

Be sure. **testo**



Guide pratique Thermographie électrique.

Entretenir les installations, prévenir des dommages,
détecter des dangers.

Sommaire

Introduction	4
Où la thermographie électrique est-elle utilisée ?	6
Domaines d'utilisation possibles	7
Quelles normes faut-il observer ?	8
Quelle caméra thermique est requise pour la thermographie électrique qualifiée ?	10
Résolution du détecteur	12
Résolution thermique et géométrique	13
Quelles qualifications les thermographes électriques doivent-ils avoir ?	14
Certification : expert en thermographie électrique	15
Que faut-il observer lors d'une inspection rapide ?	16
Comment un contrôle qualifié par thermographie électrique devrait-il se dérouler ?	17
Quels éléments faut-il contrôler et à quelle fréquence ?	19
A quoi faut-il faire attention dans la pratique ?	20
Comment les thermogrammes électriques sont-ils évalués ?	22
Que doivent contenir les rapports thermographiques ?	24
Où sont les limites de la thermographie électrique ?	26
Conclusion	27
Informations / Sources	28
La Testo SE & Co. KG	30

Introduction

La thermographie électrique aide à prévenir des dommages et à éviter des arrêts de fonctionnement. En même temps, elle exige des connaissances profondes de la matière. Quelles qualités doit offrir la caméra thermique, quelles qualifications doit avoir le thermographe ? Quels avantages et possibilités la thermographie électrique offre-t-elle et quelles erreurs potentielles risquent de se produire lors des prises de vue et de leur évaluation ?



Une caméra thermique permet de localiser des défauts, d'entretenir les installations, de prévenir des dommages et de détecter des dangers.

En tant que procédé de mesure par imagerie, la thermographie permet le mesurage visuel sans contact des températures superficielles d'installations électriques. Ainsi, des problèmes thermiques peuvent être localisés et documentés au cours du fonctionnement, dans des conditions de fonctionnement réelles et à une distance sûre. Cela permet de détecter rapidement et très tôt des zones problématiques et des points faibles afin de minimiser les risques d'incendie et d'accident et d'éviter des dommages

consécutifs et des pertes de production.

La documentation de l'état des installations et des risques potentiels améliore la fiabilité des installations et conserve leur valeur. Les remises en état ou modernisations nécessaires peuvent mieux être planifiées et réalisées.

De nos jours, les mesures par thermographie font partie de la gestion des risques des entreprises. Lorsqu'on convertit ces avantages en économies sur les coûts et qu'on les compare aux dépenses d'une analyse thermographique, on obtient vite un rapport allant jusqu'à 20 pour 1. Si la thermographie a permis d'éviter un incendie ou une défaillance totale d'une installation de production et a empêché

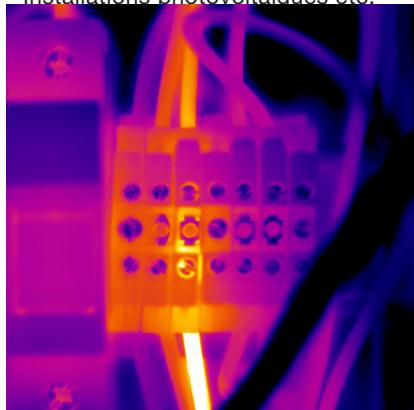
ainsi, le cas échéant, des dommages à concurrence de plusieurs millions, cette valeur est encore nettement plus élevée.

Même pour les assurances, la thermographie joue un rôle important car elle peut être exigée pour la conclusion d'un contrat et même parfois réduire les primes d'assurance. Par ailleurs, la thermographie électrique améliore aussi la sécurité juridique des exploitants des installations par la documentation de l'état thermique des équipements inspectés ainsi que par le traitement informatique des résultats de mesure sous forme de rapports de thermographie.

Où la thermographie électrique est-elle utilisée ?

Étant donné que des résistances de contact accrues et d'autres défauts se manifestent par des échauffements anormaux, la thermographie peut en principe être utilisée pour toutes les installations qui comportent des conducteurs parcourus par le courant électrique. Pour cette raison, les caméras thermiques sont utilisées pour de nombreuses parties des installations :

- Installations basse, moyenne et haute tension
- Armoires de mesure, de commande et de régulation
- Boîte à fusibles
- Chemins de câbles
- Transformateurs
- Machines électriques
- Installations photovoltaïques etc.



L'échauffement excessif de composants dans ces parties des installations ne risque pas seulement de causer des dommages dangereux pour les utilisateurs ou le personnel opérateur et de déclencher des incendies. Il peut aussi provoquer des pertes de puissance qui portent atteinte à la rentabilité des installations à long terme. Les défauts peuvent aussi être détectés et réparés plus vite de sorte que les installations sont de nouveau opérationnelles en très peu de temps et que les arrêts sont minimisés.

Comme les intervalles d'entretien et de maintenance sont optimisés, les frais d'exploitation peuvent être réduits et la fiabilité et la rentabilité des installations augmentent. La thermographie peut aussi servir dans la recherche et le développement : par exemple pour optimiser des composants électroniques.

Des composants électriques surchauffés peuvent être une source de danger considérable et déclencher des incendies.

Domaines d'utilisation possibles

Contrôle d'installations à haute tension

Lors du transport d'électricité, la plupart des traces d'usure, traces de fatigue des matériaux ou ruptures de câbles se produisent après un échauffement thermique lié à une résistance accrue. Grâce aux caméras thermiques de Testo, il est possible de contrôler les échauffements sans contact et à une distance sûre, sans aucune mise en danger et sans devoir mettre les systèmes analysés à l'arrêt.



Maintenance électrique des installations



Des connexions électriques défectueuses ou des surcharges au niveau des installations électriques peuvent entraîner des arrêts coûteux. Une inspection régulière de toutes les installations électriques au moyen d'une caméra thermique de Testo aide à réduire les risques de panne. Ceci permet de détecter immédiatement et de manière précise aussi bien les défauts existants que des sources de défaut et des risques potentiels.

