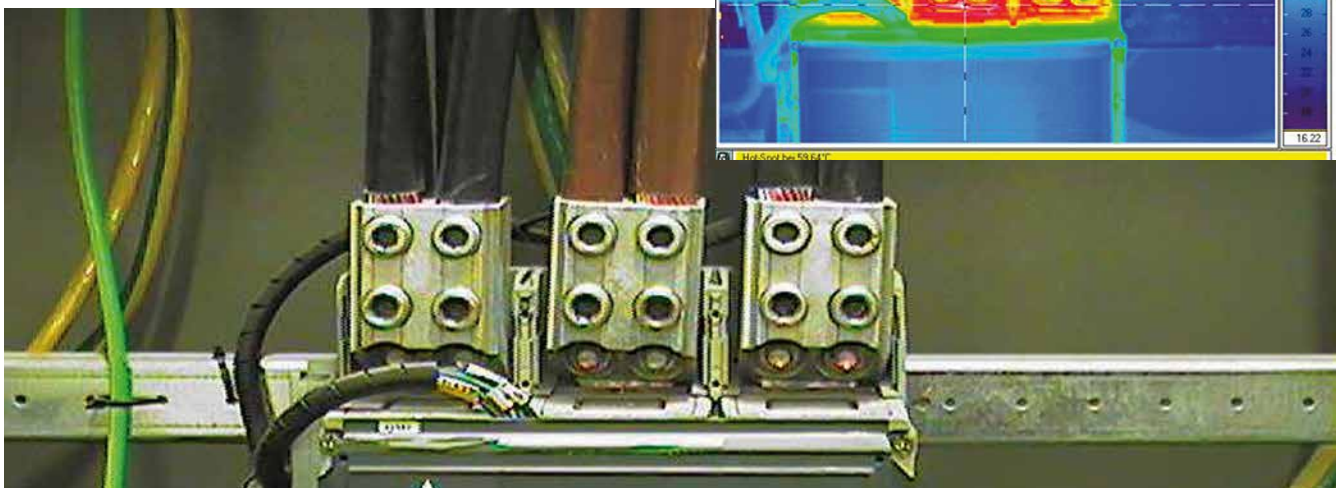
Für eine fachgerechte Analyse der festgestellten Fehlerstellen kann es notwendig sein, zusätzliche Messungen durchzuführen (z. B. Strom oder Spannung in elektrischen Anlagen, Messung der Umgebungstemperatur, Messung der Luftfeuchte etc.).

### 5 Wie ist der Prüfumfang bei einer thermografischen Untersuchung?

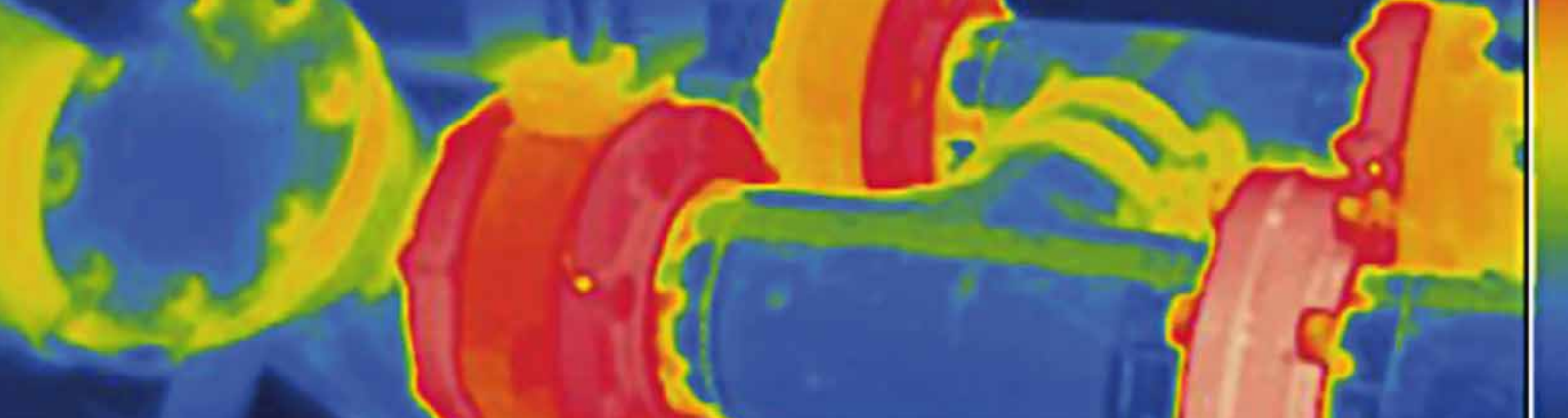
Bei der Untersuchung von Maschinen, Anlagen und Gebäuden ist der Prüfumfang individuell mit dem Betreiber festzulegen.

