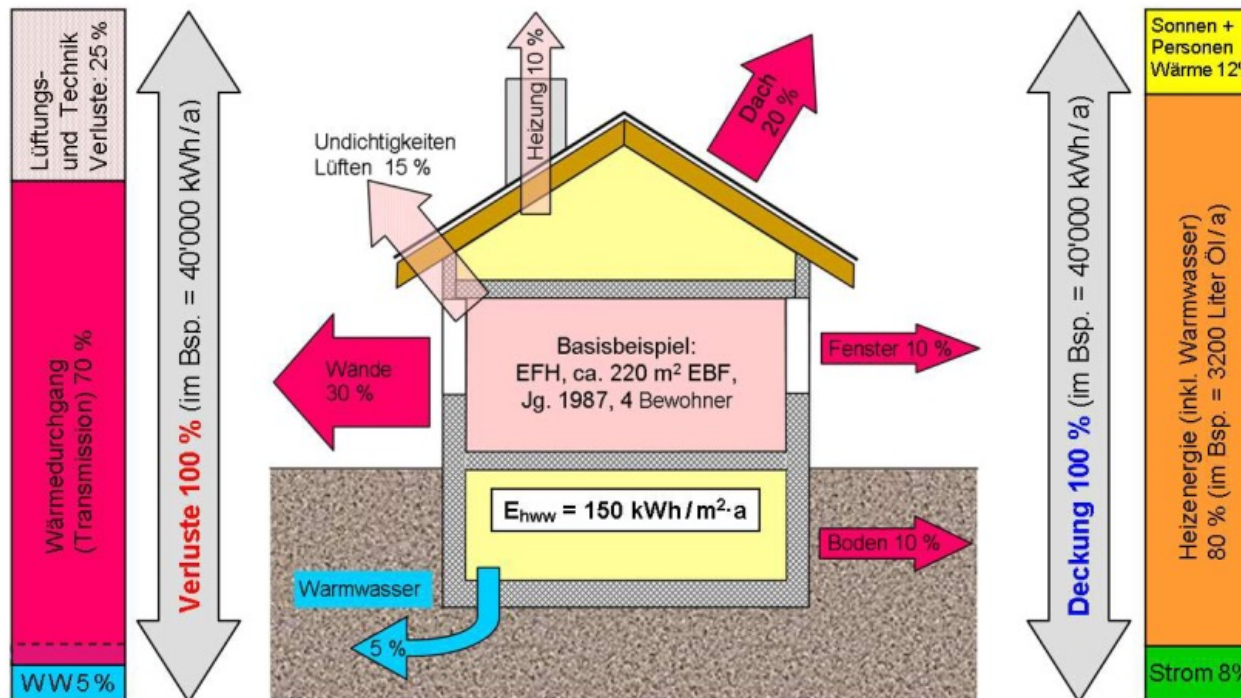


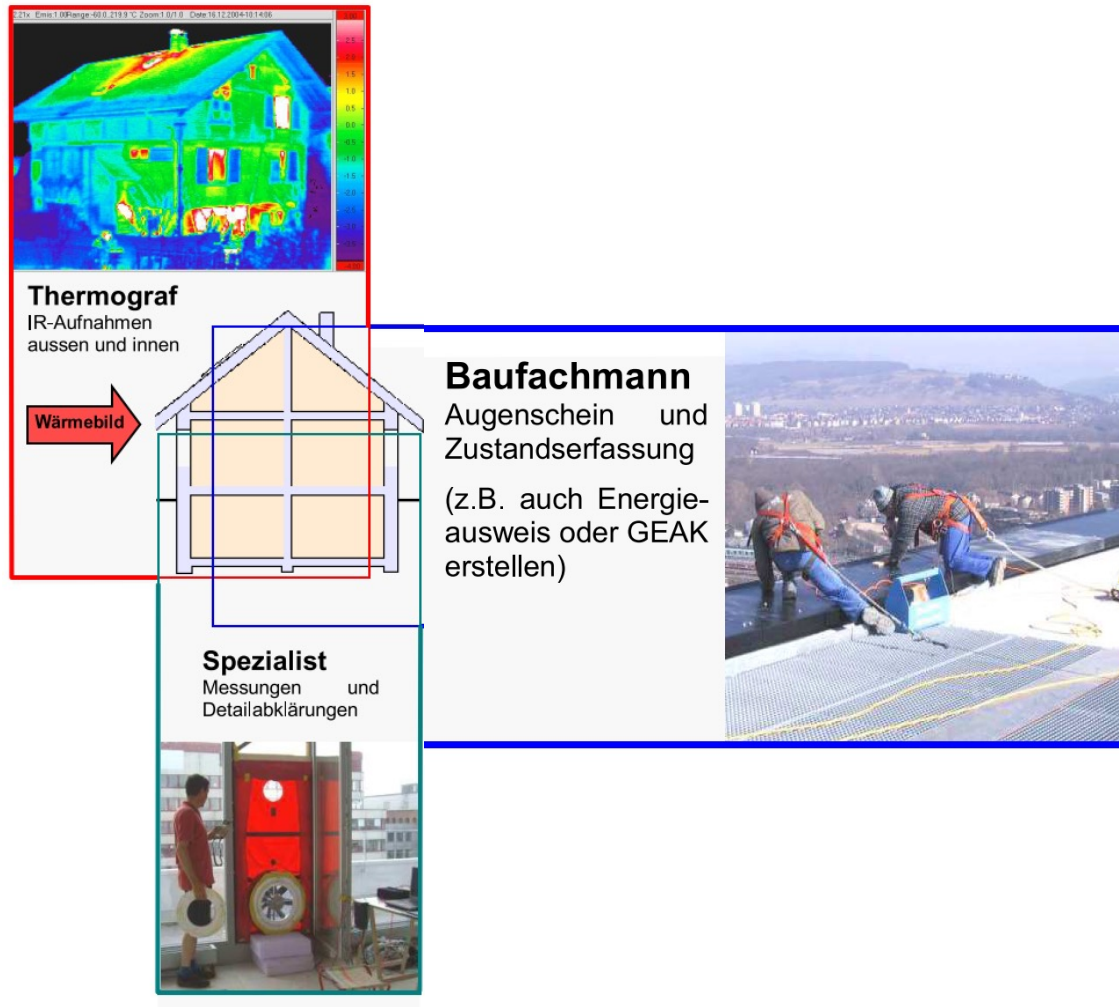
Energetische Beurteilung von Gebäuden mit Thermografie



ENERGIEVERLUSTE EFH



NUTZEN DER BAUTHERMOGRAFIE



Das Ziel der Gebäude-Thermografie ist es, interessierten Hauseigentümern mit Wärmebildern – auch Infrarotbilder (IR-Bilder) oder Thermogramme genannt – eine bildliche, qualitative Darstellung des energetischen Zustands ihrer Gebäudefassaden zu geben. Daraus ist ersichtlich, wo die grössten Wärmeverluste auftreten, bzw. wo sich grössere wärmetechnische Schwachstellen befinden (sog. Wärmebrücken) oder wo warme Raumluft durch Leckstellen entweicht.

KRITERIENKATALOG

Die Brauchbarkeit der IR- Aufnahmen wird von verschiedenen Faktoren und Interpretationsmöglichkeiten relativ stark beeinflusst.

In der Praxis wird der Thermograf die wichtigsten Faktoren erfassen und in die Auswertung einbeziehen können.