Surveillance et contrôle des installations solaires et photovoltaïques

Les grandes installations photovoltaïques exigent impérativement un contrôle régulier et soigneux car même un défaut d'une seule cellule solaire peut avoir un effet négatif sur le rendement de l'installation complète. La thermographie permet de réaliser de telles inspections sur de grandes surfaces, sans contact et de manière efficace.



Quelles normes faut-il observer ?

De nombreuses normes, directives et réglementations s'appliquent à

l'inspection des installations électriques (liste non exhaustive) :

Norme	Titre / Description
Directive CFPA Europe n° 3:2003^[1]	La CFPA Europe est l'association européenne des organisations nationales de protection contre les incendies. La directive décrit les recommandations pour la qualification du thermographe et les appareils utilisés.
DIN EN 16714^[2]	Essais non destructifs – Examen par thermographie, 2016-11 Cette norme fixe les principes généraux de la thermographie, les propriétés des appareils ainsi que les exigences relatives aux appareils et les termes pour l'examen par thermographie.
DIN EN ISO 9712^[3]	Essais non destructifs - Qualification et certification du personnel pour les essais non destructifs, 2021-02 Cette norme spécifie les exigences essentielles de qualification et de certification du personnel chargé d'effectuer des essais non destructifs industriels.
DIN 54191^[4]	Essais non destructifs - Essais thermographiques des installations électriques, 2017-10 Cette norme spécifie l'exécution d'essais thermographiques sur des installations électriques aux fins d'analyse de l'état.
DIN VDE 0105-100^[5]	Exploitation des installations électriques – Partie 100 : Règles générales, 2015-10 Cette norme décrit les exigences pour une utilisation sûre, ainsi que des travaux sur, avec ou à proximité des installations électriques.
DIN VDE 1000-10^[6]	Exigences relatives aux personnes travaillant dans le domaine de l'électrotechnique, 2021-06 Cette norme fixe les exigences relatives à la qualification technique des personnes travaillant dans le domaine de l'électrotechnique qui exécutent des activités ayant trait à la sécurité électrique dans le cadre de leurs tâches.
VdS 2228^[7]	Directives relatives à l'agrément d'expert pour l'inspection des installations électriques, 2021-07 Cette directive décrit les exigences à saisir pour être certifié comme expert agréé par la VdS pour l'inspection d'installations électriques.
VdS 2851^[8]	Mesure de la température sans contact (thermographie), conseils pratiques, 2021-02 Ce document doit permettre de faire une sélection appropriée d'appareils de mesure nécessaires pour la mesure sans contact au moyen de la thermographie et de déterminer les qualifications nécessaires des utilisateurs.

Norme	Titre / Description
VdS 2858^[9]	La thermographie dans les installations électriques - une contribution pour la prévention des dommages et la sécurité d'exploitation, 2017-11 Ce document sert à informer sur la thermographie des installations électriques et ses avantages.
VdS 2859^[10]	Agrément VdS d'expert en thermographie électrique (thermographe électrique) ; procédures, 2019-05 Ces directives VdS sont basées d'une part sur les résultats d'un groupe de projet de la Commission technique de l'association générale du secteur des assurances allemandes (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.) et d'autre part sur les spécifications de la directive CFPA Europe concernant la certification de thermographes.
VdS 2871^[11]	Lignes directrices selon la clause SK 3602 - informations pour l'expert électrique agréé, 2020-03 Les essais des installations électriques selon la clause SK 3602 comprennent l'inspection visuelle ainsi que l'essai de fonctionnement et le mesurage.
VDI 2878^[12]	Fiche 2 : Applications de la thermographie aux fins de diagnostic dans la maintenance - installations électriques (2015-05) Fiche 4 : Appareils techniques (2016-05) Ces documents décrivent la réalisation de la thermographie électrique ainsi que les exigences relatives aux appareils à utiliser.
SK 3602 (clause de protection incendie)^[13]	Clauses pour l'assurance incendie, SK 3602 Installations électriques , 2010 En fonction de l'évaluation du risque, l'assureur inclut la clause de protection incendie SK 3602 dans le contrat d'assurance ; cette clause exige un contrôle selon les principes VdS et selon des structures fixes à des intervalles réguliers.
DGUV Règlement 3 (BGV A 3)^[14]	Installations et équipements électriques, règlement de prévention des accidents, 1997 Le règlement 3 de la DGUV (assurance accidents légale allemande) s'applique à toutes les installations et équipements électriques, indépendamment de la valeur ou du type de tension produite ou de la tension de service. Il spécifie les exigences relatives aux installations électriques et aux différents équipements et règle leur manipulation et les travaux sur ces installations.
Directive VATh Thermographie électrique, partie A : haute tension^[15]	Thermographie électrique pour la planification, la réalisation et la documentation des mesures infrarouges thermographiques sur les installations et composants électriques dans les installations à haute tension > 1kV, 2016-02
Directive VATh Thermographie électrique, partie B : basse tension et PV^[16]	Thermographie électrique pour la planification, la réalisation et la documentation des mesures infrarouges thermographiques sur les installations et composants électriques dans les installations ≤ 1kV, 2018-09
Autres	Règlement relatif aux essais des installations techniques (PrüfVO) des Länder allemands Directive française D19 du CNPP (Centre National de Prévention et de Protection)

Quelle caméra thermique est requise pour la thermographie électrique qualifiée ?

