

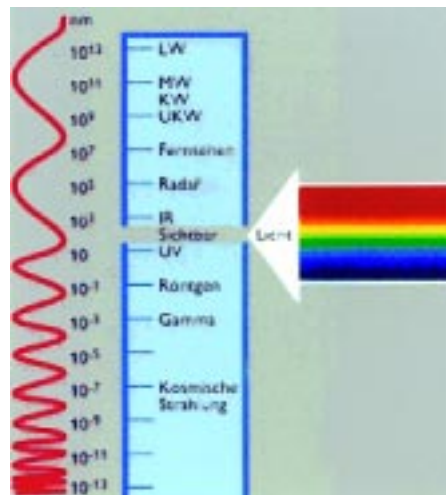
Einsatz der Thermographie in der Kälte- und Klimatechnik

Peter Wohlmuth, München

Physikalische Grundlagen: Der Bereich des sichtbaren Lichts, in dem das menschliche Auge einen Großteil seiner Informationen aufnimmt, umfaßt innerhalb des Spektrums der elektromagnetischen Strahlung nur einen kleinen Teil des gesamten Wellenlängenbereichs. Als Wärmestrahlung wird die Eigenschaft eines Körpers bezeichnet, nur aufgrund seiner Temperatur elektromagnetische Strahlung auszusenden. Erst ab einer Temperatur von ca. 550 °C fällt diese in den sichtbaren Bereich, was sich als Glühen bemerkbar macht.

Die Infrarot-Thermographie wandelt die von einem Untersuchungsobjekt ausgehende Strahlung im nicht sichtbaren Wellenlängenbereich in ein für das Auge wahrnehmbares Bild um. Die unterschiedlichen Oberflächentemperaturen werden im Wärmebild als Farbflächen dargestellt.

Auf diese Weise können Aussagen über die Verteilung von Oberflächentemperaturen gemacht werden, wodurch Schlüsse über die Wärmeleitfähigkeit von Objekten möglich sind.



Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

Die von einem Gegenstand emittierte Wärmestrahlung hängt im wesentlichen von der Reflektionsfähigkeit und damit von folgenden Faktoren ab:

- Materialzusammensetzung,
- Oxidschicht auf der Oberfläche,
- Rauhtiefe der Oberfläche,
- Winkel zur Flächennormalen.

Diese Abhängigkeit wird durch den Emissionskoeffizienten beschrieben, welcher sich als Verhältnis der zu untersuchenden Oberfläche und einem schwarzen Strahler mit 100 %iger Abstrahlung ergibt. Nichtmetallische Stoffe

zum Autor

Dipl.-Ing. Peter Wohlmuth,
Bereichsleiter
Kältetechnik
in der Zentral-
abteilung Kälte-
und Klimatech-
nik bei der TÜV
Bau- und
Betriebstechnik
GmbH,
München



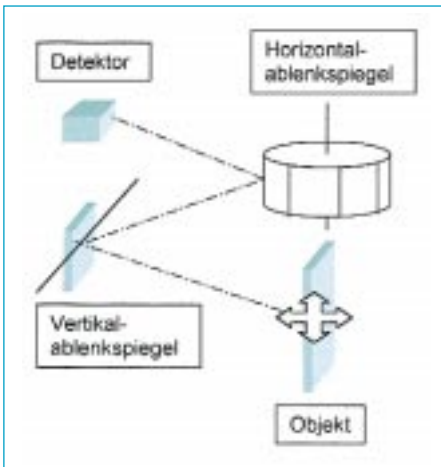
weisen zumeist einen hohen und über die Wellenlänge relativ konstanten Emissionsgrad auf, demgegenüber haben Metalle einen niedrigen, stark von der Oberflächenbeschaffenheit abhängigen und zu größeren Wellenlängen abfallenden Emissionsgrad.

Aufbau und Wirkungsweise von Thermographiegeräten

Die Thermographie nutzt zwei Wellenbereiche:

- das Kurzwellenband im nahen Infrarot mit 2 – 5 Mikrometer,
- das Langwellenband im fernen Infrarot mit 8 – 12 Mikrometer.

