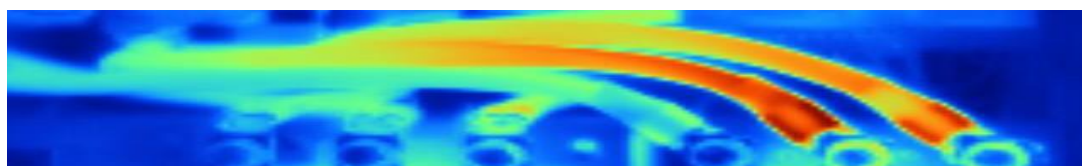


## Évaluation des images infrarouges sur les réseaux basse tension partiellement chargés



## Table des matières

Introduction.....	3
Impressum et Copyright © .....	3
Problème, situation initiale .....	4
Approches de solution .....	4
Extrapolation de la différence de température à la charge maximale du système .....	5
Définition du I <sub>100%</sub> .....	6
Valeurs limites .....	6
Classification des urgences .....	7
QualiPower® .....	7
Résumé et mot de la fin .....	8

## Introduction

L'interprétation et l'évaluation du niveau de risque des systèmes à basse tension partiellement chargés n'est pas une tâche facile à résoudre. L'extrapolation de la charge actuelle du système à la charge maximale possible est un moyen d'évaluer les anomalies thermiques de manière compréhensible et reproductible, en tenant compte de l'évolution de la charge en fonction de l'urgence des travaux de réparation à effectuer.

Ce document thématise l'inspection et l'évaluation thermographique des installations à basse tension partiellement chargées, ceci doit donner les possibilités, mais aussi les restrictions, les influences et les problèmes dans ce contexte.

Pour réaliser l'électrothermographie sur des installations basse tension, il est nécessaire d'avoir des connaissances spécialisées et des certificats de capacité appropriés dans le domaine de l'installation électrique. Si le thermographe pénètre dans la zone dangereuse IP2x d'une installation, p. ex. lors du démontage ou de l'ouverture de couvercles ou de couvercles de boîtier qui représentent un accès direct à des composants sous tension conducteurs et touchables, un équipement de protection approprié est également nécessaire.

La norme de qualité électrique duCH définit les conditions de base à remplir pour la mesure de l'équipement et du thermographe.

## Impressum et Copyright ©

Auteure: Markus Treichler, thermographe certifié DIN ISO 9712, Niveau 2, spécialisation électro, Membre Comité theCH, assesseur spécialisé électro

Ce document est protégé par le droit d'auteur. L'utilisation commerciale des contenus sous quelque forme que ce soit (textes, images, même par extraits) n'est autorisée qu'avec le consentement exprès de theCH ou de l'auteur.

Tous les droits sur ce document appartiennent à l'Association suisse de thermographie et à son auteur.

## Problème, situation initiale

Les emplacements de défaut partiellement chargés sont difficiles à identifier et à évaluer, les différences de température par rapport aux composants ou connexions "sains" ou la température ambiante ne sont souvent que de quelques °C, les anomalies thermiques peuvent rapidement échapper à l'œil non formé et, dans le pire des cas, provoquer une défaillance du système ou un incendie à l'endroit affecté lorsque la charge est augmentée.

En électrothermographie, nous constatons que la plupart des systèmes à évaluer ne sont pas en pleine charge au moment de la prise d'images thermiques, mais en charge partielle.

## Approches de solution

L'une des possibilités serait d'amener les systèmes électriques étudiés à pleine charge et d'assurer ainsi des conditions d'évaluation optimales. Toutefois, cela n'est pas ou rarement possible dans la pratique.

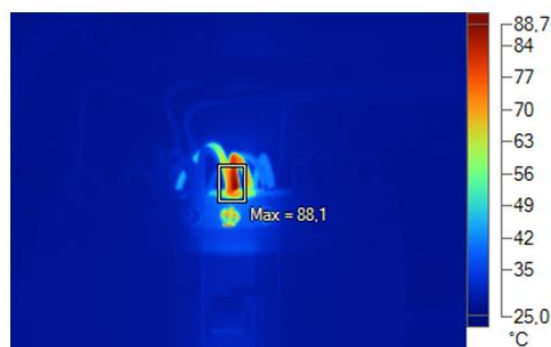
Une possibilité pour des déclarations reproductibles et reproductibles est l'extrapolation des températures de conducteur mesurées aux endroits bien visibles ou la différence de température de conducteur par rapport à la température ambiante à la charge maximale possible de l'installation.

