

Merkblatt zu Thermografieaufnahmen im Gebäudebereich

„IR-Thermografie-Fibel^{TS}“

von Dipl.-Ing. M. Bumann

Vorwort

Dieses Merkblatt (vielleicht ist Handbuch bereits angemessen) soll auch Nichtfachleute erreichen, die sich mit Infrarotthermografie im Gebäudebereich befassen bzw. solche in Auftrag geben möchten. Unter Fachleuten in Deutschland kursiert ein Sprichwort: „Wer viel misst, misst viel Mist.“ Das klingt lustig, ist es aber nicht. Die Praxis zeigt, dass um des Messens - oder des Umsatzes willen - auch wild drauflos gemessen wird. Mitunter exotisch anmutend sind manche Interpretationen der Ergebnisse.

Inhaltsverzeichnis

1	Grundsätzliches	2
2	Wärmebildkamera.....	2
3	Außenaufnahmen	3
4	Innenaufnahmen.....	3
5	Der Bericht	4
6	Fehlerquellen & Manipulationsmöglichkeiten	4
6.1	Fehlerquellen	4
6.2	Manipulationen	5
7	Einstellen des Emissionsgrades ϵ	5
8	Literatur	6
8.1	Thermografie	6
8.2	Bauphysik.....	7
8.3	Optische Physik.....	7
8.4	Informationsquellen	7
8.5	Fachleute zitiert	8
8.6	Danksagung	9
9	Anhang.....	9
9.1	Zum Unterschied zwischen Temperatur und Wärme.....	10
9.2	Thermografiebild Kaffeeautomat, Bsp. Außen- u. Innenthermografie	11
9.3	Außenthermografie Wohnhaus S., M. -Str. xy in Berlin	12
9.4	Innen-Thermografie nach einer ThermoShield Beschichtung.....	13
9.5	Außen-Thermografie nach einer ThermoShield Beschichtung	14
9.6	Außenthermografie: Vergleich unsaniert vs. ThermoShield beschichtet (1).....	15
9.7	Außenthermografie: Vergleich unsaniert vs. ThermoShield beschichtet (2).....	16
9.8	Außenthermografien zum Vergleich.....	17
9.9	Beispiele Innen-Thermografie: Dachfenster, Dachbalken.....	18
9.10	Innen-ThermoGrafie: Rollladenkasten, beschichtet.....	18
9.11	Modellbildung zu Strahlungsvorgängen an der Außenwand	19
9.12	Manipulationen bei einer Außen-Thermografie (2009)	20
9.13	Manipulationen bei einer Außen-Thermografie (2002)	21
9.14	Energetische Sanierung mit dem Skalierungs-Trick?	22
9.15	Wie man gespeicherte Sonnenwärme als Verlust deklariert (1).....	23
9.16	Wie man gespeicherte Sonnenwärme als Verlust deklariert (2).....	24
9.17	Wie man gespeicherte Sonnenwärme als Verlust deklariert (3).....	25
9.18	Was zeigt das IR-Wärmebild auf einer Fassade?.....	26
9.19	Ein und dieselbe Aufnahme in 3 Temperaturbereichen ausgewertet.....	27
9.20	Erläuterungen zu den drei Beispielbildern (Temperaturskalen).....	28
9.21	Beispiele für Fehlerquellen: Spiegelung, Hinterlüftete Fassade	29
9.22	Beispiele für Fehlerquellen: Wärmequellen außen, Störender Sonneneinfluss	30
9.23	Thermografische Bilder Mehrfamilienwohnhaus in Neumarkt i.d.Opf. (1)	31
9.24	Thermografische Bilder Mehrfamilienwohnhaus in Neumarkt i.d.Opf. (2)	32
9.25	Wo entweicht die Wärme?	33
9.26	Zur geringeren Abstrahlung bei erhöhter Oberflächentemperatur.....	34
9.27	IR Luftbilder in der Gebäudethermografie - 1	35

1 Grundsätzliches

Messungen an Gebäudehüllen sind in der Regel nur im Winterhalbjahr sinnvoll. Es sollte vor Beginn geklärt werden:

- **WAS** soll gemessen werden?
- **WOMIT** soll gemessen werden?
- **WIE** sind die Messergebnisse zu interpretieren?

Physikalische Grundkenntnisse sind erforderlich, insbesondere zum Unterschied zwischen „Wärme“ und „Temperatur“. Theoretische Modelle fürs Labor sind in der Praxis fehl am Platze. Weiterhin sind Baustoff- und Materialkenntnisse erforderlich, wobei man vom Sachverständigen erwarten darf, dass er den Stand von Wissenschaft und Technik wenigstens in den Grundzügen kennt.

Klar muss sein: Thermografie-Bilder sind Momentabbildungen. Thermografie ist eine optische Messung und eine Oberflächenmessung, d.h. es wird immer nur die oberste Schicht gemessen.

Eine Außenthermografie kann in der Regel nur zur orientierenden Messung herangezogen werden. Grenzen der Mess- und Beurteilbarkeit sind zu kennen und zu berücksichtigen.

Voraussetzung ist eine Temperaturdifferenz zwischen innen und außen ≥ 15 K über einen Zeitraum ≥ 12 Stunden; Änderung dieser Differenz während dieses Zeitraums < 30 %. Das Gebäude ist 12 bis 24 Stunden vorher ausreichend zu beheizen. Sonnenschein auf Außenflächen verfälscht die Messergebnisse.

Es gibt auch Empfehlungen, die engere Grenzen setzen: „Randbedingungen. Voraussetzung ist eine Temperaturdifferenz zwischen innen und außen von mindestens 20 °C über einen Zeitraum von mindestens 12 Stunden. Die Änderung dieser Differenz soll während dieses Zeitraums geringer als 30 % der Differenz sein. Bei Außenthermographie soll die Thermographie mindestens 6 Stunden nach Sonnenuntergang aber noch vor Sonnenaufgang durchgeführt werden.“ (Quelle: Endbericht Projektphase I, Landesenergieverein Steiermark und Grazer Energieagentur, 2005).

2 Wärmebildkamera

Anforderungen

- Temperaturmessbereich: -20°C bis +100°C
- Einsatzbereich: -10°C bis +40°C
- Wellenlängenbereich: 8 - 14 μm
- geometrische Auflösung: $\geq 320 \times 240$ Pixel / 2 mrad
- thermische Auflösung ≤ 0.1 K bei 30 °C
- Genauigkeit ≤ 2 K, ± 2 %, ± 2 K
- Bildwiederholfrequenz: ≥ 1 Hz
- Objektive Aufgaben bezogen: Normal-, Weitwinkel- und Teleobjektive
- Temperaturdrift bei ungekühlten Modellen berücksichtigen
- möglichst viele Eingabemöglichkeiten:
 - Abstand
 - Umgebungstemperatur
 - relative Luftfeuchtigkeit
 - Emissionswert ϵ einstellbar
- Kalibrierbarkeit
 - zeitnah extern (werkseitig) kalibriert

- interne (automatische) Vergleichskalibrierung
- Visualisierung (Display oder Monitor)
- Speicherung von Daten
- autonomer Betrieb
- möglichst viele Funktionen:
 - Fokus, Zoom, Freeze
 - Farb- und s/w-Darstellungen
 - Isothermendarstellung
 - Messfunktion
- Software zur nachträglichen Auswertung und Bearbeitung

3 Außenaufnahmen

Grundsätze

- durch möglichst wenig Umgebungsstrahlung beeinflusst
- günstig: nachts, bei lang anhaltendem Hochnebel oder bei Bewölkung
- Messung vor Sonnenaufgang
- möglichst kleine Temperaturschwankungen Tag-Nacht
- möglichst bei Windstille (Beeinflussung der Oberflächentemperatur)
Windgeschwindigkeit ≤ 1 m/s
- Beeinträchtigungen von Nebel, Schnee und Regen vermeiden
- Oberflächen schneefrei und trocken (= nicht regennass)
- sinnvoll: kombiniert mit Innenaufnahmen
- grundsätzlich: parallele Fotografieaufnahmen
- Temperaturen im Gebäude möglichst gleichmäßig
- Möbel vor Außenwänden berücksichtigen
- Messfleck < Messobjekt

Dokumentation

Über die letzten 24 Stunden:

- Außenlufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Wind
- Bewölkungsgrad
- Niederschlag
- Raumtemperatur
- Raumlufffeuchte

4 Innenaufnahmen

Grundsätze

- im Wesentlichen wie unter 3.)
- Innenaufnahmen sind wesentliche Ergänzungen zu Außenaufnahmen

5 Der Bericht

Inhalt

- Auftraggeber, Auftragnehmer
- Datum, Uhrzeit, Teilnehmer
- Dokumentation gem. 3.)
- Angaben zur Kamera gem. 2.)
- Kameramodell und letzte Kalibrierung
- vollständige Bildinformationen:
 - Datum / Aufnahmezeit
 - Farbkeil
 - Objektbezeichnung bzw. Beschreibung
 - Eingestellte Emissionsfaktoren
- möglichst vollständige Objektdaten
 - Lageplan und Nordpfeil, ersatzweise eine Handskizze
 - Gebäudehülle (Schichtenaufbau, Zustand)
 - Heizsystem und Anordnung
 - Bauweise und Gebäudealter
 - Geometrie einschl. Dachüberstand
- Feststellungen
- Interpretation der Messergebnisse mit Begründung

Grundsätze

im Prinzip wie bei einem Gutachten:

- Korrektheit
- Zuverlässigkeit
- Vollständigkeit
- Nachvollziehbarkeit
- Überprüfbarkeit

6 Fehlerquellen & Manipulationsmöglichkeiten

6.1 Fehlerquellen

Eine sehr gute und umfassende Beschreibung von Fehlerquellen liefert die testo AG in ihrem Leitfaden:

- material- und oberflächenspezifischen Einflüsse
- Einfluss von Zwischenmedien (Störgrößen)
 - Staub- und Schmutzpartikel
 - Feuchtigkeit (Regen), Dampf, GaseAuch die Zusammensetzung der Übertragungsstrecke zwischen Gerät und Messobjekt kann einen Einfluss auf das Messergebnis haben.
- falsch eingestellte Emissionsgrade können zu erheblichen Fehlern führen
- Temperaturangleich der Kamera
 - Das Messgerät ist nach Temperaturwechsel noch nicht auf die neue Temperatur angeglichen (Vergleichsstelle) – das kann zu erheblichen Messfehlern führen. Hersteller von IR Kameras geben Angleichzeiten in der Bedienungsanleitung an.
 - Beachten: Gerät möglichst dort lagern, wo auch gemessen wird.
- Betriebstemperatur der Geräte beachten
 - Beachte: wegen $\varepsilon < 1$ wird hochgerechnet
 - Basis: Basis Gerätetemperatur = Umgebungstemperatur
 - wenn Gerätetemperatur \neq Umgebungstemperatur, dann ist ε -Korrektur

falsch

Gerätetemperatur < Umgebungstemperatur → Messergebnis zu hoch
Gerätetemperatur > Umgebungstemperatur → Messergebnis zu niedrig

- Linse unsauber oder beschlagen
- Unreine Oberflächen, Verfälschung durch Schmutz, Staub, Raureif
Beachte: es wird immer nur die oberste Schicht gemessen.
- an Lufteinschlüssen messen
- Abstand zwischen IR-Messgerät und Messobjekt ist zu groß
Verfälschung, wenn Messfleck > Messobjekt
Beachte: Messfleckdiagramme, die der Hersteller angibt
- Temperaturunterschiede zwischen Messobjekt und Hintergrund:
je größer, desto größer sind die Auswirkungen auf das Messergebnis
- Reflexion einzelner Wärme- oder Kälte-Strahler (Heizkörper, Lampen, Kälteaggregate) usw.) auf der Oberfläche des Messobjektes
diese Strahlung entspricht nicht der Umgebungstemperatur =
Gerätetemperatur.

6.2 Manipulationen

Vor der Messung

- Räume auskühlen lassen und sie dann rasch und stark aufheizen
- untypische Situationen simulieren

Bei der Messung

- Ausnutzen der bekannten Fehlerquellen
- Fehlkalibrierung
- willkürliche Einstellung des ϵ Wertes
- automatische Fehlkalibrierung an Extremstellen zulassen
z.B. Lampen, Leuchten, Laternen, abgestellte Pkw, angekippte Fenster
- Rückreflexionen
- Temperaturdrift der Kamera missachten
- ungeeignete/uneinheitliche Farbskalen (max./min. Werte der Temperatur)

Bei der Interpretation

- nicht angeströmte Raumecken als Wärmebrücken deklarieren
- Temperaturen aus eingespeicherter Sonnenenergie als
Wärmeverlust der Außenwand deklarieren
- Beurteilung anhand von Farben statt von Temperaturwerten
- Vergleich ungleich gespreizter Skalen
- Feuchteunterschiede nicht beachten
- Fehlinterpretation zu vermuteten Wärmeströmen infolge des Einflusses der
Isothermenverläufe bei Außenecken, Decken, Anschlüssen an ausgebaute
Dachgeschosse
- Durch Inhomogenität der Umgebungsstrahlung entstehen unterschiedliche
Oberflächentemperaturen, die in keinem Zusammenhang mit
Wärmeverlusten stehen.

7 Einstellen des Emissionsgrades ϵ

Von vielen Materialien sind die Emissionsgrade – zumindest hinlänglich – bekannt.