Die einfallende Infrarotstrahlung wird von einem Infrarot-Detektor in elektrische Signale umgewandelt. Da die thermische Energie bei Umgebungstemperatur ausreicht, Elektronen zu aktivieren, die die Messung beeinflussen bzw. unmöglich machen würden, muß der Detektor während des Betriebes gekühlt werden.



Wirkungsweise eines Einelementdetektors. Das Meßobjekt wird mittels eines mechanischen Ablenkensystems (Scanner) abgetastet

Der Temperaturbereich des Kurzwellendetektors liegt bei $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$, die Kühlung erfolgt meistens thermoelektrisch, z. B. durch ein Peltier-Element. Ein Langwellendetektor benötigt eine Umgebungstemperatur von $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$, zur Kühlung werden Flüssigstickstoff oder Stirling-Kühler eingesetzt.

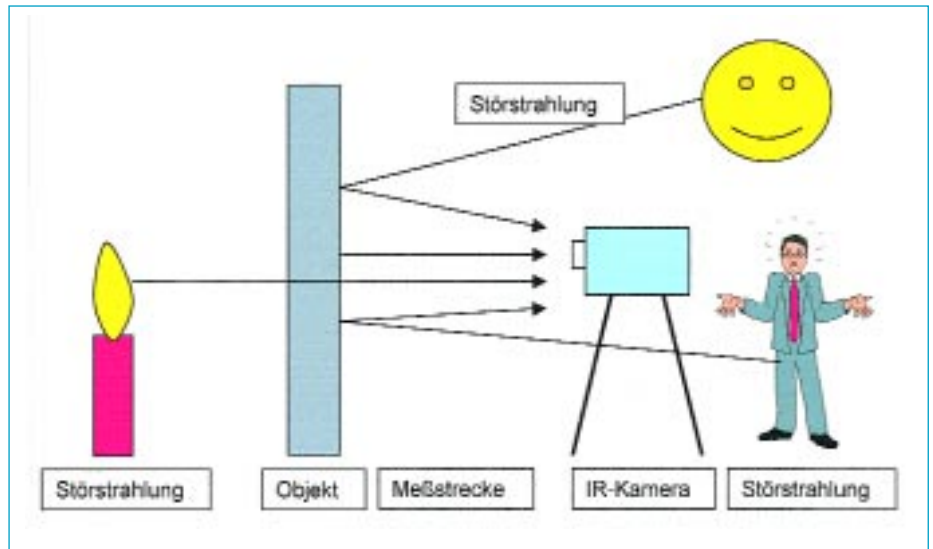
Beim TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb wird eine Single-Element-Detektor-Kamera mit thermoelektrischer Kühlung eingesetzt.

Zur Wandlung der Infrarotstrahlung ist ein Einelementdetektor installiert, das Meßobjekt wird mittels eines mechanischen Ablenkensystems (Scanner) abgetastet.

Durch die Signalwandlung jedes einzelnen Bildpunktes durch das selbe Wandlerelement kann ein guter Gleichlauf aller Bildpunkte erreicht werden.

Thermographische Meßanordnung

Bei der Infrarotthermographie sind einige physikalisch bedingte Besonderheiten gegenüber berührenden Temperaturmeßverfahren zu beachten. Da es sich um ein optisches Meßverfahren handelt, sind insbesondere die Beschaffenheit der Oberfläche des Objekts, die Beschaffenheit der Meßstrecke sowie Störstrahlungsquellen im Vorder- und Hintergrund zu berücksichtigen.



Störstrahlungen, wie z. B. auch Wärmestrahlung von einer Beleuchtung lassen eine absolute Temperaturmessung nicht möglich werden. Es können daher nur Temperaturunterschiede festgestellt werden

Zu Verfälschungen der Ergebnisse können insbesondere die Wärmestrahlung von Beleuchtung, von kalten bzw. heißen Anlagenteilen aber auch des Bedieners der Kamera führen. Insbesondere bei hochauflösenden Aufnahmen, die Auflösung von Temperaturunterschieden von weniger als $0,1\text{ K}$ ist möglich, müssen die Störstrahlungen zum Beispiel durch unterschiedliche Blickwinkel ausgeschaltet werden.