- Objekt
- Aussen/ Innenaufnahmen
- Kamera/ Technik
- Dienstleister/ Subjektives

OBJEKTKRITERIEN

- a. Sind die Kenntnisse über objektspezifische Details vollständig?
- b. Je nach Aufgabenstellung ist das Objekt vor der Messung bzw. Offertstellung zu besichtigen, dabei sind die Besonderheiten (Aufwand, Messdistanzen, Objektdaten, Umgebungsbedingungen) zu erfassen.
- c. Zugang zum Aufnahmeort sicherstellen (Schlüssel, Zutrittsgenehmigungen). Auftraggeber (und evtl. Nachbarn) über geplante Messung bzw. deren Durchführungszeit informieren.
- d. Sind Hilfsmittel notwendig (Leitern, Podeste, Abschränkungen, weitere Messgeräte etc.)?
- e. Ergänzung der Infrarotaufnahmen durch Sichtbilder (Digitalkamera) für Dokumentation und Beurteilung.
- f. Materialien bzw. Oberflächen aus Kupfer, Aluminium, Chromstahl, Glas etc. reflektieren die Infrarotstrahlung der Umgebung und können zu falschen Schlüssen führen. dies ist sowohl bei den Aufnahmen wie auch bei der Interpretation zu berücksichtigen.
- g. Geometrische- und thermische Auflösung der Kamera berücksichtigen. Wo notwendig Detailaufnahmen der Objekte erstellen um den Informationsgehalt zu verbessern.

AUSSENAUFNAHMEN:

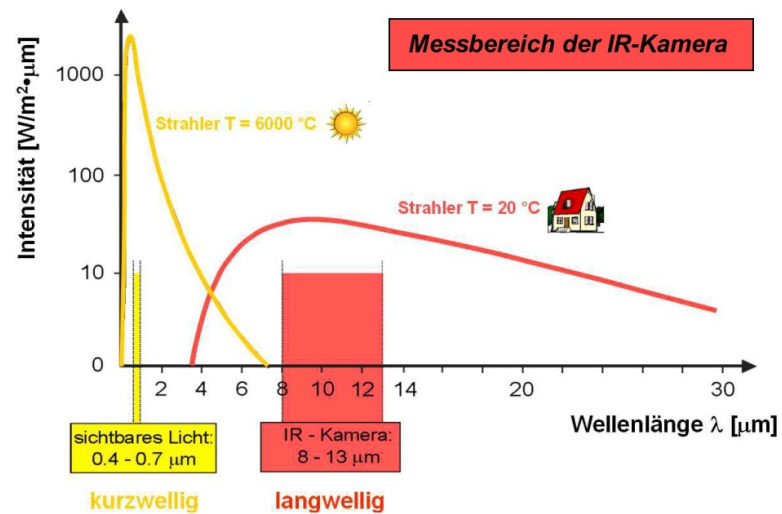
- a. Aussenaufnahmen sollen durch möglichst wenig Umgebungsstrahlung beeinflusst werden. Der Zeitpunkt ist ein wichtiger Faktor für qualitativ hochwertige Messungen. Ideale Bedingungen für IR-Aussenaufnahmen herrschen nachts, bei lang anhaltendem Hochnebel oder bei Bewölkung. Dazu sollen die Temperaturschwankungen Tag-Nacht möglichst klein sein.
- b. Wind kann - vor allem bei leichten Bauteilen - die Oberflächentemperaturen schnell beeinflussen, woraus Fehlbeurteilungen entstehen können.
- c. Auch Nebel, Schnee und Regen können die Messresultate beeinträchtigen, sind aber bezüglich Hintergrundstrahlung nahezu ideal. Die zu beurteilenden Bauteile sollten jedoch nicht nass oder schneebedeckt sein.
- d. Prüfen, ob die Wärmebildkamera infolge Temperaturdifferenzen driftet (kalibrieren!).
- e. Aussenlufttemperatur, Sonnenschein, Wind, Bewölkungsgrad, Niederschlag und deren Entwicklung über die letzten 24 Stunden, sind zu ermitteln und zu dokumentieren (erhältlich z.B. bei www.meteoschweiz.ch).
- f. Aufnahmesaison: Es sollte eine minimale Temperaturdifferenz von 10 bis 15 Kelvin über der zu messenden Konstruktion herrschen. Messungen an Gebäudehüllen sind in der Regel nur im Winterhalbjahr sinnvoll.
- g. Zu IR-Gebäudeaufnahmen von aussen können bei bestimmten Problemstellungen auch Innenaufnahmen sinnvoll bzw. erforderlich sein.
- h. Werden quantitative, energierelevante Aussagen von Wärmebildern abgeleitet, so ist für die Bilddarstellung das Tool „QualiThermo“ (siehe theCH-Publikationen) zu verwenden.

INNENAUFNAHMEN:

- a. Raumtemperatur und Aussentemperatur ermitteln und dokumentieren. Je nach Aufgabenstellung auch Raumluftfeuchte etc.
- b. Einsatz von zusätzlichen Messgeräten, z.B. "Blower Door" zur Erzeugung von Über- oder Unterdruck in den zu beurteilenden Räumen, falls erforderlich einplanen.

IR- KAMERAS

- Geometrische Auflösung: Kategorie 320 x 240 Pixel oder besser
- Thermische Auflösung 0.1 K oder besser
- Genauigkeit: ± 2 K oder ± 2 %
- Wellenlängenbereich: 8 - 14 μm



BERICHTERSTATTUNG

Ein Thermografiebericht beinhaltet nebst, scharfen, thermisch optimal aufgelösten und visualisierten Infrarotbildern und entsprechenden Sichtbildern (Digitalfotos) auch eine Faktenbeschreibung und Interpretation des festgestellten thermischen Musters. Je nach Auftrag lässt der Thermograf sein Spezialistenwissen in den Bericht einfließen und erläutert dem Auftraggeber die festgestellten Anomalien.

Die folgenden Informationen muss ein Thermografiebericht beinhalten:

a. Allgemeine Angaben

- Auftraggeber
- Objektdaten (Adresse, Gebäudetyp)
- erwünscht sind sofern bekannt bzw. vorhanden:
 - Lageplan des Objektes mit Himmelsrichtung
 - Konstruktionshinweise und Materialien der Gebäudehülle (siehe auch Abs. 3.f.),
 - Gebäudealter und wesentliche Renovationen
 - Heizsystem
 - Energieverbrauchsdaten, Energiebezugsfläche (EBF), Energiekennzahl
- Auftragnehmer und Thermograf
- Auftragsbeschreibung
- IR-Aufnahmetag
- Wetterdaten gemäss Abs. 4.e
- Je nach Notwendigkeit: Messfleckgrösse
- Teilnehmer
- Klare / strukturierte Berichtsgliederung
- Unterschrift des Thermografen

05.04.2019 06:00:35



FLIR0712.jpg FLIR E40bx 64518061

05.04.2019 06:00:35



FLIR0712.jpg FLIR E40bx 64518061

Messungen °C

Sp1	-2.0
Sp2	2.3
Sp3	2.7
Sp4	2.3
Sp5	-2.0
Sp6	-2.4

Parameter

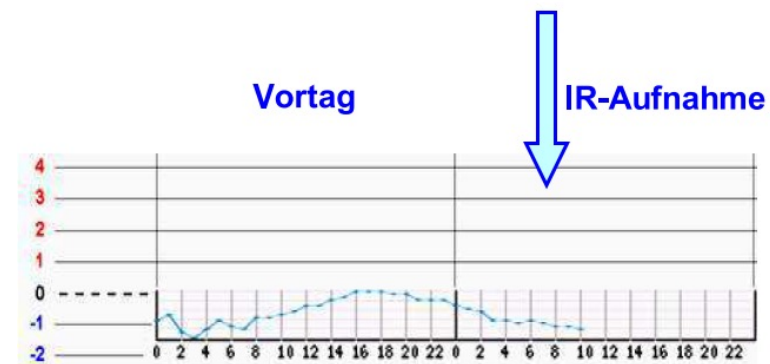
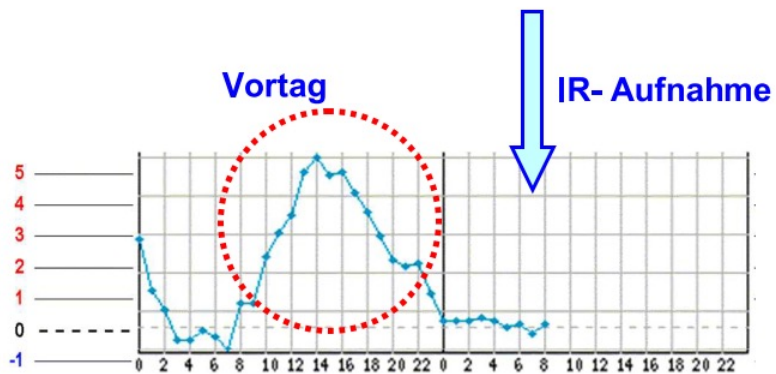
Emissionsgrad	0.95
Refl. Temp.	20 °C