#### Eine systematische Untersuchung der elektrischen Anlage eines Betriebs beinhaltet z. B.:

- Transformatorstationen einschließlich der Mittel- und Hochspannungsschaltanlagen sowie der dazugehörigen Freileitungen;
- Niederspannungshauptverteilungen;
- Kompensationsanlagen einschließlich der Verdrosselung, zentrale Netzfilteranlagen usw.;
- Stromschienensysteme und Kabelanlagen (Bündelungen);
- Schalt- und Steuerschränke, Sicherungskästen;
- Elektrische Maschinen und Antriebe einschließlich der Anschlussklemmen;
- Elektrische Betriebsmittel und Einrichtungen, bei denen erfahrungsgemäß eine gefährdrohende Erwärmung vermutet werden kann.



**Abb. 3:** Deutlicher Temperaturunterschied zwischen der Zuleitung L1 und L3 zu der Zuleitung L2. Temperatur an den Ableitungen L1, L2 und L3 gleichmäßig verteilt. Aufgrund der örtlichen Lage der thermischen Auffälligkeit scheint eine Kontaktunschlüssigkeit zwischen Leitungsklemme und Leistungsschalter vorzuliegen. Bei einem Schaltkontaktfehler (L2) wäre von einer deutlicheren Durchwärmung des Leistungsschalters sowie einer Temperaturinhomogenität auf der Ableitung L2 auszugehen.



## 6 Welche Kameras sind geeignet?

Die verwendeten Thermografie-Kamerasysteme müssen für die Messaufgabe geeignet sein und reproduzierbare Messwerte (Thermogramme) erzeugen. Die Kamerasysteme müssen ein sicheres Erkennen und eine eindeutige Zuordnung auffällig erhöhter Oberflächentemperaturen ermöglichen. Durch die Anwendung der Kamerasysteme in elektrischen Anlagen dürfen für den Thermografen sowie für Dritte keine Unfallgefahren entstehen.

### In der Praxis werden zwei Kameratypen eingesetzt:

- scannende Kamerasysteme,
- Kamerasysteme mit einer Detektormatrix (= FPA-Systeme, FPA steht für Focal Plane Array).

Scannende Systeme waren die ersten am Markt verfügbaren Systeme. Sie eignen sich aufgrund ihrer guten

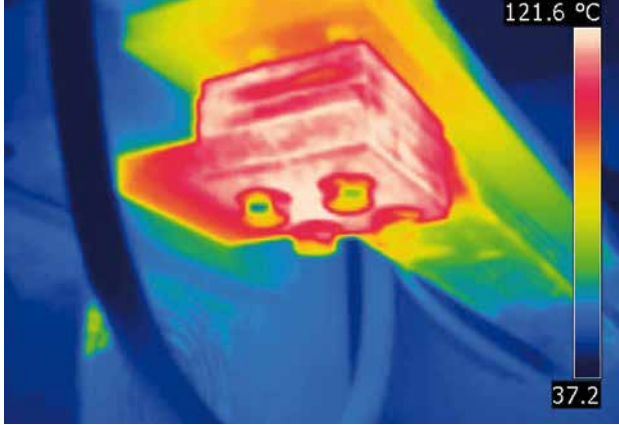
Messgenauigkeit besonders für Langzeitmessungen. Für (schnelle) Reihenuntersuchungen z. B. an Schaltschranken, Maschinen etc. haben sich dagegen FPA-Systeme durchgesetzt, die je nach Ausführung ausreichende Messgenauigkeiten liefern.