La qualité des images thermiques joue un rôle primordial dans la thermographie électrique professionnelle. C'est pourquoi la résolution du détecteur infrarouge (résolution thermique, géométrique et temporelle) et/ou les

objectifs doivent répondre à des exigences élevées. Il est recommandé qu'une caméra thermique satisfasse aux exigences suivantes pour être utilisée aux fins de thermographie électrique :

Caractéristique	Exigences
Format du détecteur	$\geq 320 \times 240$ pixels
Résolution thermique (NETD)	$\leq 0,08$ K (à $+30$ °C)
Résolution géométrique (IFOV)	≤ 2 mrad avec un objectif normal (plus petit objet mesurable : ≤ 3 mm)
Précision/valeur de mesure	$\pm 2\%$ ou 2 K
Étendue de mesure de la température	-20 °C ... +500 °C
Spectre	Ondes longues 7,5 ... 14 µm
Fréquence d'images	≥ 20 Hz
Objectif	objectif normal, grand-angle, télescope, en fonction de la tâche de mesure
Écran	un écran externe ou pivotant est recommandé
Paramètres de mesure réglables	émissivité, température ambiante réfléchie
Fonctions de mesure	échelle de la plage de température, 1 point de mesure (spot), 1 isotherme, 1 spot de mesure, fonction de recherche de point chaud automatique, fonction d'arrêt sur image
Étalonnage	annuel

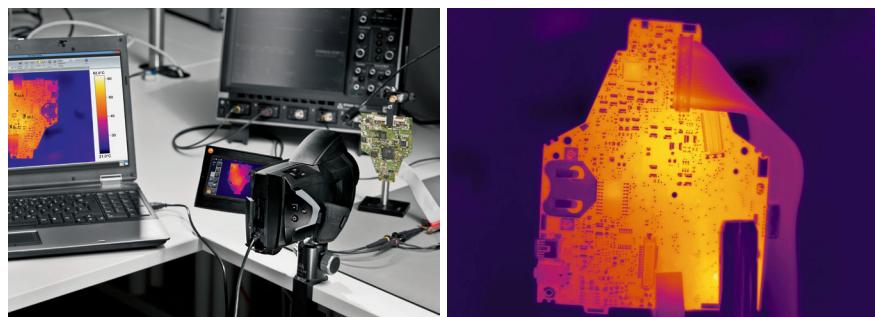
Les caméras thermiques testo 883 et testo 890 satisfont à ces exigences.



Une caméra thermique est utilisée pour inspecter les fusibles et connexions dans les armoires électriques.



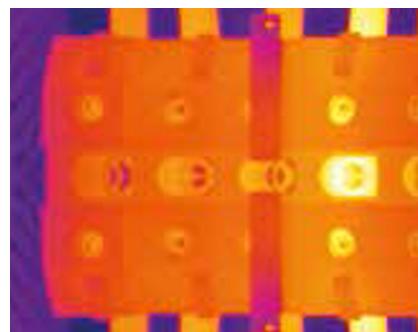
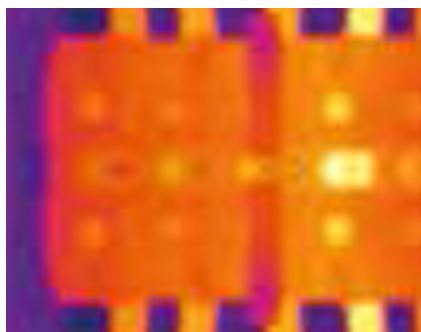
La thermographie permet de visualiser les températures superficielles.



Le lieu de mesure doit être accessible pour la thermographie, la mesure ne fonctionne pas à travers des éléments en verre ou Makrolon.

Résolution du détecteur

Les caméras thermiques dotées d'une haute résolution du détecteur, thermique ou géométrique, fournissent une meilleure qualité d'image et des valeurs de mesure plus précises. Ci-dessous, vous voyez une comparaison des formats de détecteur 160 x 120 (à gauche) et 640 x 480 (à droite).



Une technologie révolutionnaire : testo SuperResolution

La technologie testo SuperResolution vous permet d'améliorer confortablement la qualité d'image de votre caméra thermique Testo par quatre fois plus de pixels et la résolution géométrique du facteur 1,6. La testo SuperResolution utilise les mouvements naturels des mains et prend très rapidement plusieurs clichés légèrement décalés de suite. Il s'agit de valeurs de mesure réelles qui sont assemblées en un cliché à partir de 5 images au moyen d'un algorithme.

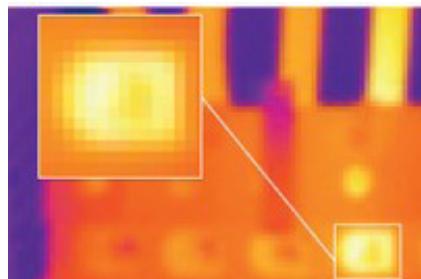


Image thermique standard

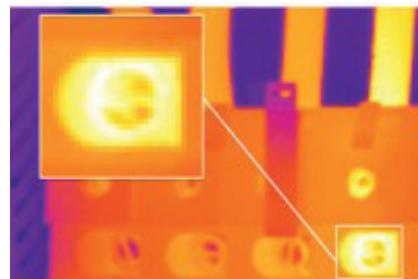


Image thermique SuperResolution

Résolution thermique et géométrique

Résolution thermique

La résolution thermique (NETD) est indiquée en millikelvin (mk) et désigne la plus petite différence de température qu'une caméra thermique peut détecter. La résolution thermique est donc très importante pour les objets avec de faibles différences de température. Plus la valeur de la résolution thermique est faible, plus la qualité des résultats de mesure est élevée.

Champ de vision / Field of View (FOV)

Le champ de vision (FOV) de la caméra thermique décrit la surface visible avec la caméra thermique. Celui-ci dépend de l'objectif utilisé.



Résolution géométrique

La résolution géométrique (IFOV) décrit le plus petit objet qui peut être représenté par le système de caméra avec son détecteur et son objectif en fonction de la distance de mesure. Elle est indiquée en milliradian (mrad). Sur l'image thermique, la taille de cet objet correspond à un pixel.

Détecteur	80 x 60	160 x 120	320 x 240	640 x 480
Objectif (FOV)	45° x 34°	32° x 23°	30° x 23°	42° x 32°
IFOV	10,3 mrad	3,3 mrad	1,7 mrad	1,13 mrad
1 m	10,3 mm	3,3 mm	1,7 mm	1,13 mm
5 m	51,5 mm	16,5 mm	8,5 mm	5,65 mm
10 m	103 mm	33 mm	17 mm	11,3 mm

Résolutions géométriques différentes des systèmes de caméra.