L'évaluation des anomalies respectives par rapport à la différence de température maximale extrapolée des conducteurs par rapport à la température ambiante sur la base des spécifications de la VDS (Verband Deutscher Sachversicherer - Association des assureurs non-vie allemands) fournit une méthode compréhensible qui peut être mise en pratique. Différents groupes de défauts sont définis qui, dans leur urgence, se réfèrent aux écarts de température extrapolés et suggèrent au thermographe l'horizon temporel pour recommander la réparation des composants de l'installation affectés.

L'exemple suivant montre un répartiteur d'appartement, la vis du disjoncteur correspondant a été desserrée d'un tour:



T Umgebung	27 °C
T Objekt	30.1 °C
I akt zum Aufnahmezeitpunkt	2.5 A
I max System (Vorsicherung)	13 A



T Umgebung	27 °C
T Objekt	88.1 °C
I akt zum Aufnahmezeitpunkt	12.9 A
I max System (Vorsicherung)	13 A

L'image de gauche montre la visibilité thermique sur le conducteur concerné à une charge partielle de 2,5A avec env. 30°C, à droite avec une charge maximale d'env. 13A avec env. 88°C. Cet exemple réel montre l'ordre de grandeur approximatif d'une éventuelle élévation de température au niveau du conducteur avec une mauvaise connexion.

## Extrapolation de la différence de température à la charge maximale du système

La température du conducteur ne varie pas linéairement avec la charge, la différence de température entre le conducteur et la température ambiante change en carré avec la charge. Même de faibles différences de température détectées sur les conducteurs de systèmes partiellement chargés peuvent conduire à des températures élevées lorsque la charge augmente.

La formule simplifiée utilisée pour l'extrapolation aux conducteurs est la suivante :

$$\Delta T_{100\%} = I_{100\%}^2 : I_A^2 \times \Delta T_A$$

L'exemple suivant explique les variables utilisées dans la formule et sert à comprendre le calcul. Le terme "T<sub>O</sub>" ou "température de l'objet" se réfère à la température du conducteur et non à celle de l'enveloppe thermique, du commutateur, du contacteur, du relais ou d'autres boîtiers et composants.

Les valeurs marquées en vert doivent être déterminées et documentées par mesure ou clarification (charge maximale) sur site au moment de l'enregistrement:

<b>Beispiel:</b>	T <sub>O</sub>	= 33 °C	(Aktuelle Objekt-Temperatur)
	T <sub>U</sub>	= 25 °C	(Aktuelle Umgebungs-Temperatur)
	ΔT <sub>A</sub>	= 8 °C	(Aktuelle Temperaturdifferenz = T <sub>O</sub> -T <sub>U</sub> )
	I <sub>A</sub>	= 20A	(Aktueller Strom)
	I <sub>100%</sub>	= 63A	(max. anzunehmende Last, z.B. Vorsicherung)
	ΔT <sub>100%</sub>	= ?	(zu erwartende Temperaturdifferenz)
	T <sub>O</sub> @ I <sub>100%</sub>	= ?	(zu erwartende Leitertemperatur)

Dans cet exemple, la température du conducteur extrapolée pour la charge maximale est calculée en deux étapes: dans un premier temps, la valeur de la différence de température entre le conducteur et la température ambiante "ΔT<sub>100%</sub>" est calculée:

$$\Delta T_{100\%} = 63A^2 : 20A^2 \times 8K = 79.38^\circ C$$

Dans la deuxième étape, nous ajoutons la différence de température calculée ci-dessus d'environ 79°C à la température ambiante au moment de l'enregistrement de 27°C pour calculer la température du conducteur T<sub>O</sub> @ I<sub>100%</sub> à la charge maximale possible (I100%):

$$T_{O@100\%} = T_U + \Delta T_{100\%} = 25^\circ C + 79^\circ C = 104^\circ C$$

Si l'extrapolation avec la formule simplifiée (facteur exponentiel 2) révèle des températures atypiques sur les éléments de construction, l'ODS préconise d'effectuer en plus le calcul avec la formule plus précise (facteur exponentiel 1,6 à 1,8).

$$\Delta T_{100\%} = I_{100\%}^{1.6} : I_A^{1.6} \times \Delta T_A + T_U = 63A^{1.6} : 20A^{1.6} \times 8K + 25^\circ C = 75.2^\circ C$$

## Définition du $I_{100\%}$

$I_{100\%}$  s'applique au fusible de secours ou la charge maximale possible du système due aux charges connectées en permanence, si c'est un groupe avec prises, le fusible de secours est valable.