Auch bei stark reflektierenden Oberflächen wie z. B. die Blechummantelung einer Wärmedämmung ist besondere Vorsicht durch den Bediener geboten.

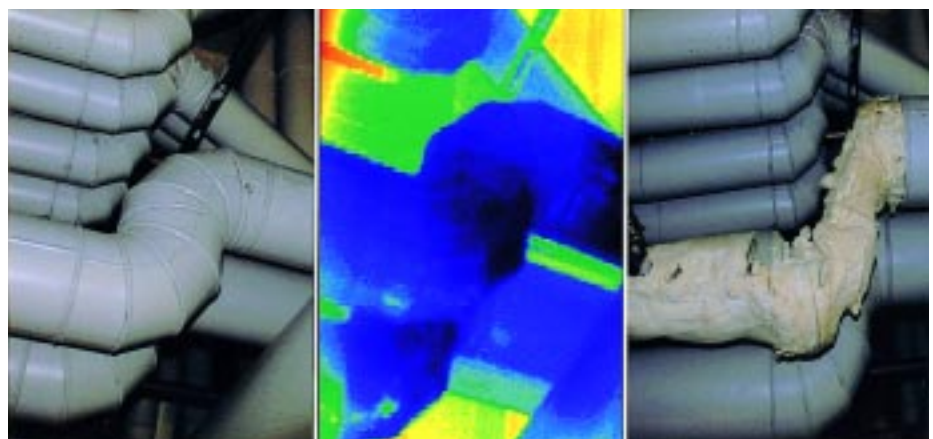
Aufgrund der Einflüsse der Reflektionsfähigkeit ist eine absolute Temperaturmessung nicht möglich, es können nur Temperaturunterschiede dargestellt werden. Die angegebenen Temperaturwerte

können daher nur als Anhaltswerte betrachtet werden.

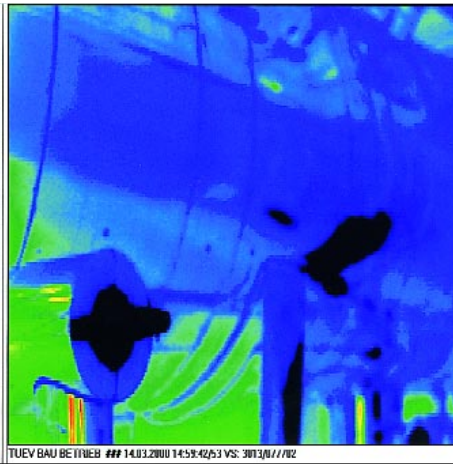
Beispiele für den Einsatz in der Kälte- und Klimatechnik

Wärmebrücken von wärmedämmten Rohrleitungen und Druckbehältern in Kälteanlagen

Im Rahmen der Bauüberwachung und der Qualitätssicherung wird von der TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb die Ausführung der Wärmedämmung von Rohrleitungen und Druckbehältern geprüft. Lunker oder Wärmebrücken, die insbesondere bei einer Wärmedämmung mit PU-Schaum und einer Blechummantelung nach dem Schäumen kaum mehr festgestellt werden können, sind mit Hilfe



Beurteilung der Wärmedämmung einer Rohrleitung



Störstrahlung durch die bereifte Füllstandsanzeigeeinrichtung am Abscheider

der Thermographie erkennbar. Da die Blechummantelung stark reflektiert und die Temperaturunterschiede bei Lunkern oder Wärmebrücken an der Oberfläche nur gering sind, ist der Einfluß von Störstrahlungen zum Beispiel durch kalte nichtgedämmte Anlagenteile, heiße Anlagenteile, die Beleuchtung oder auch den Bediener besonders zu berücksichtigen.