Bild 03:

Kommentar:

- Sp1: - Holzverschalung mit diagonaler Anordnung/ hinterlüftet ohne gross Abzeichnung / guter Aufbau.
- Sp2: - Wärmestau im Bereich bei Fenstersturz schräg/ normale Abzeichnung. Temp. Differenz ca. 4.4 Grad.
- Sp3: - Dito Sp2/ Wärmeverlust im Bereich Fensterleibung/ Sturz
- Sp4: - Wärmeverlust bei Festverglangung Eingangstüre / Wärmeschutzverglasung ca 2.0 W/m2K
- Sp5: - Referenz Bereich bei Aussenwand mit normaler thermischer Entwicklung/ Doppelschalenmauerwerk.
- Sp6: - Dito Aufbau 6/ geschlossene thermische Reflexion.

TEMPERATURVERLAUF



FARBSKALIERUNG QualiThermo

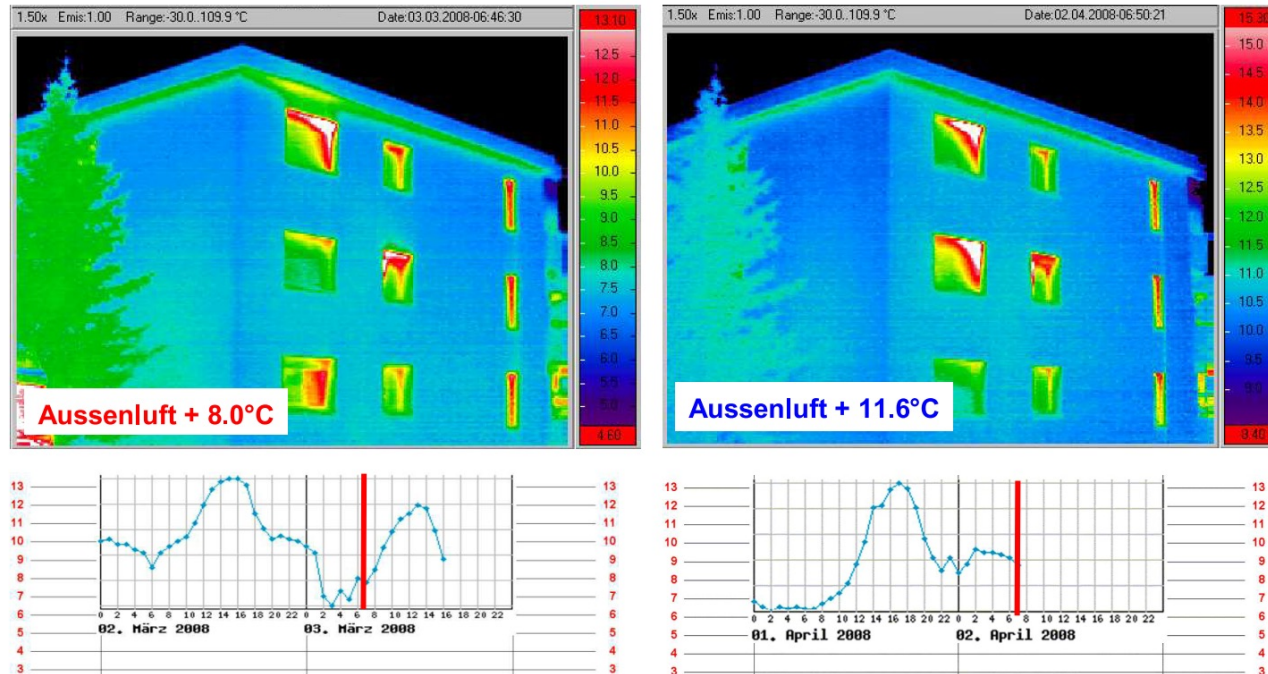
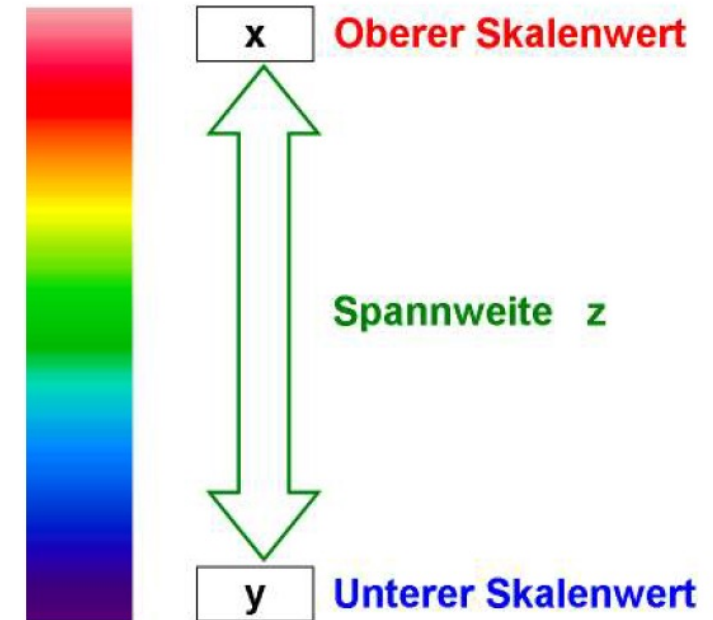


Bild 5-3: Ein MFH mit Aussenwärmendämmung. Bilddarstellung mittels QualiThermo, und manueller Skalierungs-Anpassung infolge kaltem Nachthimmel (Anpassung des unteren Skalenwerts: $C = 1.2^{\circ}\text{C}$).

Bild 5-4: Gleiches Gebäude wie links, jedoch bei anderer Aussentemperatur. Skalierung ebenfalls mit manueller Anpassung infolge kaltem Nachthimmel (Anpassung des unteren Skalenwerts: $C = 1.6^{\circ}\text{C}$).



