

Gebäudethermografie – ein effektives Verfahren zur Kontrolle der Bauausführung

1. Einleitung

Die bildhafte Darstellung der Temperaturverteilungen von Objekten durch Thermografiekameras wird in den verschiedensten Branchen genutzt. Eines der bekanntesten Anwendungsgebiete ist die Gebäudethermografie, mit deren Hilfe örtlich begrenzte oder großflächige Ursachen für Wärmeverluste, wie Wärmedämmfehler, Wärmebrücken oder Luftundichtigkeiten erkannt sowie Dämmwerte der Gebäudehülle gemessen werden können. Mit moderner Thermografie-technik kann auf sehr effiziente Weise der energetische Istzustand eines Gebäudes erfasst werden. Zur Erzielung eines möglichst großen Wärmestromes erfolgen die Untersuchungen vorzugsweise in der Heizperiode bei möglichst geringen Bauteilaußentemperaturen.

Die Gebäudethermografie liefert eine Momentaufnahme der Oberflächentemperaturverteilung von Bauteilen, die von unterschiedlichen äußeren Messbedingungen beeinflusst wird. Sie bietet die Möglichkeit, die Bauausführung zu kontrollieren sowie Schäden an Bauwerken zu analysieren und richtet sich hauptsächlich an die Fachgebiete Baukonstruktion, Bauhandwerk, Bausanierung sowie Gebäudeausrüstung und Denkmalpflege.

2. Prinzip der Infrarotthermografie

Die Infrarotthermografie ist ein passives Verfahren zur berührungslosen Messung der Temperaturverteilung an Bauteiloberflächen. Jeder Körper mit einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunktes sendet elektromagnetische Strahlung aus. Bestimmt man die Intensität dieser Strahlung, kann daraus die Absoluttemperatur ermittelt werden.

Ein Infrarot-Strahlungsdetektor – das Herzstück einer Thermografiekamera – ist in der Lage, diese Intensitätsverteilung über ein optisches System aufzunehmen und in Temperaturen umzurechnen. So entsteht mittels Falschfarben ein Bild, das die Temperaturverteilung an der Bauteiloberfläche sichtbar macht. Diese Darstellungsform wird üblicherweise als Wärmebild oder Thermogramm bezeichnet. In der Regel wird die Farbzunahme so gewählt, dass hellere Farben (gelb, rot) einer höheren und dunklere Farben (grün, blau) einer geringeren Oberflächentemperatur entsprechen. Wird dieses Verfahren bei der Begutachtung beheizter oder gekühlter Gebäude genutzt, spricht man von Gebäudethermografie.

3. Messvoraussetzungen

Die Grundvoraussetzung für das Thermografieren der äußeren Gebäudehülle ist immer dann gegeben, wenn ein durch Temperaturunterschiede erzwungener, zeitlich möglichst konstanter Wärmestrom fließt. Dieser Wärmestrom erzeugt dann durch die lokal unterschiedlichen Wärmewiderstände der durchströmten Bauteile lokal unterschiedliche Oberflächentemperaturen, die von der Thermografiekamera erfasst werden. Moderne hochauflösende Infrarot-Thermografiekameras können Temperaturdifferenzen an den Bauteiloberflächen von wenigen hundertstel Grad sichtbar machen, sodass zum Aufbau des Wärmestromes und zur eindeutigen Erkennung von Schwachstellen bereits Temperaturunterschiede zwischen dem Inneren eines zu untersuchenden Gebäudes und der Außenluft ab ca. 10 K ausreichend sind. Einfache Kameras aus

Gebäudethermografie – ein effektives Verfahren zur Kontrolle der Bauausführung

dem Einsteigersegment oder viele ältere Kameramodelle hingegen benötigen deutlich größere Wärmeströme bzw. Temperaturunterschiede von mindestens 20 K, um eine verlässliche Aussage über den Zustand eines Gebäudes treffen zu können. Folglich bestimmt das thermische Auflösungsvermögen als Qualitätsparameter einer Thermografiekamera maßgeblich die jahreszeitliche Nutzungsdauer dieser Technik im Bauwesen.