Bekannt ist auch, dass der Emissionsgrad von mehreren Faktoren beeinflusst wird, dazu gehören:

- Spektralbereich der Messung (Wellenlängen bereich)
- Wellenlänge, bei der gemessen wird
- Transmissionsvermögen (Transmission = Durchgang)
- Oberflächengeometrie
- Oberflächenbeschaffenheit
- Temperatur
- Messwinkel
- Materialfeuchte
- Materialdicke

Ist der Emissionswert unbekannt, ist er zu ermitteln:

- die Oberflächentemperatur einer Probefläche bestimmen (Kontaktfühler, Thermoelement), dann mit der IR-Kamera messen, den Emissionsgrad einstellen, bis die zuvor gemessene Temperatur angezeigt wird
- Kunststoffaufkleber in der Größe des Messfleckes anbringen, dann dessen Temperatur bei $e = 0,95$ messen, danach die Temperatur der Fläche daneben messen, den Emissionsgrad einstellen, bis die zuvor gemessene Temperatur angezeigt wird
- schwarze Farbe mit $e > 0,98$ auftragen und Temperatur messen mit eingestelltem $e > 0,98$, danach die Temperatur der Fläche daneben messen, den Emissionsgrad einstellen, bis die zuvor gemessene Temperatur angezeigt wird

Da Materialien unterschiedliche Emissionsgrade besitzen und man den Emissionsgrad an der Wärmebildkamera nur einmal einstellen kann, müssen sich zwangsläufig Messfehler ergeben. Man sollte daher Auswertungen im Zehntel-Grad-Bereich mit Vorsicht angehen.

8 Literatur

8.1 Thermografie

- Richtlinie Bauthermographie, VATH e.V. / ÖGfTh, Stand März 2006
- VATH Richtlinie Bauthermographie, VATH e.V., Stand Oktober 2007
- Qualitätsstandard Bau, Thermografie Verband Schweiz (theCH), Version 1.0, Stand 08.08.2008
- Wärmebilder Ja – aber bitte richtig, Christoph Tanner, Dipl. Architekt Fh/htL, Winterthur, erscheinen in: Fachzeitschrift für Fenster- und Fassadenbau 1/2008
- Leitfaden zur Infrarot-Messtechnik, testo AG, D-79849 Lenzkirch, 0981.1883/PC/san/R/10.2006, als PDF erhältlich
- Empfehlungen der Österreichischen Gesellschaft für Thermografie zum Bereich Bauthermografie unter Gegenüberstellung von Außen- und Innenthermografie, Emanuel Panic, 28.11.2006 (3 S.)
- Gebäudeinspektion mit Thermografie, Endbericht Projektphase I, Arbeitsgemeinschaft bestehend aus: Landesenergieverein Steiermark und Grazer Energieagentur Ges.m.b.H., Autor: bucar, 26.01.2005 (96 S.)

8.2 Bauphysik

- Studie über den Einfluss der solaren Erträge über die Außenwände auf den Energiehaushalt eines Wohngebäudes, verfasst von Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann, Ingenieurbüro DIMaGB, Berlin, 05.04..2009
Im Internet: <http://download.dimagb.de>

8.3 Optische Physik

in einer thermokeramischen Membran

... ist, wenn wellenlängenabhängig Streu- und Reflexionsvorgänge ablaufen; dies bedeutet für die kurzwellige Solarstrahlung - im Unterschied zu opaken Farbschichten farbtunabhängig - hohe Reflexion im Sommer und solaren Ertrag im Winter, wobei auch der Einfallswinkel eine Rolle spielt und für die langwellige Wärmestrahlung, dass sie innerhalb der Membran zwischen den Keramikhohlkugeln nach den Gesetzen von Mie gestreut wird, wobei es - in Abhängigkeit vom Verhältnis der Durchmesser zur Wellenlänge im Bereich 10...11 μm - zu Rückstreuungseffekten kommt, welche den Wärmestrom zur Oberfläche und somit die Abstrahlung verringern.
SICC GmbH, dib, 12.02.2008

- ThermoShield - Thermografien, Oberflächentemperaturen, SICG GmbH, dib, 23.03.2006
- Die Alpha-Epsilon-Tau-Vorgänge bei thermokeramischen Membrantechnologien mit endothermischen Effekten®, SICG GmbH, dib, 11.01.2006
- „IR-reflektierend“, Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann, DIMaGB, Berlin, 15.12.2007
- Optische Physik in einer thermokeramischen Membran: Zum Unterschied zwischen opaken Farben und einer thermokeramischen Membran, Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann, DIMaGB, Berlin, 16.06.2008
- Im Internet: <http://download.dimagb.de>

8.4 Informationsquellen

dimagb.de – Informationen für Bauherren

<http://www.dimagb.de>

Schimmelpilz: Bekämpfung und Vorbeugung

<http://www.schimmelpilz-sanieren.de>

Richtig bauen (Neubau)

<http://www.richtigbauen.de>

Richtig sanieren (Sanierung, Um- und Ausbau)

<http://www.richtigsanieren.de>

& 8 Jeweils im Download dieser Seiten: zahlreiche Fachartikel.

Blog BAUFÜSICK: Gebrechen und Tipps

<http://www.baufuesick.blogspot.com/>

ThermoShield, die Energiespar- und Klimafarbe

<http://www.thermoshield-europe.com>

Ritter Hausverwaltung: Energieeinsparung mit Magneten

<http://www.systemaplus.de>

Nutzen Sie auch die Angebote auf den Internetseiten verschiedener Fachverbände und der Hersteller von Thermografiekameras.

8.5 Fachleute zitiert

"Für eine aussagekräftige Gebäudeuntersuchung sind mindestens 2 Stunden vor Ort zu veranschlagen. Die Auswertung der Infrarotaufnahmen mit der Berichterstellung im Büro dauert dann nochmals 6- 8 Stunden."

"Der VATH hat es leider schon erleben müssen, das bei Sonneneinstrahlung Häuser untersucht worden sind oder es viel zu warm für die Messungen an Gebäuden war. Der Endverbraucher bekommt einige bunte Bilder, welche oft das Geld nicht wert sind. Dies ist womöglich nicht weit von Scharlatanerie entfernt und der Endverbraucher wird unzureichend oder sogar falsch Beraten. Er kann um diese Sachverhalte nicht wissen."

"Thermografieaktionen - Was bringen Sie?"
Pressemitteilung des VATH vom 09.02.2009

„Die praktizierte Außenthermografie ist nur eine orientierende Messung, die zur Beurteilung des Wärmeschutzes an Gebäuden allein nicht ausreicht“

„Die meisten Dachflächen, vorgehängte hinterlüftete Fassaden, Schimmelschäden in Außenecken können so nicht untersucht werden. Nur durch Kombination von Innen- und Außenthermografie, verbunden mit der Kontrolle messtechnisch relevanter Rahmenbedingungen, sind nahezu alle Baumängel quantitativ zu erfassen.“

"Eine gründliche thermografische Untersuchung jedoch kann nur bei Temperaturunterschieden von 15 Grad zwischen Außen- und Innentemperatur, erst 12 Stunden nach Sonneneinstrahlung und ohne Windeinfluss erfolgen."

"Die Auswertung umfasst mehrere Stunden."

Dipl.-Ing. Sönke Krüll vom Bundesverband für Angewandte Thermografie
"Wärmebilder müssen mehr als nur Blickfang sein"
Pressemitteilung des VATH vom 23.04.2009

"Bei Außenthermografie und zu erwartender Sonneneinstrahlung muss die Messung vor Sonnenaufgang durchgeführt werden."

"VATH Richtlinie Bauthermografie"
(VATH e.V. - Stand Oktober 2007)

"Auf der Suche nach Wärmeverlusten ist auf Infrarotthermografie-Messungen Verlass, sofern stationäre Temperaturverhältnisse herrschen. Etwa 20 Prozent der unter winterlichen Bedingungen ausgeführten thermografischen Aufnahmen hatten bislang keine Aussagekraft. Deshalb ist an der Zuverlässigkeit der zerstörungsfreien Untersuchungsmethode gearbeitet worden. Jetzt lassen sich nicht nur im Winter, sondern auch im Sommer und während der anderen Jahreszeiten versteckte Verarbeitungsfehler und Bauschäden der Gebäudehülle thermografisch visualisieren. Es ist möglich, an einem Wärmedämmsystem zu einem beliebigen Zeitpunkt und auch bei Sonneneinstrahlung defekte Dämmplatten, Fugen, fehlerhafte Verdübelungen oder einen Plattenversatz berührungslos zu lokalisieren."

Fraunhofer IRB (baufachinformation.de)

Fundstelle: Kurzvorstellung von: Alexandra Raicu: IR-Thermografie im Bauwesen. Aufstellung eines Leitfadens zur Anwendung der Infrarotthermografie bei instationären Temperaturverhältnissen zur Feststellung versteckter Baufehler, 1999, Fraunhofer IRB Verlag

8.6 Danksagung

Der Autor dankt den folgenden Unternehmen und Kollegen für die freundliche Unterstützung, insbesondere das Bereitstellen bzw. Übersendung von Bild- und Textmaterial.

- Klaus Roggel, Architekt und Bausachverständiger, Berlin
- Bernd Bonso, Dipl.-Ing. und Bausachverständiger, Berlin
- Peter Rauch, Dipl.-Ing. und Bausachverständiger, Berlin
- SICCC GmbH ThermoShield Europe, Berlin
- Ritter Hausverwaltungs GmbH, Neumarkt
- Architekt Konrad Fischer, Hochstadt
- Thermox s.r.o., Žilina, SK
- euroluftbild.de®, Berlin

01.07.2009

Dipl.-Ing. M. Bumann
DIMaGB, Berlin

9 Anhang

9.1 Zum Unterschied zwischen Temperatur und Wärme

Wärme (auch Wärmemenge) ist eine physikalische Größe, eine Prozessgröße, die nur beim Vorliegen eines Temperaturgefälles (Temperaturgradienten) auftritt. Sie kann durch die Kinetische Theorie, als auch durch die Thermodynamik beschrieben werden. Wärme in der Thermodynamik (Wärmelehre) ist über eine Systemgrenze hinweg transportierte thermische Energie. Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik besagt, dass Wärme nicht von selbst von einem Körper niedriger Temperatur auf einen Körper höherer Temperatur übergehen kann. Prozessgröße bedeutet: Wärme ist wie Arbeit an Transportvorgänge gebunden.

Die **Temperatur** ist eine physikalische und thermodynamische Zustandsgröße. Wird thermische Energie über eine Systemgrenze hinweg transportiert, muss das nicht zwangsläufig eine Temperaturerhöhung nach sich ziehen. Die übertragene Wärme führt zu einer Zustandsänderung. Formen möglicher Zustandsänderungen sind:

- Temperaturerhöhung
- Phasenübergang (Eis zu Wasser, Wasser zu Dampf)
- Druckänderung (bei Gasen, Bsp.: steigender Dampfdruck)

Die Temperatur wird im Alltag in °C angegeben, in der Technik in K (Kelvin).

Die übertragene Wärme Q ist meist mit einer **Temperaturänderung** dT verbunden: $Q = C \times m \times dT$ (C ist die spezifische Wärme, m die Masse, dT die Temperaturänderung). Von der Temperaturänderung auf die Wärmemenge zu schließen, ist nur für homogen erwärmte Systeme zulässig (Bsp.: ein Topf auf dem Herd mit kochendem Wasser). Bei einer Hauswand ist die Temperatur nicht gleichmäßig verteilt.

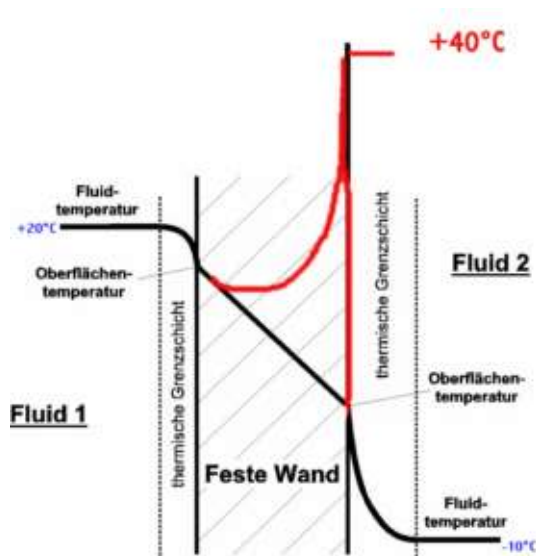
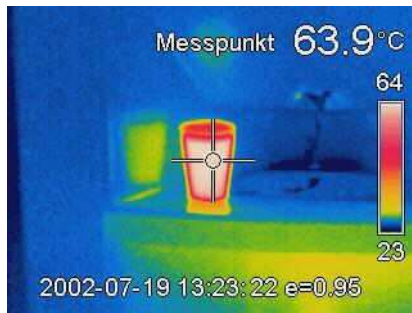


Abbildung 9 auf S. 15: Übertrag gemessener Werte in das starre Schema nach U-Wert-Theorie zum Temperaturverlauf an und in der Wand, aus der "Studie über den Einfluss der solaren Erträge über die Außenwände auf den Energiehaushalt eines Wohngebäudes", siehe Kapitel 8.2. Bauphysik auf Seite 7.

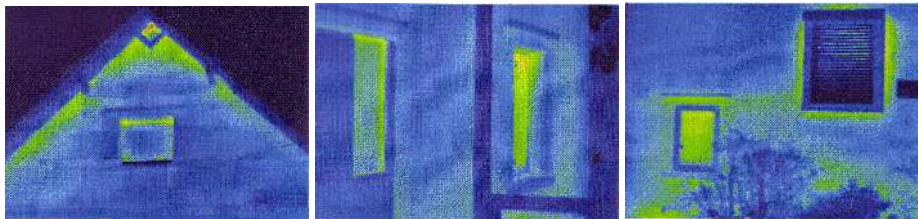
Das Beispiel zeigt den ungefähren Temperaturverlauf einer im Winter von der Sonne beschienenen Außenwand. Die Messreihe ist von der EMPA in Zürich im Januar 1992. Man erkennt, dass 1. die Oberflächentemperatur keine Aussage auf die Wärmemenge im thermodynamisch inhomogenen System Außenwand zulässt und dass 2. die Diagonale des Temperaturverlaufes nach U-Wert-Theorie nur für die Theorie zutrifft.

