



## **VATh-Richtlinie: Bauthermografie**

**zur Planung, Durchführung und Dokumentation infrarotthermografischer Messungen an Bauwerken oder Bauteilen von Gebäuden**

### **VATh-Directive: Building Thermography:**

**Planning, realisation and documentation of infrared measurements in buildings or components of buildings.**

### **Directive du VATh: Thermographie bâtiment:**

**Pour la planification, réalisation et documentation de mesures infrarouges de bâtiments ou de composants de constructions.**

### **Erläuterungen zur Richtlinie:**

Diese Richtlinie dient als Hilfestellung, Information und Übersicht zur Planung, Durchführung und Dokumentation infrarotthermografischer Messungen an Bauwerken oder Bauteilen von Gebäuden.

Diese Richtlinie stellt in seiner Fassung den aktuellen Stand der Technik dar.

Diese Richtlinie besteht aus 15 Seiten

**VATh-Richtlinie: „Bauthermografie“**

Fassung vom 1.Dezember 2010

**Herausgeber:**

Bundesverband für Angewandte Thermografie e.V.

Am Burgholz 26

D-99891 Tabarz

Tel: +49 36259 -311444

Fax: +49 36259 -311445

© Alle Rechte beim Bundesverband für Angewandte Thermografie e.V.

Die Angaben in dieser Richtlinie stützen sich auf den derzeitigen Stand unserer Kenntnisse. Der Bundesverband kann jedoch keinerlei Haftung übernehmen. Vorschläge oder Einwände, die ggf. bei einer Neuauflage berücksichtigt werden können, sind an die Geschäftsstelle des Verbandes zu richten.

Bei Streitfällen ist die deutsche Fassung gültig.

## Inhalt

1 Anwendungsbereich .....	5
2 Normative Verweisungen .....	6
3 Messprinzip .....	7
4 Thermografiegeräte .....	7
5 Anforderungen an das Personal .....	9
5.1 Allgemein .....	9
5.2 Zertifizierung .....	9
6 Thermografische Untersuchung .....	9
6.1 Außen- und Innenthermografie .....	9
6.1.2 Außenthermografie .....	9
6.1.3 Innenthermografie .....	10
6.1.4 Nachweis von Wärmebrücken, Mindestwärmeschutz .....	10
6.1.5 Sondermessungen .....	10
6.1.6 Hinterlüftete Bauteile .....	10
6.1.7 Fenster .....	10
6.2 Randbedingungen .....	11
6.2.1 Temperaturdifferenz .....	11
6.2.2 Messzeitpunkt .....	11
6.2.3 Präparation des Messobjekts .....	11
6.3.1 Planung der Messung .....	11
6.3.2 Unterschiedliche Bauarten .....	11
6.4 Durchführung .....	12
6.4.1 Allgemeines .....	12
6.4.2 Einstellungen Messsystem .....	12
6.4.3 Aufnahmeposition .....	12
6.4.4 Sichtbilder .....	12
6.5 Zusatzmessungen .....	12

6.6 Störfaktoren, Einschränkungen.....	13
7 Untersuchungsprotokoll/ Messbericht .....	13
7.1 Allgemeines .....	13
7.2 Dokumentation.....	13
7.3 Ausarbeitung.....	13
7.3.1 Allgemeine Angaben.....	14
7.3.2 Darstellung der Thermogramme .....	14
7.4 Auswertung der Thermogramme.....	14
7.5 Zusammenfassung .....	14
8 Schlussbestimmung.....	15

## **1 Anwendungsbereich**

Diese Richtlinie gilt für die Durchführung von infrarotthermografischen Messungen im Bereich der wärmeübertragenden Umfassungsfläche von Gebäuden.

Aus den gemessenen Oberflächentemperaturen können wichtige Ergebnisse, welche zur qualitativen sowie quantitativen Beurteilung der Gebäudehülle aus energetischer, baukonstruktiver sowie bauphysikalischer Sicht unerlässlich sind, gewonnen werden. Vor allem örtlich begrenzte Unregelmäßigkeiten wie Wärmebrücken oder Luftleckagen, die die Qualität der Baukonstruktion maßgeblich beeinflussen, können mit diesem Messverfahren zerstörungsfrei analysiert und zur weiteren Betrachtung visuell leicht verständlich dargestellt werden.