Quelles qualifications les thermographes électriques doivent-ils avoir ?

En plus de la commande correcte de la caméra, les thermographes électriques devraient connaître les sources d'erreurs potentielles et les limites de la thermographie et savoir évaluer correctement les résultats de mesure.

Aussi bien pour les prises de vue que pour leur évaluation, cela exige des connaissances techniques dans les domaines de l'optique, du rayonnement thermique, de la conduction thermique, de la technique de mesure et de la science des matériaux, des connaissances qu'on peut acquérir dans des séminaires ou par auto-formation. Des connaissances supplémentaires sur le fonctionnement et la construction technique des objets à mesurer, sur les matériaux utilisés etc. sont nécessaires pour une évaluation correcte des anomalies thermiques. Souvent, il faut procéder à des mesures supplémentaires pour déterminer d'autres paramètres, par

exemple l'intensité de service au moyen d'une pince ampèremétrique. C'est pourquoi le thermographe doit aussi être familier avec ces instruments de mesure.

Les entreprises qui demandent les contrôles et l'assurance incendie doivent pouvoir se fier aux mesures. Les exigences envers les prestataires qualifiés de thermographie électrique sont donc de taille : outre une formation d'électricien, il faut prouver la qualification technique par des certificats.



Thermographie d'une installation électrique avec mesure des courants de service au moyen d'une pince ampèremétrique.

Certification : expert en thermographie électrique

Cette qualification technique doit faire l'objet de vérifications régulières afin de conserver sa qualité. Les installations électriques ne devront donc être contrôlées que par des personnes qui peuvent présenter le certificat « expert en thermographie électrique » (IT 2 électrique) ou « expert en thermographie électrique agréé par la VdS » (voir www.vath.de/ausbildung/zertifizierung ainsi que l'interview avec l'expert ci-dessous), conformément aux exigences des assureurs.

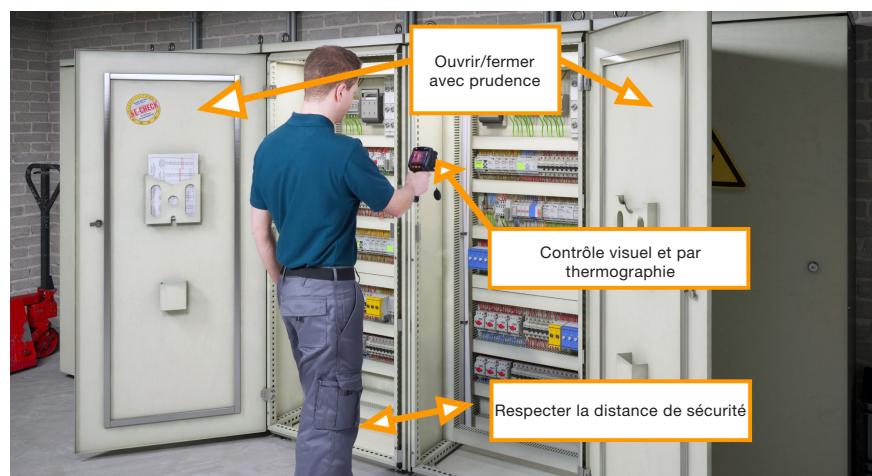
Les deux certificats peuvent être obtenus après une formation de cinq jours avec examen final. La certification doit être renouvelée, aussi bien pour l'expert en thermographie électrique (IT 2 électrique) que pour l'agrément VdS au bout de quatre resp. cinq ans. Pour le contrôle des installations électriques conformément aux exigences des assurances incendie, la VdS exige un étalonnage annuel du système de caméra.

	Certification d'expert en thermographie électrique	Expert en thermographie électrique agréé par la VdS
Durée de la formation	5 jours	5 jours
Examen final	✓	✓
Recertification après	5 ans	4 ans
Exigences supplémentaires	-	Étalonnage annuel du système de caméra

Que faut-il observer lors d'une inspection rapide ?

Lors d'un contrôle rapide des armoires électriques, boîtes à fusibles, chemins de câbles etc., il faut observer ce qui suit :

- Pour une inspection rapide, il faut toujours respecter les distances de sécurité définies dans le règlement 3 de la DGUV^[14].
 - Ouvrir ou retirer les armoires ou couvercles/caches avec prudence. S'ils sont difficiles à ouvrir, ne jamais faire usage de la force ni secouer les éléments.
 - Les installations électriques devraient toujours être vérifiées par thermographie et par contrôle visuel,
- le cas échéant en association avec une mesure du courant.
- Lors de la mesure, il faudrait aussi veiller aux anomalies non thermiques, par exemple un fort encrassement, des isolations défectueuses etc.
 - Après la mesure infrarouge, les armoires électriques ouvertes ou couvercles/caches retirés doivent être refermés.
 - Toute anomalie qui compromet la sécurité de fonctionnement doit immédiatement être communiquée au responsable.



Comment un contrôle qualifié par thermographie électrique devrait-il se dérouler ?

Dans le cadre de la mesure par thermographie et de l'inspection soigneuse de l'installation par un thermographe électrique qualifié, il faut observer les points suivants en détail :

- Le thermographe (indépendant) et l'exploitant de l'installation conviennent de l'organisation de la procédure.
- En général, l'exploitant de l'installation devrait fixer les conditions du contrôle car il connaît parfaitement son installation et sait quelles parties de l'installation sont essentielles pour le fonctionnement courant et à quel moment les différentes parties de l'installation sont en service et accessibles.
- Pour fixer la date optimale du contrôle, il faut tenir compte de plusieurs facteurs, par ex. de la saison (courbe de température), des cycles de production ou des arrêts planifiés de l'installation. Ces derniers pourront servir, le cas échéant, à remédier aux défauts constatés.
- Ce n'est qu'après des instructions concernant la sécurité par l'exploitant de l'installation ou le responsable de la sécurité que l'inspection sera autorisée et que les mesures pourront commencer.
- Les mesures sur les installations électriques doivent toujours être accompagnées par un électricien qualifié de l'entreprise. Cet électricien qualifié ouvre les couvercles ou caches, le cas échéant déjà avant le rendez-vous avec l'expert. Après de telles préparations, il faut refermer les armoires électriques pour éviter qu'elles ne refroidissent.
- Pour une mesure infrarouge, il faut toujours respecter les distances de sécurité définies dans le règlement 3 de la DGUV^[14]. Après la mesure infrarouge, les armoires électriques ouvertes ou couvercles/caches retirés doivent être refermés par le responsable de l'installation.