Bild 1: Thermografie einer Neubaufassade in den frühen Morgenstunden mit einer professionellen Thermografiekamera der Geräteserie VarioCAM[®] high resolution vom Hersteller Jenoptik

Neben einer definierten Außen- und Innenlufttemperatur können Umwelteinflüsse wie Wind, Regen und Sonneneinstrahlung zu einer Erwärmung oder Abkühlung der Gebäudehülle führen und die wärmestrombedingten Temperaturen an der Bauteiloberfläche verfälschen. Damit wird der Zeitraum zur Durchführung der Gebäudethermografie deutlich eingengt, vorzugsweise auf die frühen Morgen- oder späten Abendstunden bei windstillem und trockenem Wetter.

Zusammen mit den im Objektinneren vorhandenen oder zu schaffenden Verhältnissen werden hiermit die Voraussetzungen bestimmt, unter denen thermografische Untersuchungen vorgenommen werden können. Verwertbare Messergebnisse bei der Thermografie von Gebäuden im Außenbereich können nur erzielt werden, wenn folgende Voraussetzungen strikt eingehalten werden:

- Aufnahmezeit in späten Abend-/frühen Morgenstunden oder bedingt an trüben Tagen
- Differenz Außentemperatur - Raumtemperatur > (10 ... 20) K
- trockene Witterung und Windverhältnisse < 2 m/s
- Innenräume gleichmäßig temperiert (Innentüren offen) und Fenster geschlossen
- eventuell vorhandene automatische Nachtabsenkung der Heizung außer Betrieb nehmen

Gebäudethermografie – ein effektives Verfahren zur Kontrolle der Bauausführung

4. Möglichkeiten und Grenzen der Gebäudethermografie in der Praxis

Grundsätzlich ist es möglich sowohl die Gebäudeaußenflächen als auch innerhalb des Gebäudes zu thermografieren. Beide Verfahrensweisen haben Vor- und Nachteile. Schließlich entscheiden die Aufgabenstellung einer thermografischen Untersuchung, die Gebäudekonstruktion oder die vorhandenen Umgebungsbedingungen mit darüber, welcher Aufnahmestandort zweckmäßigerweise gewählt werden sollte. So sind beispielsweise hinterlüftete Fassaden grundsätzlich nur von innen, Heizkörpernischen vorrangig von außen zu thermografieren.

Thermografie der äußeren Gebäudehülle: Sie wird hauptsächlich zur schnellen und übersichtlichen Erkennung von Wärmebrücken und Feuchteschäden an der Außenwand durchgeführt. In der Regel kann die gesamte Wärme abgebende Außenwand im Überblick gut eingesehen werden. Die Aufnahmepositionen für einen optimalen Bildausschnitt sind hierbei oftmals flexibel wählbar, zusätzliche Tele- oder Weitwinkeloptiken erleichtern die Anpassung an das Messobjekt. Dächer können jedoch nur eingeschränkt mit entsprechender perspektivischer Verzerrung beurteilt werden. Zudem wird die kalte Himmelsstrahlung, die an klaren Nächten sogar weit unter -40 °C betragen kann, an der Oberfläche von Dächern und Fenstern reflektiert. Diese erscheinen dann im Wärmebild deutlich kälter als sie tatsächlich sind – die Messwerte können erheblich verfälscht werden.



Bild 2: Außenthermografie – Innenecken als geometrisch bedingte Wärmebrücken, undichte Fensterdichtungen, deutlicher Wärmeverlust im Bereich der Türrahmen und Mörtelbrücken sichtbar

Korrektur des Emissionsgrades: Die quantitative Analyse der Temperaturverteilung setzt eine exakte Berücksichtigung des Emissionsgrades und der Störstrahlung voraus, sei es vor Ort im Berechnungsalgorithmus der Kamera oder erst später bei der Auswertung mittels Thermografiesoftware. Der Emissionsgrad als ein Maß für das Abstrahlungsvermögen von Materialien hat entscheidenden Einfluss auf die Messgenauigkeit. Je größer die Differenz der Messobjekttemperatur zur Umgebungstemperatur (Störstrahlung) und je kleiner der Emissionsgrad ist, desto größer werden die Fehler, wenn keine Korrektur vorgenommen wird. Die quantitative Analyse der äußeren Gebäudehülle erfordert die strikte Einhaltung und Erfassung definierter Umgebungsbedingungen sowie die Berücksichtigung strahlungsphysikalisch relevanter

Gebäudethermografie – ein effektives Verfahren zur Kontrolle der Bauausführung

Parameter. Daher ist es immer ratsam, zusätzlich die Strahlungstemperatur der Umgebung vom Ort der abgebildeten Oberfläche aus zu messen.