Die hier beschriebene Erscheinung ist die bauphysikalische Grundlage dafür, wie man mittels IR-Thermografieaufnahmen eine Massivwand, die Sonnenwärme gespeichert hat, zur Energieschleuder erklärt. Sie liefert aber auch die Grundlage dafür, solche plumpen Tricks – die immer wieder gern vorgeführt werden – zu durchschauen. Beispiele sind hier im Anhang enthalten.

9.2 Thermografiebild Kaffeemater, Bsp. Außen- u. Innenthermografie

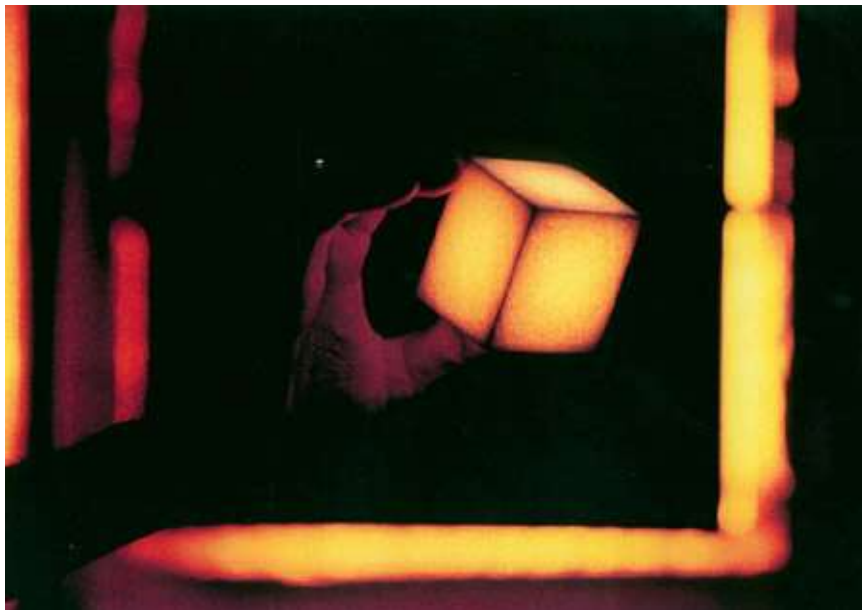


KaffeeAutomat-Thermographie.jpg? (320 x 240 Pixel, Dateigröße: 11 KB, MIME-Typ: image/jpeg) aus dem zentralen Medienarchiv Wikimedia Commons, transferred from de.wikipedia (Original text : selbst fotografiert)



Außenthermografie eines ThermoShield beschichteten Gebäudes
 Einfamilienhaus Glämischstr., Gemeinde Küsnacht (CH)
 Bericht vom Eigentümer, Otto B., Bilder: Gemeindewerke Küsnacht, Februar 2007
 Meinung des Energieberaters: „Das Haus ist aber gut gedämmt.“
 Otto B.: „Das ist nicht gedämmt, das ist mit ThermoShield gestrichen.“
 Reaktion des Energieberaters: „Das kann nicht sein.“

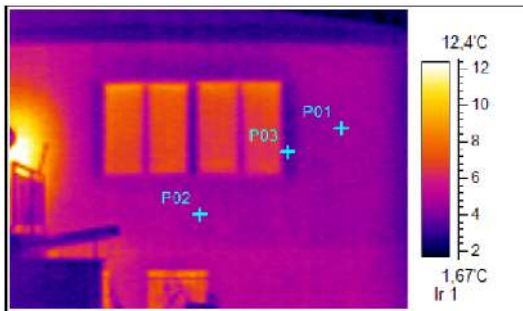
aus: Infomaterial für Fachleute: Heizenergieeinsparung mit ThermoShield in der Praxis
 Eine Übersicht zu praktischen Resultaten: Fassadenbeschichtung mit ThermoShield Exterior
 Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann, DIMaGB, Berlin, 21.01.2008



Innen-Thermografie
 Die Hand hält einen 1300°C heißen Keramikwürfel
 Bild: SICC GmbH, Berlin, vor 2003

9.3 Außenthermografie Wohnhaus S., M.-Str. xy in Berlin

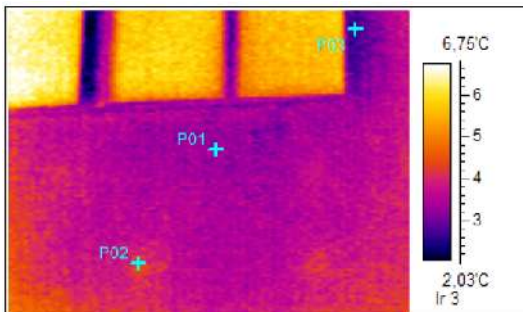
IR-Bilder vom 10.12.08, 11:20 Uhr, Außentemperatur: 4 °C



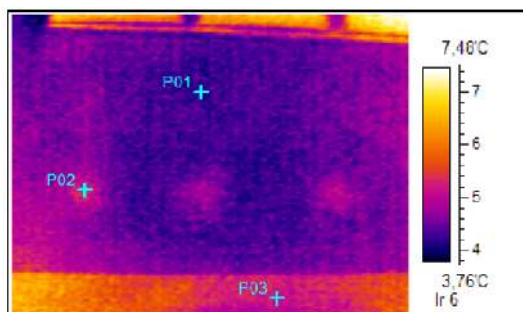
IR-Bild 1: Gartenseite, Fenster mit Heizkörpernische unter Fenster



IR-Bild 2: Gartenseite, Edelstahlabgasrohr Grundofen



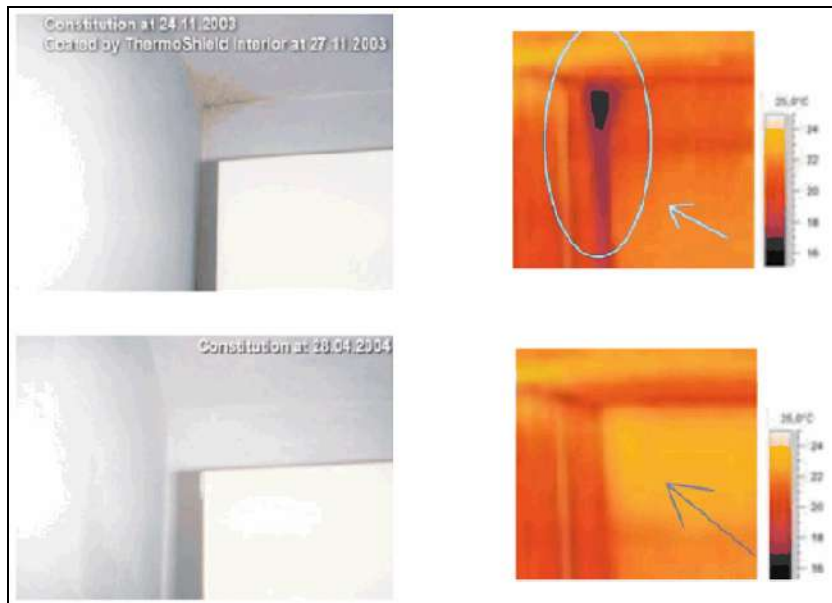
IR-Bild 3, Gartenseite, Fenster mit Heizkörpernische unter Fenster



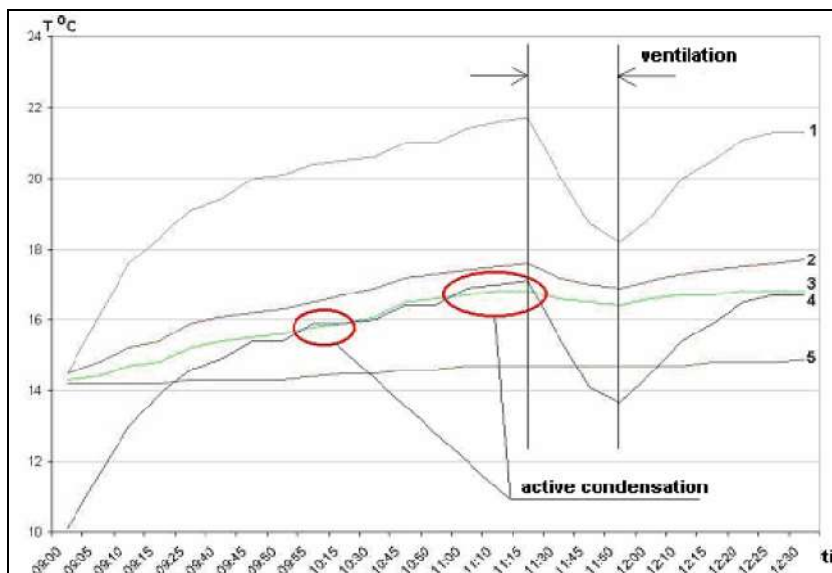
IR-Bild 4, Straßenseite, Fenster mit Heizkörpernische unter Fenster

IR-Bilder: Klaus Roggel, Architekt und Bausachverständiger, Berlin
Fotos: Matthias G. Bumann, Bauingenieur und Bausachverständiger, Berlin

9.4 Innen-Thermografie nach einer ThermoShield Beschichtung



Die Kombination von Innen-Thermografie und Temperaturmessungen belegt, dass ThermoShield die Oberflächentemperatur anhebt (über die Taupunkttemperatur) und verteilt, so dass die Wirkung von Wärmebrücken kompensiert wird.



1. Variation of the room temperature
2. Variation of the temperature of the part of wall surface, coated by thermo-ceramic coating (ThermoShield)
3. Variation of the temperature of the part of wall surface, coated by standard latex paint
4. Variation of the condensation temperature in accordance with the variation of the temperature of inside air, containing 75% humidity.
5. Variation of the temperature of the wall construction - 5 cm under the surface (equal for the both parts)

“ThermoShield Interior is classified like decorative coating of low heat permeability. [4] If the heat-exchange process is strongly non-stationary (variation of the heating), the low heat permeability of the coating ensures high contact temperature between indoor air and boundary wall surface (about 1 degC higher on an average). The formation of a cold zone, which would worsen the comfort of inhabitation, is avoided. Also the conditions for the emerging of condensation and mould are eliminated. The energy saving result is about 15% reduction of heating coast. [4] Long time ago we abstained to comment the thermal conductivity of the dry layer of ThermoShield Interior because of the different values that are published. But one is sure. Information for higher surface temperature after application of ThermoShield exists practically in all publications and reports. The TEMPERATURE RISE is from 0.4 to 1.5 degC in different cases (depending on the thickness of the dry layer and the variation of heating). [5]”

Long time ago we abstained to comment the thermal conductivity of the dry layer of ThermoShield Interior because of the different values that are published. But one is sure. Information for higher surface temperature after application of ThermoShield exists practically in all publications and reports. The TEMPERATURE RISE is from 0.4 to 1.5 degC in different cases (depending on the thickness of the dry layer and the variation of heating). [5]”

Energy saving methods of ThermoShield – Results and practical experience, Dipl. Arch. Ognyan, Simov, Sofia, 20.07.2005

9.5 Außen-Thermografie nach einer ThermoShield Beschichtung

Temperaturprofil der Linie 01

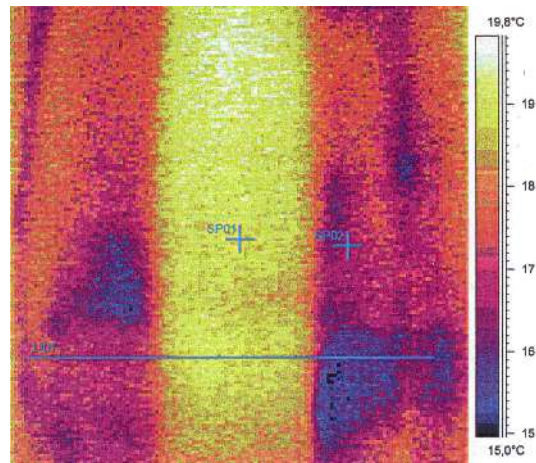
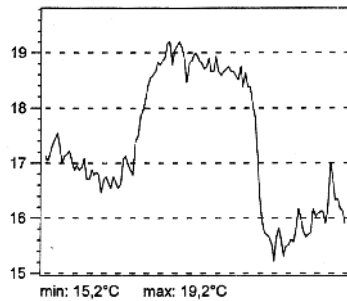


Bild 1: Temperaturprofil der Linie 1 zur Thermografie

Bild 2: Thermografie zum Oberflächenvergleich

Deutlich sichtbar ist der Unterscheid zwischen den beschichteten Flächen und dem unbeschichteten Streifen. Dazu das MUTZ: „Die vorliegende Thermographie bestätigt unsere Aussage über die Wirksamkeit von ThermoShield Produkten in drastischer Weise.“

Auswertung der Messergebnisse:

Abstand	[m]	2	2	2	2	2	2
Seite	[n]	2	3	4	5	6	7
Zeit	[h:Min.]	12:25	12:35	12:41	14:39	14:49	14:55
Dateiname		.002	.003	.005	.010	.012	.013
Emissionsgrad	[-]	0,78	0,85	0,85	0,78	0,85	0,78
Probekörper		TS H0	un H0	un AW H0	TS AW H1	un H1	TS H1
IR max	[°C]	20,60	20,50	20,20	19,90	20,70	20,70
IR min	[°C]	17,60	17,50	17,80	14,90	17,60	17,30
SP 01	[°C]	18,40	18,10	18,80	18,80	18,20	18,10
SP 02	[°C]	18,30	18,30	18,30	16,70	17,90	18,60
Umgebungstemp.	[°C]	19,00	19,00	19,00	21,00	21,00	21,00