Quels éléments faut-il contrôler et à quelle fréquence ?

- Un contrôle par thermographie électrique comprend l'inspection infrarouge et un contrôle visuel. Les anomalies thermiques devront donc toujours être documentées par des images thermiques en association avec des photos réelles et éventuellement une mesure du courant.
- Les critères d'évaluation des anomalies thermiques doivent être convenus au préalable entre le client et l'expert et retenus dans l'offre.
- Parallèlement, il faudrait établir un protocole de mesure qui documente aussi les anomalies non thermiques, par exemple un fort encrasement, des isolations défectueuses, des armoires électriques impossibles à ouvrir, des couvercles/caches non retirés, des sorties de moteur non sollicitées etc.

- Toute anomalie qui compromet la sécurité de fonctionnement doit être communiquée immédiatement aux responsables et mise en évidence dans la documentation écrite (voir ci-dessous). La documentation devrait être établie dans un court délai et remise au client sous forme imprimée ou comme fichier PDF.

Les composants électriques et leurs éléments de connexion sont contrôlés par thermographie sous charge à tous les niveaux de tension, en général par une inspection préventive dans le cadre de la maintenance basée sur l'état aux fins de détection précoce d'anomalies thermiques. La charge électrique minimale devrait s'élever à 30 pour cent de la charge nominale de l'installation ($IB \geq 30\% IN$). Les nouvelles installations électriques devraient être contrôlées en charge avant de débuter le fonctionnement à pleine charge afin de détecter à temps d'éventuels défauts d'installation. Les installations électriques existantes dans les bâtiments publics, les entreprises commerciales et industrielles devraient faire l'objet d'un contrôle régulier.

Installations électriques existantes



Contrôles annuels

Un contrôle annuel est recommandé, de préférence en complément des essais répétitifs prescrits, ou en alternance annuelle avec ces derniers. Des intervalles plus courts ou plus longs peuvent être indiqués en fonction de l'âge, de l'état, de la charge électrique ou de l'importance de l'installation. Le contrôle porte sur tous les éléments importants de l'installation et les équipements, tels que :

- zones de connexion
- contacts
- connexions serrées
- bornes
- zones de connexion et surfaces de transformateurs, convertisseurs, moteurs
- câbles d'alimentation et faisceaux de câbles etc.

Nouvelles installations électriques



Avant le fonctionnement à plein régime

A quoi faut-il faire attention dans la pratique ?

La thermographie électrique est essentiellement basée sur deux effets physiques : sur l'émission de chaleur des conducteurs parcourus par le courant (effet Joule) et sur la chaleur d'induction :

- Effet Joule : le passage du courant à travers une résistance produit une perte ohmique. Cette dernière provoque un échauffement et une augmentation de la température qui est proportionnelle à la résistance de contact et au carré de la charge électrique. Des résistances de contact accrues peuvent être dues à une section trop faible du conducteur et de la connexion, au vieillissement et à la fatigue, à une isolation coincée ou à des revêtements usés.

- Chaleur d'induction : elle est basée sur l'échauffement de composants magnétiques, produit par exemple par des pertes par courants de Foucault dans un champ alternatif électromagnétique.

Des erreurs de mesure et des interprétations erronées se produisent surtout par manque d'expérience dans la pratique. Ainsi, le comportement thermographique des matériaux examinés par thermographie électrique peut fortement différer : les matériaux non conducteurs comme la céramique, les plastiques et d'autres matériaux d'isolation sont de bons émetteurs de rayonnement infrarouge de sorte que les températures de ces surfaces non conductrices peuvent être mesurées facilement.

En revanche, les métaux nus ne peuvent pas être mesurés du tout sans préparation correcte car le rayonnement thermique des objets environnants est réfléchi sur la surface du métal. La température de l'objet est donc masquée par les réflexions de température des objets environnents dans l'image thermique. En raison de cette situation, des défauts peuvent passer inaperçus ou au contraire, des échauffements normaux peuvent être interprétés comme défauts. C'est

pourquoi les thermographes expérimentés réalisent les mesures avec une émissivité qui a fait ses preuves dans la pratique. Les mesures ne sont pas réalisées sur des surfaces brillantes nues ni sur des contacts de cet aspect.

Les dépôts de poussière sont également problématiques car ils augmentent l'émissivité des composants nus et donc le rayonnement thermique. Les caches ou couvercles de sécurité en verre, verre acrylique ou d'autres matériaux plastiques transparents empêchent une mesure infrarouge correcte. Ces matériaux sont certes transparents pour l'œil mais pas pour la caméra thermique qui mesure alors seulement la température superficielle du couvercle/cache. C'est pourquoi tout couvercle/cache doit être retiré avant la mesure, si possible.

Si l'on ne connaît pas suffisamment les principes de fonctionnement, les charges, les températures de service ou la situation de montage d'une installation et n'en tient pas compte de manière adéquate, on risque également d'obtenir des résultats de mesure et des interprétations erronés. C'est pourquoi il convient de se familiariser avec le fonctionnement et les caractéristiques thermiques d'une installation ainsi qu'avec les défauts éventuels.

Comment les thermogrammes électriques sont-ils évalués ?