FARBSKALIERUNG QualiThermo

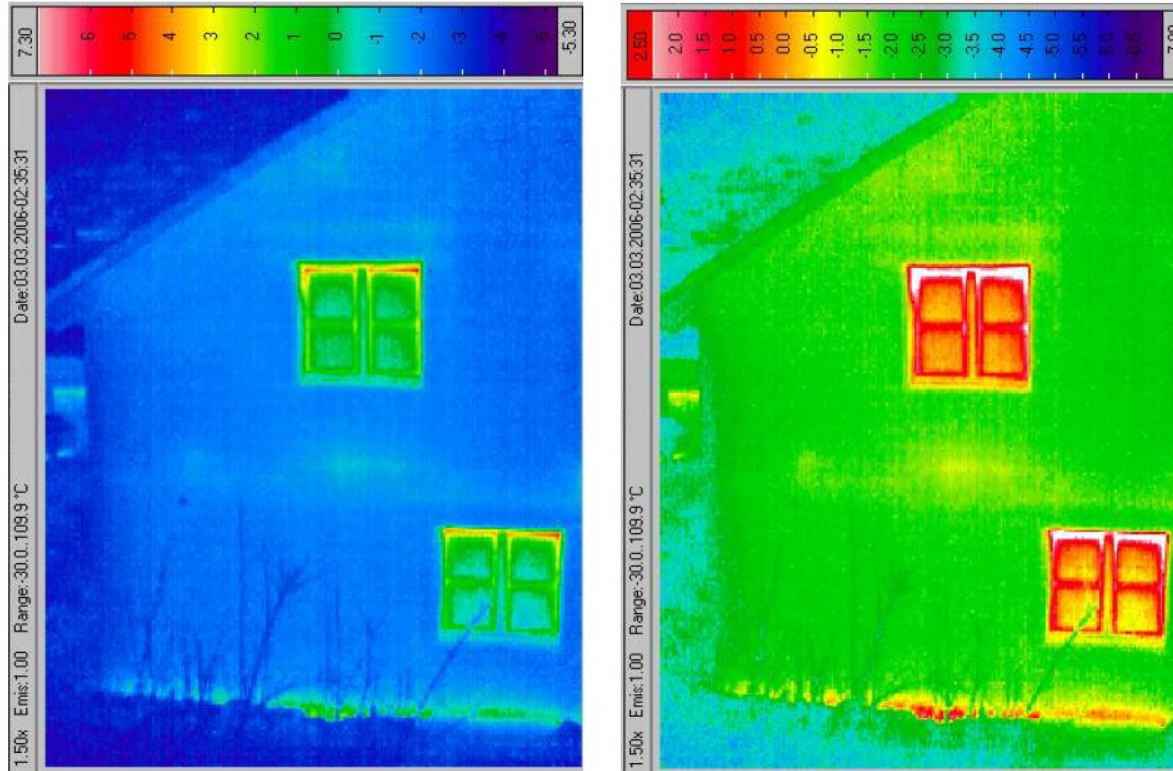
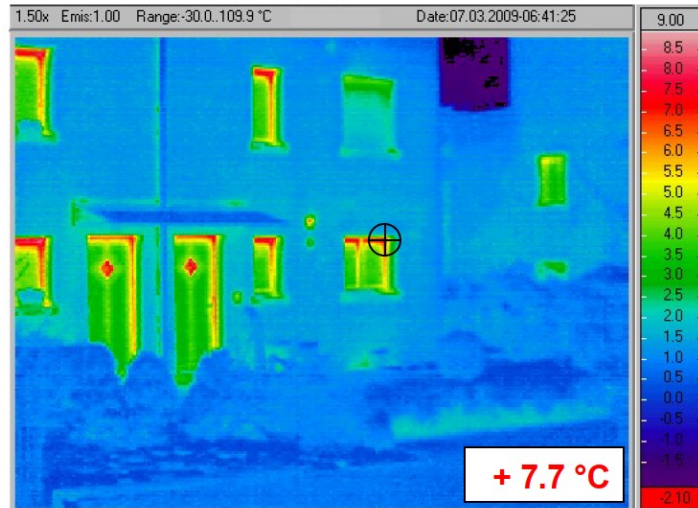


Bild 1-8: Zwei Wärmebilder, erzeugt aus einer einzigen IR-Aufnahme. Die Empfindlichkeit (Sensitivity), und die Farbzuteilungen sind beliebig veränderbar. Je nach gewählter Darstellung empfindet man, dass ein Gebäude viel oder wenig Wärmeverluste hat. Die beim Betrachter erzeugte Wirkung ist deshalb stark manipulierbar.

DISTANZ- EFFEKT/ MESSFLECKGRÖSSE



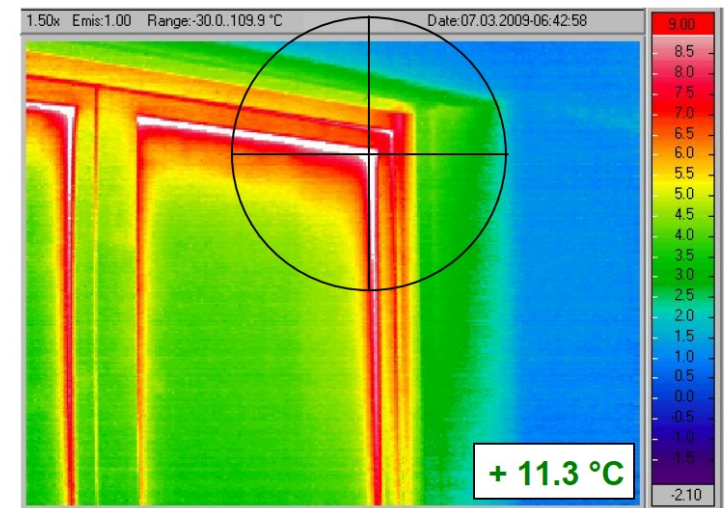
1 Pixelfläche =
35 x 35 mm

$T_{HS} = + 7.7 \text{ °C}$



1 Pixelfläche =
13 x 13 mm

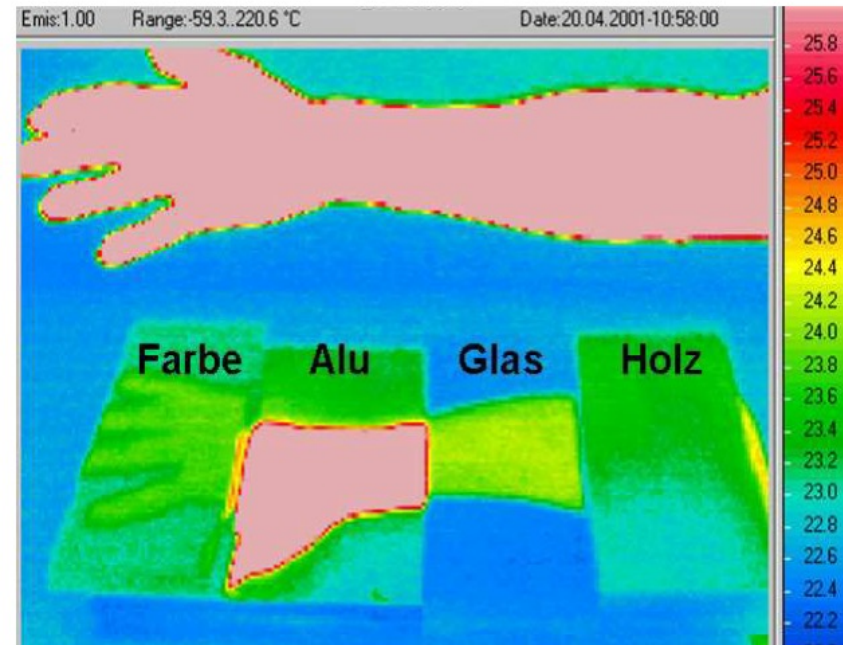
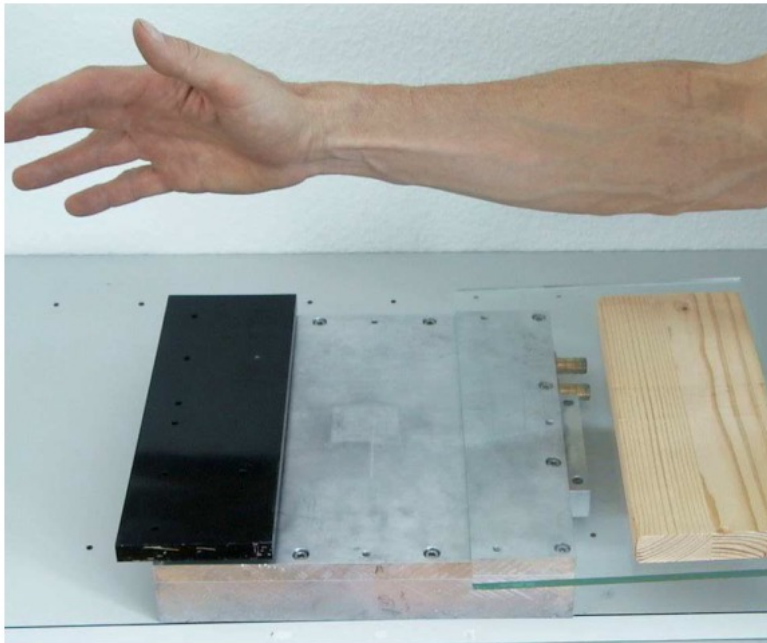
$T_{HS} = 9.4 \text{ °C}$