Es muss im Einzelfall überlegt werden, ob die Anschaffung einer Kamera sinnvoll ist, da für den Messeinsatz eine umfangreiche Ausbildung und viel Erfahrung erforderlich sind (Qualifizierung von geeignetem Personal). Es kann sinnvoller sein, einen qualifizierten und erfahrenen Thermografen mit einer Untersuchung zu beauftragen. Bei Untersuchungen in elektrischen Anlagen werden an die Thermografiekameras sehr hohe Ansprüche in Bezug auf die Messgenauigkeit und insbesondere die Auflösung gestellt.

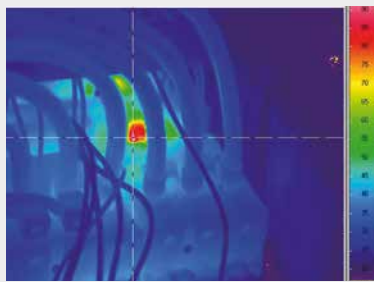
Sie sollten daher mindestens die Merkmale aus der Tabelle 1 aufweisen.

Merkmal	Empfohlene Werte
1 Umgebungstemperatur (Einsatzbereich)	-10 °C bis +40 °C
2 Temperaturmessbereich	-20 °C bis +500 °C
3 Genauigkeit/Messwert	+/- 2 % bzw. 2 K
4 Spektrum	MW 3-5 -µm oder LW 7,5-14 -µm
5 Geometrische Auflösung bei IFOV 20° bis 25°, IFOV (Instantaneous Field of View - Messfleck)	IFOV ≤ 2 mrad, nebst einem Faktor für die reale Optik von ≤ 3. Messfleckgröße = Distanz * IFOV * Faktor für reale Optik oder Auflösung mindestens 500:1 Bei einem typischen Messabstand (Distanz) von 0,6 Meter, einem IFOV von 2 und einem Faktor für die reale Optik von 3 ergibt sich ein Messfleck, der mindestens 3,6 mm * 3,6 mm Fläche haben muss. Folglich sind bei der Erfassung kleiner Messflecken (z. B. Kontakt an einer Reihenklemme) Kamerasysteme mit einer höheren Auflösung zu empfehlen. Alternativ kann die Messdistanz verkürzt werden, was jedoch aufgrund der örtlichen Messsituation nicht immer erfolgreich vorgenommen werden kann (Arbeitssicherheit, Anlagensituation etc.).
6 Rauschen, thermische Auflösung	NETD bei 30 °C ab 0,08 K
7 Interne Kalibrierung (Stabilität)	Ja, gemäß Herstellerangaben
8 Überprüfung der Genauigkeit (Gesamtsystem)	Jährlich, laut Herstellerangaben, mit Dokumentation (z. B. Werkszertifikat)
9 Bild	Falschfarbig
10 Bildauflösung bei Blickwinkel 24°	Mindestens 240 x 320
11 Bildwiederholfrequenz	> 20 Hz
12 Einstellbare Messparameter	Emissionsgrad, reflektierte Umgebungstemperatur
13 Messfunktion	Temperatur-Bereichsskala, 1 Messpunkt (Spot), 1 Isotherme, automatische Hotspot-Suchfunktion, Freeze-Funktion
14 Messwertverwaltung	Radiometrische IR-Aufnahmen digital speichern, auswerten
15 Handling	Externes Display (handgehalten)
16 Objektive	Weitwinkel + Tele Anmerkung: Der Einsatz eines Teleobjektives ist sinnvoll, da damit auch kleine Objekte (z. B. Reihenklemmen) untersucht werden können. Weitwinkelobjektive sind für die qualifizierte Elektrothermografie nicht erforderlich.
17 Energieversorgung	Netzunabhängig (Akkubetrieb) ausreichend für eine Mindestgebrauchsdauer von 2 Stunden