Typische Interpretationsfehler: In der Praxis kommt es immer wieder vor, dass gerade Gebäudeaufnahmen von außen falsch interpretiert werden. So vertraut gerade der Laie, der die Thermografie nicht als komplexes Messverfahren versteht, sondern lediglich das „bunte Foto“ im Vordergrund sieht, den angezeigten Oberflächentemperaturen oftmals blind, ohne dabei die zahlreichen Störfaktoren von außen oder den thermischen Effekten am Gebäude Beachtung zu schenken. Die häufigsten Interpretationsfehler, die in der Praxis auftreten, sind:

- Bei Messung hinterlüfteter Fassaden von außen: „... keine Besonderheiten zu erkennen ...“
- Wärmestau an Dachüberständen: „... der Dachkasten ist nicht oder mangelhaft isoliert ...“
- Kalte Dächer und Fenster aufgrund der Reflexion der kalten Umgebungsstrahlung (Himmel): „... Dächer und Fenster sind besser isoliert als die Fassade ...“
- Abkühlung der Fassade durch Wind und/oder Regen: „... Fassadenbereiche haben bessere Dämmeigenschaften als andere ...“
- Erwärmung von Bauteilen durch Sonneneinstrahlung: „... an den Bauteilen geht mehr Wärme verloren ...“
- Geometrisch bedingte Wärmebrücken, wie Innenecken, deren wärmeabstrahlende Fläche kleiner als die wärmeaufnehmende ist (bei Außenecken ist es umgekehrt), werden als Bauschäden interpretiert

Thermografie im Innenbereich: Zur detaillierten Untersuchung von Bauteilen bedient man sich bevorzugt der Innenthermografie. Es bestehen hier keine direkten klimatischen Einflüsse auf die zu untersuchende Oberfläche. Die Auswirkungen auf das thermische Verhalten eines Bauteils kommen auf dessen Innenseite mehr oder weniger abgeschwächt zur Wirkung. Hinterlüftete Dachausbauten und Fassaden können auf ihre Dämmwirkung und Luftdichtigkeit nur von innen untersucht werden, da auf der luftzirkulierenden Seite Wärmeverluste direkt an die am Bauteil vorbeiströmende Luft abgegeben werden und somit eine örtliche Zuordnung der Fehlstellen unmöglich ist.

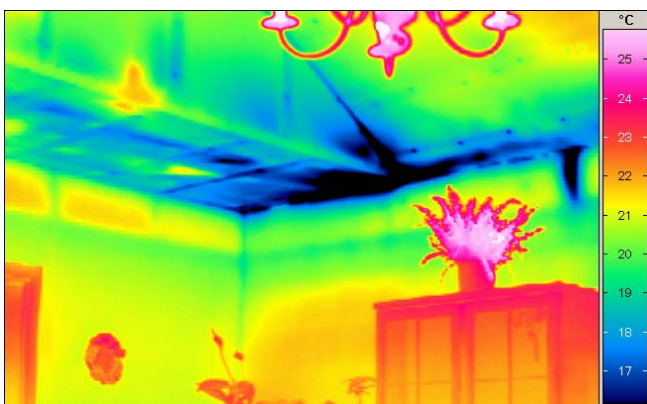


Bild 3: Innenthermografie – Wärmebrücken an einer Leichtbau-Deckenkonstruktion erkennbar

