DIN EN ISO 6781-1

DIN

ICS 91.120.10

Entwurf

Einsprüche bis 2021-06-16
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13187:1999-05;
Ersatz für
E DIN EN ISO 6781-1:2021-02

Verhalten von Gebäuden – Feststellung von wärme-, luft- und feuchtebezogenen Unregelmäßigkeiten in Gebäuden durch Infrarotverfahren – Teil 1: Allgemeine Verfahren (ISO/DIS 6781-1:2020); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 6781-1:2020

Performance of buildings –
Detection of heat, air and moisture irregularities in buildings by infrared methods –
Part 1: General procedures (ISO/DIS 6781-1:2020);
German and English version prEN ISO 6781-1:2020

Performance des bâtiments –
Détection d'irrégularités de chaleur, air et humidité dans les bâtiments par des méthodes infrarouges –
Partie 1: Méthodes générales (ISO/DIS 6781-1:2020);
Version allemande et anglaise prEN ISO 6781-1:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-04-16 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 100 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 6781-1:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 163 „Test and measurement methods“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SIS (Schweden) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-56-98 AA „Wärmetechnisches Messen (SpA zu CEN/TC 89/WG 8, WG 12 (teilweise), WG 13 und WG 14, ISO/TC 163/SC 1/WG 15 und WG 16)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 6781-3	siehe	DIN EN ISO 6781-3
ISO 7345	siehe	DIN EN ISO 7345
ISO 9288	siehe	DIN EN ISO 9288
ISO/DIS 9972	siehe	DIN EN ISO 9972
ISO/FDIS 12569	siehe	DIN EN ISO 12569
ISO/IEC 17025	siehe	DIN EN ISO/IEC 17025

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13187:1999-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Aktualisierung der technischen Möglichkeiten des Verfahrens;

b) Aktualisierung der Gerätetechnik;

c) umfangreiche Ausarbeitung zu Möglichkeiten im Bereich der Anwendung;

d) Konkretisierung und detaillierte Beschreibung zu einzelnen möglichen Messaufgaben;

e) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 6781-3, *Verhalten von Gebäuden — Feststellung von wärme-, luft- und feuchtebezogenen Unregelmäßigkeiten in Gebäuden durch Infrarotverfahren — Teil 3: Qualifikation der Ausrüstungsbetreiber, Datenanalytiker und Berichtsautoren*

DIN EN ISO 7345, *Wärmeverhalten von Gebäuden und Baustoffen — Physikalische Größen und Definitionen*

DIN EN ISO 9288, *Wärmeschutz — Wärmeübertragung durch Strahlung — Physikalische Größen und Definitionen*

DIN EN ISO 9972, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden — Differenzdruckverfahren*

DIN EN ISO 12569, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden und Werkstoffen — Bestimmung des spezifischen Luftvolumenstroms in Gebäuden — Indikatorgasverfahren*

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

— Leerseite —

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

– Entwurf –

2020-09

prEN ISO 6781-1:2020

Titel de:	Verhalten von Gebäuden — Feststellung von wärme-, luft- und feuchtebezogenen Unregelmäßigkeiten in Gebäuden durch Infrarotverfahren — Teil 1: Allgemeine Verfahren (ISO/DIS 6781-1:2020)
Titel en:	Performance of buildings — Detection of heat, air and moisture irregularities in buildings by infrared methods — Part 1: General procedures (ISO/DIS 6781-1:2020)
Titel fr:	Performance des bâtiments — Détection d'irrégularités de chaleur, air et humidité dans les bâtiments par des méthodes infrarouges — Partie 1: Méthodes générales (ISO/DIS 6781-1:2020)

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort **4**

Vorwort **5**

Einleitung **6**

1 Anwendungsbereich **7**

2 Normative Verweisungen **7**

3 Begriffe **7**
3.1 Allgemeine Begriffe **7**
3.2 Begriffe zur Thermographie **10**
3.3 In der Thermographie angewendete Definitionen **13**

4 Symbole (und Abkürzungen) **14**

5 Beispielanwendungen für die Nutzung der Thermographie bei Gebäudebewertungen **14**

6 Vom Auftraggeber zu treffende Vorbereitungen **16**

7 Qualifikation des Personals **17**
7.1 Personal – Allgemeine Hinweise **17**
7.2 Anwendungsspezifische Anforderungen **17**
7.2.1 Wohngebäude und kleine Gebäude – Qualifikationsanforderungen **17**
7.2.2 Geschäftsgebäude – Qualifikationsanforderungen **18**
7.2.3 Öffentliche/Industriegebäude – Qualifikationsanforderungen **18**

8 Anforderungen an die Ausrüstung für die thermographische Untersuchung von Wohn-, Geschäfts- und öffentlichen Gebäuden **19**
8.1 Ausrüstung – Allgemeine Anforderungen **19**
8.2 Ausrüstung – spezifische Anforderungen **20**
8.3 Kalibrierung und Überprüfung der Ausrüstung **20**

9 Sicherheit **20**

10 Thermographieverfahren **20**
10.1 Vergleichende Thermographie **20**
10.1.1 Allgemeines **20**
10.1.2 Verfahren **21**
10.2 Vergleichende qualitative Thermographie **21**
10.3 Vergleichende quantitative Thermographie **22**
10.3.1 Vergleichende quantitative Thermographie – Einschränkungen **23**

11 Berührungslose Infrarot-Radiometrie (Punktradiometrie) mit Hilfe von Infrarot-Thermographiekameras **23**

12 Luftleckage und Stofftransport **23**
12.1 Luftleckage **23**
12.2 Stofftransport – Feuchte **23**

13 ((...)) **24**
13.1 Leitfähigkeitsprüfverfahren – Feuchtenachweis **24**
13.2 Kapazitätsprüfverfahren – Feuchtenachweis **24**
13.3 Phasenänderungsprüfverfahren – Feuchtenachweis **25**

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

14 Basislinienmessungen für die Instandhaltung und Zustandsüberwachung von Gebäuden 25
15 Datenerfassung 25
16 Feldmessungen der reflektierten Temperatur und des Emissionsgrades und dämpfender Medien 26
17 Vergleichende Beurteilungskriterien – Schweregrad 27
18 Diagnose und Prognose 27
18.1 Begutachtungsintervalle 27
18.2 Bildauswertung 27
18.3 Fehlerermittlungsprozess 28
19 Prüfbericht 28
19.1 Allgemeine Informationen 28
19.2 Gebäudespezifische Informationen 29
19.3 Qualitative Inspektionen 30
19.4 Quantitative Inspektionen 31
19.5 Meldung von unsicheren Zuständen 31
Anhang A (informativ) Pro-forma-Sicherheitsregeln und -leitlinien 32
Anhang B (normativ) Feldmessungen der Hintergrundtemperatur und des Emissionsgrades 33
Anhang C (informativ) Beispiele für mittels Infrarot-Thermographie (IRT) detektierte wärme-, luft- und feuchtebezogene Fehler, Ausfallzustände und Anomalien in Gebäuden 38

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 6781-1:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 163 „Test and measurement methods“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SIS gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13187:1998 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 6781-1:2020 wurde von CEN als prEN ISO 6781-1:2020 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: Foreword - Supplementary Informationen.

Das für dieses Dokument verantwortliche Technische Komitee ist ISO/TC 163, *Thermal Performance and Energy Use in the Built Environment*, Subcommittee SC 1, *Test and measurement methods*, Working Group 15, *Thermography of buildings and industrial installations*.

ISO 6781-1 ersetzt die erste Ausgabe von ISO 6781:1983, die noch als einteiliges Dokument veröffentlicht wurde.

ISO 6781 besteht unter dem allgemeinen Titel *Performance of buildings — Detection of heat, air and moisture irregularities in buildings by infrared methods* aus den folgenden Teilen (von denen sich einige, wie angegeben, derzeit in Erarbeitung befinden):

— *Part 1: General procedures*

— *Part 2: Equipment requirements* (in Erarbeitung)

— *Part 3: Qualifications of equipment operators, data analysts and report writers* (in Erarbeitung)

— *Part 4: Conducting Thermographic Inspections and Reporting of Results — Residential and small buldings* (in Erarbeitung)

— *Part 5: Conducting Thermographic Inspections and Reporting of Results — Commercial buildings* (in Erarbeitung)

— *Part 6: Conducting Thermographic Inspections and Reporting of Results — Institutional and special purpose buildings* (in Erarbeitung)

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

Einleitung

Die Infrarot-Gebäudethermographie stellt ein Hilfsmittel zur qualitativen Identifizierung des Vorhandenseins von Mängeln und Anomalien in Bauten dar, die Energieverschwendung zur Folge haben. Bei diesen Mängeln und Anomalien kann es sich beispielsweise um Mängel in der Wärmedämmung, Probleme mit dem Feuchtegehalt und/oder unerwünschte Luftbewegung oder -leckage innerhalb der Gebäudehülle handeln.