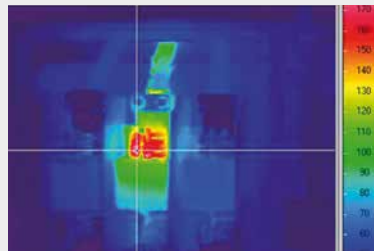
Tabelle 1: Empfohlene Kamera-Merkmale (in Anlehnung an VdS 2859 Anhang C)



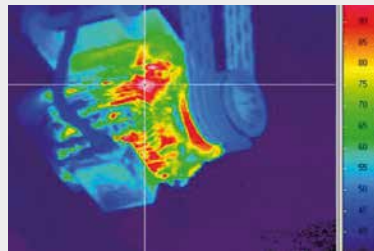
## Beispiele.



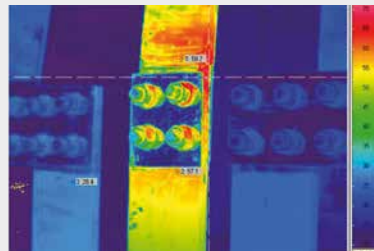
Temperatur des RC-Gliedes: ca. 95 °C.  
 Brandgefährdungspotenzial: Kritisch, thermische Zersetzung (Pyrolyse) kann zu einer Verkokung der Kunststoffwerkstoffe des Betriebsmittels führen. Hieraus resultiert bei weiterer thermischer Beaufschlagung die Möglichkeit der Entzündung.  
 Anlagengefährdungspotenzial: Vorhanden – beim Ausfall des Betriebsmittels kann es bei Entstehung eines Brandes auch zur Kontamination weiterer Anlagen und Systeme (z. B. weiterer Kompressoren) im Kompressorraum kommen.



Temperatur am oberen Messerkontakt der NH Sicherung des Außenleiters L2: ca. 183 °C.  
 Starke thermische Zersetzung der Isolationswerkstoffe an den angeschlossenen Leitungen.  
 Brandgefährdungspotenzial: Potenzielle Entzündungsgefahr der Isolationswerkstoffe.  
 Anlagengefährdungspotenzial: Ausfall der gesamten Produktion bei einem Brand für mehrere Wochen.



Ablagerung von Stäuben mit der Folge einer höheren thermischen Belastung.  
 Bei vorhandenen Stäuben im Umfeld sowie deren Anlagerung an der Gehäuseoberfläche besteht aufgrund der festgestellten Temperatur von ca. 101 °C die Gefahr der Selbstentzündung der angelagerten Stäube.



Deutlicher Temperaturunterschied zwischen den Sammelschienen L1 und L3 zu der Sammelschiene L2 im Bereich der Flanschverbindung. Verfärbungen der Sammelschienenbeschichtung sind deutlich zu erkennen (Originalbild).  
 Brandgefährdungspotenzial: Vorhanden, jedoch nicht kritisch, da keine Materialien/Werkstoffe im Umfeld der auffälligen Erwärmung unmittelbar zu einer Entzündung neigen.  
 Anlagengefährdungspotenzial: Kritisch, da aufgrund des Zustandes der Kontaktstelle auch kurzfristig mit der Zunahme der Temperatur bei gleichem Stromfluss gerechnet werden muss (rasche Verschlechterung der Kontaktstelle).

## 7 Wann und wie oft soll eine Thermografie durchgeführt werden?

Thermografische Untersuchungen in elektrischen Anlagen sollten möglichst in Verbindung mit den vorgeschriebenen Wiederholungsprüfungen der elektrischen Anlage durchgeführt werden. Der Prüfzeitabstand sollte in Abhängigkeit der Betriebsbedingungen und Umwelteinflüsse 1 bis 2 Jahre betragen, sofern keine Mängel festgestellt wurden. Empfehlenswert ist:

- Neu errichtete Anlagen bzw. Anlagenbereiche einer Erstinspektion zu unterziehen, um Montagefehler oder falsche Dimensionierungen von Betriebsmitteln als potentielle Fehlerquellen sofort zu erkennen (ca. 8 bis 12 Wochen nach Aufnahme des Regelbetriebs);
- Instandgesetzte Anlagen bzw. Anlagenbereiche zu inspizieren, um den Erfolg der Mängelbeseitigung zu überprüfen;
- Bestehende Anlagen regelmäßig zu prüfen. Der Prüfzyklus hängt von der Anlagenbeanspruchung, den Umwelteinflüssen sowie den Ergebnissen der vorhergehenden thermografischen Überprüfung ab.