Sans l'évaluation, l'interprétation et la documentation d'un expert, les images thermiques ne sont que des images de couleur sans aucune valeur. Même pendant les mesures, il faudrait examiner les images thermiques pour avoir une première impression de l'objet mesuré et pour vérifier la plausibilité. Les caméras thermiques offrent différentes fonctions pour cette première évaluation sur place afin de pouvoir regarder au préalable aussi bien le thermogramme actuel que les images thermiques enregistrées. En font partie l'échelle de température, un affichage du point de mesure et de la surface de mesure ou la position et la valeur de la température min./max.



Les images thermiques devraient être consultées dès la prise des clichés.

L'évaluation détaillée est réalisée après l'intervention de mesure, soit au bureau, soit encore sur place avec le logiciel d'analyse fourni avec la caméra. Ce logiciel permet d'afficher les images thermiques sur l'écran du PC, de les modifier, optimiser, organiser, analyser, de les comparer aux photos réelles ou de les superposer avec ces dernières et d'élaborer un rapport thermographique.

Lors de l'analyse avec le logiciel d'évaluation, il faut veiller à ce que la forme de visualisation des valeurs de température soit claire et pertinente, compte tenu de la tâche de mesure souhaitée. L'évaluation devrait être claire et ne pas surcharger l'image thermique. Le point de mesure et la surface de mesure sont des critères de température éprouvés. En revanche, les histogrammes, les profils de température ou les isothermes ne sont utiles que pour des analyses spéciales.

Lors de l'évaluation et de l'interprétation des thermogrammes, il faut toujours tenir compte des conditions de fonctionnement (charge électrique) des équipements et composants examinés. De même, il faudrait observer que les températures relevées peuvent être éventuellement dangereuses pour certains équipements et types de construction, mais normales pour d'autres.



Évaluation au moyen du logiciel d'analyse sur PC testo IRSoft

Des différences de température importantes ne sont pas forcément un problème dans tous les cas, en revanche, dans certains cas, même des différences de température minimales peuvent indiquer des défauts graves. C'est pourquoi les connaissances et expériences en électrotechnique sont aussi importantes pour l'interprétation correcte que les connaissances relatives au vieillissement des composants et connexions.



La superposition de l'image thermique et de l'image réelle peut améliorer l'orientation dans l'image, c'est pourquoi une combinaison d'image thermique et d'image réelle est utile.

Que doivent contenir les rapports thermographiques ?

Les rapports ou documentations thermographiques servent de base et d'aide à la décision pour une planification optimale, par exemple des travaux de remise en état et de maintenance, et doivent donc être élaborés avec le plus grand soin. Grâce à l'enregistrement électronique de l'état thermique des équipements analysés ainsi qu'au traitement informatique des résultats de mesure sous forme de rapport de thermographie, la documentation à tenir par l'exploitant en mode normal ou en cas de panne pour répondre à ses obligations de justification et à sa charge de la preuve est recevable dans les procédures et peut servir de preuve devant les tribunaux. Les rapports thermographiques professionnels contribuent donc à une meilleure sécurité juridique.

Tous les résultats de mesure sont représentés et résumés dans un rapport thermographique. Ce dernier comprend le rapport de contrôle, le protocole de mesure, les listes des défauts constatés et les rapports de thermographie, avec la documentation en images et une évaluation des valeurs de température en fonction de la charge. Les rapports thermographiques doivent être compréhensibles, plausibles et complets. Les

données suivantes doivent toujours figurer dans un rapport thermographique :

- Client
- Objets examinés
- Objectif
- Nom du thermographe et des personnes impliquées
- Date de contrôle
- Système de caméra thermique utilisé avec les optiques
- ainsi que les autres appareils de mesure utilisés éventuellement en complément.

La partie de diagnostic devrait montrer des images thermiques et des photos réelles prises d'un angle quasi-identique, avec indication du lieu, de la date, de l'heure et du nom de fichier. Des défauts ou des points chauds détectés devraient être marqués par un point de mesure de la température dans l'image thermique, mais il faut tenir compte du fait que chaque point chaud peut présenter une émissivité différente.

Font également partie du contenu obligatoire : une description de l'objet (bâtiment, hall, armoire électrique, tableau de commande, composant etc.) ainsi que, de préférence, l'état de charge au moment de la mesure, en ampère et/ou en pour cent de la charge maximale.

Le rapport devra aussi mentionner les températures relevées du point défectueux et/ou les différences de température entre les points défectueux et les composants identiques sans anomalie thermique sous charge identique, ainsi qu'une classification des défauts.

Les répartitions des températures et les gradients de température mesurés doivent être vérifiés selon différents aspects, par exemple en vérifiant si la charge est présente en continu, si les conditions ambiantes varient ou si l'armoire électrique présente un équipement très dense, afin de détecter des « anomalies thermiques ». C'est pourquoi des accords individuels avec le client sont nécessaires.

Notamment en cas de mesures régulières des mêmes installations, l'attribution des images thermiques doit être réalisée avec le plus grand soin. Une technologie de Testo est utile dans ce contexte :

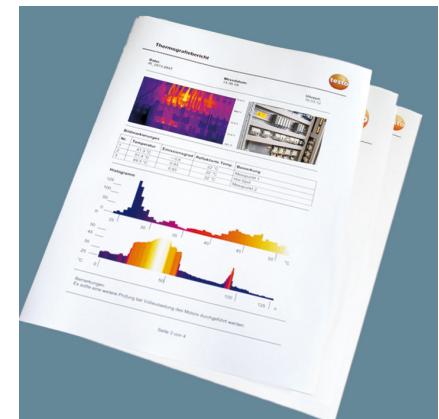
la technologie testo SiteRecognition se charge automatiquement de l'identification du lieu de mesure ainsi que de l'enregistrement et de la gestion des images thermiques après une inspection. Cela

- évite de confondre les images
- évite des erreurs d'évaluation

- fait gagner du temps car l'attribution manuelle des images à l'ordinateur n'est plus nécessaire.



Dans le domaine de la thermographie régulière des mêmes objets, la technologie SiteRecognition offre l'identification directe des lieux de mesure.