Gebäudethermografie – ein effektives Verfahren zur Kontrolle der Bauausführung

Die im Bauwesen am häufigsten auftretenden wärmetechnischen Baumängel, welche auch zu Bauschäden führen können, stellen zweifelsohne die Wärmebrücken dar. Das sind örtlich begrenzte Stellen mit gegenüber den umgebenden Bereichen erhöhtem Wärmedurchgang. Sie sind nicht nur für erhöhte Energieverluste verantwortlich, sondern auch für Tauwasserbildung und letztendlich für Schimmelpilzbefall. So kann unter bestimmten Umständen die am betroffenen kalten Bauteil vorbeiströmende warme Raumluft bis zur Taupunkttemperatur abgekühlt werden. Infolge der Kondensation schlägt sich Feuchtigkeit nieder und bietet die Voraussetzung für Schimmelpilzbefall.

Der gleiche Effekt kann bei Luftundichtigkeiten insbesondere im Fugenbereich von Leichtbau-Außenwänden auftreten. Die warme Raumluft wird über luftundichte Bauteile auf die kalte, ungedämmte Seite befördert. Dabei kann warme, mit viel Wasserdampf angereicherte Luft soweit heruntergekühlt werden bis sich Tauwasser niederschlägt. Besonders Konstruktionselemente aus Holz können hierbei langfristig zerstört werden. Die Luftdichtigkeitsprüfung erfolgt in der Regel in Verbindung mit dem Blower-Door-Verfahren im Inneren des Gebäudes.

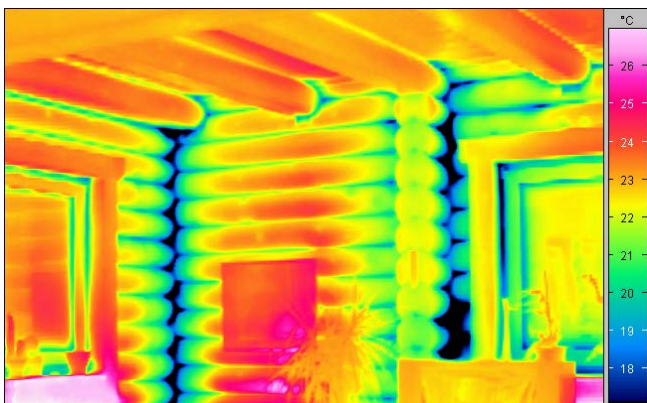


Bild 4: Innenthermografie – Erkennung von Luftundichtigkeiten in einem Holzblockhaus

Neben der quantitativen Untersuchung bietet die qualitative thermografische Untersuchung unter bestimmten Voraussetzungen die Möglichkeit, verdeckte Rohrleitungen, Leckagen an Heizleitungen oder auch die Lage von verdeckten Konstruktionselementen zu orten. Hierbei wird der Einfluss der unterschiedlichen Wärmewiderstände und Wärmekapazitäten der zu ortenden Objekte auf den Wärmedurchgang bzw. die Tatsache, dass die zu ortenden Objekte Wärmequellen oder Wärmesenken sind, genutzt.

Gebäudethermografie – ein effektives Verfahren zur Kontrolle der Bauausführung

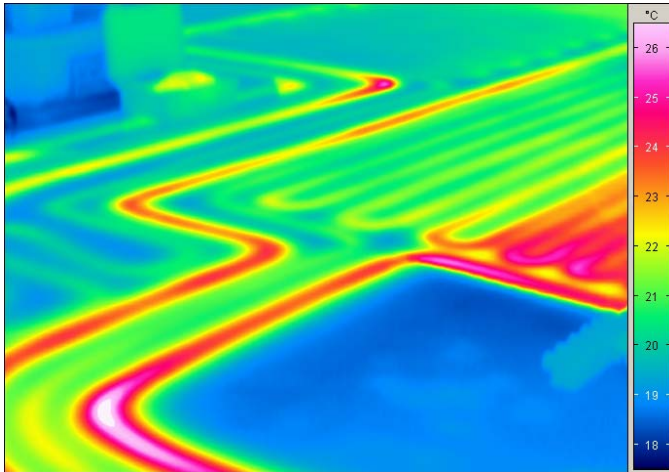


Bild 5: Ortung der Lage und Dichte der verlegten Heizleitungen einer Fußbodenheizung

5. Besonderheiten bei der Auswahl geeigneter Kameratechnik

Die wichtigsten Leistungsmerkmale einer Thermografiekamera für Gebäudeuntersuchungen stellen das thermische und geometrische Auflösungsvermögen, die Messgenauigkeit und Bildhomogenität, sowie die Ausstattungsmerkmale und das Handling dar.