1 Pixelfläche =
3 x 3 mm

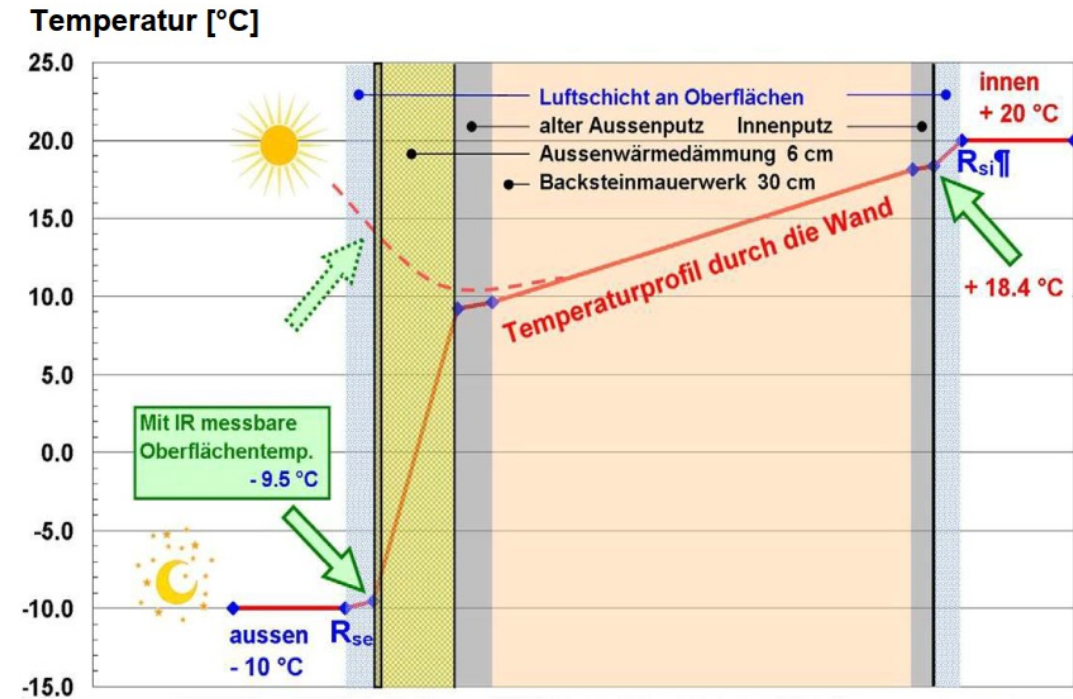
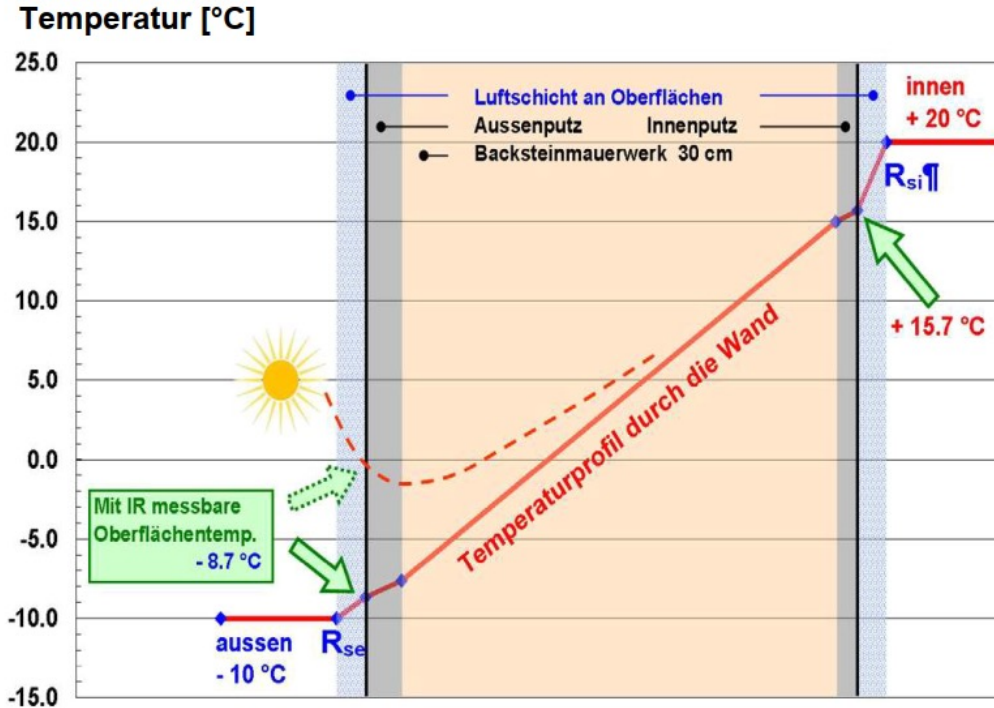
$T_{HS} = 11.3 \text{ °C}$

SPIEGELUNGEN (ϵ -Werte von Oberflächen)



Material (v.l.n.r.)	ϵ -Wert	IR-Spiegelung
schwarze Farbe	0,92	8 %
rohes Aluminium	0,05	95 %
Glas	0,84	16 %
Holz	0,95	5 %