Das Messverfahren sowie die daraus erhaltenen Messergebnisse sind ausschließlich von Personen anzuwenden, auszuwerten und zu beurteilen, welche speziell für dieses Messverfahren ausgebildet und qualifiziert sind (siehe Punkt 5 Anforderungen an das Personal). Weitgehende Kenntnisse in den Bereichen Messtechnik, Thermodynamik, Baukonstruktion sowie Bauphysik sind aufgrund der Komplexität des Messverfahrens sowie der ständig wechselnden und oft anspruchsvollen Messaufgaben unerlässlich.

Folgende zwei Grundsätze müssen unbedingt die Basis jeder thermografischen Aufgabe sein. Da in der Baupraxis, im Gegensatz zu Labormessungen, in der Regel nicht unter stationären Bedingungen, höchstens unter quasistationären Bedingungen, gearbeitet werden kann, sind alle der Messaufgabe entsprechend wichtigen Parameter genau zu analysieren und zu dokumentieren, um eine Reproduzierbarkeit der Messung sowie der Ergebnisse jederzeit, auch durch Dritte, zu ermöglichen. Weiterhin muss das Messergebnis bzw. der thermografische Ergebnisbericht so ausgearbeitet werden, dass er sowohl von Fachleuten als auch Nicht-Fachleuten gleichermaßen zu verstehen ist. Gemäß dem Leitsatz „Vom

Fachmann reproduzierbar und für den Laien verständlich“ muss jedes thermografische Gutachten so strukturiert und qualifiziert wie nötig ausgearbeitet werden.

## **2 Normative Verweisungen**

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokumentes evtl. erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

*DIN EN 473:2008-09, Zerstörungsfreie Prüfung - Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung - Allgemeine Grundlagen*

*DIN 54162:2006-09: Zerstörungsfreie Prüfung - Qualifizierung und Zertifizierung von Personal für die thermografische Prüfung - Allgemeine und spezielle Grundlagen für Stufe 1, 2 und 3*

*DIN EN 13187:1999-05: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Nachweis von Wärmebrücken in Gebäudehüllen – Infrarot-Verfahren*

*DIN EN 13829:2001-02: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden - Differenzdruckverfahren*

*DIN 4108-2:2003-07: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*

*DIN 4108-3:2001-07: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung*

DIN 4108-7:2009-01: *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele*

### **3 Messprinzip**

Alle Objekte mit einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunktes emittieren elektromagnetische Strahlung, deren spektrale Verteilung und Intensität nach dem Planck'schen Strahlungsgesetz beschrieben werden kann. Mit geeigneten Detektoren, in der Regel Quantendetektoren oder Mikrobolometern, kann diese Strahlung erfasst und gemessen werden.

Mit elektronischen Systemen kann durch eine Abtasttechnik bei Einzeldetektoren bzw. mit Linien- oder Flächendetektoren die Wärmestrahlung eines Objektes zweidimensional erfasst, rechnerisch bewertet und bildhaft dargestellt werden. Die bildhafte Darstellung heißt "Wärmebild" bzw. "Thermogramm".

Die Zuordnung von Temperaturen zu der auf dem Detektor erfassten Strahlung setzt voraus, dass die Emissions-, Reflexions- sowie Transmissionsfaktoren der zu messenden Objektflächen im jeweiligen Wellenlängenbereich bekannt sind. Mit solchen Infrarotsystemen können gezielt thermische Eigenschaften von Objekten, wie Bauwerken und Bauteilen untersucht werden.

### **4 Thermografiegeräte**

Da sich aus unterschiedlichen Messaufgaben unterschiedliche Anforderungen an die Messtechnik ergeben, ist vor jeder Aufgabe das Verfahren sowie die Eignung und Wahl des zu verwendeten Messsystemes genau zu beurteilen (siehe Punkt 5 Anforderungen an das Personal). Oftmals reicht ein einziges Messverfahren nicht aus, um die Messaufgabe erfolgreich durchführen zu können. Weiterhin sind zur Bestimmung der Messparameter sowie zur Validierung der Ergebnisse oft alternative Messverfahren zum Hauptverfahren hinzuzuziehen. Grundsätzlich sollte die Messtechnik

des jeweiligen Messverfahrens dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Dieser wird im Bereich der IR-Thermografiertechnik im Nachfolgenden dargestellt:

**Tabelle 1: Übersicht aktueller Stand der Technik im Bereich der IR-Gerätetechnik**

Spektralbereich	mittelwellig (2-5 $\mu\text{m}$ ) langwellig (8-12 $\mu\text{m}$ )
Temperaturmessbereich	- 20°C bis + 100°C
Einsatzbereich	- 10°C bis + 40°C
Objektive	Normal-, Weitwinkel- sowie Teleobjektive sind aufgabenbezogen zu verwenden
Thermische Auflösung	< 100 mK bei 30°C (Empfehlung $\leq$ 60 mK)
reale Messfleckgröße	< 10 x 10 cm (entspricht IFOV < 3,3 mrad)
Messgenauigkeit, absolut	2 K (+/- 2 %)
Detektorauflösung	Empfehlung $\geq$ 320 x 240 Pixel
Basisfunktionen	Genauere Eingabe des Emissionsgrades sowie der refl. Temperatur
Kalibrierung	externe Werkskalibrierung (nach Herstellerempfehlung)

Weiterhin sind entsprechend der jeweiligen Messaufgabe ergänzende Messverfahren zur Bestimmung der Parameter, Reproduzierbarkeit der Messergebnisse oder zur Validierung der Messung hinzuzuziehen. Beispielsweise Messgeräte zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit, Bauteilfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Datenlogger, etc., oder Messeinrichtungen zur Bestimmung der Luftdichtheit der Gebäudehülle im Differenzdruck-Verfahren (z.B. BlowerDoor) sind Beispiele für solche Ergänzungen.

Die angegebenen Parameter sind nicht starr zu verstehen, sondern sie stellen Empfehlungen dar, die die jeweilige Messaufgabe berücksichtigen sollen.



## **5 Anforderungen an das Personal**

### **5.1 Allgemein**

Das Messverfahren sowie die daraus erhaltenen Messergebnisse sind ausschließlich von Personen anzuwenden, auszuwerten und zu beurteilen, welche speziell für dieses Messverfahren ausgebildet sind. Weitgehende Kenntnisse in den Bereichen Messtechnik, Thermodynamik, Baukonstruktion sowie Bauphysik sind aufgrund der Komplexität des Messverfahrens sowie der ständig wechselnden und oft anspruchsvollen Messaufgaben unerlässlich.

Grundlagenschulungen oder Ausbildungen, welche nicht alle Schwerpunkte, wie Messtechnik, Thermodynamik, Baukonstruktion und Bauphysik in ausreichendem Maße beinhalten, sind in der Regel nicht ausreichend.

### **5.2 Zertifizierung**

Entsprechend den Richtlinien für Personal der zerstörungsfreien Prüfung dürfen Personen die Messungen und Auswertungen nur ohne Aufsicht durchführen, wenn sie nach DIN 54162 / DIN EN 473 in den Stufen 2 oder 3 zertifiziert sind.

## **6 Thermografische Untersuchung**

### **6.1 Außen- und Innenthermografie**

#### **6.1.2 Außenthermografie**

Eine Außenthermografie kann in der Regel nur zur orientierenden Messung herangezogen werden.

### **6.1.3 Innenthermografie**

Um aussagekräftige Messungen durchführen zu können, muss auch eine Messung aus dem Innenbereich erfolgen. Viele, vor allem bauphysikalisch wichtige thermische Signaturen, werden überhaupt erst aus dem Innenbereich sichtbar. Quantitative Beurteilungen bauphysikalischer Aspekte müssen ohne zusätzliche ingenieurmäßige Mess- und Nachweisverfahren von innen erfolgen.

### **6.1.4 Nachweis von Wärmebrücken, Mindestwärmeschutz**

Ob eine Wärmebrücke schadhaft ist, muss von der von Auswirkungen betroffenen Seite aus betrachtet werden. Betrachtungen in Richtung U-Wert-Bestimmungen oder der Nachweis des Mindestwärmeschutzes gemäß DIN 4108-2 sind prinzipiell nur von innen in Langzeitmessungen unter Hinzunahme ergänzender Messverfahren (z.B. berührende Messverfahren zur Bestimmung von Referenzpunkten) sowie Datenaufzeichnungsgeräten wie Datenloggern möglich.