So wird die Eigenschaft der thermischen Empfindlichkeit insbesondere durch die Qualität des Infrarot-Detektors und der -Optiken beeinflusst. Moderne, qualitativ hochwertige Kameratechnik kann bereits Temperaturdifferenzen von 0,03 K auflösen und somit geringste Unterschiede in der Bauteilabstrahlung sicher detektieren. Neben einer überzeugenden Bildqualität ermöglicht solche Kameratechnik darüber hinaus eine jahreszeitunabhängigere Nutzung auch bei geringeren Wärmeströmen und damit eine schnellere Amortisierung der Investitionskosten.

Eine Besonderheit bei der Messung der Gebäude von außen sind geometrisch bedingte Messfehler, die häufig erst bei näherer Betrachtung der Thermogramme als solche erkannt werden. Diese entstehen durch das oftmals stark eingeschränkte geometrische Auflösungsvermögen der verwendeten Thermografiekameras. So müssen derzeit noch Nutzer von Standard-Thermografiekameras mit einer Bildauflösung von lediglich (320 x 240) IR-Pixeln auskommen. Steht nun die Aufgabe, beispielsweise ein Einfamilienhaus von 12 m Breite und 9 m Höhe formatfüllend mit einer Aufnahme zu thermografieren, so ergeben sich Pixelgrößen von ca. 4 cm. In Anbetracht des Sachverhaltes, dass zur Messung der Absoluttemperatur jedoch mindestens 3 IR-Pixel für das zu messende Detail zur Verfügung stehen müssen, ergibt sich bei der Nutzung solcher Technik eine messbare Geometrie von mindestens (12 x 12) cm. Zur quantitativen Erfassung von Schwachstellen kleiner als 12 cm, wie beispielsweise Wärmebrücken durch Dübel von Dämmplatten oder Mörtel- und Anschlussfugen, sind daher mehrere Einzelaufnahmen pro Fassadenseite erforderlich. Bei Einsteigerkameras mit einer Bildauflösung von (160 x 120) IR-Pixeln vervierfacht sich mindestens der Aufwand. Modernste Profikameras, die sogar schon Bildformate mit MegaPixel-Auflösung erreichen, bieten hingegen genügend Detailschärfe bereits mit einer Aufnahme und

Gebäudethermografie – ein effektives Verfahren zur Kontrolle der Bauausführung

ermöglichen so eine enorme Zeitersparnis. Demnach ersetzt ein mit einer MegaPixel-Infrarotkamera aufgenommenes Thermobild 16 Teilaufnahmen, die mit einer herkömmlichen Kamera mit (320 x 240) IR-Pixel erstellt wurden. Ein nachträgliches Zusammenfügen dieser Teilbilder zu einem Gesamtbild entfällt.

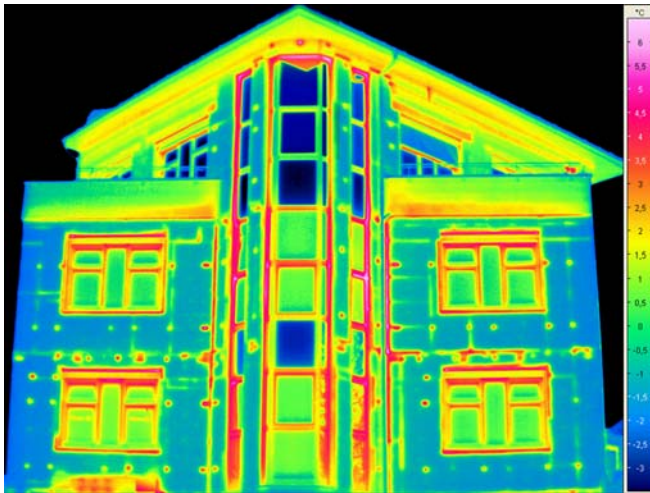


Bild 6: Außenthermografie einer gedämmten Neubaufassade, schlecht verarbeitete Dämmplatten und Dübel als Wärmebrücken erkennbar, unkorrigierte Fenster zeigen den Effekt der Störstrahlung des kalten Himmels