Um das Thermographiebild später nachvollziehen zu können, ist es erforderlich, neben der Thermographieaufnahme das untersuchte Objekt auch fotografisch festzuhalten.

In der Thermographieaufnahme einer mit PU-Schaum und einer Blechummantelung wärmegeprägten Rücklaufleitung eines Lagertanks in einer Brauerei ist deutlich ein Lunker erkennbar. Der Tank war bereits zwei Tage vor der Aufnahme außer Betrieb. Die Thermographieaufnahme wurde nach dem Entfernen der Blechummantelung bestätigt.

Einspritzung mit einem Venturiverteiler an einem Kältemittelverdampfer

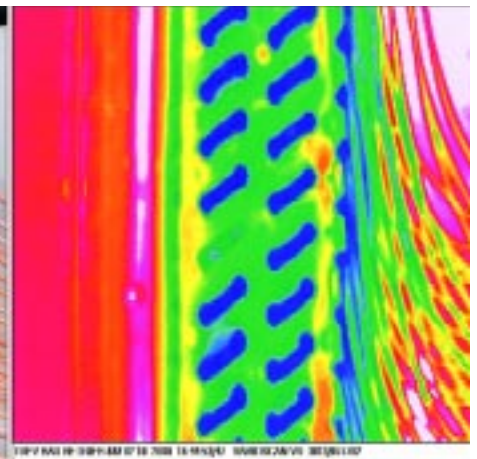
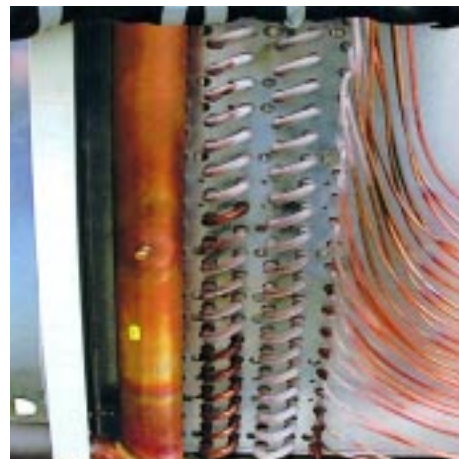
Minderleistung von zwangsbelüfteten Verdampfern, die bei der Leistungsprüfung

der entsprechenden Bauteile im Kältetechnischen Laboratorium der TÜV Süd-deutschland Bau und Betrieb festgestellt wird, ist häufig auf eine ungleichmäßige Verteilung des Kältemittels auf die verschiedenen Rohrstränge zurückzuführen.

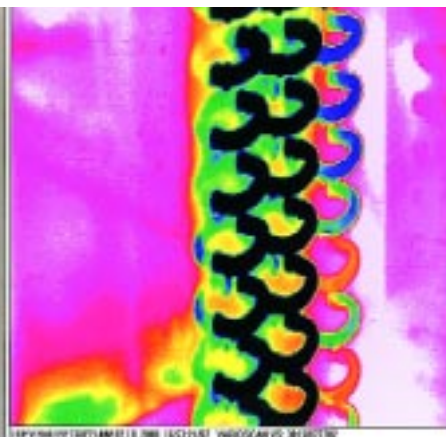
Zusätzlich zu einer Bestimmung der Überhitzungstemperatur der einzelnen Stränge kann dieser Temperaturunterschied auch durch Thermographieaufnahmen dargestellt werden.

Das Bild in der Mitte zeigt die Einspritzleitungen und die Rohrbögen eines Kältemittelverdampfers. Im Thermographiebild ist die Überhitzung des Kältemittels eines Stranges (mitte links) erkennbar, was auf eine ungleichmäßige Kältemittelverteilung schließen läßt.

Das Bild unten zeigt die Berohrung eines Kältemittelverdampfers auf der Rohrbogen-seite. Im Thermographiebild ist die unterschiedliche Überhitzung der einzelnen Stränge am letzten Rohrbogen deutlich erkennbar.