Die Gebäudethermographie erfolgt mit Hilfe einer Infrarot-Thermographiekamera, die ein auf der scheinbaren Strahlungstemperatur der Zielobjektoberfläche beruhendes Bild erzeugt. Die von der Zielobjektfläche ausgehende Wärmestrahlung (Infrarotstrahlungsdichte) wird durch die Infrarot-Thermographiekamera in ein Wärmebild (Thermogramm) umgewandelt. Dieses Bild (Thermogramm) repräsentiert die relative Intensität der von verschiedenen Teilen der Oberfläche ausgehenden Wärmestrahlung. Die durch das Bild angezeigte Strahlungsintensität steht in direktem Zusammenhang mit (i) der Oberflächentemperatur und deren Verteilung, (ii) den Merkmalen der Oberfläche, (iii) den Umgebungsbedingungen und (iv) dem Sensor selbst.

Im Ergebnis dessen kann die Oberflächentemperaturverteilung ein Schlüsselparameter bei der Überwachung der Leistung von Bauteilen und Gebäudehüllen sowie der Diagnose von Problemen sein. Bei der Anwendung können mit Hilfe der Analyse der Oberflächentemperaturverteilungen Unregelmäßigkeiten bei den wärme- und feuchteschutztechnischen Eigenschaften der Gebäudehüllen und Bauteile sowie Luftbewegungen innerhalb der Gebäudehülle angezeigt werden. Diese Unregelmäßigkeiten können z. B. durch Mängel in der Wärmedämmung, Probleme mit dem Feuchtegehalt, Luftleckage von Bauteilen oder durch Bauwerksteile oder den fehlerhaften Einbau von Bauteilen verursacht werden, die den Aufbau des Gebäudes ausmachen.

Um den vollständigen Nutzen als Vorgehensweise für das anfängliche qualitative Screening oder eine eingehende Diagnose aus dem Verfahren ziehen zu können, muss die Thermographie häufig durch weitere Verfahren gestützt und/oder validiert werden. Zu diesen Verfahren gehören unter anderem Verfahren mit infrarotlichtempfindlichem Gas, Differenzdruckverfahren an der Gebäudehülle, Wärmestrommessgeräte, Rauchdiffusion, Anemometrie, Feuchtemessgeräte, Luftfeuchtemesser usw.

Inspektionsmethodiken der Infrarot-Gebäudethermographie können sowohl für Anwendungen in der Qualitätskontrolle von Neubauten oder bei bestehenden Gebäuden für die laufende Zustandsüberwachung im Rahmen der Erstellung von periodischen oder spezifischen Gebäudezustandsberichten Anwendung finden. Die zweitgenannten Anwendungen können von sichtbaren Fehlersymptomen begleitet werden, während die erstgenannten nicht notwendigerweise Symptome in Form von sichtbaren Fehlern zeigen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen und Methoden für infrarot-thermographische Dienstleistungen für den Nachweis von wärme-, luft- und feuchtebezogene Unregelmäßigkeiten in Gebäude fest, die dem Anwender dabei helfen, (i) den Umfang der erforderlichen thermographischen Dienstleistungen, (ii) die Art und den Zustand der zu verwendenden Ausrüstung, (iii) die Qualifikationen der Ausrüstungsbetreiber, Bildanalytiker und Berichtsautoren sowie der Personen, die Empfehlungen aussprechen, (iv) die Anforderungen an die Berichterstattung über die Ergebnisse festzulegen und zu verstehen, und die ihm (v) einen Leitfaden an die Hand geben, wie die sich aus der Bereitstellung von thermographischen Dienstleistungen ergebenden Endergebnisse zu verstehen und zu nutzen sind.

Dieser Teil von ISO 6781 gilt für die allgemeinen Vorgehensweisen für infrarot-thermographische Verfahren, die auf Wohngebäude, Geschäftsgebäude und öffentliche & Spezialgebäude angewendet werden dürfen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieser Internationalen Norm erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen). Mitgliedsorganisationen von lEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

ISO 6781-3, *Performance of buildings — Detection of heat, air and moisture irregularities in buildings by infrared methods — Part 3: Qualifications of equipment operators, data analysts and report writers*

ISO/DIS 9972, *Thermal performance of buildings — Determination of air permeability of buildings — Fan pressurization method*

ISO/FDIS 10878, *Non-destructive testing — Infrared thermography — Vocabulary*

ISO/FDIS 12569, *Thermal performance of buildings and materials — Determination of specific airflow rate in buildings — Tracer gas dilution method*

ISO 9869-1, *Thermal insulation — Building elements — In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance — Part 1: Heat flow meter method*

ISO 7345, *Thermal performance of buildings and building components — Physical quantities and definitions*

ISO 9288, *Thermal insulation — Heat transfer by radiation — Physical quantities and definitions*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 9288 und die folgenden Begriffe.

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1
System
regelmäßig miteinander zusammenwirkende oder wechselseitig voneinander abhängige Gruppe von miteinander verbundenen Entitäten (Bauteilen, Faktoren, Mitgliedern, Teilen usw.), die ein Ganzes bildet und durch ihre räumlichen und zeitlichen Grenzen beschrieben wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine oder mehrere der miteinander verbundenen Entitäten bestimmen die Grenze des Systems.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

3.1.2
Analyse
genaue und sorgfältige Untersuchung der Bestandteile eines *Systems* (3.1.1), um das Ganze gründlich zu verstehen

3.1.3
Funktion
Zweckbestimmung des Gebäudes, des Bauteils oder des Gebäude*systems* (3.1.1)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Funktion ist die dem System zugewiesene oder von ihm verlangte oder erwartete Aktivität.

3.1.4
kleines Gebäude/Wohngebäude
Gebäude, das den in den örtlichen Bauordnungen für kleine Gebäude/Wohngebäude festgelegten und mit dem Auftraggeber der thermographischen Dienstleistung vereinbarten Parametern entspricht

3.1.5
Parameter
numerischer oder sonstiger messbarer Faktor in einer Gesamtheit von Faktoren, die die Bedingungen der Messungen festlegt oder das System und seinen Betrieb bestimmt

3.1.6
Leistung
Verhalten, Merkmale und Wirkungsgrad eines Gebäudes, Bauteils oder eines Gebäude*systems* (3.1.1)

3.1.7
Anzeichen
charakteristischer Parameter eines Signals, der Informationen über einen Zustand anzeigt

3.1.8
Symptom
durch menschliche Beobachtungen und Messungen (Deskriptoren) erzeugte Wahrnehmung, die das Vorhandensein eines oder mehrerer *Fehler* (3.1.12) mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit anzeigen kann

3.1.9
Syndrom
Gruppe von *Anzeichen* (3.1.7) oder *Symptomen* (3.1.8), die zusammengenommen einen abnormalen Zustand anzeigen oder beschreiben

3.1.10
Anomalie
etwas, das abweicht von dem, das als Standard, normal oder zu erwarten gilt, und eine Unregelmäßigkeit oder Abnormalität (3.1.11) in einem System (3.1.1) darstellt

3.1.11
Abnormalität
Abweichung von einem Normzustand

3.1.12
Unregelmäßigkeit
ein Zustand, der in signifikantem Maße vom betrieblichen Standard abweicht

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

3.1.13
Fehler
ein Zustand, der eintritt, wenn ein Gebäude oder eines seiner Bauteile oder einer seiner Bauwerksteile eine Qualitätsminderung oder abnormales Verhalten zeigt, die/das zu einem *Ausfall* (3.1.14) in Bezug auf das, was es/er seinem Entwurf nach leisten soll, führen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Fehler kann Folge eines Ausfalls sein oder auch ohne einen Ausfall vorliegen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Geplante Maßnahmen oder ein Mangel an externen Ressourcen sind kein Fehler.

3.1.14
Fehlerverlauf
Charakterisierung der Änderung des Schweregrades eines *Fehlers* (3.1.12) über der Zeit

3.1.15
Ausfall
Ende der Fähigkeit eines Gegenstandes, eine von ihm geforderte *Funktion* (3.1.4) auszuüben

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Gegensatz zum *Fehler* (3.1.12), bei dem es sich um einen Zustand handelt, ist ein Ausfall ein Ereignis.

3.1.16
Ausfallart
Auswirkung, anhand der ein *Ausfall* (3.1.14) beobachtet wird

3.1.17
Diagnostik
Untersuchung von *Symptomen* (3.1.8) und *Syndromen* (3.1.9) mit dem Ziel, die den *Fehler* (3.1.12) oder den *Ausfall* (3.1.14) bestimmenden Eigenschaften (d. h. Art, Situation, Ausmaß) zu ermitteln

3.1.18
Ursache
Satz von Bedingungen und/oder Aktionen, die zu Beginn einer Abfolge von Ereignissen eintreten und zur Einleitung einer *Ausfallart* (3.1.15) führen

3.1.19
Fehlerursachenanalyse
RCFA, en: root cause failure analysis
nach einem Ausfall die logische, systematische Untersuchung eines Gegenstandes, seiner Bauweise, Anwendung und Dokumentation, um die *Ausfallart* (3.1.15) zu ermitteln und des Ausfallmechanismus und dessen Grundursache zu bestimmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Fehlerursachenanalyse wird häufig angewendet, um eine Lösung für chronische Probleme bereitzustellen.