Le logiciel d'évaluation fourni permet de créer un rapport thermographique pertinent et compréhensible avec les images thermiques enregistrées.

Où sont les limites de la thermographie électrique ?

La thermographie électrique connaît des limites techniques et dues au système. Ainsi, l'inspection thermographique des installations sous faible charge électrique n'est guère utile car les défauts seraient à peine visibles. Si le courant électrique pendant le contrôle est trop faible par rapport au courant maximal, une analyse thermographique n'est pas possible et les résultats ne seraient pas évaluables.

La charge minimale devrait donc s'élever à 30 pour cent de la charge nominale. Par ailleurs, il faut toujours tenir compte du fait que des équipements défectueux ne présentent pas forcément une température élevée en permanence et qu'un état dangereux ne se produira éventuellement qu'en cas de forte charge.

En outre, les défauts à l'intérieur d'un équipement ne seront détectés par la thermographie depuis l'extérieur que lorsque la chaleur dégagée à l'intérieur a été cédée à la surface du boîtier. Ainsi, les équipements

blindés/hermétiques et les installations avec des protections anti-contact ne peuvent pas être inspectés, ou uniquement avec un grand investissement de temps. Les défauts dus à l'encrassement de l'équipement ne présenteront un risque, le cas échéant, que lorsque le degré d'encrassement ou les surtensions provoquent des courants de fuite dangereux.

Un tel défaut n'est éventuellement pas détecté à temps par un contrôle thermographique. Ces exemples montrent que la thermographie électrique est certes un moyen efficace pour augmenter la sécurité des installations électriques. Mais il faut toujours tenir compte de ses possibilités tout comme de ses restrictions physiques et technologiques.

Conclusion : un complément idéal au contrôle périodique

La thermographie s'est établie et a fait ses preuves dans le secteur électrotechnique comme méthode de mesure rapide, économique et moderne. Néanmoins, elle ne saura remplacer l'inspection visuelle régulière, le contrôle de fonctionnement régulier, la mesure du courant etc. des installations électriques mais

constitue un complément utile à ces contrôles. De surcroît, les images thermiques ne montrent qu'un relevé de l'état actuel. C'est pourquoi un contrôle thermographique régulier est recommandé car il permet d'augmenter la certitude statistique de détecter des défauts.

Caméras thermiques de Testo

	testo 883	testo 890
Résolution infra-rouge	320 x 240 pixels	640 x 480 pixels
Sensibilité thermique	< 40 mK	< 40 mK à +30°C
Résolution géométrique	Objectif standard : 1,7 mrad Téléobjectif : 0,7 mrad	Objectif standard : 1,13 mrad Téléobjectif : 0,42 mrad Super-téléobjectif : 0,18 mrad

Plus d'informations sur Internet*

www.thech.ch
 Association suisse de thermographie
www.thermografie.co.at
 Association autrichienne de thermographie

www.vath.de
 Association fédérale allemande de thermographie appliquée
www.vds.de
 VdS – Prévention des dommages

Bibliographie*

- [¹⁴] Marx, H. : Thermografische Inspektion von Elektroschaltanlagen – Sicherheit durch Erfahrung, bureau d'études Hagen Marx, Andernach
- [¹⁵] Krüll, S : Hochspannungsanlagen durch Infrarot-Thermografie optimal untersuchen, VATh, Nürnberg
- [¹⁶] Krüll, S : Nieder- und Mittelspannungsanlagen durch Infrarot-Thermografie richtig untersuchen, VATh, Nürnberg
- [¹⁷] Krüll, S : Hochspannungsanlagen durch Infrarot-Thermografie optimal untersuchen, VATh, Nürnberg
- [¹⁸] Schmolke, H. : Nutzen und Grenzen der Thermografie, dans : Elektropraktiker Für die Praxis 59 (2005), Huss Medien, Berlin
- [¹⁹] Zahorzki, F : Elektrothermografie – objektive Fehlererkennung für jedermann?, dans : S+S-Report 4/2006, éditions VdS, Cologne
- [²⁰] Zahorzki, F : Zustandsdiagnose als Anleitung zum Handeln. Thermografie als Werkzeug zur Umsetzung moderner Instandhaltungsstrategien, dans : Instandhaltung 7/2006, éditions Moderne Industrie, Landsberg

- [²¹] Testo (éditeur) : Guide pratique « La thermographie dans le secteur de la maintenance préventive », Testo AG, auto-édition, Lenzkirch, 2014, téléchargement : www.testo.de/media/medien_deutschland/download/broschueren/praxisratgeber-instandhaltung-2014-07.pdf
- [²²] Testo (éditeur) : Le nombre de pixels est un critère de qualité - Informations pour le choix d'une caméra thermique appropriée, Testo AG, auto-édition, Lenzkirch, téléchargement : <https://media.testo.com/media/f9/99/094362eeb32f/Whitepaper-Pixel-zahl-Qualitätskriterium.pdf>
- [²³] Testo (éditeur) : Guide pratique « Thermographie pour les installations photovoltaïques », Testo AG, auto-édition, Lenzkirch, 2015, téléchargement : <https://media.testo.com/media/69/da/eea8d60db98c/praxisratgeber-photovoltaik-2015.pdf>

