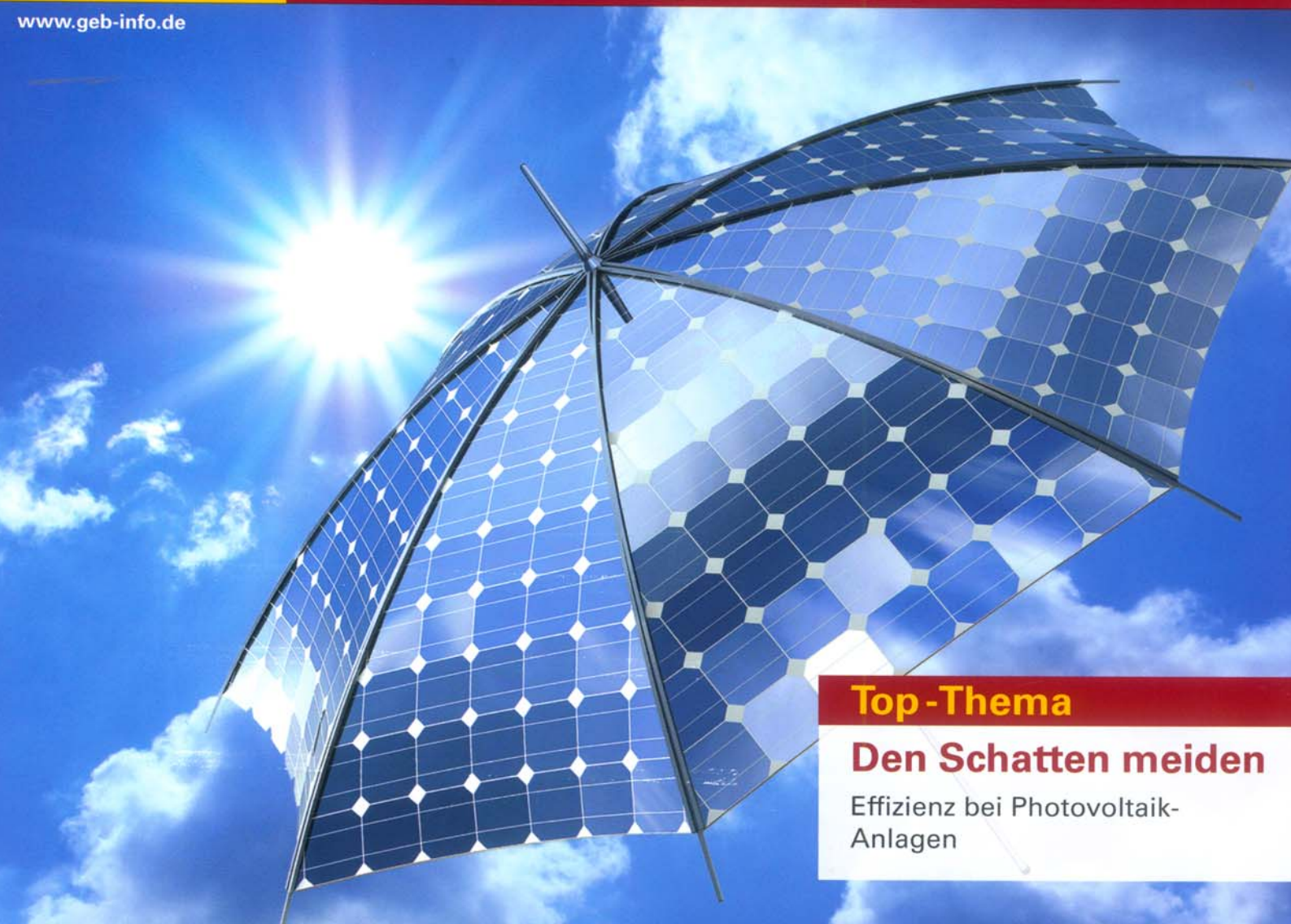
- Zur Notwendigkeit von Lüftungskonzepten
  Mehr Luft
- Die Energie aus dem Schmutzwasser nutzen
  Grauwärme
- Bauthermografie-Praxis
  Tipps & Tricks für Einsteiger
- Rechtliches zum Thema Dämmung
  Auf der sicheren Seite