## 8 Wer soll Thermografie durchführen?

Für die Bereiche Gebäude, Maschinen und Anlagen sollte der Thermograf eine Qualifikation nach EN ISO 9712 „Zerstörungsfreie Prüfung – Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung“, Level 2 besitzen.

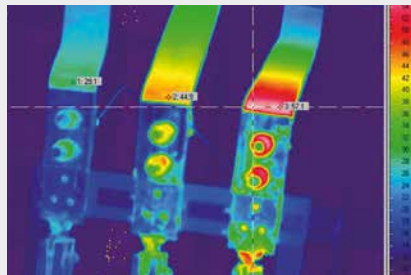
Für Untersuchungen in elektrischen Anlagen wird der VdS- anerkannte Sachverständige für Elektrothermografie empfohlen. Er hat seine fachliche Qualifikation, insbesondere auf dem Gebiet der Erwärmung elektrischer Betriebsmittel, nachgewiesen und verfügt über geeignete Messgeräte. Ein Verzeichnis wird bei der VdS Schadenverhütung GmbH geführt ([www.vds.de/et](http://www.vds.de/et)).

## 9 Welchen Stellenwert besitzt Thermografie?

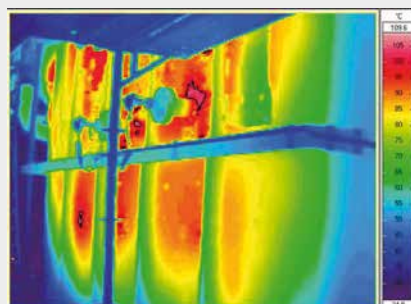
Thermografie gehört heute zu den Standard-Messmethoden für die Prüfung, Inspektion und Instandhaltung technischer Systeme und Anlagen. Durch Thermografie werden keine anderen vorgeschriebenen Prüfungen ersetzt.

Thermografie stellt eine sinnvolle Ergänzung zur Zustandsbewertung von Systemen und Anlagen unter realen Betriebsbedingungen dar.

## Beispiele.



Starke Erwärmungen an den oberen Sammelschienenanbindungen des Trenners. Ursächlich hierfür sind kontakt- und kraftunschlüssige Verbindungen an den Kontaktflächen von Sammelschiene und Anschlussflansch des Trenners.



Links: Isolationsdefizite an einer Bypassleitung in einem Heizkraftwerk. Störungen in der Wärme-führung sind möglich.

Isolationsdefizite am Filter. Wärmeverluste können die Wirksamkeit des Filters ungünstig beeinflussen.

**Die folgenden Prüfungen kann sie nicht ersetzen:**

- Technische Prüfverordnungen der Bundesländer,
- DGUV Vorschrift 3 (Unfallverhütungsvorschrift der Berufsgenossenschaften, respektive der Deutschen gesetzlichen Unfallversicherung),
- DIN VDE 0105, Deutsche Norm welche die notwendigen Maßnahmen für den sicheren Betrieb und den Erhalt des ordnungsgemäßen Zustandes von elektrischen Anlagen beschreibt. Die DIN VDE 0105 entspricht der europäischen Norm EN 50110,
- Feuerversicherungsklausel, die zusätzlich eine Prüfung nach den allgemeinen Sicherheitsvorschriften der Feuerversicherer verlangt (VdS 2871 Richtlinien für die Prüfung elektrischer Anlagen).