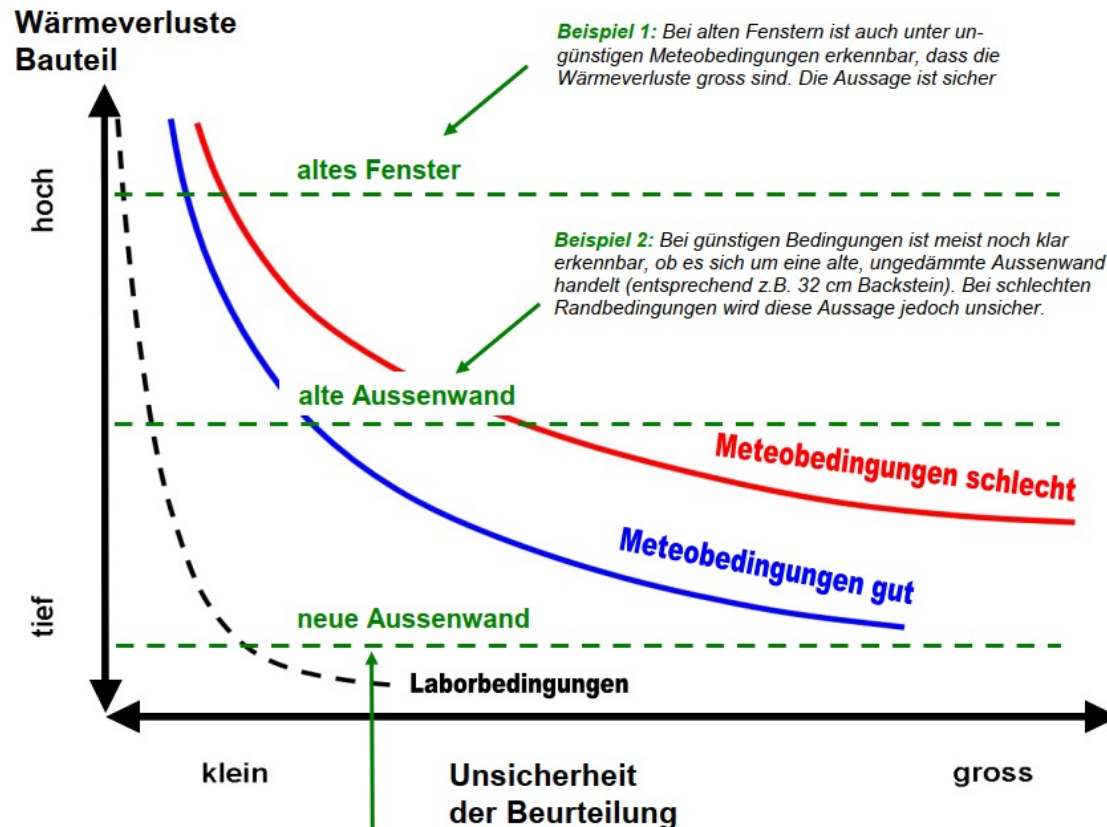
TEMPERATURPROFILE IN AUSSENWÄNDEN



Aussenthermografie	
Vorteile	Nachteile
<p>Die meisten Wärmebrücken zeigen sich ideal:</p> <ul style="list-style-type: none"> - punktuelle Wärmebrücken - Radiatoren-Nischen - Deckenstirnen - Fensterleibungen, - u.v.a. 	<p>Keine bzw. nur wage Aussagen zur Schimmelpilzproblematik möglich.</p> <p>Wenig Informationen über Keller und Dach.</p>
Grossflächige, übersichtliche Darstellungen, mit wenigen Bildern viel erfassen (ganze Fassade)	Fassaden teilweise durch Vegetation verdeckt. z.T. IR-problematische Konstruktionen und Material
Temperaturentwicklung bekannt (Meteo-Daten)	Viel weniger konstante Temperaturen als innen. Wetterprognosen oft unzutreffend, damit permanentes Risiko bezüglich idealen Bedingungen
<p>Warmluftaustritte oft erkennbar (Austrittsstellen = Risikostellen) (Eintrittsstellen = Behaglichkeitsproblem)</p>	Keine sichtbaren Warmluftaustritte heisst noch nicht, dass es keine Probleme oder gute Luftdichtigkeit gibt!
Aussenaufnahmen = schnell und ohne Störung der Bewohner	Nachteinsätze, nächtliche Gebäuderundgänge im Winter nicht ganz gefahrlos.
Aufwand eher gering, Kosten tief	Keine vollständige, energetische Zustandserfassung, Interpretationen zum Wärmedurchgang heikler als auf der Innenseite.

Innenthermografie	
Vorteile	Nachteile
Innenaufnahmen = Gebäudebegehung und damit Kombination mit Augenschein	Viele Aufnahmen notwendig (sich merken: was ist wo) Aufwand und Kosten höher als aussen
Kritische Wärmebrücken geben Hinweise zur Schimmelpilzproblematik und zu Tauwasser	Es sind nicht alle Wärmebrücken sichtbar, z.B. wegen Möbel, Vorhängen, Teppichen, warmen Radiatoren etc
Informationen von Dach und Keller möglich	IR-Bilder wegen anderen Raumtemperaturen nur bedingt vergleichbar mit Wohnraumbildern.
Im Wohnbereich relativ „stabile“ Raumtemperaturen, viel kleinere Amplituden als aussen.	Effektive Vorgeschichte (meist) nicht erfassbar (z.B. nächtliche Temperaturabsenkung, Lüften, etc.).
Kaltlufteintritte nicht überall sichtbar	Keine Info über Warmluftaustritte Warmluftaustritte = Gefahrenstellen!
Kombination mit Blower Door möglich	Zusatzaufwand, nur in speziellen Fällen sinnvoll
Aufnahmen am Tag möglich, Wetter ist viel weniger entscheidend als bei Aussenaufnahmen!	Störung der Bewohner

ENERGETISCHE BEWERTUNG VON GEBÄUDEN



Beispiel 1: Bei alten Fenstern ist auch unter ungünstigen Meteobedingungen erkennbar, dass die Wärmeverluste gross sind. Die Aussage ist sicher

Beispiel 2: Bei günstigen Bedingungen ist meist noch klar erkennbar, ob es sich um eine alte, ungedämmte Aussenwand handelt (entsprechend z.B. 32 cm Backstein). Bei schlechten Randbedingungen wird diese Aussage jedoch unsicher.

Beispiel 3: Bei gut gedämmten Wänden ist die Oberflächentemperatur so nahe an der Aussen-temperatur und wird von den Meteobedingungen so stark beeinflusst, dass auf Grund der IR-Temperaturen keine Differenzierung mehr gemacht werden kann, ob die Wand gut oder sehr gut gedämmt ist. Eine solche Differenzierung hätte eine sehr grosse Unsicherheit.

Einfach ist:

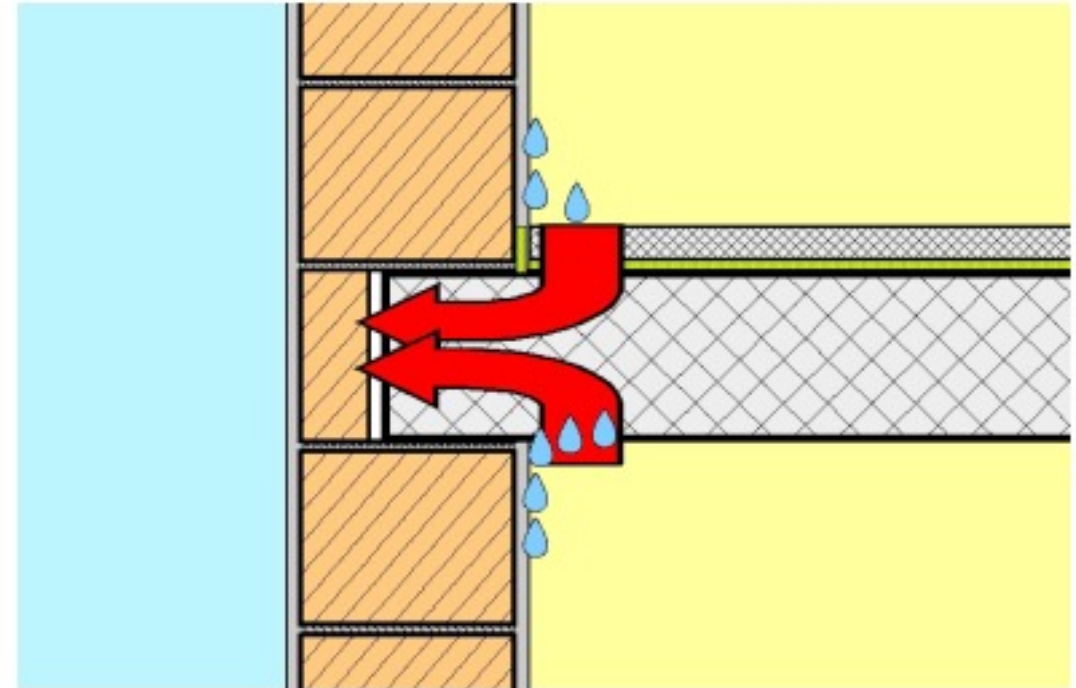
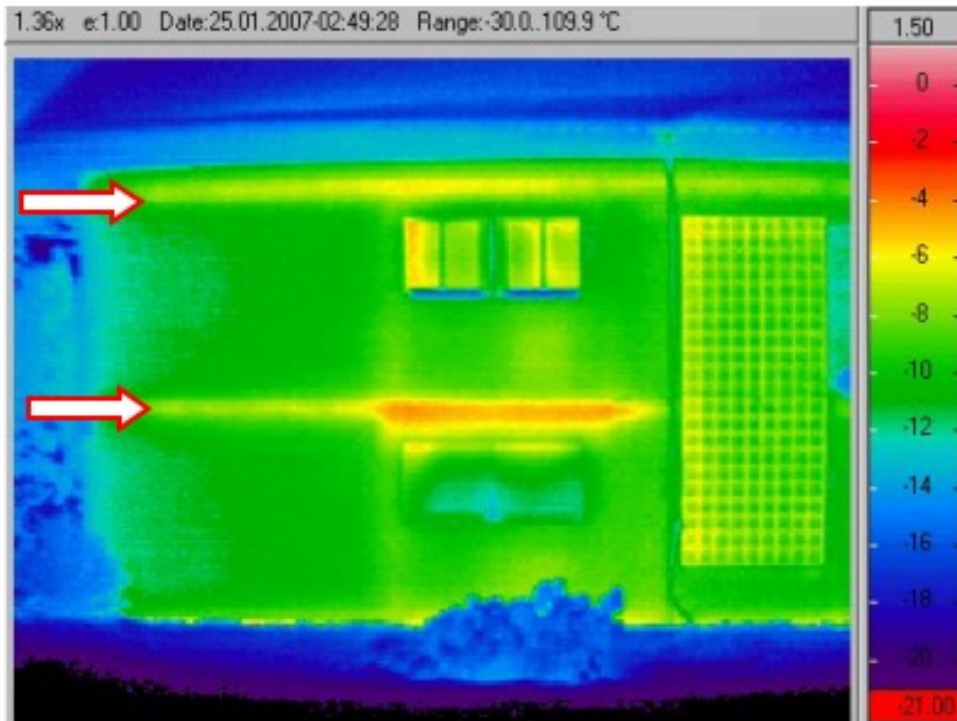
- Leckstellen erkennen
- Konstruktionshinweise finden
- Wärmebrücken erkennen
- Temperaturunterschiede finden
- u.v.a