69329
7. Jahrgang
Februar 2011
Gentner Verlag

02 | 2011

Gebäude Energie Berater

www.geb-info.de



Top-Thema

Den Schatten meiden

Effizienz bei Photovoltaik-Anlagen

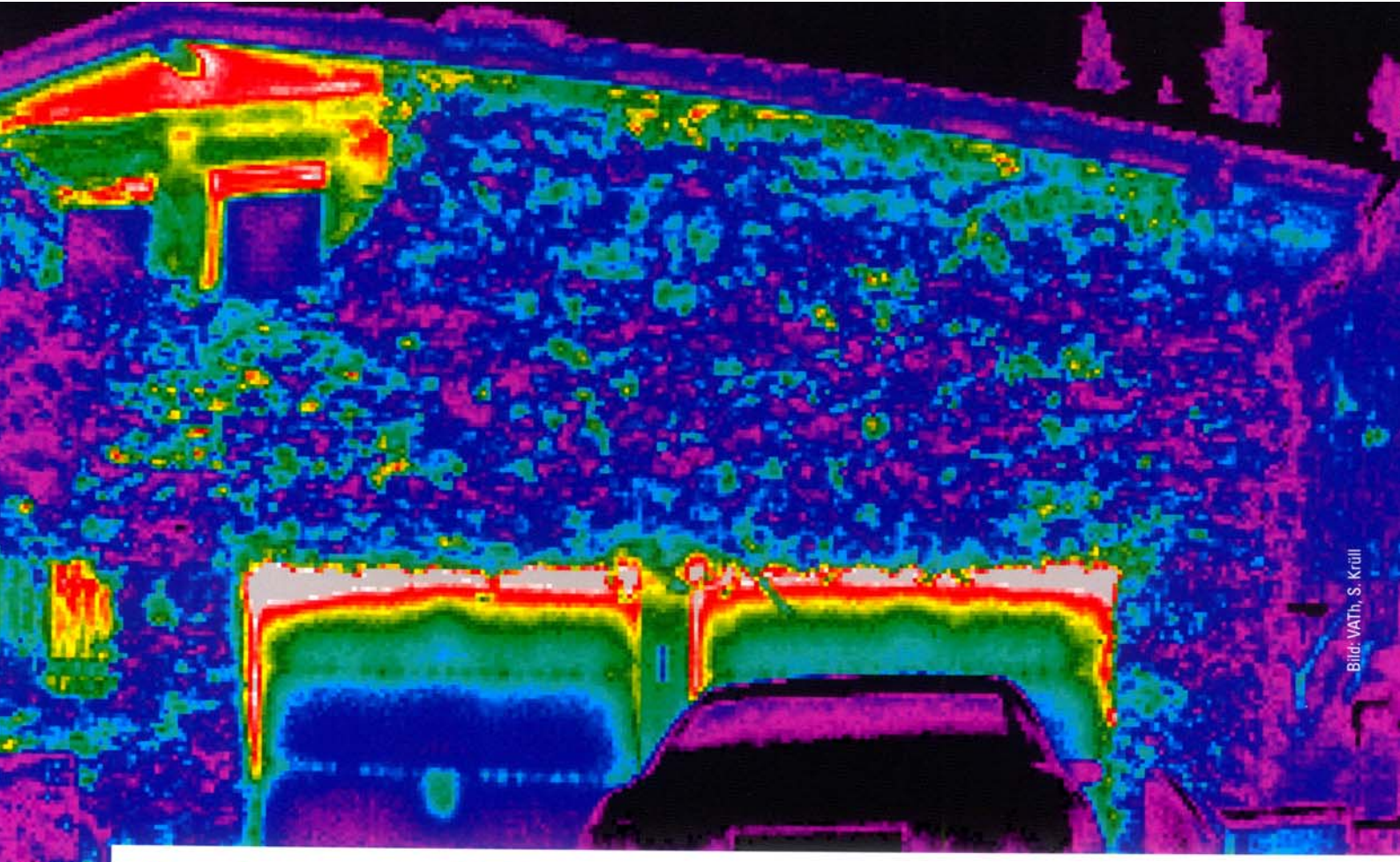


Bild: VATh, S. Krüll

Bauthermografie-Praxis:

Tipps & Tricks für Einsteiger

Die Bauthermografie ist keine Digitalfotografie. Häuser, Fassaden, Dächer und Fenster sind zudem schwierige Thermografie-„Motive", da zahlreiche Fehlerquellen bei der Aufnahme und Interpretation lauern. Worauf sollte man achten, damit aus bunten Bilder aussagekräftige Motive werden? Zudem: Was sollte ein Thermografie-Bericht enthalten, damit er sinnvolle Informationen weitergeben kann? Praktische Tipps & Tricks für Einsteiger lesen Sie in diesem Beitrag.

Thermografie-Dienstleistungen sind sehr beliebt und werden von vielen Anbietern durchgeführt. Thermogramme sehen nicht nur so aus wie Pop-Art-Gemälde – sie sind mittlerweile fast ebenso populär. Mit der Infrarotkamera aufgenommene Wärmebilder sind zu einem Synonym für energiebewusstes Bauen und Sanieren geworden. Wärmebrücken im Sockelbereich der Hausfassade, in den Heizkörpernischen, an Fensterlaibungen oder Rollladenkästen, Geschossdecken oder im Dachbereich decken Außen- oder Innenthermografien schonungslos auf. Doch „rot" oder „blau" müssen nicht immer gleich „schlecht" sein.

Besondere Baukonstruktionen, Materialien, Umwelt- oder andere Randbedingungen können eine korrekte Messung vereiteln und das Messergebnis verfälschen, weshalb die Aufnahme und Interpretation von Thermogrammen Expertenwissen voraussetzt. Andernfalls kann man schnell die falschen Schlüsse ziehen.

Welche Einflussfaktoren gibt es?

Aufgrund der komplexen Zusammenhänge spielen gleich mehrere Faktoren eine Rolle, wenn es gilt, Gebäude thermografisch korrekt zu erfassen: die Randbedingungen, die Kamera, das Messpersonal, das Messobjekt, die Aufnahme selbst sowie deren Auswertung und Interpretation. Eine gute Übersicht aller Aspekte und weitere Informationen enthält auch die neu aufgelegte Richtlinie zur Bauthermografie des Bundesverbands für angewandte Thermografie e.V. (kurz: VATh, PDF-Download unter www.vath.de, Rubrik „Richtlinien").