3.1.20
Risikobewertung
Prozess der Abwägung eines Risikos gegenüber den Kosten sowie zeitlichen und anderen Management-erwägungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Risikobewertung umfasst die Identifizierung der Risiken, die Bewertung dieser Risiken, die Bestimmung einer Vorgehensweise und die Nachverfolgung der Wirksamkeit der getroffenen Entscheidung.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

3.1.21
Prognostik
Analyse der Symptome von *Fehlern* (3.1.12) mit dem Ziel, einen künftigen Zustand und die Restnutzungsdauer vorherzusagen

3.1.22
Prognose
Ergebnis des Prognostikprozesses

3.1.23
qualitativ
bezogen auf das Messen – oder gemessen – nicht anhand der Quantität, sondern der Qualität von etwas

3.1.24
quantitativ
bezogen auf das Messen – oder gemessen – nicht anhand der allgemeinen Qualitäten, sondern der Quantität von etwas

3.2 Begriffe zur Thermographie

3.2.1
Infrarot
IR
der Anteil des elektromagnetischen Spektrums, der von der Wellenlänge des sichtbaren Lichts im Rotbereich von 0,75 µm bis 1 mm reicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Aufgrund der konstruktiven Ausführung von Messgeräten und der Eigenschaften der Infrarottransmission der Atmosphäre erfolgen die meisten Infrarotmessungen im Wellenlängenbereich von 0,75 µm bis 15 µm.

3.2.2
Thermographie
Darstellung der Temperaturverteilung einer Oberfläche in einem Wärmebild

3.2.3
thermographische Analyse
Auswertung und Bestimmung der Kausalmechanismen, die zu Schwankungen und Unregelmäßigkeiten im Wärmebild führen

3.2.4
quantitative thermographische Untersuchung
Untersuchung von ganzen Gebäuden, Bauwerken oder Bauteilen mit Hilfe thermographischer Verfahren mit dem Ziel, ein *quantitatives* (3.1.22) Ergebnis zu erhalten

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Anforderungen an das Berichtswesen für sowohl qualitative als auch quantitative Untersuchungen sind in Abschnitt 19 dieses Dokuments festgelegt.

3.2.5
Infrarot-Thermographiekamera
IR-Kamera
Gerät, das die von einer Zielobjektoberfläche ausgehende infrarote Strahlungsenergie auffängt und daraus ein monochromes (schwarz-weißes) oder farbiges Bild erzeugt, wobei die Grau- (monochromen) oder Farbtöne auf die scheinbare Temperatur der Zielobjektoberfläche bezogen sind

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

3.2.6
Wärmebild
Bild, das von einer Infrarot-Thermographiekamera erzeugt wird und die Verteilung der scheinbaren Strahlungstemperatur über die Zielobjektoberflächen darstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Derartige Bilder werden in einigen Fällen als Infrarot-Thermogramme bezeichnet.

3.2.7
Isotherme
<Temperatur> farbliche Markierung aller Bildpunkte mit gleichen Strahlungswerten bzw. gleicher Temperatur

3.2.8
Isotherme
<Strahlungsdichte> ein Bereich in der IR-Darstellung, der aus Punkten, Linien oder Flächen gleicher Infrarotstrahlungsdichte besteht

3.2.9
Isothermen-Diagramm
Ausgabe einer Infrarot-Thermographiekamera, die Isothermen zeigt (3.2.7 und 3.2.8)

3.2.10
Ironbow-Bild
Bild, das in der Farbpalette von Schwarz über Blau, Magenta, Orange, Gelb bis Weiß gehalten ist, die besonders im Hinblick auf Ränder und Formen bestmöglichen Kontrast liefert

3.2.11
Bildbearbeitung
Umwandeln eines Bildes in Digitalform und weitere Manipulationen des Bildes, um es für die Computer- oder visuelle Analyse vorzubereiten

Anmerkung 1 zum Begriff: Dazu können bei einem Wärmebild oder Thermogramm z. B. die Darstellung des Temperaturbereiches (Temperaturskalierung), Temperaturmessungen an bestimmten Punkten, die Erstellung von thermischen Profilen, Bildmanipulation, Bildsubtraktion und die Speicherung gehören.

3.2.12
scheinbare Temperatur
nicht kompensierte Temperaturanzeige einer Infrarot-Thermographiekamera, die die gesamte Strahlung enthält, die auf den Strahlungsempfänger fällt, ohne Berücksichtigung der Quelle

3.2.13
dämpfende Medien
Schutzfenster, Filter, Atmosphäre, externe Optiken, Materialien oder andere Medien, die die Infrarotstrahlung dämpfen, die von einer Quelle emittiert wird

3.2.14
schwarzer Körper
idealer, perfekter Emitter und Absorber von Wärmestrahlung bei allen Wellenlängen. Der *Emissionsgrad* (3.2.14) eines schwarzen Körpers beträgt 1 … $\varepsilon = 1$

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies wird durch das Plancksche Gesetz beschrieben.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

3.2.15
Emissionsgrad
ε
Verhältnis der Strahldichte einer Zielobjektoberfläche zur Strahldichte eines schwarzen Körpers bei gleicher Temperatur und über denselben Spektralbereich

3.2.16
Gesamtstrahldichte
Wärmestrahlungsfluss dividiert durch den Raumwinkel um die Richtung Δ und die Projektionsfläche senkrecht zu dieser Richtung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Strahldichte umfasst die von einer Oberfläche emittierte Strahlung und die reflektierte und durchgelassene Strahlung.

3.2.17
scheinbare Strahlungstemperatur
anhand der gemessenen Gesamtstrahldichte bestimmte Temperatur

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Temperatur ist die äquivalente Temperatur des schwarzen Körpers, der die gleiche Gesamtstrahldichte erzeugen würde.

3.2.18
Reflexionsgrad
ρ
Verhältnis der gesamten von einer Oberfläche reflektierten Energie zur gesamten auf diese Oberfläche einfallenden Energie

Anmerkung 1 zum Begriff: $\rho = 1 - \varepsilon - \tau$; bei einem Spiegel erreicht der Reflexionsgrad 1,0; bei einem schwarzen Körper gilt: $\rho = 0$.

Anmerkung 2 zum Begriff: Technisch gesehen ist der Reflexionsgrad (en: reflectivity) das Verhältnis der Intensität der reflektierten Strahlung zur Gesamtstrahlung; der Reflexionsgrad bzw. manchmal Reflexionsfaktor (en: reflectance) ist das Verhältnis des reflektierten Lichtstroms zum einfallenden Lichtstrom. Bei der IRT werden diese beiden Begriffe häufig synonym verwendet.

3.2.19
Hintergrundtemperatur
Strahlungstemperatur der Umgebungsobjekte
T_{refl}
scheinbare Temperatur anderer Objekte, die vom Zielobjekt in die Thermographiekamera reflektiert wird

3.2.20
Wiederholbarkeit
Fähigkeit eines Messgeräts, für eine festgelegte Objektoberfläche über einen kurzen oder langen Zeitraum immer wieder den gleichen Messwert zu erhalten

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wiederholbarkeit wird in $\pm$ Grad Celsius oder als Prozentsatz des gesamten Messbereiches angegeben.

3.2.21
Signalverarbeitung
Manipulation eines Temperatursignals oder von Bilddaten, mit dem Ziel, Prozessabläufe zu verbessern oder zu steuern

BEISPIEL 1 Bei Infrarot-Strahlungsthermometern: Peak Hold, Valley Hold, Sample Hold und Mittelwertbildung.

BEISPIEL 2 Bei Scannern, Kameras und Bildwandlern: Hervorheben von Isothermen, Bildmittelung, Ausrichtung, Bildsubtraktion und Bildfilterung.

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

3.2.22
räumliche Messauflösung
Bildfeldwinkel eines Einzeldetektors bzw. Detektorelements
IFOV, (en: instantaneous field of view)
Messpunktgröße in Bezug auf den Arbeitsabstand

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Infrarot-Strahlungsthermometern wird diese Auflösung in mrad oder als Verhältnis der Zielobjekt-Punktgröße (umfasst 95 % der Strahlungsenergie bei üblicher Anwendung) zum Arbeitsabstand angegeben. Bei Scannern, Kameras und Bildwandlern wird sie meistens in mrad angegeben.

3.2.23
Zielobjekt
zu messende Oberfläche des Zielobjekts

3.2.24
Arbeitsabstand
Abstand vom Zielobjekt zum Messgerät, üblicherweise zum primären optischen Element

3.2.25
diffuse Oberfläche
eine Oberfläche, von der Licht oder andere elektromagnetische Strahlung eher gestreut als reflektiert wird

3.2.26
spiegelnde Oberfläche
eine Oberfläche, von der Licht oder andere elektromagnetische Strahlung eher stark reflektiert als zufällig gestreut wird

3.3 In der Thermographie angewendete Definitionen

3.3.1
Transmissionsgrad/Remissionsgrad
τ
Anteil der auf die Oberfläche eines Zielobjekts auftreffenden Infrarot-Strahlungsenergie eines beliebigen gegebenen Spektralbereichs, der vom Objekt durchgelassen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Transmissionsgrad: $\tau = 1 - \varepsilon - \rho$, dabei ist

τ der Transmissionsgrad;

ε der Emissionsgrad;

ρ der Reflexionsgrad.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für einen schwarzen Körper gilt: $\tau = 0$. Der Transmissionsgrad ist der Anteil der einfallenden Strahlung, der durch Materie hindurchgeleitet wird.