Jedoch stellt sie in diesem Bereich eine hilfreiche, ergänzende Messmethode dar und ermöglicht insbesondere Untersuchungen und Bewertungen des Anlagen- oder Gebäudezustands, die bisher nur schwer oder mit hohem Aufwand möglich waren. Thermografie gehört somit heute zum Stand der Sicherheitstechnik.

## 10 Anmerkung.

Dieses Merkblatt erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und entbindet nicht von der Einhaltung gesetzlicher Maßgaben sowie behördlicher Vorschriften und Auflagen.

Normen und Richtlinien sind in der jeweils gültigen Fassung zu beachten und anzuwenden.

## 11 Referenzen.

Lokale Standards sollten eingehalten werden.

Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) nebst Technischen Regeln zur Betriebssicherheitsverordnung (TRBS), insbesondere

<b>TRBS 1111</b>	Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung
<b>DGUV Vorschrift 3</b>	Elektrische Anlagen und Betriebsmittel nebst Durchführungsanweisungen
<b>CFPA Guideline No.1</b>	Certification of thermographers
<b>DGZfP TH1</b>	Merkblatt zur Charakterisierung von Thermografiesystemen 1999
<b>DIN 54190</b>	Zerstörungsfreie Prüfung – Thermografische Prüfung
<b>DIN 54191</b>	Zerstörungsfreie Prüfung – Thermografische Prüfung elektrischer Anlagen
<b>DIN VDE 0100-600</b>	Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6 Prüfungen

<b>DIN VDE 0105</b>	Betrieb von elektrischen Anlagen
<b>EN ISO 9712</b>	Zerstörungsfreie Prüfung - Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung
<b>EN 13187</b>	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
<b>VDI 2878</b>	Anwendung der Thermografie zur Diagnose in der Instandhaltung
<b>VDI 3511</b>	Technische Temperaturmessungen
<b>VDI 3822</b>	Schäden durch thermische Beanspruchung
<b>VdS 2858</b>	Thermografie in elektrischen Anlagen
<b>VdS 2859</b>	Richtlinien für die Anerkennung von Sachverständigen für Elektro-Thermografie (Elektrothermografen) – erfahrungsrichtlinie
<b>VdS 2871</b>	Prüfrichtlinien für die Prüfung nach Klausel 3602, Richtlinien für die Prüfung elektrischer Anlagen
<b>VATh</b>	Bundesverband für Angewandte Thermografie e. V., Richtlinie Elektrothermografie

## Über HDI Risk Consulting.

HDI Risk Consulting GmbH unterstützt Mittelständler, Industrieunternehmen und Konzerne bei der Schadenverhütung und beim Aufbau eines betrieblichen Risikomanagements.

Dazu bietet HDI Risk Consulting den Kunden Zugriff auf ca. 180 Ingenieure und Spezialisten aus den unterschiedlichsten Fachrichtungen. Ziel ist es, Unternehmen dabei zu unterstützen, Risiken zu beherrschen und somit ein individuelles, risikogerechtes Versicherungs-Deckungskonzept zu erstellen.

HDI Risk Consulting ist weltweit aktiv in den Bereichen Feuer, Kraftfahrt, Technische Versicherung und Transport. Die Tätigkeitsschwerpunkte liegen in der Erkennung und Beurteilung von Risiken sowie der Entwicklung geeigneter individueller Schutzkonzepte.

Die HDI Risk Consulting GmbH ist eine hundertprozentige Tochtergesellschaft der HDI Global SE.

**HDI Risk Consulting GmbH**  
HDI-Platz 1 – D-30659 Hannover  
**Telefon:** +49 511 645-3219  
**Fax:** +49 511 645-4542  
**Internet:** [www.hdi.global](http://www.hdi.global)

**Impressum**  
Verantwortlich für den Inhalt  
HDI Risk Consulting GmbH

**Layout:** Insignio Kommunikation GmbH  
**Fotos:** HDI Risk Consulting GmbH  
corbisimages.com by\_Tyrone, mauritiusima-  
ges/alamy, panthermedia.net by\_A.Peters,  
[istockphoto.com](http://istockphoto.com)