Randbedingungen

Zu den Grundvoraussetzungen korrekter bauthermografischer Aufnahmen zählt eine Temperaturdifferenz zwischen innen und außen von mindestens 15 Kelvin über einen Zeitraum von wenigstens 24 Stunden. Der Messzeitpunkt sollte so gewählt werden, dass eine mögliche vorhergehende Sonneneinstrahlung auf das

Messobjekt keinen Einfluss mehr auf das Messergebnis hat. Thermografen sollten folglich weder zu den Winter- noch Morgenmuffeln gehören, denn bauthermografische Untersuchungen werden am besten bei dicht bewölktem Himmel in den Wintermonaten November bis März und zu später Abend- oder in früher Morgenstunde durchgeführt. Alle Räume des Gebäudes sollten, je nach Bauart, über mehrere Stunden gleichmäßig beheizt werden, um möglichst homogene Messbedingungen zu schaffen.

Die Messung sollte ferner nicht durch Umwelteinflüsse wie Wind (Windgeschwindigkeit ab ca. 2 m/s), Regen, Schnee, Nebel etc. beeinträchtigt werden. In der Praxis ist es allerdings nicht immer möglich, optimale Umgebungsbedingungen abzuwarten. Sollten die Messaufgabe, Termine oder andere Umstände es erfordern, von obigen Regeln teilweise abzuweichen, muss dies bei der Auswertung berücksichtigt und im Messprotokoll dokumentiert werden.

Bild: Testo

1 Gebäudefassaden lassen sich nur von Fachleuten thermografisch korrekt erfassen, denn Fehlerquellen lauern buchstäblich an jeder (Haus-)Ecke

Bild: Flir

2 Die Thermografiekamera sollte für Gebäudeanalysen geeignet sein, d.h. beispielsweise über einen Temperaturmessbereich zwischen –20 °C und +120 °C sowie eine möglichst hohe Bildauflösung verfügen

Thermografiekamera

Richtiges Werkzeug ist auch bei der Bauthermografie Voraussetzung für gute Ergebnisse. Die Thermografiekamera sollte zunächst für Gebäudeanalysen geeignet sein, d.h. über einen Temperaturmessbereich zwischen - 20 °C und + 120 °C sowie einen Spektralbereich von 8 bis 14 µm verfügen. Der Detektor sollte mindestens eine Bildauflösung von 320 x 240 Bildpunkten haben. Die thermische Auflösung (NETD) sollte mindestens 0,1 Kelvin (bei 30 °C) betragen, bei einer Messgenauigkeit von ± 2 %. Präzisere Messergebnisse erhält man mit Kameras, die einen NETD-Wert von 0,06 Kelvin haben. Auch die geometrische Auflösung (IFOV) entscheidet über die Bildqualität – sie sollte kleiner als 3,3 mrad sein. Der IFOV-Wert ist allerdings abhängig vom aktuell eingesetzten Objektiv, das aufgabenbezogen durch ein Weitwinkel- oder Teleobjektiv austauschbar sein sollte. Bei einer optischen Vergrößerung des Bildfeldes (z.B. durch einen Weitwinkelvorsatz) verringert sich die geometrische Auflösung. Zu den Einstellmöglichkeiten einer IR-Kamera sollten mindestens eine präzise Eingabe des Emissionsgrades (materialspezifischer Wärmeabstrahl-Kennwert) sowie der reflektierten Temperatur gehören.

Bild: Stadtwerke Bochum

3 Thermografen sollten weder Winter- noch Morgenmuffel sein, denn ihre Arbeitszeiten beschränken sich auf die späten Abend- oder frühen Morgenstunden in den Wintermonaten November bis März

Messpersonal

Über die Qualität der Thermogramme entscheidet nicht nur die Kamera, sondern auch, wer sie bedient. Über die rein technische Bedienung hinaus muss die Messperson mögliche Fehlerquellen und Grenzen der Thermografie kennen sowie die Messergebnisse korrekt interpretieren können. Das setzt sowohl bei der Aufnahme als auch bei der Auswertung Kenntnisse aus den Bereichen Optik, Wärmestrahlung, Wärmeleitung, Messtechnik, Materialkunde, Baukonstruktion und nicht zuletzt der Bauphysik voraus. Personen, die Messungen und Auswertungen ohne Aufsicht durchführen, müssen zudem nach DIN 54162 / DIN EN 473 in den Stufen 2 oder 3 zertifiziert sein. Dazu sind entsprechende Schulungen und Zertifizierungsprüfungen Voraussetzung (siehe auch www.vath.de, Rubrik „Zertifizierung").

Messobjekt

Kenntnisse über die verwendeten Materialien und den konstruktiven Aufbau des jeweiligen Messobjekts sind unverzichtbar, denn sie helfen, thermische Auffälligkeiten korrekt deuten zu können. Verfügt ein Gebäude etwa über eine Vorhangfassade, Holz-Vorsatzschale, ein zweischaliges Mauerwerk oder über einen hinterlüfteten Dachaufbau, sind von außen keine thermografischen Analysen möglich, weil die Hinterlüftung mit Kaltluft einen konstanten Wärmetransport nach außen unterbindet. Auch die Gebäudeausrichtung, Hauptwindrichtung, die umgebende Bebebauung oder das Nutzungsprofil können bei der Bewertung und Interpretation hilfreich sein. Es ist deshalb sehr nützlich, wenn der Eigentümer/Mieter oder gar Planer bei der Messung/Auswertung dabei ist oder zumindest für Fragen zur Verfügung steht und ferner aktuelle Bestandsgrundrisse, Schnitte, Detailpläne und Baubeschreibungen eingesehen und für eine Verwendung im Thermografie-Bericht kopiert werden können.