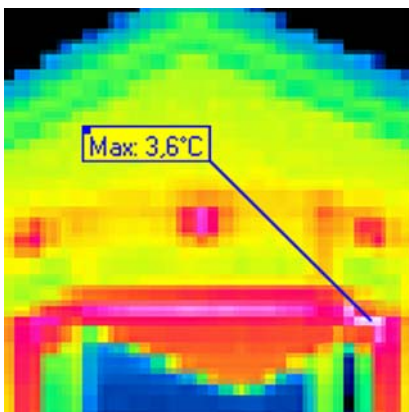


Bild 7: digital gezoomter Bildausschnitt aus einer Thermografieaufnahme (Motiv wie Bild 6) mit einem Bildformat (320 x 240) – geometrisch bedingter Messfehler aufgrund zu geringer Pixelauflösung für das untersuchende Detail

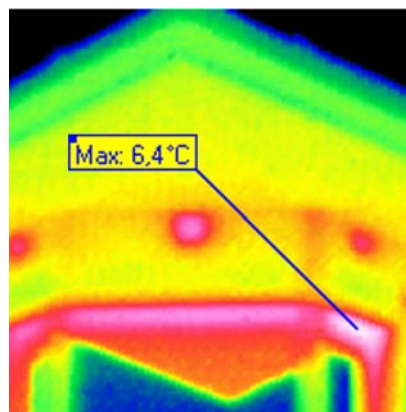


Bild 8: digital gezoomter Bildausschnitt aus einer Thermografieaufnahme (Motiv wie Bild 6) mit einem Bildformat mit Megapixelauflösung (1.280 x 960) – exakte Temperaturmessung für das untersuchende Detail möglich

Gebäudethermografie – ein effektives Verfahren zur Kontrolle der Bauausführung

Interne Kalibrieralgorithmen sollen dafür sorgen, dass die Kamera wiederholgenaue Messergebnisse liefert, egal unter welchen Umgebungstemperaturen sie Anwendung findet – bei Messungen im Außen- oder auch im Innenbereich der Gebäude. Genau in diesem Punkt sind die Qualitätsunterschiede der verschiedenen, am Markt angebotenen Kameras enorm. Nicht alle haben die Bezeichnung Messgerät verdient. Zahlreiche kamerainterne Anzeige- und Analysemöglichkeiten, wie Differenzbild, Isothermendefinition (Taupunktanzeige), automatische Max./Min.-Anzeige, Auswahl von alternativen Farbpaletten usw. erleichtern ein erstes Bewerten der Gebäude vor Ort. Eine integrierte Videokamera zur gleichzeitigen Speicherung eines visuellen Bildes sowie eine bildsynchrone Sprachkommentaraufzeichnung sind hilfreiche Funktionen gerade bei der Thermografie im Innenbereich, da das Thermobild den Aufnahmeort aufgrund oftmals sehr kleiner Bildausschnitte nicht mehr eindeutig wiedererkennen lässt.

Anforderungen an die Gerätetechnik

- Möglichst hohe thermische Auflösung, um auch bei geringen Wärmeströmen sicher arbeiten zu können
- Hohe geometrische Auflösung, um das Risiko von geometrischen Messfehlern und die Messzeit zu minimieren
- Geringes Rauschen und hohe Bildhomogenität für bessere Bildqualität, besonders bei geringen Temperaturdifferenzen
- hohe Mess- und Wiederholgenauigkeit; besonders Messungen bei stark schwankenden Umgebungstemperaturen stellen eine hohe Herausforderung an die Kameratechnik dar
- Temperaturbereiche von möglichst ab $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, um auch die sehr kalte Himmelstrahlung erfassen zu können
- Sucher und LCD-Display für gleichzeitige Betrachtung durch mehrere Beobachter
- gute Handhabbarkeit
- robuster Aufbau, „baustellentauglich“