Kältemittleinspritzung an einem Verdampfer



Die unterschiedliche Überhitzung der einzelnen Stränge wird am letzten Rohrbogen deutlich erkennbar

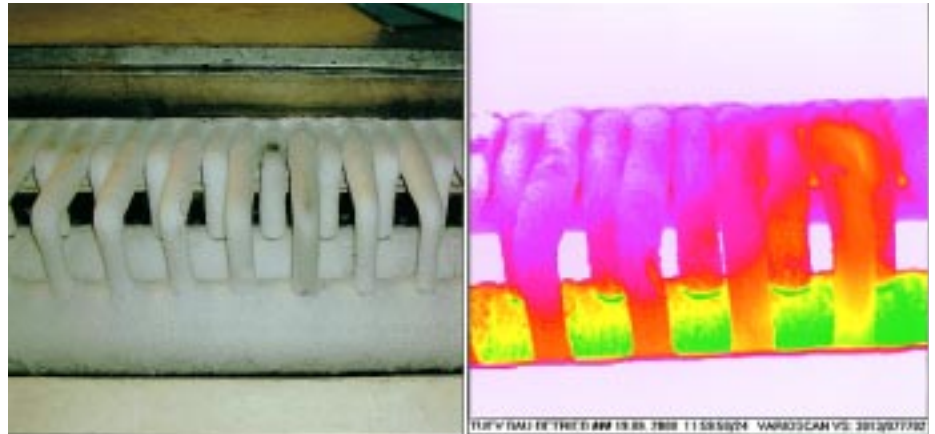
Temperaturunterschied des Kälte-trägers in der Berohrung einer Eissportfläche

Die Eissportfläche in einer geschlossenen Eissporthalle wird über Sole gekühlt. Die Bilder rechts stellen den Vorlaufkollektor im Hintergrund und den Rücklaufkollektor im Vordergrund dar. Im Thermo-

graphiebild sind deutlich die Temperaturunterschiede der Solerücklaufleitungen aus der Eissportfläche erkennbar. Die Temperaturunterschiede betragen ca. drei Kelvin.

Funktion einer Kühldecke

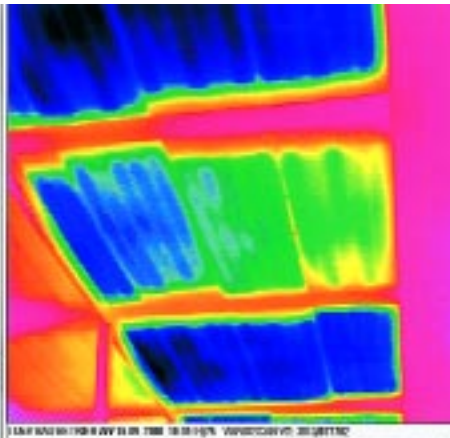
Im Rahmen eines Beweissicherungsverfahrens sollte die Funktion der Kühldecken in einem Bürogebäude überprüft werden. Dazu wurden die Kühldecken abschnittsweise mittels Thermographieaufnahmen überprüft. An der Färbung der Elemente im Thermographiebild unten ist deutlich zu erkennen, daß einige Elemente nicht vom Kaltwasser durchströmt werden.



Kollektor der Solevor- und -rücklaufleitung einer Eissportfläche



Kühldecke in einem Bürogebäude



Zusammenfassung

Von der TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb wird seit einiger Zeit eine Thermographiekamera im Rahmen von Bauüberwachungen vor Ort und von Entwicklungsarbeiten im Laboratorium erfolgreich eingesetzt. Mittels der Thermographie können berührungslos Temperaturunterschiede dargestellt werden. Beim Einsatz der Thermographie sind jedoch die Randbedingungen, wie zum Beispiel Störstrahlungen an stark reflektierenden Oberflächen zu berücksichtigen, die schnell zu falschen Ergebnissen führen können. Die Bilder können daher nur mit viel Erfahrung richtig interpretiert werden. □

Übers Internet können Sie die KK unter folgender E-Mail-Adresse erreichen:

kaelteklima@shk.de