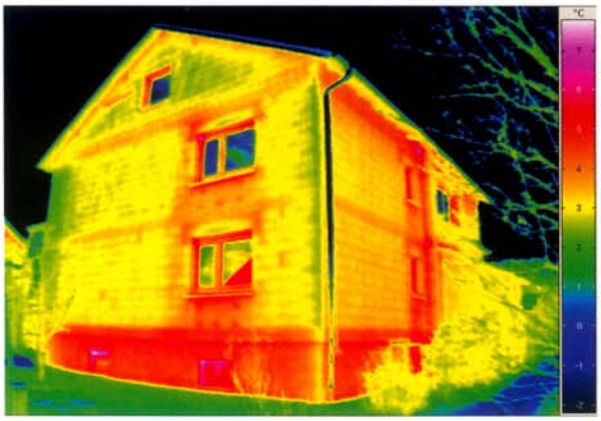


Bild: www.energieberatung-kuehne.de

4 Außenthermografien sollten, auch mit einer extrem guten Kamera, stets nur für eine erste Einschätzung genutzt werden

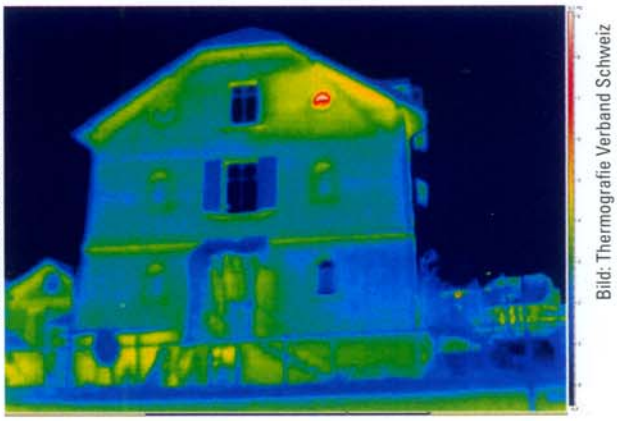


Bild: Thermografie Verband Schweiz

5 Ungleichmäßig beheizte Räume können zu Fehlschlüssen führen

Aufnahme

Um ein Gebäude thermografisch erfassen zu können, sind gleich mehrere Aufnahmen erforderlich. Thermische Schwachstellen lassen sich nur durch eine Kombination aus Außen- und Innenthermografie aufdecken. Während Außenaufnahmen eher eine erste Orientierung und Einschätzung ermöglichen, lassen sich viele bauphysikalische Probleme nur durch eine Innenthermografie aufdecken. Da, wie erwähnt, hinterlüftete Fassaden- oder Dachkonstruktionen keine zuverlässigen Temperaturwerte liefern, muss man sich häufig fast vollständig auf Innenaufnahmen verlassen.

Auch anderen Fehlerquellen kann nur durch die genaue Kenntnis des baukonstruktiven Objektaufbaus vorgebeugt werden, ebenso wie baulicher Besonderheiten. Bestimmte bauliche Unzulänglichkeiten wie etwa Luftundichtigkeiten der Dachkonstruktion bei ausgebauten Dachgeschossen, von Fassaden-, Fenster- oder Türkonstruktionen, Durchdringungen, Anschluss- und Eckdetails lassen sich am besten mit einer kombinierten Blower-Door und Thermografie-Messung lokalisieren.

Auch eine Leckageortung bei Dampfbremsen und Sperrschichten sowie eine genaue Ortung und Eingrenzung notwendiger Sanierungsmaßnahmen beschleunigt der gemeinsame Einsatz dieser Messwerkzeuge. Ganz wichtig ist auch die Fokussierung. Zwar lassen sich bei Thermogrammen ungünstige Kameraeinstellungen per Software bis zu einem gewissen Grad nachträglich ausbügeln. Nicht korrigiert werden können aber eine mangelnde Fokussierung sowie die Messung verfälschende Randbedingungen (s.o.). Zu jeder Thermografie-Aufnahme sollte parallel auch ein Digitalkamera-Foto (Tageslichtaufnahme) angefertigt werden, um später bei der Auswertung der Thermogramme lokalisierte Schwachstellen und Leckagen einfacher zuordnen zu können. Als Zeitaufwand müssen für eine fachgerechte thermografische Untersuchung eines durchschnittlichen Einfamilienhauses mindestens 2 Stunden vor Ort und weitere 6 bis 8 Stunden für die Auswertung und Berichterstellung im Büro einkalkuliert werden.

Auswertung

Schon während der Messung vor Ort sollten Thermogramme vorab begutachtet werden, um einen ersten Eindruck vom Messobjekt zu erhalten, für eine Plausibilitätsprüfung etc. Für diese erste Vor-Ort-Auswertung halten aktuelle Kameras zahlreiche Funktionen vor, mit denen sowohl das aktuelle als auch alle bereits aufgenommenen und im Bildspeicher befindlichen Thermografiebilder vorab ausgewertet werden können. Zu den geräteabhängigen Auswertefunktionen zählen die Anzeige der Temperaturskalierung, die Position und der Wert der Min-/Max-Temperatur, wahlweise die Cursor-/Multipunkt-/Multigebietstemperatur, eine Isothermendarstellung und andere. Die eigentliche Auswertung mithilfe der zum Lieferumfang gehörenden Auswertesoftware (siehe auch GEB 3/10, Seite 44 bis 49) oder einer optionalen, speziell für die Gebäudeanalyse konzipierten Software erfolgt in der Regel im Büro.