Gerade die Untersuchung der wärmeabstrahlenden äußeren Gebäudehülle stellt besonders hohe Anforderungen an das Leistungsvermögen einer Thermografiekamera dar

6. Praktische Hinweise zur Durchführung und Protokollierung der Messungen

Die Aufnahme des Gebäudes von außen sollte vorzugsweise senkrecht zur Wandoberfläche erfolgen, um Verzerrungen zu minimieren und gleich große Messflecke über die gesamte Bildfläche zu erhalten. Zudem bestimmt der Blickwinkel der Kamera zur Fassade die Reflexionsebene und damit die Intensität bzw. den Einfluss der Störstrahlung. Die Einstellung des Temperaturmaßstabes („Farbeinstellung“) an der Kamera sollte auf den jeweiligen Objekinhalt angepasst werden. Es kommt in der Praxis häufiger vor, dass geringe Temperaturunterschiede gerade von Laien überinterpretiert werden, vor allem, wenn der Farbdarstellungsbereich auf einen sehr kleinen Temperaturbereich verteilt wird. Deshalb ist es empfehlenswert, Farbverteilungen zu verwenden, die intuitiv verstanden werden. Zur besseren Vergleichbarkeit der Thermogramme untereinander sollten alle Objekte auf gleichem Temperaturniveau mit einer einheitlichen Farbverteilung und Temperaturfarbpalette dargestellt werden. Auf dem Messprotokoll ist

Gebäudethermografie – ein effektives Verfahren zur Kontrolle der Bauausführung

in jedem Fall die Angabe der Kameradaten, die Aufnahmezeit sowie der herrschenden Umweltbedingungen erforderlich, um ein Bezweifeln der Messungen auszuschließen.

Viele moderne Thermografiekameras sind Dank zahlreicher Automatikfunktionen – wie Autofokus und automatischer Bildanpassung an die aufzunehmende Szene – dem geringem Gewicht und intuitiver Bedienkonzepte sehr leicht zu handhaben. Eine spezielle Schulung zur Bedienung ist oftmals gar nicht notwendig oder beschränkt sich auf eine Kurzeinweisung. Hingegen sind strahlungsphysikalische und messtechnische Grundkenntnisse des Nutzers erforderlich, um die zahlreichen Fehlerquellen dieses Verfahrens, sei es die Nutzung der geforderten Messbedingungen, ein optimaler Kamerastandort zur Kompensation von Störstrahlung oder die Vermeidung geometrisch bedingter Messfehler, zu erkennen. Die wichtigen Grundkenntnisse zum Messverfahren sowie weiterführende Fachkenntnisse werden von einigen Herstellern in speziellen Schulungen turnusmäßig angeboten.

7. Auswertesoftware für die Gebäudethermografie

Die vor Ort gespeicherten Thermografiedaten können mit professioneller Thermografiesoftware sehr effizient analysiert und dokumentiert werden. Diese Analyse reicht von der nachträglichen Korrektur des Emissionsgrades inkl. Berücksichtigung der Umgebungstemperatur, dem Definieren beliebiger Messstellen (z. B. Punkte, Profile und Polygone), bis zur nachträglichen Optimierung der Farbuordnung.

Darüber hinaus ermöglicht das speziell für die Gebäudethermografie entwickelte Softwaretool FORNAX unter Nutzung implementierter Klima- und Stoffdatenbanken umfassende, effektive Bauschadensanalysen, wie die Ermittlung der Schimmelpilzgefährdung, Wärmestrom- und Energiekostenberechnung sowie die Ermittlung der Gefahr innerer Oberflächenkondensation.