Tabelle 1: Datentabelle zu allen 6 Messungen

Legende: TS = beschichtet, un = unbeschichtet, H0 = Heizung aus, H1 = Heizung an, AW = Außenwand

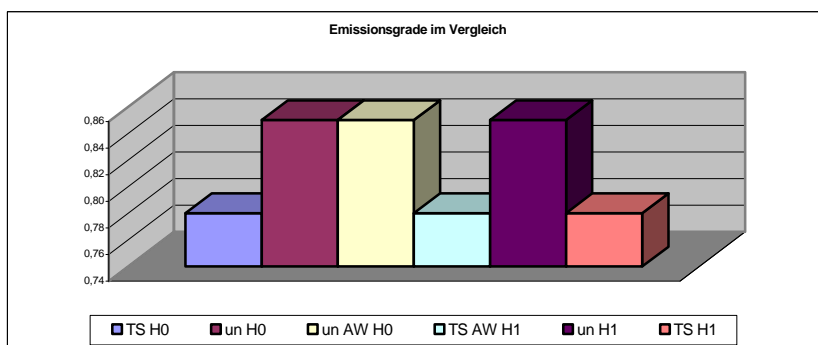


Bild 3: grafischer Vergleich der Emissionswerte

aus: Die MUTZ-Thermografie vom 04.12.1997, dib, SICC GmbH, 01.10.2004

9.6 Außenthermografie: Vergleich unsaniert vs. ThermoShield beschichtet (1)

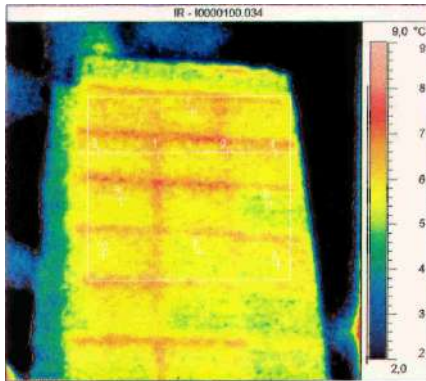


Bild 34: Giebel unsaniert

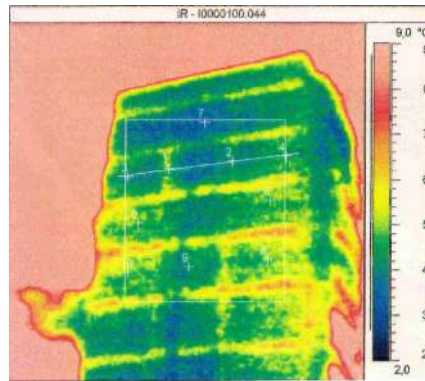


Bild 44: Giebel mit ThermoShield beschichtet

Die Messungen wurden erweitert durch den Vergleich eines unsanierten Giebels mit einem mit ThermoShield Exterior beschichteten.

Gerade	min. T (G)	5,3	3,3
	max. T (G)	6,6	4,8
	T mittel (G)	6,0	4,1
	d T (G)	1,3	1,5
Fläche	min. T (F)	4,8	2,8
	max. T (F)	7,6	7,0
	T mittel (F)	6,0	4,7
	d T (F)	2,8	4,2
Umgebung	T (Luft)	2,4	2,4
	T (Raum)	21,0	21,0

Tabelle 2: Datentabelle zur Thermografiemessung, ohne Spotwerte 1-10 (2 Giebel)

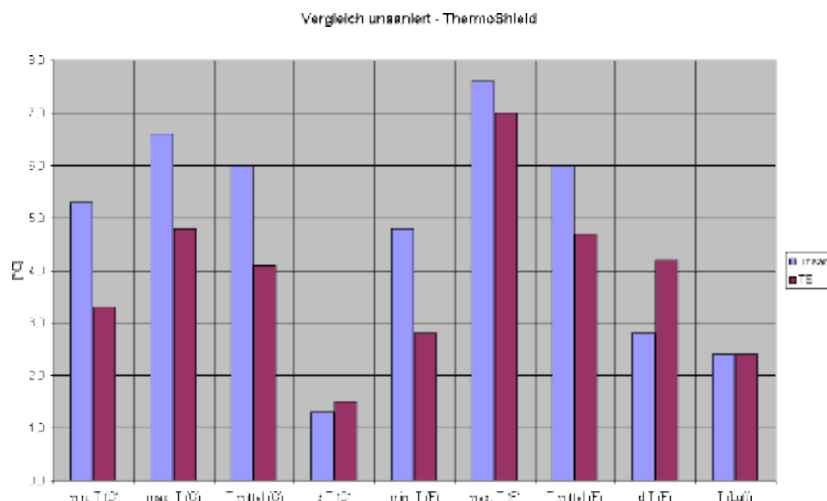
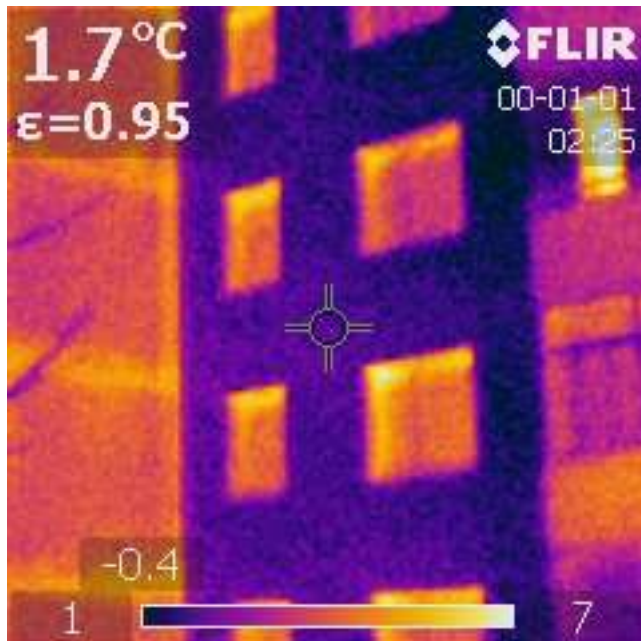


Bild 1: Grafische Auswertung der Thermografiedaten

Legende: T Temperatur, (G) auf der Geraden, d Differenz, (F) auf der eingezeichneten Fläche

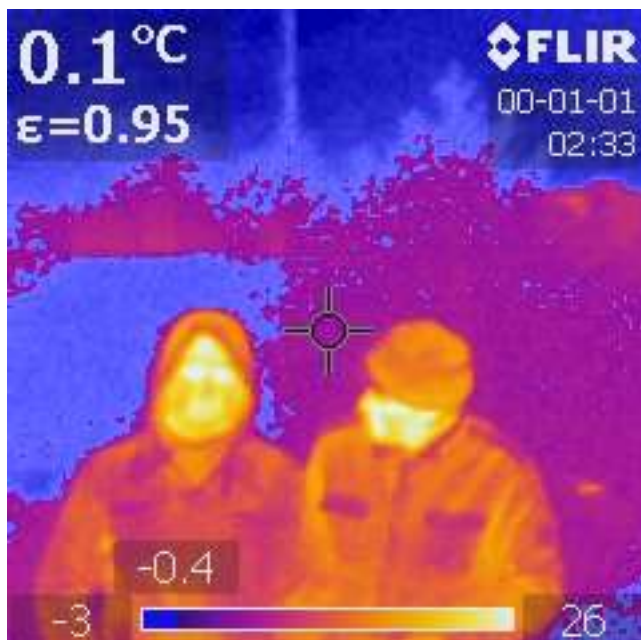
Die Wirkung der ThermoShield Beschichtung wird an den niedrigeren Temperaturen deutlich.

aus: Die Kauferinger Thermografiemessung vom 07.02.1999
dib, SICG G,bH, Berlin, 09.2004

9.7 Außenthermografie: Vergleich unsaniert vs. ThermoShield beschichtet (2)

Das Bild zeigt eine mit ThermoShield Exterior beschichtete Gebäudewand (blau). Links davon ist eine unsanierte Gebäudewand zu sehen, die deutlich wärmer abstrahlt.

Das Ergebnis dieser Thermografie-Messung wurde am 06.03.2009 im Rahmen des Bauphysik-Seminars in Šlapanice bei Brno (CZ) vorgestellt. Die Aufnahme wurde mit einem voreingestellten $\epsilon = 0,95$ gemacht. Das Ergebnis überraschte selbst den Thermografen.

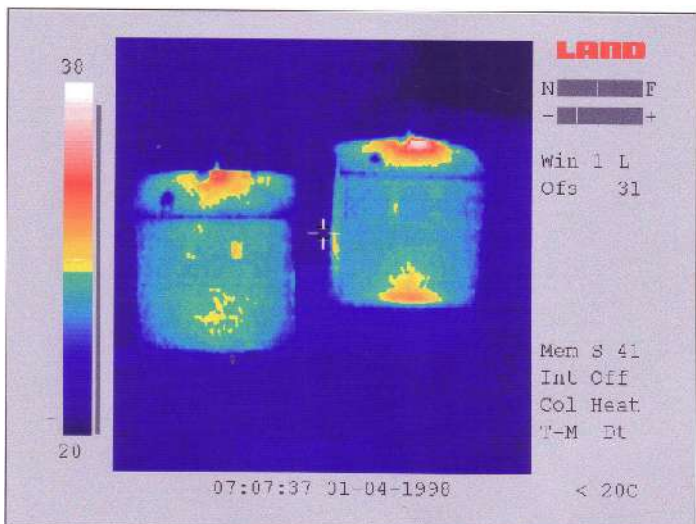
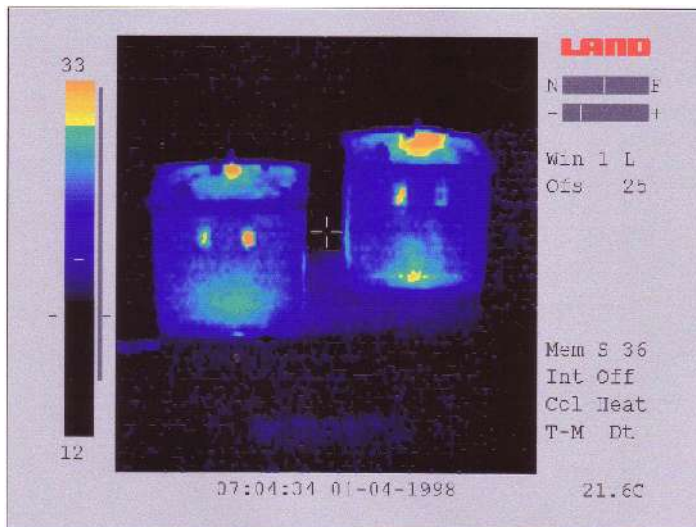


blau = kalt, gelb = warm

Es sei besonders erwähnt: Aufnahmezeit ist ca. 2:30, also mehr als 6 Stunden nach Sonnenuntergang.

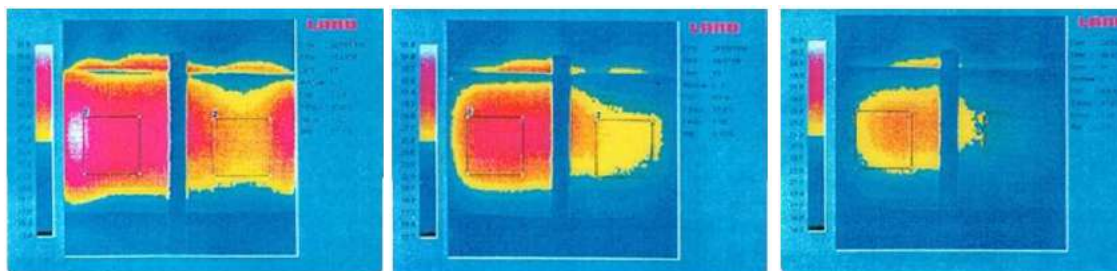
Bilder: Thermox s.r.o., Žilina, SK

9.8 Außenthermografien zum Vergleich



2 Modellhäuser
 links mit Thermo-Shield-Beschichtung - rechts ohne
 Deutlich ist beim rechten Modellhaus eine höhere Wärmeabgabe im
 Dach- und Wandbereich in den freien Luftraum zu erkennen.
 Bilder und Text: ThermoTect LAND, 1998

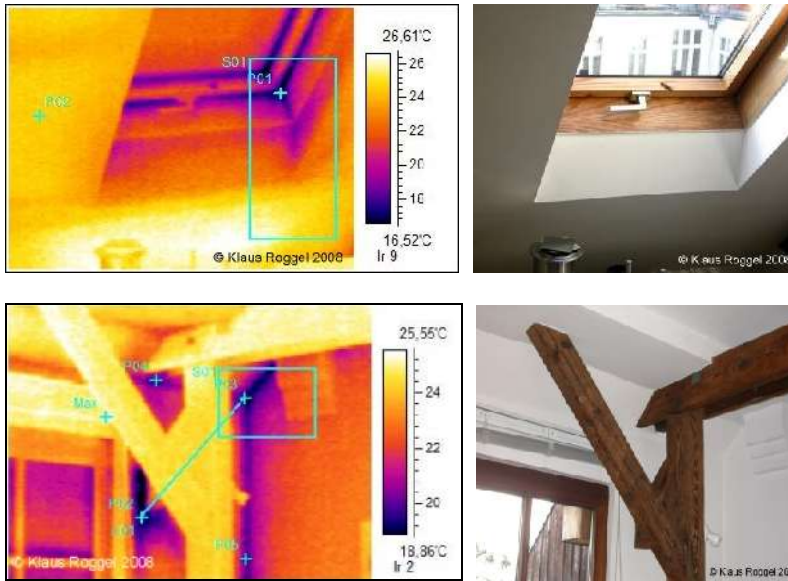
Innen-Thermografie mit Probewürfeln



Wärmespeicherung nach Aufheizen, Thermographie
 links: Probekörper ThermoShield beschichtet, rechts unbeschichtet
 Auskühlung nach einer halben Stunde und nach einer Stunde