Les courants de charge actuels sont peu sinusoïdaux mais déformés et contiennent des harmoniques, c'est pourquoi les pinces TRMS (true effective) doivent être utilisées pour la mesure. Les valeurs mesurées des pinces de courant de moyenne sont jusqu'à 50% inférieures à celles des modèles TRMS. Un courant mesuré trop bas entraîne des erreurs correspondantes dans l'extrapolation, ce qui peut conduire à une mauvaise appréciation de la visibilité et de l'urgence.

## Valeurs limites

En règle générale, les valeurs limites de la norme NIN (norme d'installation basse tension), les spécifications du fabricant et les normes de composants correspondantes s'appliquent aux évaluations thermographiques. Voici une liste de NIN concernant les valeurs limites de température des systèmes basse tension:

<b>Isolier- und Werkstoffe (5.2.3.1.1.4 / 5.3.9.7.3), z.B.</b>	
Thermoplast oder Mineral im Handbereich, am Leiter gemessen	≤ 70°C
Vernetztes Polyethylen (VPE), am Leiter gemessen	≤ 90°C
Mineral, am Mantel gemessen (nicht im Handbereich)	≤ 105°C
Weichlot (4.3.4.3§1)	≤ 160°C
<b>Schutz gegen Verbrennung. Maximal Temperatur für im Handbereich zugänglichen Teile von elektrischen Einrichtungen bei normalem Betrieb (4.2.3), für Teile welche im Betrieb</b>	
normalerweise nicht berührt werden müssen, metallisch	≤ 80°C
normalerweise nicht berührt werden müssen, nicht metallisch	≤ 90°C
berührt werden müssen, metallisch	≤ 70°C
berührt werden müssen, nicht metallisch	≤ 80°C
in der Hand gehalten werden, metallisch	≤ 55°C
in der Hand gehalten werden, nicht metallisch	≤ 65°C
<b>Zulässige Erwärmung der Umgebungstemperatur von SK* Gehäuse (5.3.9.7.3)</b>	
mittlere Temperatur	≤ 35°C
Steuerkomponenten in SK* müssen zugelassen sein für	≥ 55°C
SK* interne Lufttemperaturerhöhung	≤ 20°C

(SK\* = combinaison de commutation)

## Classification des urgences

L'évaluation de la classification d'urgence laisse une grande marge de manœuvre; à l'heure actuelle, aucune exigence légale ou réglementaire n' a été définie à cet effet en Suisse.

Le VDS (Association des assureurs immobiliers allemands) définit une base d'évaluation pour les groupes de défauts dans les installations électriques basse tension de 1 à 4, où 1 = pas ou bas et 4 = haute visibilité. Puisqu'il n' y a pas de lignes directrices locales, le the CH recommande que vous suiviez la matrice d'évaluation du VDS.

Les valeurs de température définies ci-dessous correspondent aux températures de conducteur extrapolées  $\Delta T$  en °C par rapport à la température ambiante:

### Groupe d'erreurs 1: 0 °C < 10 °C

aucune mesure n'est nécessaire, continuer à observer

### Groupe d'erreurs 2: 10 °C < 35 °C

au prochain arrêt ou à la prochaine occasion

### Groupe d'erreurs 3: 35 °C < 70 °C

au prochain arrêt programmé, mais dans les 6 mois

### Groupe d'erreurs 4: >70 °C

lors du prochain arrêt possible ou rectifier immédiatement, réduire les charges, ne pas augmenter!

## QualiPower®

Afin de simplifier le travail d'extrapolation et de classification des groupes d'erreurs, le theCH met à la disposition à ses membres l'outil Excel automatisé "QualiPower®", qui calcule la différence de température du conducteur extrapolé et la température résultante ( $T_{obj}$ ) du conducteur en fonction de la charge maximale possible du système sur la base des entrées effectuées. En outre, il attribue les valeurs directement aux définitions des groupes d'erreurs de la VDS (Verband Deutscher Sachversicherer) et met en évidence les extrapolations respectives de  $\Delta T$  100% en différentes couleurs par rapport au groupe d'erreurs.