### **6.1.5 Sondermessungen**

Lediglich Sondermessungen, wie Fachwerkthermografien, Leckageortung im Flachdachbereich, Qualitätssicherung im Bereich Wärmedämmverbundsystem werden in der Regel von außen durchgeführt.

### **6.1.6 Hinterlüftete Bauteile**

Bei Gebäuden mit hinterlüftetem Vormauerwerk bzw. mit vorgehängten Fassaden oder im Dachbereich ist nur Innenthermografie möglich, da bei hinterlüfteten Bauteilen die Bewertung des Wärmetransportes unkalkulierbar ist.

### **6.1.7 Fenster**

Die energetische Qualität von Fenstern und deren Anschlüssen kann aufgrund der Reflektionseigenschaften glatter Glasoberflächen auf thermo-

grafischem Weg nur mit begrenzter Genauigkeit beurteilt werden. Das gilt sowohl für Außen- als auch für Innenthermografie.

## **6.2 Randbedingungen**

### **6.2.1 Temperaturdifferenz**

Voraussetzung ist eine Temperaturdifferenz zwischen innen und außen von mindestens 15 K über einen ausreichenden Zeitraum (siehe Anmerkung 1).

### **6.2.2 Messzeitpunkt**

Der Messzeitpunkt muss so gewählt werden, dass eine mögliche vorhergehende Sonneneinstrahlung keinen Einfluss mehr auf das Messergebnis hat.

### **6.2.3 Präparation des Messobjekts**

Die Präparation des Messobjekts muss entsprechend der Messaufgabe erfolgen. Die Messung darf nicht durch Umwelteinflüsse wie Wind, Regen, Schnee, Nebel, o.ä. beeinträchtigt werden (siehe Störeinflüsse).

## **6.3 Vorbereitungen**

### **6.3.1 Planung der Messung**

Die Messung ist in ausreichendem Maße zu planen. Weiterhin ist eine Einsichtnahme bzw. eine Überprüfung von Plänen, Baubeschreibungen usw. zu empfehlen.

### **6.3.2 Unterschiedliche Bauarten**

Zur Vorbereitung der Bauthermografie eines Gebäudes ist es notwendig das Gebäude entsprechend der Bauweise (leichte oder schwere Bauart) ausreichend zu beheizen, um einen möglichst quasistationären Zustand (bauartbedingt bis zu mehreren Tagen) des Wärmestroms zu erzielen.

## **6.4 Durchführung**

### **6.4.1 Allgemeines**

Es ist zu prüfen, ob die erforderlichen Randbedingungen eingehalten wurden bzw. werden. Dieameratechnik muss sich vor Messbeginn ausreichend akklimatisiert haben. Die Messtechnik ist gemäß der Messaufgabe vorzubereiten.

### **6.4.2 Einstellungen Messsystem**

Entsprechend der Messaufgabe sind die Parameter Emissionsgrad und reflektierte Temperatur abzuschätzen oder zu ermitteln. Vor allem Parameter, wie Temperaturmessbereich bzw. Temperaturspreizung sind genau einzustellen. Die eingestellten Parameter sind zu registrieren und festzuhalten.

### **6.4.3 Aufnahmeposition**

Es ist auf eine geeignete Aufnahmeposition bei der Thermogrammerstellung zu achten.

### **6.4.4 Sichtbilder**

Es sind zu jedem Thermogramm entsprechende Sichtbilder anzufertigen, die zu Zwecken der Reproduzierbarkeit sowie zum besseren Verständnis beitragen.

## **6.5 Zusatzmessungen**

Neben den eigentlichen thermografischen Messungen sind zusätzliche, für die Hauptmessung wichtige Größen zu ermitteln und zu dokumentieren. Unter Umständen ist der Einsatz weiterer Mess- und Untersuchungsmethoden sinnvoll.

## **6.6 Störfaktoren, Einschränkungen**

Bei Regen, Schnee oder dichtem Nebel ist Außenthermografie nicht möglich. Da Wind (ab ca. 2 m/s) großen Einfluss auf die Wärmeübergangswiderstände der einzelnen Bauteile hat, sind Messungen unter Windeinflüssen i.d.R. nicht zielführend. Sonnenscheineinwirkungen, auch in vorangegangenen Stunden, auf Außenflächen verfälschen die Messergebnisse. Die Messung ist zu einem geeigneten Messzeitpunkt durchzuführen.