Die Auswertesoftware kann Thermogramme am PC-Monitor anzeigen, modifizieren, optimieren, organisieren, analysieren, Digitalfotos gegenüberstellen

@ INFOLINKS

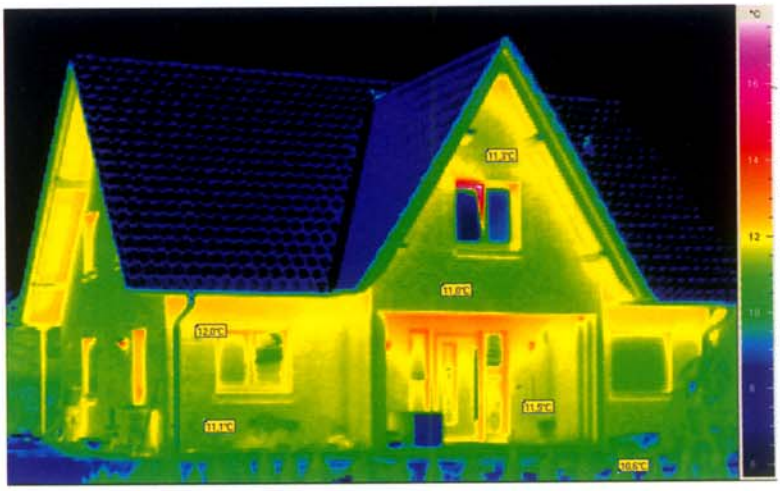
Weitere Infos im Netz*

- **Thermografie Verband Schweiz**
  www.thech.ch
- **Österreichische Gesellschaft für Thermografie**
  www.thermografie.co.at
- **Bundesverband für angewandte Thermografie**
  www.vath.de
- **Thermografie-Praxistipps**
  www.world-of-thermography.com/de/wissen

* Auswahl, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, Stand: 1/11

Weitere Praxistipps, Informationen zu Fachliteratur sowie eine Auswahl an Kameraherstellern können Sie im Internet unter www.geb-info.de abrufen. Geben Sie hierfür auf der Startseite den **Webcode 1036** ein.

bzw. mit diesen überlagern und zu einem nachvollziehbaren Thermografie-Bericht zusammenstellen. Sogenannte ROIs (Regions of Interest), das sind im Thermogramm mithilfe von Punkten, Linien oder Flächen definierte Messbereiche, können in Form von Messreihen und Diagrammen ausgewertet werden. 2D- oder 3D-Profildiagramme geben dabei den Temperaturverlauf entlang einer Linie oder einer Fläche an, Histogramme zeigen die Häufigkeitsverteilung von Temperaturwerten etc. Sind bauphysikalische Kenngrößen, Material- und Klimadaten bekannt, können Kondensationspunkte und damit schimmelgefährdete Stellen an Gebäuden lokalisiert werden. Besonders wichtige Bereiche im Thermogramm lassen sich mit Hinweispfeilen oder anderen Markierungen hervorheben und beschriften, ferner können Thermogramme, Tabellen und Diagramme mit individuellen Kommentaren versehen werden. All diese Komponenten lassen sich zu einem ausführlichen Thermografie-Bericht zusammenstellen, den man als DOC- oder PDF-Datei exportieren und ausdrucken kann.

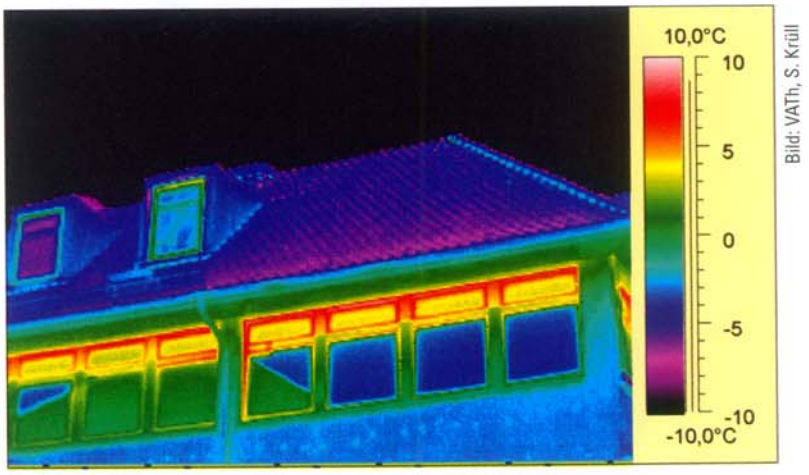


6 Deutlich zu erkennen: „Normaler" Wärmestau an einem gut gedämmten Neubau unter Gebäudevorsprüngen, Dachüberständen, in Laibungen etc.