Bilder: SICG GmbH, Berlin, verm. 1998

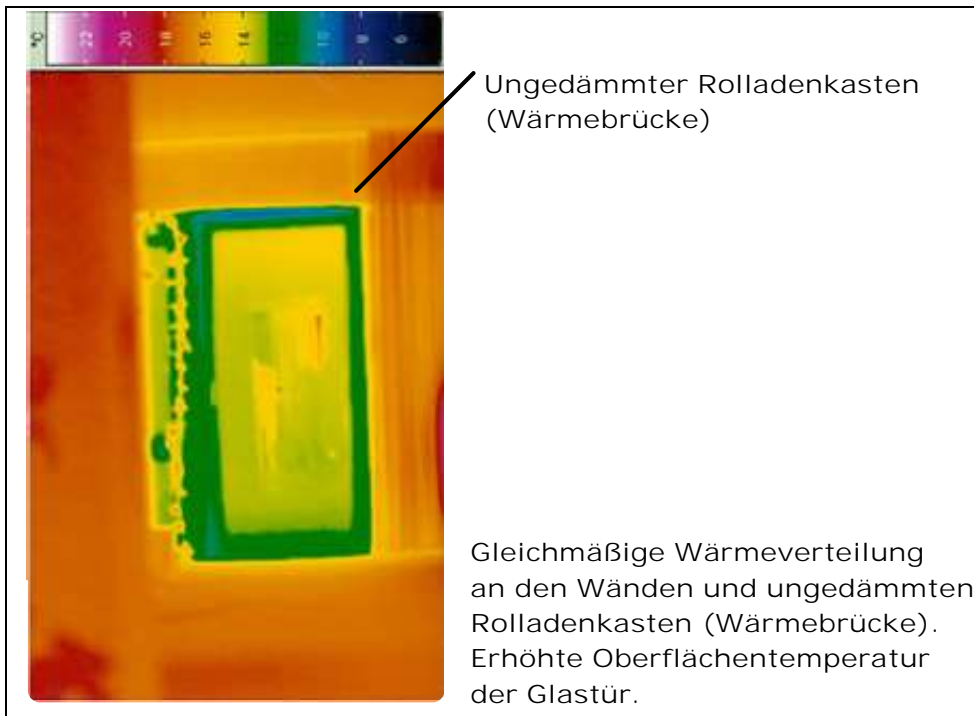
9.9 Beispiele Innen-Thermografie: Dachfenster, Dachbalken



Der Vergleich von IR-Bildern mit den parallel gefertigten Fotos ermöglicht eine Beurteilung der Situation. Die IR-Bilder geben nur ein Temperaturbild wider, anhand der Fotos sind Materialien, Farben und ggf. Oberflächenzustände erkennbar.

Bilder: Klaus Roggel, Architekt und Bausachverständiger, Berlin

9.10 Innen-ThermoGrafie: Rollladenkasten, beschichtet



Wirkung der ThermoShield Innenbeschichtung
Wärmebrücken werden kompensiert, Schimmelbildung wird entgegengewirkt
 Bild: SICC GmbH, Berlin

9.11 Modellbildung zu Strahlungsvorgängen an der Außenwand

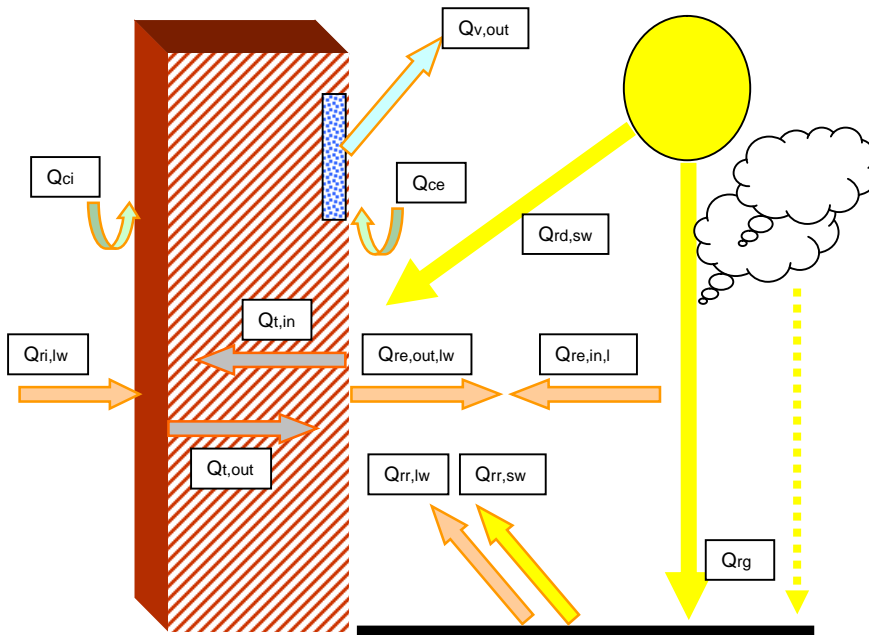


Abbildung 1: Energiezu- und abflüsse der Außenwandoberfläche im Winter. Legende: Q = Energiefluss bzw. Wärmestrom, Erläuterung der Indizes: i = interior = innen, e = exterior = außen, c = convection = Konvektion, r = radiation = Strahlung, t = transmission = Wärmeleitung in = inside = nach innen, out = outside = nach außen g = global, d = directly = direkt, lw = long wave = langwellig, sw = short wave = kurzwellig v = vaporisation = Verdunstung

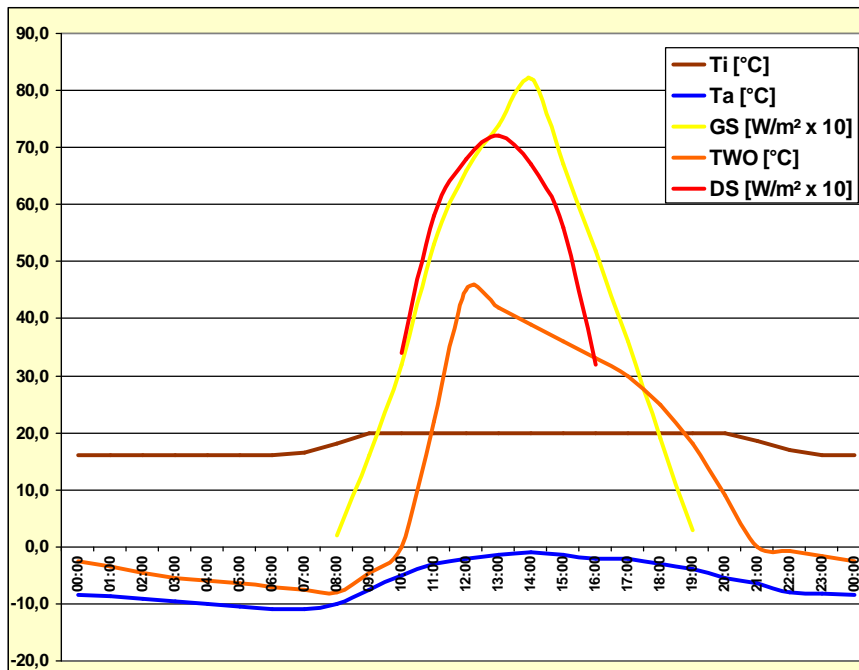
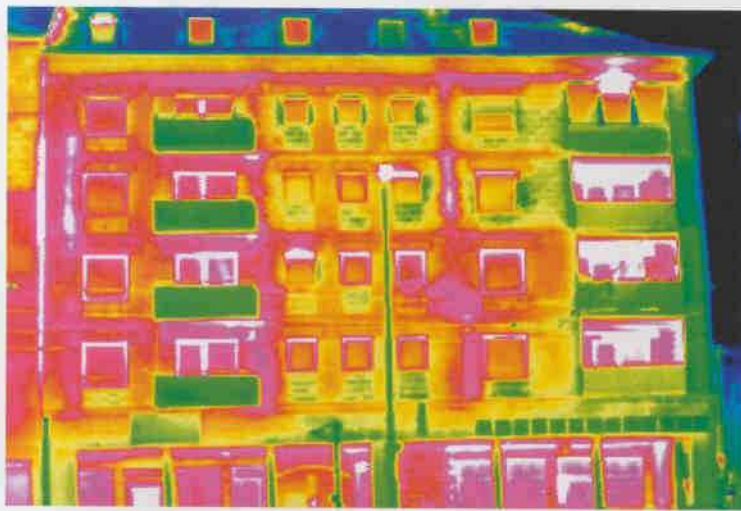


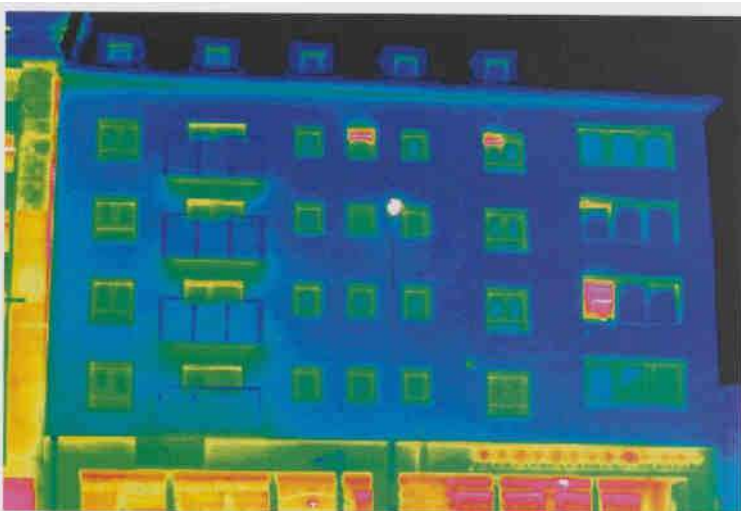
Abbildung 2: Darstellung von Kenngrößen in Anlehnung an berichtete Messwerte, Südwand, ca. 400 m üNN, ca. 48° Ost geografische Breite, Region D/A/CH, Mitte Februar

Legende Ti = Innenraumlufttemperatur, Ta = Außenlufttemperatur, GS = Globalstrahlung, DS = Direktstrahlung, TWO = Temperatur der Wandoberfläche

Aus: Studie über den Einfluss der solaren Erträge über die Außenwände auf den Energiehaushalt eines Wohngebäudes, Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann, DIMaGB, Berlin, noch nicht veröffentlichtes Manuskript, 20.01.2009

9.12 Manipulationen bei einer Außen-Thermografie (2009)

Mehrfamilienhaus ungedämmt

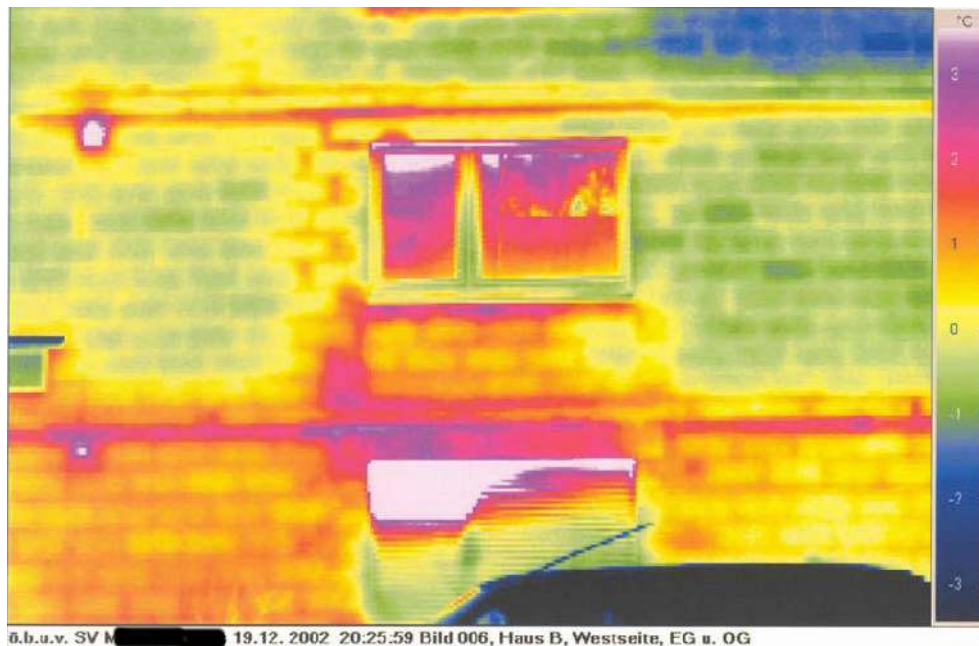


Mehrfamilienhaus gedämmt

Thermografien von ein und demselben Haus: einmal ist es die reinste „Energieschleuder“, alles rot und gelb. Beim zweiten Mal ist es ein Energiesparhaus, alles grün und blau. Auffällig sind die wenigen Lichtquellen beim zweiten Bild. Hierbei fällt die Verfälschung aus Rückreflexionen und automatischer Fehlkalibrierung weniger stark aus. Beim ersten Bild hat der Thermograf in Kauf genommen, dass die Fehlerquellen das Ergebnis nicht nur dominieren, sondern völlig verzerren.

Bildzitate aus: Bauzeitung, Heft 1, 2009-02-26
zugesandt von Dipl.-Ing. Bernd Bonso,
Bausachverständiger, Berlin

9.13 Manipulationen bei einer Außen-Thermografie (2002)



Thermografieaufnahme durch einen öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen.