### Anmerkung 1:

In zu begründenden Fällen kann von vorgenannten Vorgaben abgewichen werden, wenn es die Messaufgabe oder die Messsituation erfordert. Diese Abweichungen sind im Messbericht zu dokumentieren! Die ausreichende Kenntnis über die Auswahl von der Richtlinie abweichender jedoch geeigneter Parameter wird mit dem Erfüllen der Anforderungen an das Personal (siehe Punkt 5) begründet.

## **7 Untersuchungsprotokoll/ Messbericht**

### **7.1 Allgemeines**

Struktur, Inhalt und Umfang des Untersuchungsprotokolls hängt von den konkreten Aufgabenstellungen ab.

### **7.2 Dokumentation**

Da in der Regel nicht unter stationären Bedingungen, höchstens unter quasistationären Bedingungen, gearbeitet werden kann, sind alle der Messaufgabe entsprechend wichtigen Parameter genau zu dokumentieren, um eine Reproduzierbarkeit der Messung sowie der Ergebnisse jederzeit, auch durch Dritte, zu ermöglichen.

### **7.3 Ausarbeitung**

Weiterhin muss das Messergebnis bzw. der thermografische Ergebnisbericht so ausgearbeitet werden, dass er sowohl von Fachleuten wie auch Nicht-Fachleuten gleichermaßen zu verstehen ist.

Folgende Mindestbestandteile sind in den Messbericht zu integrieren:

### **7.3.1 Allgemeine Angaben**

Aufgabenstellung, Objektbeschreibung mit Adresse und Baukonstruktionsbeschreibung, Klimadaten wie Innen- und Außentemperatur, Wind oder Sonneneinstrahlung, Zeitpunkt der Messungen, weitere Randbedingungen, Angaben über das verwendete Thermografiesystem, Benennung des durchführenden Sachverständigen.

### **7.3.2 Darstellung der Thermogramme**

Die Thermogramme müssen eine geeignete Farbpalette und eine deutlich erkennbare Temperaturskala enthalten.

Dem Thermogramm ist ein Foto mit nahezu gleichem Bildausschnitt gegenüberzustellen.

Die einzelnen Thermogramme im Messbericht müssen eine einheitliche Temperaturskalierung enthalten.

Die Messsituation muss im Thermogramm objektiv wiedergegeben werden.

### **7.4 Auswertung der Thermogramme**

Alle zur Reproduzierbarkeit wichtigen Parameter, wie Emissionsgrad, Innentemperaturen, Außentemperaturen, reflektierte Temperatur, rel. Luftfeuchte (falls erforderlich, z.B. bei der Ursachenforschung für Schimmelpilzwachstum), Erläuterungen zu den jeweiligen Infrarot-Bildern, Bewertungen, Temperaturangaben, ggf. Flächenanteile, bei Auffälligkeiten, wie Wärmebrücken oder Luftleckagen sind zu dokumentieren.

### **7.5 Zusammenfassung**

Zusammenfassung und ggf. Beantwortung der Fragestellung.

## **8 Schlussbestimmung**

Die Richtlinien beschreiben das thermografische Arbeitsverfahren im Bauwesen für allgemein bekannte und angewandte Messaufgaben und Messverfahren.

Durch den technischen Fortschritt bei der Kameraentwicklung und durch neue Verfahren entstehen Arbeitsweisen, die von den Richtlinien nicht beschrieben und abgedeckt werden. Bis zur Aufnahme in die Richtlinien gilt, dass diese neuartigen Arbeitsweisen im Einzelfall beschrieben werden. Diese Beschreibung muss von allen Beteiligten und auch von unbeteiligten Dritten nachvollziehbar und unabhängig überprüfbar sein.

Sollte ein neues Verfahren einzelnen Angaben der Richtlinien widersprechen, so wird damit die Wirksamkeit der Richtlinien nicht beeinträchtigt. Die Abweichung gilt dann nur für das neue Verfahren.

Sollten einzelne Punkte der Richtlinien durch neuen Erkenntnisgewinn nicht zutreffen, so setzt das die Wirksamkeit der übrigen Punkte der Richtlinie nicht außer Kraft.

Die Richtlinie entspricht dem Stand der Technik zum Erscheinungsdatum. Die Richtlinien bleiben bis zur Veröffentlichung neuer Richtlinien zum Themenbereich gültig. Es zählt das Datum der Veröffentlichung.