Liste des normes

- [¹] CFPA-E®-Guidelines, Guideline No3:2003, Certification of thermographers, 2003-08, Zurich
- [²] DIN EN 16714 : Zerstörungsfreie Prüfung - Thermografische Prüfung, 2016-11, Beuth, Berlin
- [³] DIN EN ISO 9712 : Zerstörungsfreie Prüfung - Qualifizierung und Zertifizierung von Personal für die zerstörungsfreie Prüfung, 2021-02, Beuth, Berlin
- [⁴] DIN 54191 : Zerstörungsfreie Prüfung - Thermografische Prüfung von elektrischen Anlagen, 2017-10, Beuth, Berlin
- [⁵] DIN VDE 0105-100 : Betrieb von elektrischen Anlagen – Partie 100 : Allgemeine Festlegungen, 2015-10, Beuth, Berlin
- [⁶] DIN VDE 1000-10 Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen, 2021-06, Beuth, Berlin
- [⁷] VdS 2228 : Richtlinien zur Anerkennung von Sachverständigen zum Prüfen elektrischer Anlagen, 2021-07, édition VdS Schadenverhütung, Cologne
- [⁸] VdS 2851 : Berührungslose Temperaturmessung (Thermografie) Hinweise für die Praxis, 2021-02, édition VdS Schadenverhütung, Cologne
- [⁹] VdS 2858 : Thermografie in elektrischen Anlagen, ein Beitrag zur Schadenverhütung und Betriebssicherheit, 2017-11, édition VdS Schadenverhütung, Cologne
- [¹⁰] VdS 2859 : VdS-Anerkennung von Sachverständigen für Elektrothermografie (Elektrothermografen); Verfahrensrichtlinien, 2019-05, édition VdS Schadenverhütung, Cologne
- [¹¹] VdS 2871 : Prüfrichtlinien nach Klausel SK 3602, Hinweise für den anerkannten Elektrosachverständigen, 2020-03, édition VdS Schadenverhütung, Cologne
- [¹²] VDI 2878 : Blatt 2 Anwendung der Thermografie zur Diagnose in der Instandhaltung - Elektroanlagen, 2015-05, Beuth, Berlin
- [¹³] Blatt 4 Anwendung der Thermografie zur Diagnose in der Instandhaltung - Gerätetechnik, 2016-05, Beuth, Berlin
- [¹⁴] SK 3602 (Feuerschutzklausel) : Klauseln für die Feuerversicherung, SK 3602 Elektrische Anlagen, 2010, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Berlin
- [¹⁵] DGUV Vorschrift 3 (BGV A 3) : Elektrische Anlagen und Betriebsmittel, Unfallverhütungsvorschrift, 1997, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin
- [¹⁶] Directive VATh Thermographie électrique, partie A : Hochspannung. Elektrothermografie zur Planung, Durchführung und Dokumentation infrarot-thermografischer Messungen an elektrischen Anlagen und Bauteilen in Hochspannungsanlagen > 1kV, 2016-02, Bundesverband für Angewandte Thermografie e.V., Nuremberg
- [¹⁷] Directive VATh Thermographie électrique, partie B : Niederspannung. Elektrothermografie zur Planung, Durchführung und Dokumentation infrarot-thermografischer Messungen an elektrischen Anlagen und Bauteilen ≤ 1kV, 2018-09, Bundesverband für Angewandte Thermografie e.V., Nuremberg

* Sélection non exhaustive

La Testo SE & Co. KG

La société Testo, dont le siège se trouve à Titisee, dans la Haute Forêt-Noire (Allemagne), est un leader mondial dans le secteur des solutions de mesure portatives et stationnaires. Répartis dans 37 filiales partout dans le monde, quelque 3 400 collaborateurs se chargent des travaux de recherche et de développement de cette entreprise spécialisée dans les produits high-tech, ainsi que de la production et de la commercialisation de ceux-ci. L'entreprise, véritable expert en techniques de mesure, a déjà convaincu des clients partout dans le monde avec ses appareils de mesure extrêmement précis et ses solutions novatrices pour une gestion des données de mesure orientée vers l'avenir.

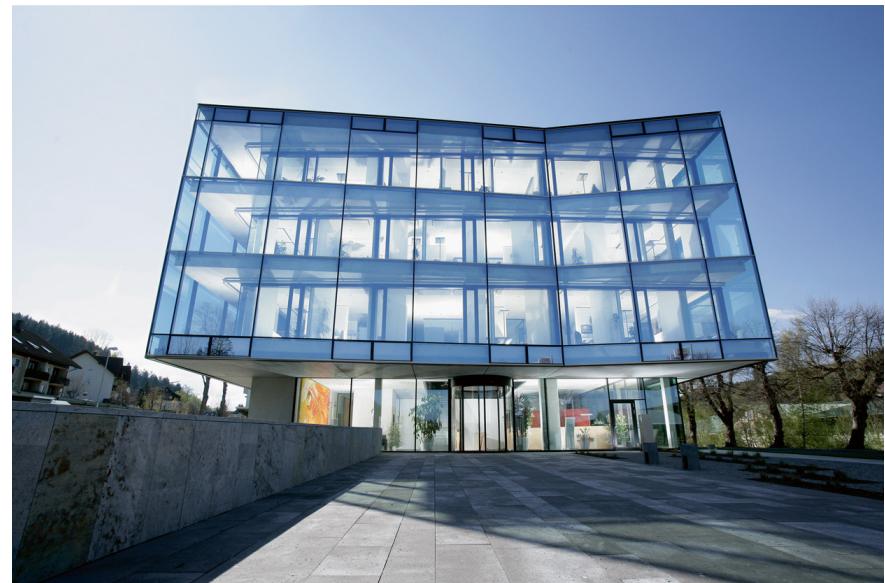
Les produits de Testo sont synonymes de gains de temps et d'argent, de protection de l'environnement et de la santé humaine et d'une encore plus grande qualité des marchandises et services.

Une croissance annuelle moyenne supérieure à 10 pour cent depuis la fondation de l'entreprise en 1957 et un chiffre d'affaires actuel de 400 millions d'euros montrent clairement que Haute Forêt-Noire et haute technologie peuvent parfaitement s'accorder. Des investissements pour l'avenir de l'entreprise nettement supérieurs à la moyenne font également partie de la recette du succès de Testo. En effet, Testo investit chaque année environ 1/10^e de son chiffre d'affaires dans la recherche et le développement, partout dans le monde.

Plus d'informations à www.testo.de



Le siège principal de Testo à Titisee-Neustadt/Allemagne.



Le site de Testo à Lenzkirch/Allemagne.



Sous réserve de modifications, même techniques.

Testo xxx
Address
Phone
Fax
E-mail

www.testo.com

2982 423X/dk/TT/09.2022