Schwierig, aufwändig und unsicher ist:

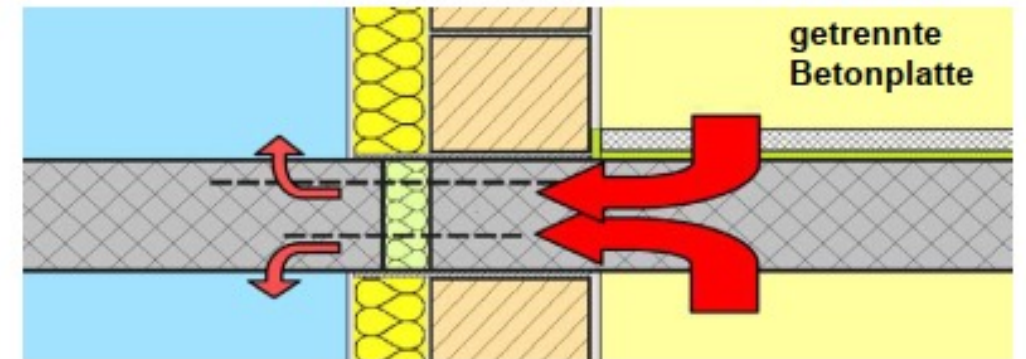
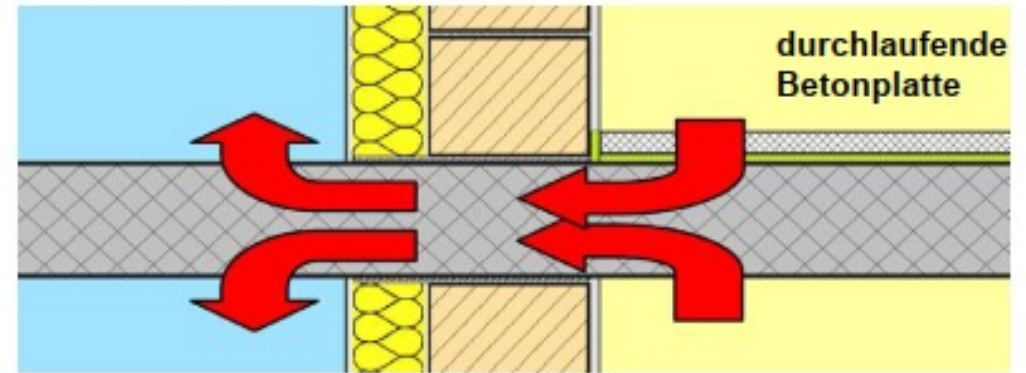
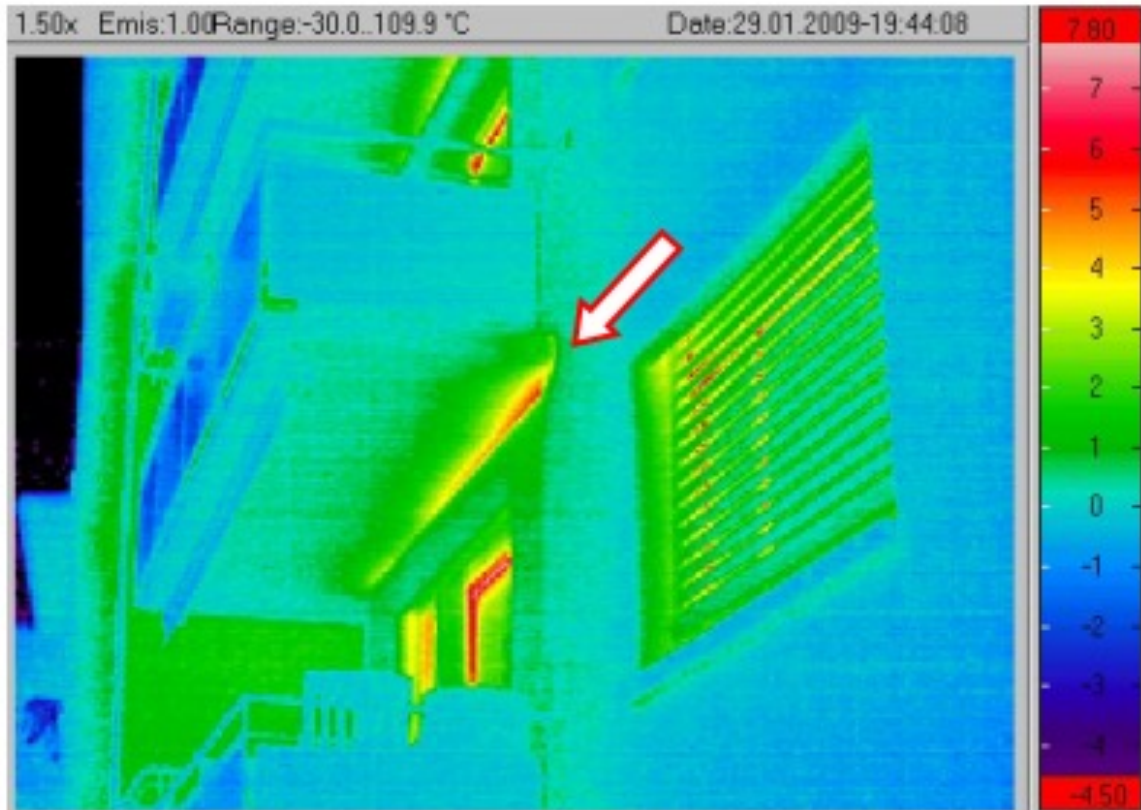
- Die energetische Bewertung der Bauteile (= Quantifizieren, → U-Wert abschätzen)
- Ist das Bauteil gut oder schlecht?

Genau das aber erwarten manche Kunden . . .