Interpretation

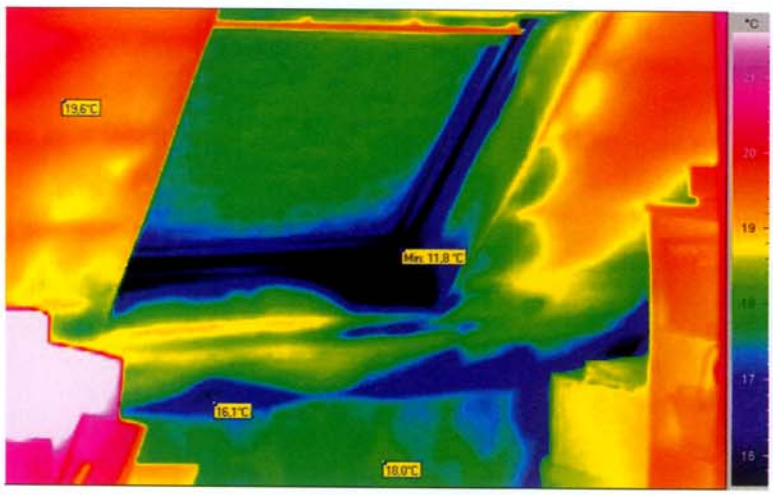
Die Interpretation von Thermogrammen ist wohl der heikelste Teil der Bauthermografie, da sie viel Erfahrung und eine Verknüpfung des Know-hows aller unter „Messpersonal" genannten Disziplinen erfordert. Thermogramme liefern nur jeweils eine Momentaufnahme der Oberflächentemperaturverteilung eines Gebäudes, die von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren beeinflusst wird. So kann das Thermogramm einer scheinbar schlecht gedämmten Außenfassade sich bei näherer Betrachtung der äußeren Umstände schnell als eine Momentaufnahme einer von der Sonne aufgeheizten Südfassade erweisen und rote Bereiche nur ihr Abstrahlverhalten wiedergeben.

Ebenso können dunkelblaue Fensteröffnungen in den Obergeschossen nicht etwa auf besser gedämmte Fenster hinweisen, sondern lediglich die Reflexion des kalten Nachthimmels im Glas der Fenster wiedergeben. In jedem Fall sollten deshalb zur Interpretation alle verfügbaren Informationen wie Baupläne und Baubeschreibungen, Digitalfotos, aber auch die Gebäudeausrichtung, Sonneneinstrahlung, Hauptwindrichtung, die umgebende Bebebauung, das Nutzungsprofil und andere Faktoren berücksichtigt werden. In kniffeligen Fällen ist nicht selten geradezu kriminalistischer Spürsinn erforderlich und selbst Profis können danebenliegen, wenn nicht alle relevanten Eckdaten bekannt sind, respektive nicht ausreichend berücksichtigt werden. Die Interpretation ist kein Selbstzweck, weshalb ihr in der Regel Ratschläge und Hinweise folgen sollten, wie mögliche Probleme abgestellt werden können. Erst nach einer gründlichen Analyse aller Messergebnisse, der bauphysikalischen Verhältnisse und der Gebäudekonstruktion sollten Vorschläge zur Problembeseitigung gemacht und für das jeweilige Gebäude sinnvolle Energiesparmaßnahmen beschlossen werden.



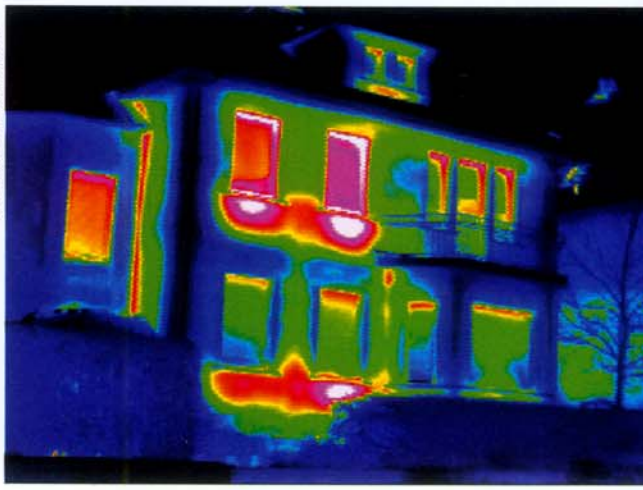
7 Vorsicht bei Dach-Außenthermografien: ein hinterlüfteter Dachaufbau sowie Reflexionen auf den Dachflächen und in den Fenstern lassen keine zuverlässigen Temperaturaussagen zu

Bild: Verband Privater Bauherren/Regionalbüro Emsland



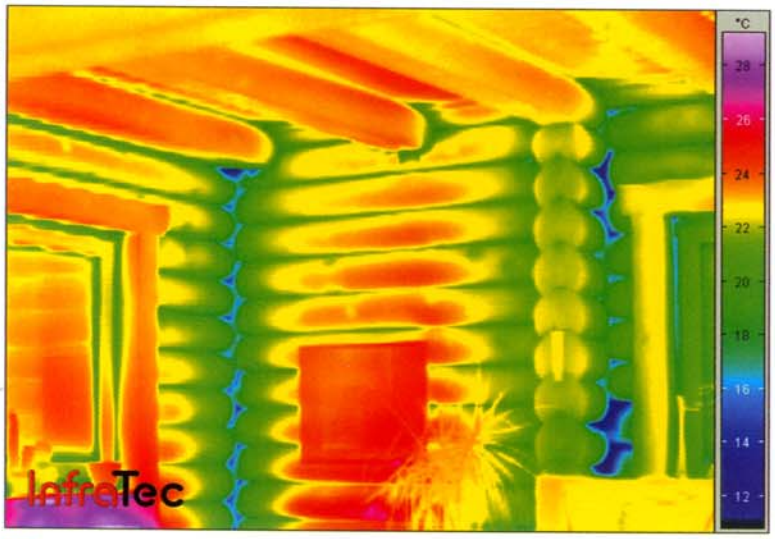
8 Deshalb müssen (nicht nur im Dachbereich) Außen- durch Innenthermografien ergänzt werden