Voici l'extrapolation de QualiPower® à l'aide de l'exemple du tableau de distribution résidentiel de la page 4 de ce document:

$T_{umg}$ [°C]	27.0	QualiPower® Thermografie Verband Schweiz, www.theCH.ch			
$I_{akt}$ [A]	$I_{max}$ [A]	$T_{obj}$ [°C]	$T_{obj}$ 100% [°C]	$\Delta T$ 100% [°C]	Bemerkung
2.5	13	30.1	110.8	83.8	Fehlergruppe 4

En comparant la valeur extrapolée avec la valeur mesurée, on obtient un écart d'env. + 22°C de l'extrapolation par rapport à la situation réelle (voir l'image page 4 ci-dessous à droite). La valeur calculée s'affiche ici "Pire" que la valeur mesurée réelle, l'extrapolation est "plus pessimiste" qu'elle ne l'était dans l'exemple en réalité. Toutefois, il ne faut pas s'appuyer sur le fait que c'est le cas dans tous les cas, car certaines variables difficiles à estimer conduisent au résultat réel. Cependant, la méthode d'extrapolation et de regroupement des erreurs selon VDS est préférable à l'exclusion de la charge partielle, même si une inexactitude inévitable doit être constatée.

## Résumé et mot de la fin

La section transversale du conducteur n'est pas prise en compte dans la méthode d'extrapolation et d'évaluation utilisée ici; selon les estimations actuelles, elle a une influence mineure sur les résultats et les déclarations.

Afin de pouvoir détecter plus facilement les anomalies thermiques lors d'un chargement partiel, il est recommandé de régler manuellement le coin de couleur (plage de mesure visualisée colorée), l'extrémité inférieure du coin de couleur est réglée à la température ambiante, l'extrémité supérieure à environ 5 à 10°C au-dessus de la température ambiante, il ne s'agit pas de valeurs constantes mais d'une recommandation, en fonction de la situation, les réglages doivent être ajustés en conséquence.

La température réelle du conducteur concerné ne dépend pas seulement de la charge, mais aussi de la caractéristique de contact disponible (résistance de transition), l'extrapolation et l'évaluation de l'urgence traitée dans ce document entraîneront une dispersion des résultats calculés et des déclarations d'urgence en raison d'influences et de variables difficiles à estimer.

Si le conducteur à analyser est raccordé à un composant "actif" tel que contacteurs, relais, paquets de chaleur, transformateurs, etc., l'extrapolation de la température du conducteur peut entraîner des valeurs excessives. Dans ce cas, l'énergie thermique visible dans l'image thermique sur le conducteur ne peut donc plus être clairement attribuée à une augmentation de la résistance de contact au point de raccordement ou à un mauvais contact. C'est la raison pour laquelle l'extrapolation et le regroupement des erreurs au niveau des connexions des conducteurs aux composants actifs aboutissent dans la plupart des cas à une mauvaise évaluation qui doit être mise en perspective avec prudence.

Dans les analyses avec une charge du système inférieure à 10% - 15%, le risque de ne pas être capable de reconnaître et d'évaluer correctement une anomalie augmente. Il est recommandé d'effectuer l'imagerie infrarouge et les évaluations sur les conducteurs de systèmes à basse tension partiellement chargés à une charge minimale de 20% du système, mieux que 30%.

La connexion lâche ou défectueuse s'aggrave avec le temps, le risque de panne augmente avec le temps de fonctionnement.

Il est conseillé de répéter périodiquement les inspections avec une caméra thermique afin de surveiller les installations dans différentes situations de charge pendant toute la durée de fonctionnement et de pouvoir réagir à temps aux changements de température du conducteur au niveau des connexions. En fonction des exigences de disponibilité des installations et des risques d'arrêt éventuels (coûts d'arrêt, temps d'arrêt de la production, problème de livraison, etc.), il est judicieux d'effectuer des contrôles par infrarouge avec des intervalles plus courts (par exemple annuels) ou plus longs (par exemple 2-3 ans) des composants d'installation opérationnels et de sécurité.

Il est conseillé de répéter périodiquement les inspections à l'aide d'une caméra thermique afin d'observer les systèmes dans différentes situations de charge pendant toute la durée de fonctionnement et de pouvoir réagir en temps voulu aux changements de température des conducteurs au niveau des connexions. Des contrôles d'inspection infrarouges à intervalles plus courts (par exemple, annuels) ou plus longs (par exemple 2 à 3 ans) sur les équipements de production et de sécurité sont utiles selon les exigences de disponibilité et les risques de temps d'arrêt.