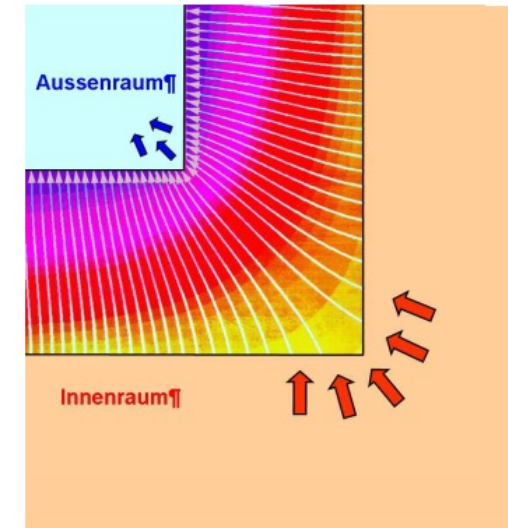
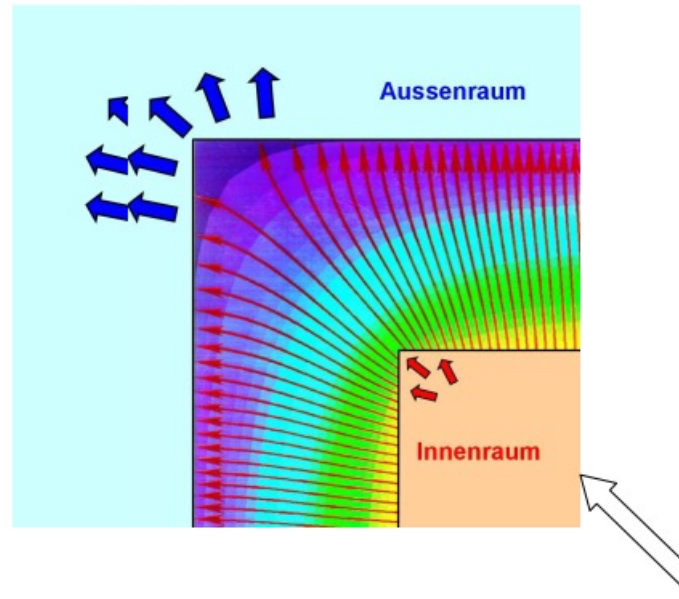
WÄRMEBRÜCKEN/ DECKENSTIRNEN



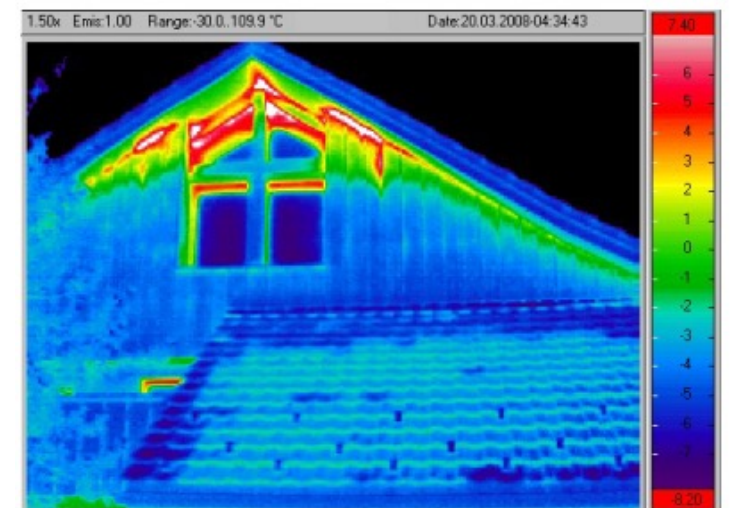
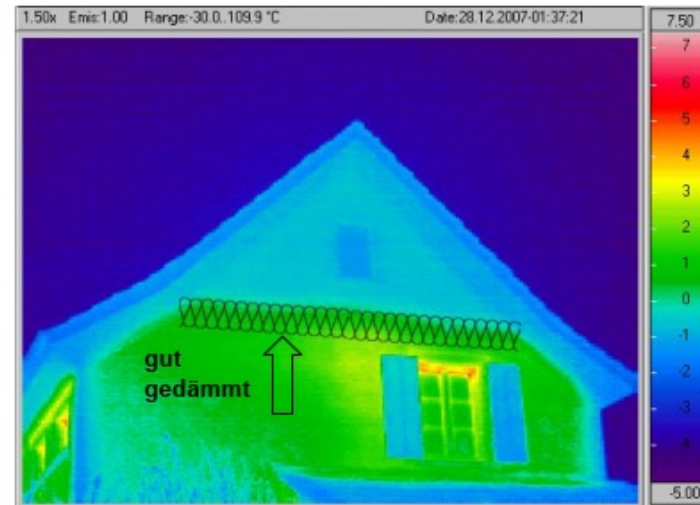
WÄRMEBRÜCKEN/ BALKONPLATTEN



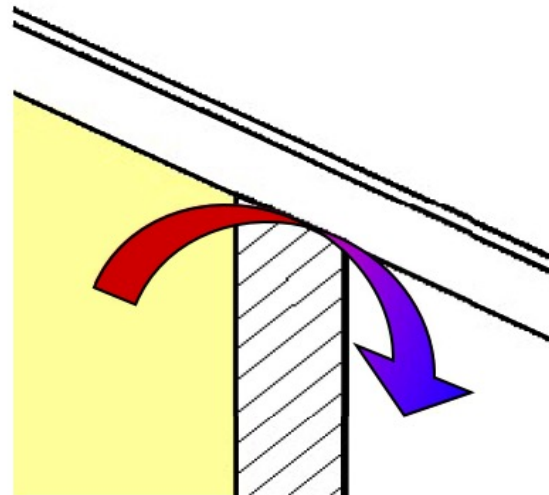
WÄRMEBRÜCKEN/ GEBÄUDEECKEN



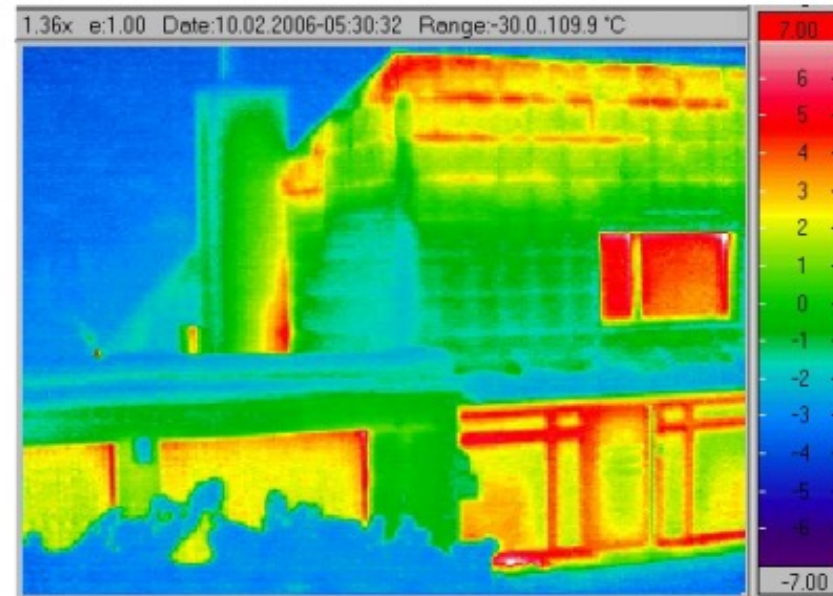
STEILDÄCHER / ESTRICHE / DACHGESCHOSSE



LUFTLECKAGEN/ VORDACH/ WAND



AUSSENWÄNDE/ HINTERLÜFTETE FASSADEN



FAZIT

Gebäudethermografie- Aufnahmen sind eine wertvolle Ergänzung zur Energetischen Beurteilung von Gebäuden, wenn die Parameter eingehalten werden.

Es sollten jedoch immer **INNEN-** und **AUSSENAUFNAHMEN** werden.

Herzlichen Dank für die Aufmerksamkeit !