Bild: Stadtwerke Bochum



9 Weist das Bild große Farb- sprich Temperaturdifferenzen auf, ist bei der Auswertung Vorsicht geboten

Bild: InfraTec



10 Besonders deutlich werden Undichtigkeiten im Innenbereich (eines Holzblockhauses) durch eine kombinierte Blower-Door und Thermografie-Messung

Perfekte Thermogramme Schritt für Schritt

Dar perfekte Thermobild gibt es nicht! Aber mit der richtigen Kameraeinstellung kann man viel tun, damit es gut wird. Die erste Hürde ist die richtige Einstellung des Emissionsgrades und der reflektierten Temperatur. Während die Einstellung des Emissionsgrades im Baubereich relativ unproblematisch ist, ist die Einstellung der reflektierten Temperatur (RTC-Wert) schon etwas schwieriger. Zwar kann der Emissionsgrad global, bereichsweise oder punktuell auch nachträglich über die Auswertesoftware modifiziert werden, ein unscharfes Wärmebild, ein zu großer/zu kleiner Messabstand oder ein zu großer Messfleck, Störungen in der Übertragungsstrecke (Luftverunreinigung, Abdeckungen etc.), Störstrahlungen (Sonnenstrahlung, Leuchten, Heizungen etc.) oder Reflexionen lassen sich nachträglich nicht mehr rückgängig machen. Für eine exakte Messung sollte das Messobjekt (z.B. ein Fassadendetail) etwa drei Mal so groß sein, wie das durch den IFOV-Wert vorgegebene kleinste erkennbare Objekt. Für einen IFOV-Wert von 3,3 mrad ergibt sich beispielsweise eine Messfleckgröße von etwa 10 x 10 cm.

Da für diese Abhängigkeiten zusätzlich auch das aktuell verwendete Objektiv relevant ist, bieten Kamerahersteller für die Berechnung der Größe des kleinsten zu messenden Objekts in Abhängigkeit vom Messabstand teilweise auch Rechenhilfen an. Wichtig ist die Wahl des richtigen Bildausschnitts, und eine richtige Fokussierung des Wärmebildes auf den messtechnisch relevanten Bereich. Den richtigen Bildausschnitt kann man sowohl durch den Abstand zum Messobjekt als auch durch die Verwendung von Normal-, Weitwinkel- oder Teleobjektiven wählen. Viele Kameras verfügen über einen zusätzlichen Automatik-Fokus – präziser ist meist jedoch die manuelle Einstellung. Für exakte Detailmessungen aus größerer Entfernung empfiehlt sich die Verwendung eines Stativs. Wichtig für die optimale Darstellung des Thermogramms ist die Wahl einer geeigneten Farbpalette, mit der das Wärmebild kontrastreich dargestellt und so leichter interpretierbar wird. Damit Temperaturunterschiede richtig zur Geltung kommen, muss zusätzlich die Temperaturskala, respektive Temperaturabstufung, manuell angepasst werden. So werden thermische Schwachstellen besser erkennbar und man kann noch vor Ort entscheiden, welche Stellen gegebenenfalls genauer untersucht werden müssen.

Thermografie ist nicht alles

Zweifellos ist die Thermografie inzwischen unverzichtbar, denn sie ermöglicht mithilfe einer zerstörungsfreien Messung Energie zu sparen und Werte zu erhalten. Ohne Fachwissen können Thermogramme allerdings zu Fehlschlüssen führen. Von unseriösen Anbietern können sie sogar bewusst zur Täuschung von Hauseigentümern missbraucht werden, um ihnen eine gewünschte Entscheidung abzuringen. Thermografie-

kameras gehören daher in seriöse Expertenhände. Aber auch sie sind kein Allheilmittel. In vielen Fällen reicht ein einziges Messverfahren nicht aus, um bestimmte Messaufgaben korrekt und erfolgreich zu erledigen. Deshalb sollten in Zweifelsfällen stets ergänzende Messverfahren hinzugezogen werden, um thermografische Messungen überprüfen und reproduzieren zu können – etwa Messgeräte zur Bestimmung der Luft- und Bauteilfeuchte, der Luftgeschwindigkeit, Datenlogger etc.

Das sollte ein Bericht enthalten

Ein Thermografie-Bericht macht Messungen, deren Auswertung und Interpretationen transparent, nachvollziehbar und für Laien verständlich. Nur damit erhält der Kunde aussagekräftiges Material über den energetischen und bauphysikalischen Zustand seines Hauses – eine knapp kommentierte Sammlung bunter Bilder genügt da bei weitem nicht. Grundsätzlich hängen Struktur, Inhalt und Umfang eines Thermografie-Berichts von der konkreten Aufgabe ab. Folgende Informationen sollte ein Thermografiebericht aber in jedem Fall enthalten, andernfalls ist die Dokumentation unvollständig: die Aufgabenstellung, den Auftraggeber/-nehmer und die Teilnehmer, ferner Klimadaten (Innen-/Außentemperatur, Wetter, Sonneneinstrahlung, Wind etc.), Objektdaten (Adresse, Gebäudetyp, einen Lageplan mit Himmelsrichtung, die Konstruktionsweise und Materialien der Gebäudehülle, das Gebäudealter, ggf. durchgeführte Renovierungsarbeiten, Heizsystem), Messgeräte-Daten (Hersteller, Gerätemodell, Serien-Nummer, ferner: wichtige IR-Kameradaten), Bildinformationen zu jedem Thermogramm (Datum und Aufnahmezeit, Farbpalette mit Temperaturskala, Emissionsgrad, die reflektierte Temperatur, Objektentfernung etc.