3.3.2
thermischer Index
TI
Verhältnis des Temperaturgefälles über die Gebäudehülle zum gesamten Temperaturgefälle zwischen Innenraum- und Außentemperaturen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der thermische Index wird wie folgt berechnet: $TI = [(T_{surface} - T_{out})/(T_{in} - T_{out})] \times 100\ \%$, dabei ist

$T_{surface}$ die Oberflächentemperatur eines Teils der Gebäudehülle;

T_{out} die vom Anwender gemessene örtliche Außenlufttemperatur;

T_{in} die vom Anwender gemessene Lufttemperatur innerhalb des Bauwerks.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

Anmerkung 2 zum Begriff: Beispiel: $T_{surface} = 60\ °C$; $T_{in} = 70\ °C$; $T_{out} = 30\ °C$; daher gilt: $TI = [(60 - 30)/(70 - 30)] \times 100 = 75\ \%$.

4 Symbole (und Abkürzungen)

FOV Bildfeldwinkel (en: field of view)

Hz Hertz

IFOV Bildfeldwinkel eines Einzeldetektors bzw. Detektorelements (en: instantaneous field of view for detection) (Anmerkung: thermographische Begriffe 3.2.22)

IRT Infrarot-Thermographie (en: infrared thermography)

MDT tiefste nachweisbare Temperatur (en: minimum detectable temperature)

MRTD minimale auflösbare Temperaturdifferenz (en: minimum resolvable temperature difference)

NETD rauschäquivalente Temperaturdifferenz (en: noise equivalent temperature difference)

NUC Inhomogenitäts-Korrektur (en: non-uniformity correction)

MIFOV Bildfeldwinkel eines Einzeldetektors bzw. Detektorelements bei der Messung (en: instantaneous field of view for measurement)

mrad Milliradiant

TI Temperaturindex (en: temperature index)

L_e Strahldichte (en: radiance)

$\varepsilon(\lambda)$ spektraler Emissionsgrad (en: spectral emissivity)

$\rho(\lambda)$ spektraler Reflexionsgrad (en: spectral reflectivity)

$\tau(\lambda)$ spektraler Transmissionsgrad (en: spectral transmissivity)

$\alpha(\lambda)$ spektraler Absorptionsgrad (en: spectral absorptivity)

ΔT Differenztemperatur

5 Beispielanwendungen für die Nutzung der Thermographie bei Gebäudebewertungen

Die nachstehende Liste enthält Beispiele für Situationen, in denen die Thermographie als Screening-Analyse oder auch als Erstanalyse im Zusammenhang mit Gebäudeuntersuchungen angewendet werden darf. Diese Untersuchungen können von innerhalb oder außerhalb des Gebäudes durchgeführt werden. Die nachstehende Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit:

a) Schwankungen der Oberflächentemperatur;

b) Gleichmäßigkeit des Einbaus von Bauteilen;

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

c) thermische Anomalien… Wärme- oder Kältebrücken, Mängel oder Abweichungen der Dämmung, Passungsfehler;

d) Orte, an denen es zu Luftbewegung kommt;

e) Ausmaß der Luftbewegung durch (i) Wände, (ii) einzelne Bauteile, (iii) Zwischenräume zwischen Bauteilen, (iv) Überwachungsräume und Bestimmung von Volumina bei bekannten Druckdifferenzen;

f) Feuchtetransport aufgrund von Temperatur- oder Druckdifferenzen;

g) Eindringen und Austritt von Feuchte;

h) Menge und Aggregatzustand von während der Inspektion vorhandener Feuchte;

i) thermische Behaglichkeit;

j) Ablösung von Beschichtungen oder Anwürfen;

k) als Norm für die Schulung des Personals;

l) Bereitstellung einer Basis bzw. Festlegung einer Leistungsnorm bzw. eines Qualifikationsniveaus für die Zertifizierung von Thermographie durchführenden Personen;

m) energieeffiziente Gebäudesanierung;

n) Einbauort der Fußbodenheizung;

o) Zustandsbewertungen von bestehenden Bauwerken;

p) Qualitätskontrollbewertungen der Sanierung von bestehenden Gebäuden;

q) Qualitätskontrollbewertungen von Neubauten, Teil der Inbetriebnahme der Gebäudehülle;

r) Qualitätskontrollbewertungen von Reparaturmaßnahmen an Neubauten;

s) erneute Inbetriebnahme der Gebäudehülle;

t) Detektion von tragenden Bauteilen in Mauerwerkswandkonstruktionen;

u) Detektion von tragenden Bewehrungen in eingebrachten Beton-Bauwerksteile;

v) Position von undichten Stellen im Dach, Schweregrad der undichten Stelle und Drainagepfad durch tragende Bauteile;

i) Schimmelbildung und Pilzwachstum – das Vorhandensein von Feuchte in Materialien kann entweder an der Oberfläche oder in Zwischenräumen zur Bildung von Schimmel und zum Wachstum von Pilzen führen.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

6 Vom Auftraggeber zu treffende Vorbereitungen

Der Auftraggeber der Infrarot-Thermographie(IRT)-Dienstleistung muss je nach Anwendbarkeit:

a) den Zutritt zu dem/der zu inspizierenden Gebäude/Einrichtung ermöglichen;

b) der die Thermographie durchführenden Person Einzelheiten über alle möglichen mit der Nutzung des Gebäudes bzw. der Einrichtung verbundenen Sicherheitsrisiken zur Verfügung stellen;

c) die Geschichte im Hinblick auf bereits zuvor zu Tage getretene Probleme offenlegen;

d) eine Bestandsliste der Gebäudehülle, architektonischer und tragender Baugruppen, Bauteile usw., die zu inspizieren ist/sind, entweder bereitstellen oder zu erstellen helfen, die logisch gegliedert ist und einen im Hinblick auf die Visierlinien effizienten Weg aufzeigt;

e) alle zum Gebäude, zu dessen Architektur und zum Tragwerk vorhandenen Werkstattzeichnungen zur Verfügung stellen;

f) alle Betriebsanleitungen der Gebäudeausrüstung und Bestandspläne des Gebäudes zur Verfügung stellen;

g) Brandzonen ausweisen;

h) eine oder mehrere qualifizierte Personen abstellen, die sich mit der Betriebs- und Instandhaltungsgeschichte des/der zu inspizierenden Gebäudes/Einrichtung auskennen und durch diese(s) führen können. Diese Person(en) muss (müssen) die die Infrarot-Thermographie durchführende Person während der Untersuchung begleiten und die Qualifikation und Berechtigung zu Folgendem haben:

   — die inneren und äußeren Teile des zu inspizierenden Gebäude zu betreten und den Gebäudeeigentümer, die Nutzer, das Betriebs- und Instandhaltungspersonal usw. über die mit der IRT-Untersuchung verbundenen Aktivitäten zu benachrichtigen;

   — alle beantragten Bereiche unmittelbar vor der Untersuchung durch die die Infrarot-Thermographie durchführende Person zu öffnen und dieser zugänglich zu machen;

   — diese Bereiche unmittelbar nach der Untersuchung durch die die Infrarot-Thermographie durchführende Person zu schließen und/oder zu sichern;

   — nach Möglichkeit alle architektonischen, tragenden, mechanischen und/oder elektrischen Ausrüstungsteile des Gebäudes zu betreiben;

   — sicherzustellen, dass Gebäudesysteme normal arbeiten, oder sie in den Zustand zu versetzen, der von der die Infrarot-Thermographie durchführenden Person beantragt wurde, und ausreichend Zeit zu lassen, sodass sich stabile Wärmemuster einstellen können;

   — die volle Verantwortung für die Folgen zu übernehmen, die sich aus den Maßnahmen ergeben, die aufgrund der durch eine Infrarot-Untersuchung ermittelten Informationen ergriffen oder nicht ergriffen wurden;

   — Informationen zu den Ergebnissen von Nachfolgeuntersuchungen und Instandsetzungsmaßnahmen zu liefern.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

7 Qualifikation des Personals

7.1 Personal – Allgemeine Hinweise

Die Anforderungen an die Kompetenz und Qualifikationen variieren in Abhängigkeit vom Typ des zu inspizierenden Bauwerks und von den angewendeten Methodiken. Die Klassifizierung der Qualifikation, über die die die Gebäude-Thermographie durchführende Person verfügen muss, sind zwischen Auftraggeber und Dienstleister zu vereinbaren. Die die Thermographie durchführende Person muss vor Beginn jeglicher Arbeit Belege für ihre Qualifikation entsprechend dieser Klassifizierung vorlegen. Die die Gebäude-Thermographie durchführenden Personen müssen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten besitzen, die in Übereinstimmung mit den in ISO/FDIS 6781-3, *Performance of buildings — Detection of heat, air and moisture irregularities in buildings by infrared methods — Part 3: Qualifications of equipment operators, data analysts and report writers* festgelegten Klassifizierungsanforderungen beurteilt wurden.