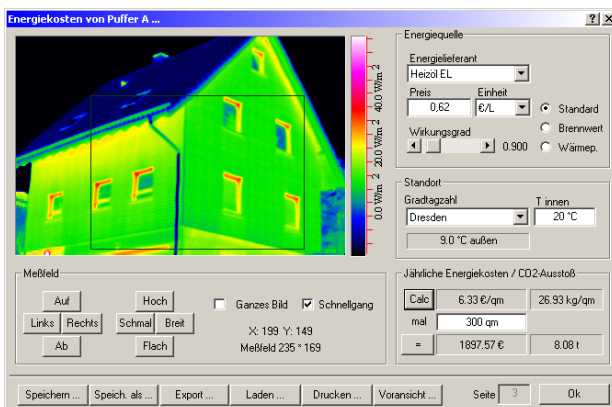


Bild 9: Ermittlung der Energiekosten unter Einbeziehung der realen Bauschäden des Gebäudes

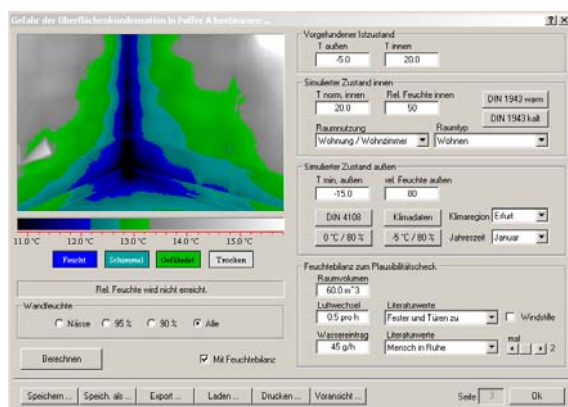


Bild 10: Ermittlung der Gefahr der Oberflächenkondensation

Gebäudethermografie – ein effektives Verfahren zur Kontrolle der Bauausführung

Mit FORNAX steht dem Thermografen ein Werkzeug zur Verfügung, welches in den häufig in der Praxis vorkommenden Anwendungsfällen effiziente Unterstützung bietet. Sie ermöglicht es, dass die Energieberatung mittels hochwertiger Thermografietechnik zu einem Preis angeboten werden kann, der für den Anbieter profitabel und für den Endkunden bezahlbar ist. Komplizierte Berechnungen, wie die Bestimmung des U-Wertes, können mit FORNAX so vereinfacht werden, dass die Thermografie in diesem Gebiet erfolgreich eingesetzt werden kann. Erfahrungsgemäß treten an Gebäuden bei thermografischen Untersuchungen von außen immer wieder dieselben bauarttypischen Merkmale auf, sodass diese katalogisiert werden konnten. Das eröffnet bei der Auswertung und Dokumentation ein großes Rationalisierungspotenzial.

8. Fazit

Die Vorbereitung der Gebäude, die Einhaltung der Messvoraussetzungen und Nachbereitung der Messergebnisse samt Korrekturaufwand erfordern einen nicht ganz unerheblichen Zeitaufwand. Mit der Thermografie werden nicht „nur mal schnell bunte Bilder“ erstellt, sie ist vielmehr ein Messverfahren, welches spezielle Kenntnisse des Anwenders voraussetzt. Belastbare energetische Gutachten von Gebäuden müssen sich demnach in einem dem Aufwand entsprechenden und für den Thermografen wirtschaftlichen Kostenrahmen bewegen.

Ein breites Angebotsspektrum verschiedener Thermografiekameras und Thermografie-Auswertesoftware bietet für jeden Anwender die passende Lösung. So genügen preiswerte Einsteigermodelle zur Erkennung grober Bauschäden. Sie erfordern aufgrund der verhältnismäßig geringen Bildauflösung einen recht hohen Zeitaufwand. Hingegen lassen professionelle Thermografiesysteme auch kleinere Schwachstellen deutlich erkennen, reduzieren den Zeitaufwand der Analysen vor Ort und erschließen weite Einsatzgebiete der Thermografie im Bauwesen. Welche der angebotenen Thermografiekameras zum Einsatz kommt, hängt maßgeblich von der jeweiligen Aufgabenstellung und dem angestrebten Nutzungsgrad ab. Der Einsatz professioneller Bauthermografiesoftware kann den Aufwand für die Auswertung und Dokumentation von Thermografieaufnahmen erheblich senken, sodass auch qualitativ hochwertige Messungen zu verhältnismäßig günstigen Preisen angeboten werden können.