Zur besseren Orientierung sinnvoll ist ein im Grundriss eingetragener Aufnahmestandpunkt mit Blickrichtung. Jedes Thermogramm sollte ferner durch ein Digitalkamera-Foto ergänzt werden. Wesentlich ist eine Auswertung der Thermogramme mit individueller Erläuterung und Bewertung. Bei Problembereichen (Wärmebrücken, feuchte Stellen etc.) sollten passende Vorschläge zu deren Beseitigung enthalten sein. Eine auf die Aufgabenstellung bezogene Schlussfolgerung und Zusammenfassung sollte den Thermografie-Bericht abschließen. Bei längeren Berichten ist ein Inhalts- und Stichwortverzeichnis sinnvoll.

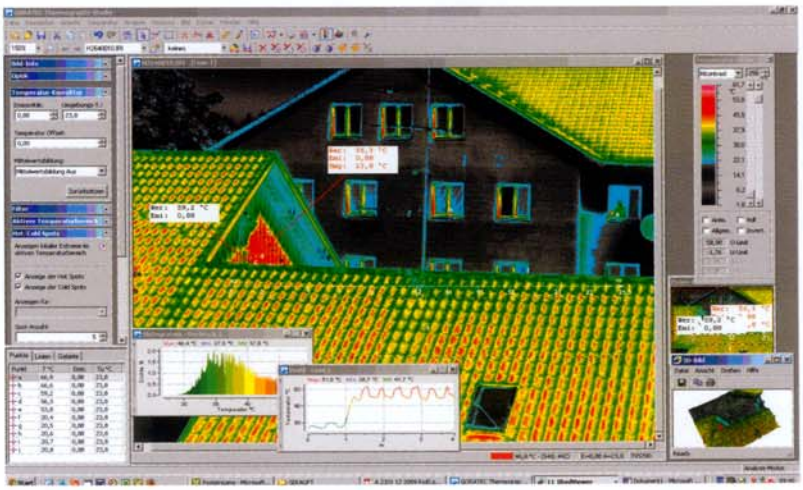


Bild: Goratec

11 Im Lieferumfang enthaltene oder speziell für die Gebäudeanalyse konzipierte Auswertungssoftware rationalisiert das Erstellen von Thermografie-Berichten

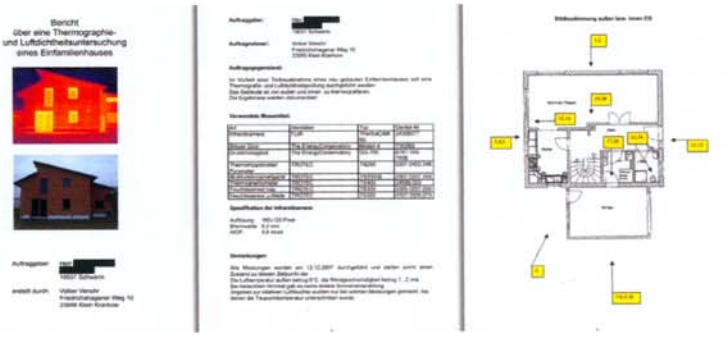


Bild: Volker Venohr

12 Die Berichte sollten neben Thermogrammen, Digitalfotos, Messwerttabellen oder Bildkommentaren auch Projekt-, Objekt- und Messgerätedaten sowie Aufnahmestandpunkte und Blickrichtungen enthalten

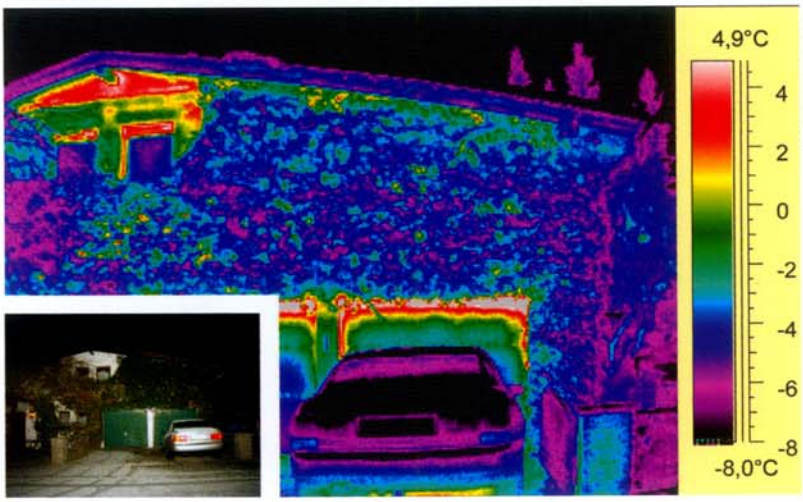


Bild: VATh, S. Krüll

13 Das Nachtfoto bringt es an den Tag: Das starke „Bildrauschen" ist nicht etwa kamerabedingt, sondern liegt am Pflanzenbewuchs der Hausfassade

AUTOR

Dipl.-Ing. Marian Behaneck war nach dem Architekturstudium und freier Mitarbeit bei mehreren Architekturbüros 14 Jahre in der Dokumentation, Marketing und PR der Bausoftware-Branche tätig. Er ist Fachautor zahlreicher Publikationen zu Hardware, Software und IT im Baubereich.