Das Folgende ist eine Kurzzusammenfassung der Klassifizierungsstufen:

Klasse 1: Vertraut mit und fähig in Bezug auf: Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten betreffend Betrieb der Kamera, Grundlagen der Wärmeübertragung, Infrarot-Grundlagen, Grundlagen der Anwendungen, Nulllinien-Bildgebung, thermische Signaturen, Problemerkennung, Erkennung spezieller (atypischer) Probleme, grundlegende Analyse und Berichterstattung, Sicherheitsbetrachtungen und die Fähigkeit, „thermisch“ zu denken und in „thermische“ Begriffe zu fassen.

Klasse 2: Sämtliche der für Klasse 1 geltenden Anforderungen plus Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten sowie grundlegende Erfahrungen in der Bauphysik und Bautechnologie, mit Baustoffen und Bauverfahren, thermographischen Methodiken, Verfahren der Gebäudethermographie, Infrarot-Radiometrie, diagnostische Bildgebung, thermographische Infrarotmessung, und grundlegendes Management von Infrarot-Thermographieprogrammen.

Klasse 3: Sämtliche der für Klasse 2 geltenden Anforderungen plus Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten sowie Erfahrungen und vertieftes Wissen zur Bauphysik, Bautechnologie, zu Baustoffen und Bauverfahren sowie fortgeschrittenen thermographischen Methodiken für das Management von Thermographie-programmen, Kosten/Nutzen-Abrechnung, spezialisierte Diagnostik, fortgeschrittene Radiometrie, Technologieplanung und Schulung & Zertifizierung.

7.2 Anwendungsspezifische Anforderungen

7.2.1 Wohngebäude und kleine Gebäude – Qualifikationsanforderungen

Thermographische Inspektionen – Personal, das die zur Durchführung von thermographischen Inspektionen/Untersuchungen an kleinen Gebäuden und Wohngebäude im Falle der Anwendung von Normbauweisen notwendige Ausrüstung bedient, muss der in der Internationalen Norm ISO/FDIS 6781-3 festgelegten Gebäudethermographie-Qualifikationsklasse 1 oder einer höheren entsprechend qualifiziert sein.

Berichtsautor/Datenanalytiker – Personal, das die thermographischen Daten/Ergebnisse analysiert oder Berichte zu thermographischen Inspektionen/Untersuchungen an in Normbauweise errichteten Wohnge-bäuden erstellt, muss der in der Internationalen Norm ISO/FDIS 6781-3 festgelegten Gebäudethermo-graphie-Qualifikationsklasse 1 oder einer höheren entsprechend qualifiziert sein.

AVA Documents Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

7.2.2 Geschäftsgebäude – Qualifikationsanforderungen

Inspektionen – Wandkonstruktionen – Personal, das die zur Durchführung von thermographischen Inspektionen/Untersuchungen von in konventioneller Bauweise errichteten Wandkonstruktionen an Geschäftsgebäuden notwendige Ausrüstung beaufsichtigt oder bedient, muss:

i) der in der Internationalen Norm ISO/FDIS 6781-3 festgelegten Gebäudethermographie-Qualifikationsklasse II (oder einer höheren) entsprechend qualifiziert sein;

ii) Alternativ darf eine die Thermographie durchführende Person der Klasse I die die Felduntersuchungen durchführende Person sein, sie muss dann aber entweder unter der direkten Aufsicht einer die Thermographie durchführenden Person der Klasse II arbeiten oder eine schriftlich festgehaltene Vorgehensmethodik befolgen, die von einer die Thermographie durchführenden Person der Klasse II erstellt wurde. Die von der die Thermographie durchführenden Person der Klasse II entwickelte Vorgehensmethodik für die Felduntersuchung muss für das zu untersuchende Bauwerk spezifisch sein.

Inspektionen – Dachkonstruktionen – Personal, das die zur Durchführung von thermographischen Inspektionen/Untersuchungen von in konventioneller Bauweise errichteten Flachdachkonstruktionen an Geschäftsgebäuden notwendige Ausrüstung bedient, muss der in der Internationalen Norm ISO/FDIS 6781-3 festgelegten Gebäudethermographie-Qualifikationsklasse I (oder einer höheren) entsprechend qualifiziert sein.

Berichtsautor/Datenanalytiker – Wandkonstruktionen – Personal, das die thermographischen Daten/Ergebnisse analysiert oder Berichte zu thermographischen Inspektionen/Untersuchungen an in konventioneller Bauweise errichteten Wandkonstruktionen von Geschäftsgebäuden erstellt, muss der in der Internationalen Norm ISO/FDIS 6781-3 festgelegten Gebäudethermographie-Qualifikationsklasse II (oder einer höheren) entsprechend qualifiziert sein.

Berichtsautor/Datenanalytiker – Dachkonstruktionen – Personal, das die thermographischen Daten/Ergebnisse analysiert oder Berichte zu thermographischen Inspektionen/Untersuchungen an in konventioneller Bauweise errichteten Dachkonstruktionen von Geschäftsgebäuden erstellt, muss der in der Internationalen Norm ISO/FDIS 6781-3 festgelegten Gebäudethermographie-Qualifikationsklasse I (oder einer höheren) entsprechend qualifiziert sein.

7.2.3 Öffentliche/Industriegebäude – Qualifikationsanforderungen

Inspektionen – Wandkonstruktionen – Personal, das die zur Durchführung von thermographischen Inspektionen/Untersuchungen von in konventioneller Bauweise errichteten Wandkonstruktionen an öffentlichen Gebäuden oder Industriegebäuden notwendige Ausrüstung beaufsichtigt oder bedient, muss der in Abschnitt 7.0 dieser Internationalen Norm festgelegten Gebäudethermographie-Qualifikationsklasse II (oder einer höheren) entsprechend qualifiziert sein.

ANMERKUNG In diesem Fall darf die die Thermographie durchführende Person der Klasse I die die Felduntersuchungen durchführende Person sein, sie muss dann aber entweder unter der direkten Aufsicht einer die Thermographie durchführenden Person der Klasse II arbeiten oder eine schriftlich festgehaltene Vorgehensmethodik befolgen. Die Vorgehensmethodik für die Felduntersuchung muss von der die Thermographie durchführenden Person der Klasse II für das spezifische zu untersuchende Bauwerk entwickelt werden.

Inspektionen – Dachkonstruktionen – Personal, das die zur Durchführung von thermographischen Inspektionen/Untersuchungen von in konventioneller Bauweise errichteten Flachdachkonstruktionen an öffentlichen Gebäuden oder Industriegebäuden notwendige Ausrüstung bedient, muss der in Abschnitt 7.0 dieser Internationalen Norm festgelegten Gebäudethermographie-Qualifikationsklasse I (oder einer höheren) entsprechend qualifiziert sein.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

Berichtsautor/Datenanalytiker – Wandkonstruktionen – Personal, das die thermographischen Daten/Ergebnisse analysiert oder Berichte zu thermographischen Inspektionen/Untersuchungen an in Normbauweise errichteten Wandkonstruktionen von öffentlichen Gebäuden oder Industriegebäuden erstellt, muss der in Abschnitt 7.0 dieser Internationalen Norm festgelegten Gebäudethermographie-Qualifikationsklasse II (oder einer höheren) entsprechend qualifiziert sein.

Berichtsautor/Datenanalytiker – Dachkonstruktionen – Personal, das die thermographischen Daten/Ergebnisse analysiert oder Berichte zu thermographischen Inspektionen/Untersuchungen an in Normbauweise errichteten Dachkonstruktionen von öffentlichen Gebäuden oder Industriegebäuden erstellt, muss der in Abschnitt 7.0 dieser Internationalen Norm festgelegten Gebäudethermographie-Qualifikationsklasse I (oder einer höheren) entsprechend qualifiziert sein.

8 Anforderungen an die Ausrüstung für die thermographische Untersuchung von Wohn-, Geschäfts- und öffentlichen Gebäuden

8.1 Ausrüstung – Allgemeine Anforderungen

Infrarotkameras stehen in großer Bandbreite zur Verfügung. Zu den zu berücksichtigenden Leistungsfaktoren gehören die Varianz der thermischen Leistung, das räumliche Detektionsvermögen, Messunsicherheit und Bildfeldwinkel.

Für grundlegende thermographische Untersuchungen zum Nachweis von *Wärme- und Luftleckagen* im Gebäudeinneren kann unter geeigneten Umweltbedingungen eine Kamera mit den folgenden Mindestspezifikationen geeignet sein: Objektiv mit einer Festbrennweite von mindestens 20 ° und einem Bildfeldwinkel (FOV) von 3 mrad sowie einer Empfindlichkeit von 0,08 °C bei 30 °C. Für den *Nachweis von Feuchte* in derselben Situation kann eine höhere Empfindlichkeit von z. B. 0,05 °C bei 30 °C erforderlich sein.