Die Aufnahmen wurden im Auftrag eines großen deutschen Unternehmens hergestellt und dann von diesem großen deutschen Unternehmen im Rahmen von Schulungsveranstaltungen für Maler verwendet, um vergleichende Werbung zu Produkten für den Fassadenbereich zu betreiben.

Teile der Vortragsfolien wurden 2002 von einem bekannten deutschen Fachverband verwendet, um Wettbewerbsprodukte in Misskredit zu bringen. Der Artikel, der sich mit Fragen des Werkvertragsrechtes befasst, wurde zurückgezogen. Es existieren hiervon einige Kopien.

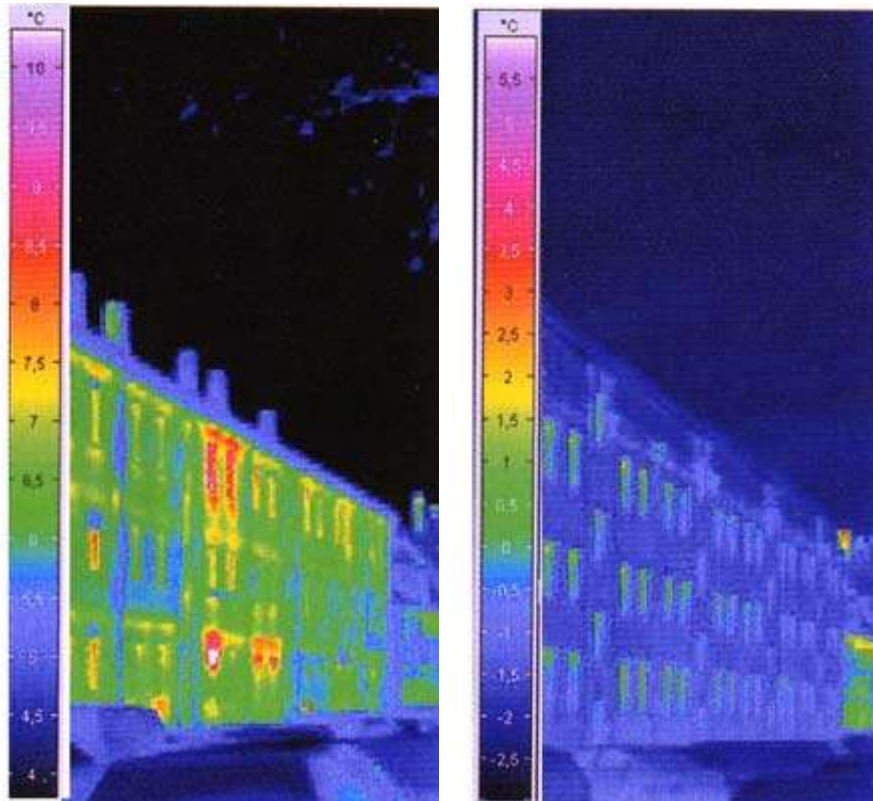
Bei der Serie von Aufnahmen, von der dieses Bild 006 als Beispiel genügen soll, wurden zahlreiche grobe Fehler in Kauf genommen: eine Straßenlaterne oder – wie hier zu sehen – abgestellte Pkw im Aufnahmekegel, angeschaltete Leuchten, angekippte Fenster.

Dies lässt die Vermutung aufkommen, dass die sich zwangsläufig einstellenden Fehlkalibrierungen gewünscht waren. Auch dieses Beispiel ist dafür gut zu zeigen, wie man es nicht machen soll.

9.14 Energetische Sanierung mit dem Skalierungs-Trick?

Ein Beispiel, wie man mittels unterschiedlicher Skalierung zu erstaunlichen Interpretationen der IR-Aufnahmen der Fassade kommt, zeigt Kollege Peter Rauch auf seiner Internetseite. Das folgende Zitat ist selbst erklärend.

„Die nachfolgenden Bilder zeigen das gleiche Objekt vor und nach der Sanierung. ... Optisch zeigt die Sanierung ein hervorragendes Ergebnis.“



Aber betrachtet man die IR-Bilder speziell die Temperaturskalen etwas genauer, so ergibt sich ein ganz anderes Bild. Die Farbe grün entspricht links den Bereich um 6,5°C und rechts um -1°C.

Es wird deutlich, dass die **Messungen bei unterschiedlichen Außentemperaturen** vorgenommen wurden.

Das erkennt man auch im unteren Bildabschnitt bei den abgebildeten Autodächern einmal mit 4°C und rechts mit -2,5°C (dunkelblau). Das ergibt auch eine Differenz von circa 6 K. (Das lässt sich nicht genau bestimmen, wegen der bereit oben erläuterten nächtlichen Abstrahlung.)

Würde im linken Bild die Temperatur um 1 bis 2 K niedriger sein, so würde die Fassade auch blau aussehen.

Betrachtet man die Temperaturdifferenzen im linken Bild, so beträgt diese bei den Fenstern (gelb) zu der Fassade (grün) 1 K und bei den offenen Fenstern (rot) sind es 2 bis 2,5 K. Im rechten Bild ergibt sich eine Temperaturdifferenz von Fenster (grün) zu der Fassade (blau) 2 bis 2,5 K.

...“

Quelle:

Dipl.-Ing. Peter Rauch, Ingenieurbüro Peter Rauch, Leipzig:

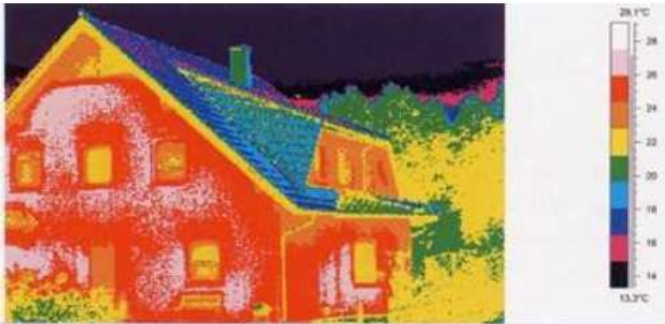
"Was kann die Thermografiemessung und wo sind die Grenzen."

<http://www.projet2001.de/Gutacht/thermografie.html>

9.15 Wie man gespeicherte Sonnenwärme als Verlust deklariert (1)

Woher kommt:“Lügen das sich die Balken biegen?“

Das Deckblattbild der Umweltstudie von Greenpeace an die Bundesregierung 1982 („10 000 nicht gedämmte Häuser“)



Der Umweltschützer Patrick Moore, Gründungsmitglied und ehemaliger Präsident von Greenpeace International, hat sich inzwischen von der Organisation abgewendet. Er wirft der Organisation ideologische Verblendung vor, die in einer rigorosen Protesthaltung gipfeln und bei der sich die Organisation weigert, Konsens in Bezug auf Ökologie zu schaffen. So sagte der heute für die Forstwirtschaft arbeitende Moore in einem Interview:

„Greenpeace hat sich von Logik und Wissenschaft verabschiedet. Die Kampagnenprofis arbeiten mit emotionalen Bildern. Für viele Menschen sieht ein Tulpenfeld viel besser aus als ein frischer Kahlschlag, wo nur noch hässliche Baumstümpfe zu sehen sind. Viele denken leider nicht so weit, dass der Wald wieder nachwächst und dass die Forstindustrie auch ein starkes ökonomisches Interesse daran hat, dass er nachwächst. Die biologische Vielfalt eines Tulpenfeldes tendiert jedoch gegen Null.“

Patrick Moore über Greenpeace

Zitat:

„Denn auf dem Bild was man dem Bundeskanzler vor die Augen gehalten hat sehen wir nicht etwa ein schlecht gedämmtes wie das Bild suggerieren soll, sondern **ein Klinkerfassadenhaus welches die vom Tage gespeicherte Sonnenwärme der Süd- und Westwände nun nachts abstrahlt**. Mit solchen Bildern und der Hysterie zur Energieeinsparung konnte man jeden naturwissenschaftlich Ungebildeten und das sind leider meist solche die glauben sich ökologisch zu orientieren, begeistern.“

Quelle:

Vortrag „Energieeffizienz“ DTG, 08.09.2008

Titel: Der „gewünschte“ Schimmelpilz

Vorsatz oder Dummheit?

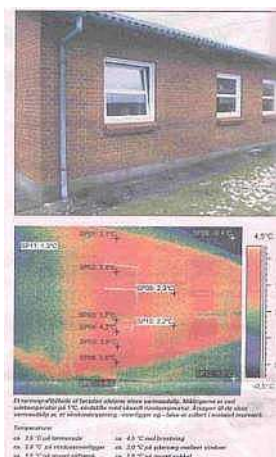
Vom Wunder der Energievermehrung

Autor: Dipl.-Ing. Bernd Bonso, Sachverständiger

9.16 Wie man gespeicherte Sonnenwärme als Verlust deklariert (2)

Bei diesem Artikel handelt es sich um ein Großzitat von der Internetseite der Altbau und Denkmalpflege Informationen von Architekt Konrad Fischer. Der Text ist selbsterklärend, so dass eine Kommentierung entfällt.

„ ... Wie Greenpeace (recte Grünpiss?) nun Hetzjagd auf die Wohnungswirtschaft macht, sieht man hier. Die Thermografie soll dafür als Schrotbüchse dienen. Ein Beispiel aus Dänemark (es ist was faul ...) zeigt, für wie blöd man den Verbraucher hält. Mit allerprimitivsten Täuschungsmanövern will man sein Geld aus der Tasche ziehen:



Bildunterschrift: "Ein Thermografiebild der Fassade offenbart große Wärmeverluste. Die Messung fand statt bei 1 °C Außentemperatur, Windstille und unbekannter Raumtemperatur. Die Ursache für den gezeigten Wärmeverlust ist, daß die Fensterbrüstung, -sturz und -anschlag in massivem Mauerwerk ausgeführt sind." (aus: Michael Rughede: "Nu skal husene vaere taette/Nun sollen die Häuser dicht werden", BYG-TEK, 25.10.04, mit Aufruf zu Blower-door, Hausdichtung und Maximal-Dämmung, Übersetzung: Konrad Fischer).

Schon dolle, wie orangewarm eine Süd-Ziegelwand nur durch Belichtung werden kann. Während die noch unbesonnte Westgiebelwand deutlich kälter blaugrün. Wobei im Eckzimmer (hinter linkem Fenster) innen vor Süd- und Westwand doch absolut die gleiche Raumwärme herrscht. Was so eine Thermografie abbilden kann, ist doch nur die Wärmeabstrahlleistung einer Oberfläche, keinesfalls die Wärmeverluste von innen nach außen. Und die Oberflächenerwärmung kommt gerade in speicherfähigen Massivbauten vorrangig von der Solarstrahlung! Klaro? Auch der West-Betonsockel kann seine Orangewärme voraussichtlich durch Reflexionseffekte vom vorgelagerten hellen Gehweg oder sonstige lagebedingte Einstrahleffekte erhalten haben. Vielleicht speichert er auch die Vortagserwärmung besser als das zweischalige Vormauerwerk.

Ob man mit einem solch volksverblödenden Expertenbeschiß die dummen Dänen genauso schön einseifen kann, wie unsere deutschen Intelligenzbestien?

...“

Quelle: Architekt Konrad Fischer, Hochstadt

"Der Schwindel mit Wärmedämmung und Energiesparen 4

Schädlingsbefall und Spechte im WDVS und der Thermographie-Schwindel"

<http://www.konrad-fischer-info.de/2134bau.htm>

"Energiesparen und Wärmeschutz am Altbau 6

Eine kleine unendliche Geschichte der Ökoabzocke"

<http://www.konrad-fischer-info.de/7wdvs06.htm>

9.17 Wie man gespeicherte Sonnenwärme als Verlust deklariert (3)

„...“



Thermographie brutal: Wärmeverlust oder Abstrahlung eingespeicherter Solarstrahlung?

Bildunterschrift: "Thermografie: Der Wärmeverlust bei der linken Haushälfte (mit Dämmung) beträgt nur einen Bruchteil des Verlusts auf der rechten Seite (gelbe und rote Flächen verraten den Wärmedurchgang)." aus: houseandmore.de, Seitenstand 26.10.06, abgedruckt in "Bauen & Wohnen", 26.10.06, Verlagsbeilage der Neuen Presse Coburg, Bildquelle: Sto AG, vgl. www.pr-nord.de/stoo_text155.html.

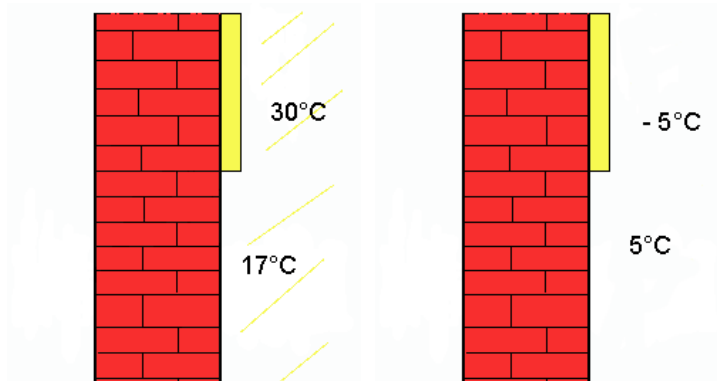
Klar, daß es am Rollokasten etwas erhöhten Wärmedurchgang gibt. Aber wieso strahlen ausgerechnet die Fensterklappäden vor (!) der blauen Superdämmfassade so dermaßen gelbwarm? Wo kommt denn diese Energie wohl her? Fließt die irre Wärme aus den Beschlägen am Ladenanschlag und heizt ungebührlicherweise den ganzen Laden auf? Verliert das WDVS ausgerechnet hinter Fensterläden jede Dämmwirkung und es fließt ungeschützt Wärme aus dem warmen Zimmer zielgenau bis zum Laden? Hat die Ladenwärme nicht aufgepaßt und wurde vom raffinierten Thermographen in einer äußerst hochnotpeinlichen Situation erwischt? Ach Leute - logischerweise wird auch hier die tagsüber in Massivbaustoffe eingespeicherte Solarenergie des Nachts thermographiert. Und da das WDVS nix speichern will und kann, steht es eiskalt herum und fängt lieber saumäßig Kondensat ein. Das friert dann winters das WDVS auf und sommers sorgt es für baldige Veralgung auf der sollgemäß bald abgesoffenen Dämmhaut - sobald die algizide Vergiftung der Fassadenfarbe ausgewaschen ist. So sorgt das schlaue Malerhandwerk für stetige Nachfrage. Wieviele leichtgläubige Bausimpel werden aber auf diesen ultimativen Gipfel der Energiesparweisheit - auch so ein Bild sagt mehr als tausend Worte - wieder hereinfallen? ..."