Als Mindestanforderung an die Ausrüstung, die von Personen, die thermographische Untersuchungen durchführen, verwendet wird, und zwar für eine große Bandbreite an Wohn-, Geschäfts- und öffentlichen Anwendungen für den Nachweis von wärme-, luft- und feuchtebezogenen Unregelmäßigkeiten, gilt Folgendes:

— Wärmeempfindlichkeit von 0,05 °C bei einer Objekttemperatur von 30 °C;

— Objektiv mit auswechselbaren Linsen oder optischem Zoom mit der Möglichkeit, den IFOV auf etwa 10 ° FOV bis 45 ° FOV einzustellen; und

— entsprechender IFOV räumliches Detektionsvermögen von 0,5 mrad;

— auflösbare wärme-, luft- und/oder feuchtebezogene Anomalie mit einer Größe von 10 mm × 10 mm mit einer Mindestauflösung von 300 Pixel × 300 Pixel;

— für die sichtbare Auflösung bei Untersuchungen der Gebäudehülle gilt: Digitalbilder müssen für die sichtbare räumliche Auflösung von Mängeln aufgrund von Luftleckage oder wärmebezogenen oder strukturellen Unregelmäßigkeiten eine Größe von mindestens 1 Pixel je 150 mm^2 Wandfläche oder Oberflächeninhalt haben;

— für die Untersuchung von Dächern auf sichtbare Feuchte gilt: Digitalbilder müssen für die sichtbare räumliche Auflösung von Mängeln aufgrund von Feuchte eine Größe von mindestens 1 Pixel je 645 mm^2 Dachfläche haben.

Bei der Untersuchung der Gebäudehüllen großer Geschäftsgebäude von außen bei niedrigen Temperaturen sind die Anforderungen an die räumlichen und thermischen Merkmale wesentlich höher.

AVA Documents Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

8.2 Ausrüstung – spezifische Anforderungen

Für die von 8.1 nicht abgedeckten Parameter muss die zur Durchführung von thermographischen Inspektionen/Untersuchungen von Gebäuden verwendete Ausrüstung die in ISO 6781-2, *Performance of buildings — Detection of heat, air and moisture irregularities in buildings by infrared methods — Part 2: Equipment Requirements* festgelegten Anforderungen erfüllen.

8.3 Kalibrierung und Überprüfung der Ausrüstung

Kalibrierungen: Den die Thermographie durchführenden Personen müssen IR-Kameras zur Verfügung stehen, die mit Hilfe rückverfolgbarer Normale auf die vom Hersteller der Originalausrüstung festgelegten Spezifikationen kalibriert sind. Es müssen Kalibrierungsaufzeichnungen geführt und aufbewahrt werden.

Ausrüstungsüberprüfung: Es wird empfohlen, die Ausrüstung vor jeder Untersuchung oder Begutachtung zu überprüfen.

ANMERKUNG Eine schnelle Überprüfung kann unter Nutzung des menschlichen Tränenkanals, mit Hilfe von schmelzendem Eis oder einem Zielobjekt bekannter Temperatur und bekannten Emissionsgrades erfolgen.

Dokumentierte Ausrüstungsüberprüfungen müssen mit Hilfe einer rückverfolgbaren schwarzen Referenzkörpers in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Herstellers oder einer vereinbarten und anwendbaren Industrienorm durchgeführt werden.

9 Sicherheit

Falls gefährliche Umgebungen vorliegen können, müssen vor Beginn der Arbeit Mindestsicherheitsregeln und -leitlinien in Übereinstimmung mit den anwendbaren örtlichen oder nationalen Normen und Verordnungen festgelegt werden. Anhang A enthält ein Beispiel für Mindestsicherheitsregeln und -hinweise.

Die die Thermographie durchführende Person muss jeden im Verlauf der thermographischen Untersuchungen festgestellten unsicheren Zustand sofort melden.

10 Thermographieverfahren

Es muss erwogen werden, welches oder welche Verfahren für die Anwendung gewählt wird bzw. werden. Innerhalb des Anwendungsbereichs der Gebäudethermographie gibt es drei gesonderte Fertigkeiten: (i) die Datenerfassung, (ii) die Datenverarbeitung und -analyse und (iii) die Berichterstattung über die Daten. Personal, das diese Fertigkeiten ausübt, muss nach ISO 6781-3, *Performance of buildings — Detection of heat, air and moisture irregularities in buildings by infrared methods — Part 3: Qualifications of equipment operators, data analysts and report writers* qualifiziert sein.

10.1 Vergleichende Thermographie

10.1.1 Allgemeines

Die Thermographie liefert eine Darstellung der Temperaturverteilung einer Oberfläche mit Hilfe eines Wärmebildes.

Die Thermographie kann entweder *quantitativ* oder *qualitativ* sein. Die Bewertungskriterien für beide Varianten sollten auf der Bauphysik beruhen.

Vergleichende Thermographie wird üblicherweise angewendet, um anstelle von idealen oder absoluten wärmetechnischen Messungen die besten verfügbaren Informationen zu liefern. Sie liefert nützliche Informationen für den Nachweis von wärme-, luft- oder feuchtebezogenen Unregelmäßigkeiten unter manchmal nicht idealen Feldbedingungen. Die vergleichende Thermographie beruht auf dem Vergleich von

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

Daten zu Gebäudeoberflächen, deren Leistung Verdacht aufkommen ließ, mit Gebäudeoberflächen mit bekanntermaßen guter Leistung.

Eine Anwendung der vergleichenden *quantitativen* Thermographie würde zwei oder mehr ähnliche Gebäudeoberflächen, Bauteile oder Bauwerksteile bedingen, die in derselben Umgebung und unter denselben Bedingungen arbeiten, von denen aber eine eine unähnliche Oberflächentemperatur aufweist. Dies kann auf einen sich potentiell verschlechternden Zustand hinweisen.

Die darauffolgende *quantitative* Bestimmung der Oberflächentemperaturdifferenz(en) hilft, den Schweregrad dieses Zustandes zu ermitteln. Es ist ein gutes thermographisches Urteilsvermögen erforderlich, um zu beurteilen, ob die Temperaturdifferenzen als geringfügig oder als kritisch zu betrachten sind.

Während *qualitative* Messungen Mängel aufdecken können, sind *quantitative* Messungen in der Lage, den Schweregrad zu bestimmen.

Im Falle von Anwendungen, bei denen keine genauen quantitativen Daten für die Überwachung oder Diagnostizierung eines Problems mit einem Bauwerksteil oder Bauteil erforderlich sind, können qualitative Verfahren mehr als angemessen sein.

10.1.2 Verfahren

Das Verfahren der *vergleichenden* Messung beruht auf Schätzwerten für den Emissionsgrad, der Hintergrundtemperatur und Zielobjektabstandsmessungen. Schätzwerte für den Emissionsgrad von Materialien werden anhand von Erfahrungswerten oder über die Zuordnung von Vorgabenwerten für den Emissionsgrad der am häufigsten eingesetzten Baustoffe erhalten.

In beiden Fällen ist die Fähigkeit, den Emissionsgrad zu schätzen und auf den Emissionsgrad bezogene Unterschiede zwischen Gebäudeoberflächen unter veränderlichen Bedingungen zu erkennen, entscheidend für die Beurteilung von mutmaßlichen Ausfallbedingungen.

Das Vertrauensniveau der erhaltenen Informationen hängt daher von der für die Infrarot-Thermographie verwendeten Ausrüstung, der Ausbildung sowie den Kenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten der die Thermographie durchführenden Person und den angewendeten Nachweisverfahren ab. Diese Faktoren müssen bei der anschließenden Datenauswertung, der Entscheidungsfindung, den Schlussfolgerungen und der Prioritätensetzung berücksichtigt werden.

10.2 Vergleichende qualitative Thermographie

Bei qualitativen thermographischen Untersuchungen handelt es sich um die Untersuchung von ganzen Gebäuden, Bauwerken oder Bauteilen mit Hilfe thermographischer Verfahren mit dem Ziel, ausschließlich qualitative (3.1.21) Informationen zu erhalten.

Wenn sich eine Bestimmung der genauen Temperaturen oder des Emissionsgrades jeder Gebäude-, Tragwerks- oder Bauteiloberfläche in der Praxis nicht umsetzen lässt, wird die Anwendung der vergleichenden *qualitativen* Thermographie zum praktischen Ansatz.

Die vergleichende *qualitative* thermographische Bewertung vergleicht das Wärmemuster oder -profil einer Gebäudeoberfläche oder eines Bauteils mit einer identischen oder ähnlichen Gebäudeoberfläche bzw. eines identischen oder ähnlichen Bauteils, die/das ihre/seine Funktion unter denselben Umweltbedingungen (Wind, Sonneneinstrahlung, Temperatur- und Druckdifferenzen usw.) erfüllt.

Wärme-, luft- und feuchtebezogene Anomalien lassen sich anhand der Variation in den resultierenden strahlungsthermographischen Mustern zwischen zwei oder mehr beliebigen Objekten erkennen, die ihre Funktion in derselben Umgebung erfüllen. Um potentielle Anomalien zu erkennen, ist es nicht notwendig, den Wärmemustern Temperaturwerte zuzuordnen. Für dieses Verfahren sind keine Anpassungen des

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

Infrarotmessgeräts erforderlich, um atmosphärische oder Umweltbedingungen oder Oberflächenemissionsgrade zu kompensieren.

Die vergleichende qualitative Thermographie ist besonders dann von Nutzen, wenn es möglich ist, nur einen Betriebs- oder Umweltparameter signifikant zu verändern. Beispiele sind die Untersuchung eines Wohngebäudes auf Luftleckagen, wenn das Bauwerk zunächst einem Druckunterschied von null oder einem Überdruck ausgesetzt ist, der dann rasch in einen Unterdruck geändert wird. Vergleichende Thermogramme, in denen der Zustand mit einer Druckdifferenz von null bzw. mit Überdruck dem Zustand mit Unterdruck gegenübergestellt wird, lassen die thermische Reaktion auf die Änderung des Drucks im Bauwerk erkennen und zeigen Luftleckagewege an.

Ein weiteres Beispiel betont den Nachweis von Feuchte in Zwischenräumen: Die Innentemperatur wird für einen längeren Zeitraum auf eine höhere Temperatur als üblich erhöht. Danach wird die Temperatur rasch abgesenkt, wodurch ein Übergangszustand hervorgerufen wird. Das Vorhandensein von Feuchte wird durch die Differenz in den Wärmekapazitäten der Wasser enthaltenden Materialien gegenüber den trockenen Materialien nachgewiesen (siehe 13.2).

10.3 Vergleichende quantitative Thermographie

Bei quantitativen thermographischen Untersuchungen handelt es sich um die Untersuchung von ganzen Gebäuden, Bauwerken oder Bauteilen mit Hilfe thermographischer Verfahren mit dem Ziel, ein quantitatives (3.1.22) Ergebnis zu erhalten.

Vergleichende *quantitative* Thermographie wird angewendet, um den Zustand eines Gebäudes, Bauteils oder Bauwerksteils durch näherungsweise Bestimmung der Oberflächentemperaturen T über einen bestimmten Bereich und anschließende Bestimmung der Differenztemperaturwerte ΔT zu bewerten. Diese Werte werden als Basis verwendet, um Fehler und/oder den Schweregrad des Fehlerzustandes zu erkennen.

Bei Anwendung dieses Ansatzes werden Emissionsgradwerte $\varepsilon_{\text{default}}$ im Vergleich mit Oberflächen von ähnlichem Emissionsgrad in einem Gebäude bestimmt, das seine Funktion unter denselben oder ähnlichen Umweltbedingungen (Wind, Sonneneinstrahlung, Temperatur- und Druckdifferenzen usw.) erfüllt.

Anhand des Wertes $\varepsilon_{\text{default}}$ werden die Oberflächentemperaturen T bestimmt. Durch Vergleich der Temperatur des Zielobjekts mit einer ähnlichen Oberfläche in bekanntem Zustand oder mit bekannten Basisliniendaten werden Differenztemperaturwerte ΔT bestimmt.

Bei Oberflächen mit hohem Emissionsgrad werden die Werte sowohl der Temperatur T als auch der Temperaturdifferenz ΔT als zuverlässig angesehen, sofern Messverfahren von hoher Güte befolgt werden.

Wurden diese Parameter berücksichtigt, so sind der geschätzte Emissionsgrad, die Abstände und die Hintergrundtemperaturen in die IR-Kamera einzugeben, um eine näherungsweise Temperatur der Gebäudeoberfläche anzuzeigen. Dies reicht nach entsprechender Auswertung üblicherweise aus, um den Schweregrad eines Fehlerzustandes in einer Gebäudeoberfläche, einem Bauwerksteil oder einem Bauteil zu bestimmen.

Dieser Ansatz ist bei der Begutachtung vieler Bauteile oder Oberflächenstellen wirksam und liefert nützliche Informationen für die Bestimmung des Schweregrades von Fehlern.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

10.3.1 Vergleichende quantitative Thermographie – Einschränkungen

Zu den Einschränkungen der quantitativen Thermographie gehören:

— Schwierigkeiten, die tatsächliche(n) Temperatur(en) T einer Oberfläche, eines Bauteils oder Bauwerksteils unter echten IRT-Feldbedingungen mit hinreichender Messunsicherheit zu bestimmen. Das lässt sich auf die Physik der IRT und die diversen variablen Parameter – Emissionsgrad, Reflexionsgrad und Transmissionsgrad – zurückführen, die erforderlich sind, um einen wahren absoluten Temperaturmesswert zu bestimmen;

— mangelnde Zuverlässigkeit der bei Oberflächen mit geringem Emissionsgrad beobachteten Werte der Temperatur (T) und der Differenztemperatur (ΔT) aufgrund von Schwankungen, die die Oberfläche oder die Umgebung betreffen.

11 Berührungslose Infrarot-Radiometrie (Punktradiometrie) mit Hilfe von Infrarot-Thermographiekameras

Berührungslose Punktradiometriemessungen dürfen ausschließlich von die Thermographie durchführenden Personen der Klasse II oder höher oder von die Thermographie durchführenden Personen der Klasse I durchgeführt werden, die eine dokumentierte Vorgehensmethodik befolgen, die für die betreffende Anwendung von einer nach Klasse II qualifizierten die Thermographie durchführenden Person entwickelt wurde.

Absolute Infrarot-Thermographie- bzw. IRT-Messungen dürfen nur dann durchgeführt werden, wenn sehr genaue Temperaturwerte oder kleine Temperaturdifferenzen als entscheidend erachtet werden. Diese Bestimmungen müssen unter geregelten Umweltbedingungen durchgeführt werden.

ANMERKUNG Die Bestimmung der berichtigten Temperatur eines Zielobjekts mit Hilfe der Infrarot-Thermographie mit dem Ziel, eine absolute Temperatur zu erhalten, kann sich wegen der vielen eine Rolle spielenden technischen und umweltbezogenen Faktoren schwierig gestalten.

12 Luftleckage und Stofftransport

12.1 Luftleckage

Prüfungen auf Luftleckagen müssen bei einer Differenztemperatur von mindestens 10 °C und einem Differenzdruck über die Gebäudehülle von mindestens 10 Pa durchgeführt werden.

Der Differenzdruck muss entweder (i) mit Hilfe einer Blower-Door-Ausrüstung oder (ii) durch Betrieb und Manipulation der Haus- und Gebäudetechnik erzeugt werden.

Die Prüfung auf Luftleckagen muss ein Hilfsmittel zur Veränderung des Differenzdrucks unter den beiden Bedingungen Überdruck und Unterdruck umfassen.

Für die Messung von Drücken, Druckdifferenzen, Luftvolumenströmen, Temperaturen, Feuchte und relativer Luftfeuchte müssen kalibrierte Messgeräte zur Verfügung stehen.

Die Thermographie berechnet nicht den Leckagestrom (dieser ist Gegenstand von ISO 9972).

12.2 Stofftransport – Feuchte

Die Leckage von Warmluft durch eine Wand ist mit einem Stofftransport des Luft enthaltenden Wasserdampfs über den Leckagepfad gekoppelt. In Situationen, in denen die Außentemperatur und die Luftfeuchte geringer sind als die im Innenraum, kommt es innerhalb der Wand zur Kondensation von Feuchte, die sich durch die in Abschnitt 13 beschriebenen thermographischen Verfahren erkennen lässt.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

Zu den für den Luftaustritt über Luftleckage verantwortlichen Triebkräften können die Druckbeaufschlagung des Gebäudes durch mechanische Lüftung, die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit sowie in mehrgeschossigen Gebäuden der Kamineffekt gehören.

Diese Bedingungen lassen sich durch Luftleckage-Prüfverfahren simulieren, die dann in Übereinstimmung mit 12.1 durchgeführt werden müssen.

Thermische Anomalien, für die sich keine Erklärung finden lässt und die sich weder auf Quellen für Wärmeleitung noch auf Luftbewegungen zurückführen lassen, müssen als mögliche feuchtebezogene Anomalien angesehen werden, die weitere Untersuchungen rechtfertigen.

Es gibt keine leicht definierbaren physikalischen Umweltbedingungen für Bewertungen der Feuchteleitung. Falls von der die Thermographie durchführenden Person Feuchtebewertungen durchzuführen sind, muss die die Thermographie durchführende Person für diese Bewertungen ein Kompetenzniveau der Klasse 2 oder höher nachweisen und über vertieftes Wissen in der Bauphysik und Bautechnologie verfügen.

Für den Nachweis von feuchtebezogenen Anomalien stehen drei Verfahren zur Verfügung: das Leitfähigkeits-, das Kapazitäts- und das Phasenänderungsprüfverfahren. Die für diese Verfahren jeweils am besten geeigneten Umwelt- und Betriebsbedingungen sind nicht identisch. Es muss außerdem klar zwischen Zwischenraumfeuchte in einer Gebäudehülle und der Oberflächenfeuchte unterschieden werden.

13 ((...))

13.1 Leitfähigkeitsprüfverfahren – Feuchtenachweis

Feuchtegesättigte hygroskopische Baustoffe weisen eine gegenüber trockenen Baustoffen signifikant erhöhte Wärmeleitfähigkeit auf.

Eine erhöhte Wärmeleitfähigkeit in ähnlichen Gebäudehüllenbaugruppen, für die eine gleichbleibende Gesamtdicke der Dämmung/des Baustoffs nachgewiesen wurde, ist als mögliche feuchtebezogene Anomalie anzusehen.