Quelle: Architekt Konrad Fischer, Hochstadt
<http://www.konrad-fischer-info.de/7wdvs06.htm>

9.18 Was zeigt das IR-Wärmebild auf einer Fassade?

Mit dem in den Beispielen zum Thema „Wie man gespeicherte Sonnenwärme als Verlust deklariert“ gezeigten „Phänomen“ befasst sich Kollege Dipl.-Ing. Peter Rauch auf seiner Internetseite. Die eigens hierzu erstellten Grafiken verdeutlichen die an sich schon gut verständliche Erklärung.

„...“
Auf eine Wandkonstruktion im Winter scheint die Sonne. Die Oberflächentemperatur auf der gedämmten Fläche steigt stärker an, als auf der ungedämmten Wandoberfläche (linkes Bild). Die Fläche wird nicht mehr durch die Sonne beschienen und die Oberflächentemperaturen sinken. Durch die fehlende Speicherefähigkeit des dünnen Putzes auf der Dämmung sinkt diese Oberflächentemperatur wesentlich stärker (rechtes Bild).



Beispiel Wandkonstruktion Oberflächentemperatur am Tag (links) und Oberflächentemperatur in der Nacht (rechts).

Wird nach dem Sonnenuntergang (Bild rechts) die IR-Temperatur gemessen, so erweckt dies den Eindruck, dass der Wärmefluss durch den gedämmten Wandabschnitt kleiner ist. Tatsächlich hat der ungedämmte massive Wandabschnitt durch seine Wärmespeicherfähigkeit noch eine höhere Oberflächentemperatur. Diese eingespeicherte Wärme wird je nach Baustoffeigenschaften und Konstruktion wieder an die Außenluft abgegeben. Dies kann bis zum nächsten Tag erfolgen.

Mit der IR-Messung wird nicht nur der Wärmefluss durch die Konstruktion, sondern auch die von außen eingespeicherte Wärme gemessen. Bauteile mit einer höheren Oberflächentemperatur müssen somit nicht Wärmebrücken sein. Thermische Schwachpunkte lassen sich nur eindeutig bestimmen, wenn die IR-Temperaturen der Bauteile außen und innen zeitnah gemessen werden. Das Bauteil, was außen eine höhere Temperatur hat, muss auf der Innenseite zwangsläufig auch eine niedrigere Temperatur haben.

Bei der Bewertung muss aber auch der Wärmeeindringkoeffizient des Baustoffs sowie die geometrische Bauteilform beachtet werden. Diese Kenngrößen haben auch einen Einfluss auf die Oberflächentemperatur.

...“

Quelle:

Dipl.-Ing. Peter Rauch, Ingenieurbüro Peter Rauch, Leipzig:

"Was kann die Thermografiemessung und wo sind die Grenzen."

<http://www.ib-rauch.de/Gutacht/thermografie.html>

9.19 Ein und dieselbe Aufnahme in 3 Temperaturbereichen ausgewertet

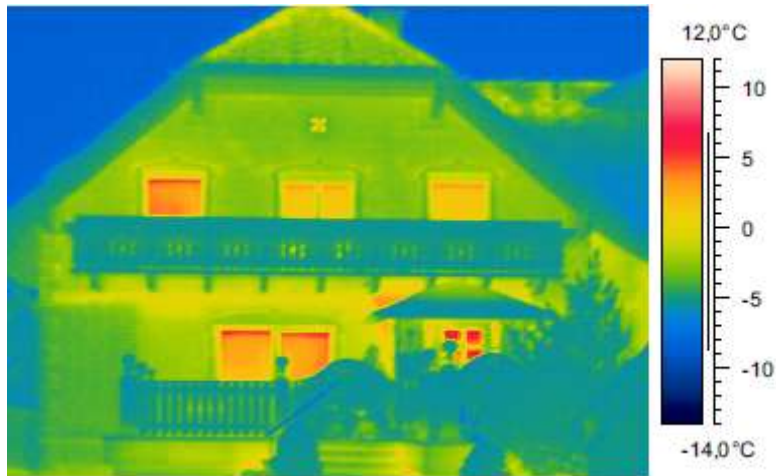


Bild 1: eingestellter Temperaturbereich -14° bis +12° C

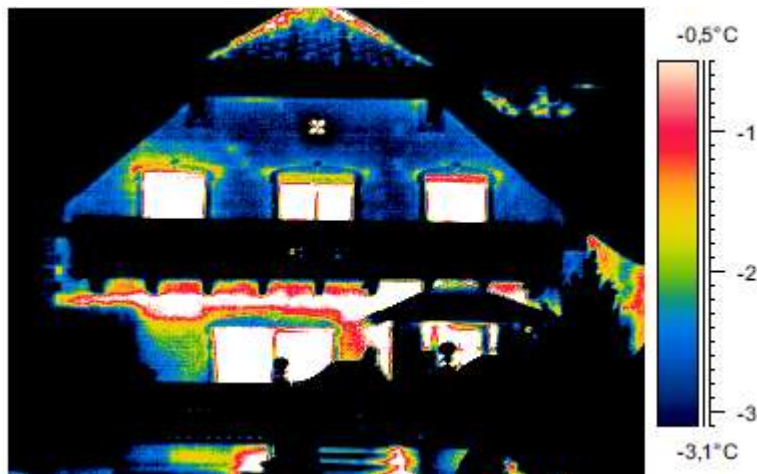


Bild 2: eingestellter Temperaturbereich -3,1° bis -0,5° C

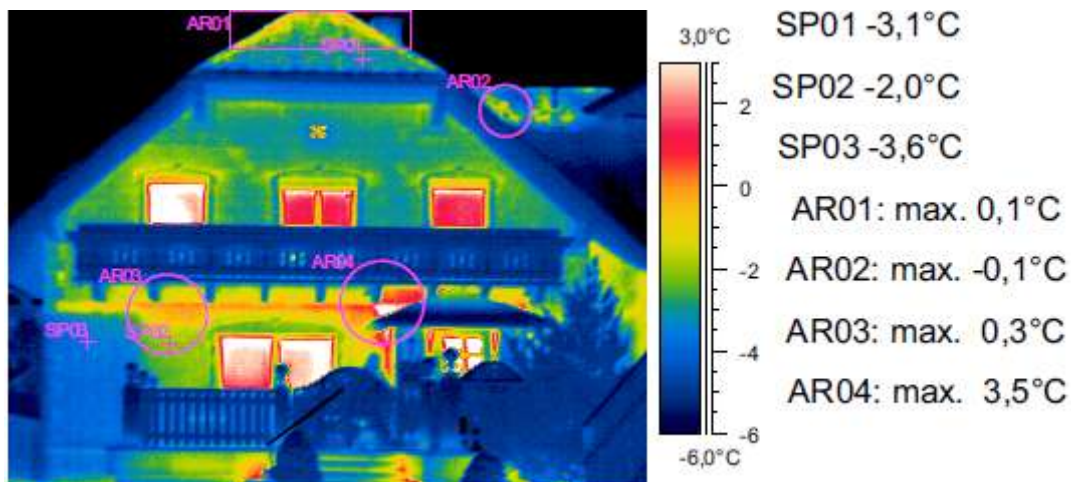


Bild 3: eingestellter Temperaturbereich -6,0° bis +3,0° C

Fotos aus: Endbericht Projektphase I,
Landesenergieverein Steiermark und Grazer Energieagentur, 2005

Erläuterungen: siehe Folgeseite.

9.20 Erläuterungen zu den drei Beispielbildern (Temperaturskalen)

Zu Bild 1:

Falsch-Analyse:

„Die gleichmäßigen Farben belegen die geringen Temperaturunterschiede und beweisen die gute thermische Qualität des Gebäudes“

Wertung:

„Dieser völlig falsche Schluss wurde aufgrund einer zu groß gewählten Temperaturskala gezogen, die tatsächlich vorhandenen Temperaturunterschiede sind nicht erkennbar.“

Zu Bild 2:

Falsch-Analyse:

„Bei der Außenwand im Bereich des Erdgeschoßes über den Fenstern kommt es zu katastrophalen Wärmeverlusten, eine sofortige Sanierung ist nötig. Erkennbar ist das daran, dass die Oberflächentemperaturen in Bereichen liegen, die gleich hoch sind wie bei den Fenstern“

Wertung:

„Diese Fehlinterpretation beruht ebenfalls auf falsch eingestellter Temperaturskala; hier wurde der Bereich zu klein und das Niveau zu niedrig gewählt. Die als weiß dargestellten und daher fälschlich als gleich warm interpretierten Wandbereiche liegen außerhalb des mit der gewählten Skala darstellbaren Bereiches!

Zu Bild 3:

Analyse:

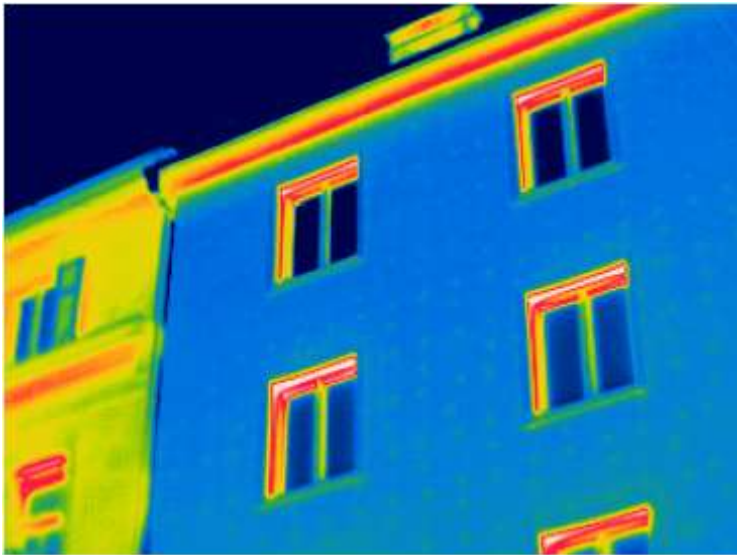
„Die Aufnahme zeigt signifikante Temperaturunterschiede im Außenwandbereich. Unmittelbar neben dem Eingangsbereich weist die Oberfläche Temperaturen im Bereich von bis zu +3,5°C (siehe Messfeld AR04), während an anderen Stellen der Fassade nur -3,6°C auftreten (Messpunkt SP03). Auffallend, jedoch ohne bedeutenden Einfluss auf den Wärmeverbrauch, ist auch der Unterschied bei SP02 und SP03 (Differenz 1,6 Kelvin), aus dem auf einen Unterschied im Wandaufbau zu schließen ist. Der etwas wärmere Bereich über den Fenstern im Erdgeschoß zeigt die Auswirkung der Wärmebrücke „Zwischendecke“. Die Dach- bzw. Firstbereiche weisen markante Temperaturerhöhungen auf: im Messfeld AR01 max. 0,1°C, an anderer Stelle des Daches (SP01) dagegen nur -3,1°C. Zu vermuten ist, dass die Wärmedämmung im Dachbereich verbesserungswürdig ist, man muss jedoch zusätzlich eine Aufnahme von der Innenseite des Dachbereiches machen, um Detailaussagen tätigen zu können (der flache Aufnahmewinkel der Außenaufnahme und die Hinterlüftung des Bauteils führt zu Verfälschungen).

Wertung:

Richtig ! Die Temperaturskala wurde bezüglich der Spreizung („span“) so gewählt, dass die in der untersuchten Fläche auftretenden Temperaturen möglichst deutlich unterschieden werden können. Die Endwerte („level“) wurden so eingestellt, dass möglichst alle interessierenden Messpunkte dargestellt werden, nur kleine Flächen bei den Fenstern (nicht Gegenstand der Untersuchung) sind wärmer als mit der gewählten Skala darstellbar. Der untere Bereich der eingestellten Temperaturskala sollte im Bereich der Außenlufttemperatur während der Aufnahmen liegen.

Text aus: Endbericht Projektphase I,
Landesenergieverein Steiermark und Grazer Energieagentur, 2005
siehe: siehe: 8 Literatur, 8.1 Thermografie

9.21 Beispiele für Fehlerquellen: Spiegelung, Hinterlüftete Fassade



Spiegelungen

bei Fenster und Verglasungen (und auch sonstigen spiegelnden Flächen):

Mögliche Interpretation bei den Fenstern (besonders obere Reihe): Die dunkelblaue Färbung zeigt die gute thermische Qualität der Verglasung. Falsch! Richtig ist: In der Verglasung spiegelt sich der kalte Nachthimmel (Aufnahmewinkel!) – auf Grund dieser Aufnahme ist keine Aussage über die thermische Qualität der Verglasung möglich. Achtung also bei spiegelnden Flächen. Im Bild auch zu sehen: Ungedämmte Fensterleibungen und Wärmebrücke im Dachbereich.