Der Feuchtenachweis kann bei Baugruppen für den Innenausbau, als Einlage in Zwischenräumen vorgesehenen Dämmschichten und hygroskopischen Verkleidungsbaugruppen durch thermographische Leitfähigkeitsinspektionen erbracht werden.

Thermographische Leitfähigkeitsprüfungen auf Feuchte müssen nach Feststellung eines Beharrungszustandes der Wärmeübertragung und bei einer Differenztemperatur ΔT über die Gebäudehülle von mindestens 15 °C durchgeführt werden. Der Beharrungszustand ist von der verantwortlichen die Thermographie durchführenden Person zu beurteilen. Ist die Innenraumtemperatur konstant, so wird der Beharrungszustand im Allgemeinen dann angezeigt, wenn die Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur der äußeren Oberfläche und der Lufttemperatur in der Umgebung bei Windstille und ohne Sonneneinstrahlung über mehrere Ablesungen konstant ist.

13.2 Kapazitätsprüfverfahren – Feuchtenachweis

Vollständig feuchtegesättigte hygroskopische Baustoffe weisen eine gegenüber trockenen Materialien mit bis zu 1 000 Mal signifikant höhere Wärmekapazität (d. h. ihrer Fähigkeit, Wärme zurückzuhalten) auf.

Merkliche Erhöhungen der Wärmekapazität von Bauwerksteilen sind als mögliche feuchtebezogene Anomalien anzusehen, die weitere Untersuchungen rechtfertigen.

Für thermographische Kapazitätsprüfungen auf Feuchte ist ein Prüfbereich erforderlich, der sich in einem Zustand transienter Wärmeübertragung befindet. Im Vergleich zu trockenen Materialien zeigen wasserhaltige Bereiche eine verzögerte Reaktion auf Änderungen der detektierten Umgebungswärmeübertragung.

ANMERKUNG Das Kapazitätsprüfverfahren funktioniert am besten bei waagerechten Oberflächen, bei denen der Feuchtegehalt gleichbleibt und keinen Dränagebewegungen ausgesetzt ist,

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

13.3 Phasenänderungsprüfverfahren – Feuchtenachweis

Wenn Wasser in einen anderen Aggregatzustand übergeht, wird aufgrund von Verdampfung, Kondensation, Gefrieren, Schmelzen oder Sublimation latente Wärme absorbiert oder freigesetzt.

Bei den Phasenänderungen Kondensation und Gefrieren wird (latente) Wärme freigesetzt. Dabei handelt es sich um exotherme Prozesse.

Bei den Phasenänderungen Verdampfung, Schmelzen und Sublimation wird (latente) Wärme absorbiert. Dabei handelt es sich um endotherme Prozesse.

Bereiche von Gebäudehüllen, Bauwerksteilen oder Bauteilen, die mutmaßlich latent endotherme oder exotherme Merkmale aufweisen, müssen als mögliche feuchtebezogene Anomalien angesehen werden, die weitere Untersuchungen rechtfertigen.

Alle diese Phasenänderungsphänomene werden durch spezifische Umweltbedingungen angetrieben. Die die Thermographie durchführende Person muss die einzelnen für die jeweilige Situation anwendbaren Prüfverfahren entwickeln und darüber Bericht erstatten.

Beim Nachweis von Feuchte mit Hilfe eines Phasenänderungsverfahrens handelt es sich naturgemäß um einen extrem transienten Vorgang, der konstante Überwachung der Umweltbedingungen während der Inspektionen erfordert. Durch Phasenänderung bedingte Wärmemuster können auch bei kapazitäts- oder leitfähigkeitsbedingten Wärmemustern vorliegen.

ANMERKUNG In ein und demselben Bauwerksteil können unter Umständen mehrere Phasenänderungsphänomene gleichzeitig auftreten.

14 Basislinienmessungen für die Instandhaltung und Zustandsüberwachung von Gebäuden

Sowohl für vergleichende als auch für absolute thermographische Verfahren wird empfohlen, zunächst Basislinienmessungen für die spätere Bezugnahme bei der Erstellung von Diagnosen und Prognosen durchzuführen. Dies ermöglicht den Vergleich von späteren IRT-Begutachtungen mit früheren Thermogrammen von Bauten, die ihre Funktion unter denselben oder ähnlichen Umweltbedingungen erfüllen. Das hilft bei der Überwachung von instabilen oder sich verschlechternden Bedingungen und zeigt frühzeitig sich noch entwickelnde Probleme auf, wodurch sich größere Instandsetzungsmaßnahmen oder katastrophale Ausfälle vermeiden lassen.

15 Datenerfassung

Die Datenerfassung muss in Übereinstimmung mit den folgenden Parametern durchgeführt werden:

a) Infrarot-Inspektionen müssen dann durchgeführt werden, wenn die umwelttechnischen und physikalischen Bedingungen hinsichtlich z. B. der Sonneneinstrahlung, der Wind- und Niederschlagsverhältnisse und eines ausreichenden Wärmeflusses in den untersuchten Bauteilen günstig sind, um genaue Daten zu erhalten.

b) Die Betriebs- und Umweltbedingungen, unter denen die Daten erfasst werden, müssen protokolliert werden, um für die Wiederholbarkeit der Prüfungen zu sorgen.

c) Die die Thermographie durchführende Person muss sicherstellen, dass alle Bestimmungen des Emissionsgrades und der Hintergrundtemperatur in Übereinstimmung mit Anhang B durchgeführt werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05

d) Für die qualitative Untersuchungsarbeit müssen die die Thermographie durchführenden Personen und die Datenanalytiker sicherstellen, dass die Größe des Zielobjekts der räumlichen Auflösung der Kamera entspricht. Die die Thermographie durchführende Person muss sicherstellen, dass die Mindestpunktgröße für alle Untersuchungsarbeiten nicht kleiner als 150 mm^2 (0,25 in^2) ist, es sei denn, in der speziell für diese Aufgabe von einer die Thermographie durchführenden Person der Klasse II entwickelten und schriftlich festgehaltenen Vorgehensmethodik ist etwas anderes festgelegt.

   — Das Digitalbild für die sichtbare Auflösung von Mängeln aufgrund von Luftleckage, thermischen oder strukturellen Unregelmäßigkeiten und für Untersuchungen der Gebäudehülle muss eine Größe von mindestens 1 Pixel je 150 mm^2 der Zielobjektoberfläche haben.

   — Das Digitalbild für die sichtbare räumliche Auflösung der in Dachinspektionen ermittelten Feuchte muss eine Größe von mindestens 1 Pixel je 645 mm^2 der Dachfläche haben.

e) Die die Thermographie durchführenden Personen und Datenanalytiker müssen über ausreichend Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten zu Baustoffen, Baugruppen, Ausbauarbeiten und zur Bautechnologie verfügen. Ausreichendes Wissen umfasst die Fähigkeit, die mit den Baustoffen und Ausbauarbeiten und der Bautechnologie verbundenen Daten sowie die sich daraus ergebenden und durch die beobachteten Strahlungsmuster repräsentierten thermischen Anomalien zu interpretieren.

f) Für qualitative Untersuchungsarbeiten muss die die Thermographie durchführende Person eine Infrarot-Thermographie- und Messausrüstung verwenden, die in der Lage ist, die für die Untersuchung des betreffenden Gebäudes geltenden Anforderungen zu erfüllen.

g) Als Empfehlung gilt, dass jede Anomalie nach Reparaturmaßnahmen oder auf Antrag des Endanwenders erneut untersucht werden sollte, um sicherzustellen, dass das resultierende Wärmemuster nunmehr normal ist und das beurteilte Problem behoben wurde.

h) Die die Thermographie durchführende Person muss sicherstellen, dass alle interessierenden Objekte im Fokus sind und die mit der Kamera und dem Objektiv verbundenen Einschränkungen bezüglich der Tiefenschärfe nicht überschreiten. Falls Bilder unter einem Winkel zur untersuchten Oberfläche aufgenommen werden oder nur ein Teil der zu untersuchenden Fläche im Fokus ist, müssen mehrere Bilder aufgenommen werden, und zwar so, dass alle Bereiche im Fokus sind.

i) Sämtliche Bilddaten müssen mit einer „Hochbit"-Tiefe (z. B. 12 Bit, 14 Bit oder 16 Bit) aufgenommen werden, um eine Bildbearbeitung mit Hilfe von Post-Analyse-Software zu ermöglichen. Die Daten müssen in einer Form gespeichert werden, die eine unabhängige Überprüfung ermöglicht.

16 Feldmessungen der reflektierten Temperatur und des Emissionsgrades und dämpfender Medien

In vielen Fällen ist es notwendig, Feldmessungen der Hintergrundtemperatur und des Emissionsgrades durchzuführen, um Schätzwerte für die absoluten Temperaturen zu erhalten. Diese Messungen müssen in Übereinstimmung mit Anhang B sowie in Übereinstimmung mit eingeführten Industrienormen und -praktiken, normativen Verweisungen und den Leitlinien der Hersteller durchgeführt werden.

Reflektierte Temperaturen und der Emissionsgrad sind auch bei qualitativen Inspektionen von Bedeutung und müssen protokolliert werden, um durch diese Faktoren möglicherweise hervorgerufene thermische Anomalien validieren zu können.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 6781-1:2021-05