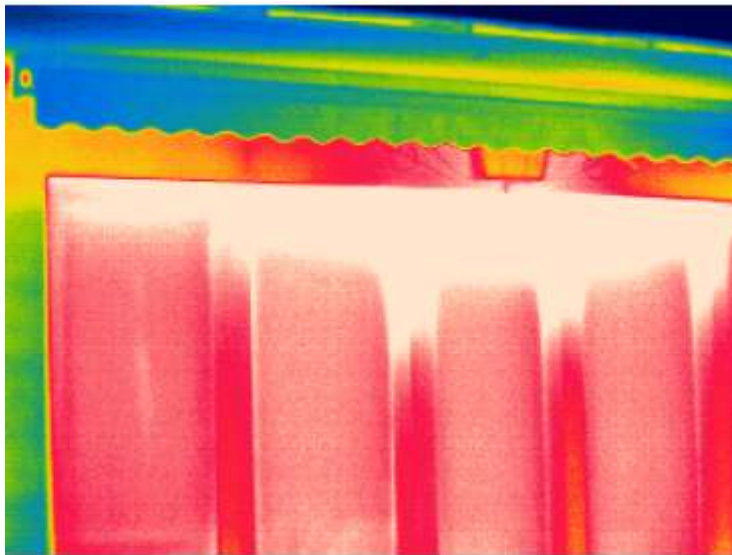


Hinterlüftete Fassade:

Mögliche Interpretation des Bildes: Es zeichnen sich zwar die Mauerziegel thermisch ab, die thermische Qualität der Mauer ist aber gut. Falsch!! Richtig ist: Es handelt sich um eine hinterlüftete Fassade (Faserzementschindel) – eine genaue Aussage über die thermische Qualität ist nur in Kombination mit einer thermografischen Innenaufnahme möglich (an Hand der Oberflächentemperaturen innen).

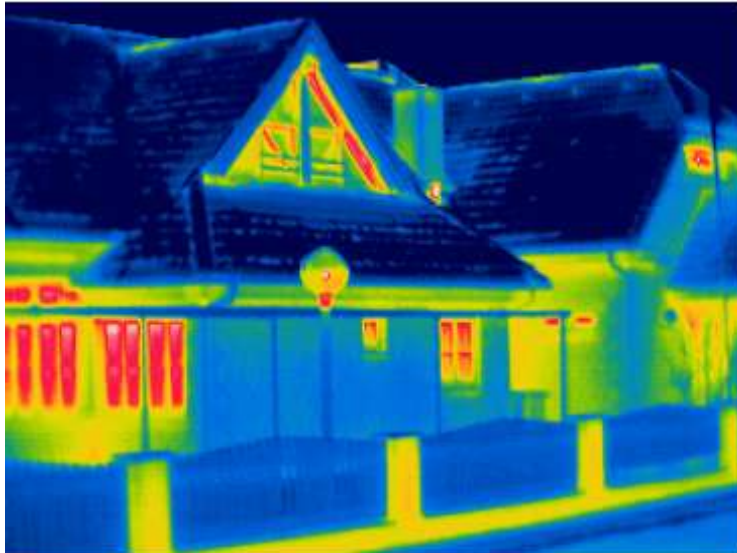
Bilder und Text aus: Enderbericht Projektphase I,
Landesenergieverein Steiermark und Grazer Energieagentur, 2005
siehe: siehe: 8 Literatur, 8.1 Thermografie

9.22 Beispiele für Fehlerquellen: Wärmequellen außen, Störender Sonneneinfluss



Wärmequellen außen

Mögliche Fehlinterpretation: Das Fensterelement weist im oberen Bereich starke Wärmeverluste auf (insbesondere im mittleren Teil), die wahrscheinlich von Undichtheiten verursacht werden. Falsch!! Richtig ist: Die Leuchte (mit Glühlampe) oberhalb des Fensters (unter der Markise teilweise sichtbar) war vor den Aufnahmen eine Zeit lang eingeschaltet (bei den Aufnahmen selbst war die Lampe ausgeschaltet – die Wärmequelle war nicht unmittelbar erkennbar).

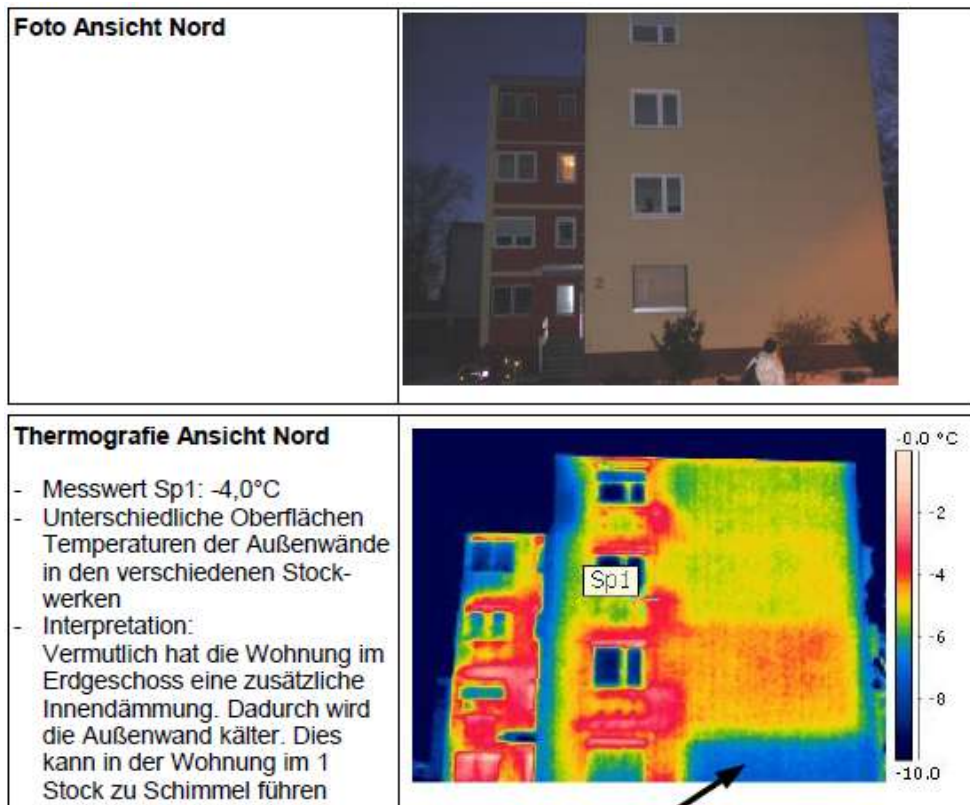


Störender Sonneneinfluss

Mögliche Fehlinterpretation: Unter dem Gartenzaun verläuft eine Heizleitung mit starken Wärmeverlusten. Falsch!! Richtig ist: Trotz Aufnahmen in den Nachtstunden (2:00 Uhr nachts) ist durch starke Sonneneinstrahlung in den Abendstunden (Ende Februar) ein Einfluss erkennbar. Der Gartenzaun speichert die Wärme der Sonne und ist wärmer als die Umgebung – ein ähnlicher Einfluss ist auf der Gebäudeoberfläche zu erwarten und dementsprechend bei der Auswertung zu berücksichtigen.

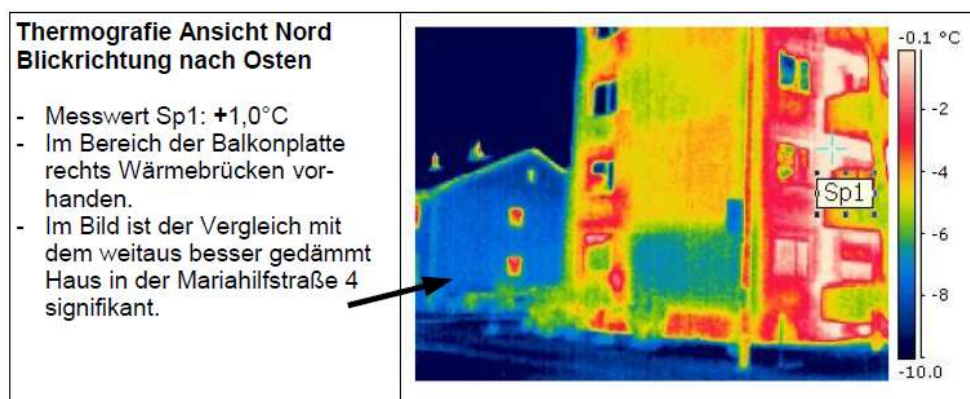
Bilder und Text aus: Endbericht Projektphase I,
Landesenergieverein Steiermark und Grazer Energieagentur, 2005
siehe: 8 Literatur, 8.1 Thermografie

9.23 Thermografische Bilder Mehrfamilienwohnhaus in Neumarkt i.d.Opf. (1)



Mariahilfstraße 2, Neumarkt - Dienstag 13. Januar 2009 - Außentemperatur ca. -7°C - Uhrzeit circa 18:00 Uhr - Leichte Luftbewegung beziehungsweise Windstille - Himmel sternklar

Zitat: „Ziel einer guten Dämmung des Gebäudes ist es nicht, dass bei einer Thermografie keine unterschiedlichen Oberflächentemperaturen auftreten. Ein gleichmäßiges Bild konstanter Temperaturen ist unter normalen Bedingungen weder erreichbar noch wirtschaftlich.“

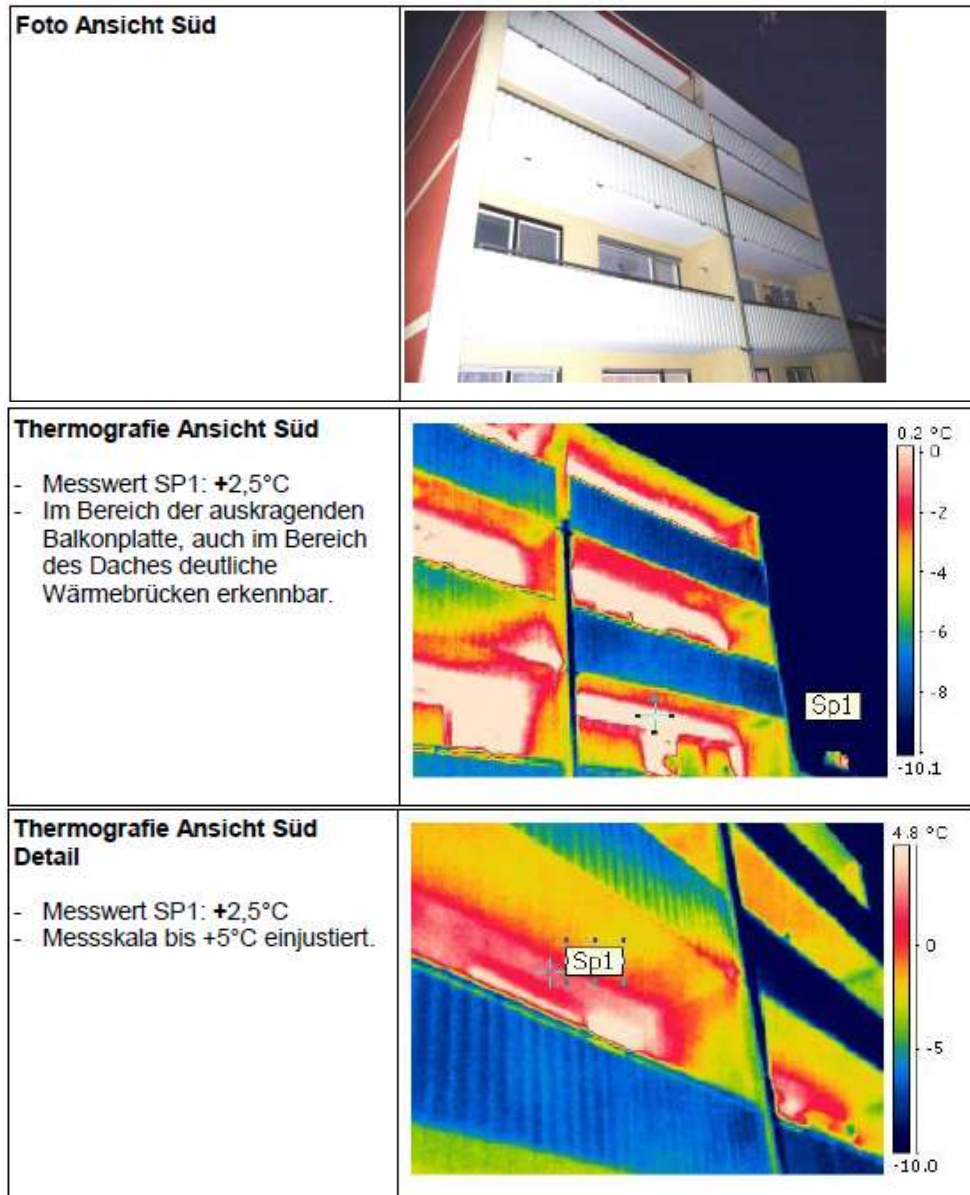


Blickrichtung Osten bedeutet, man schaut auf die Nord-West-Ecke. Die West-Fassade ist bedeutend wärmer (rot) als der Nord-Giebel (gelb). Auffällig die blaue Fläche am Nordgiebel. Das Haus links wurde mit 12 cm EPS (Styropor) gedämmt. Was sagen uns diese Aufnahmen? Die Westfassade hat bis Sonnenuntergang solare Strahlung abbekommen, die sie nun abstrahlt. Frage: Kann man von den gem. vorhandener Spreizung abgelesenen Temperaturen (links: -7, rechts -4°C) auf Wärmeströme und Energiebilanzen schließen?
(Fortsetzung Folgeseite)

9.24 Thermografische Bilder Mehrfamilienwohnhaus in Neumarkt i.d.Opf. (2)

(Fortsetzung)

Da nicht gedämmte Massivbauten Energie aus solarer Einstrahlung speichern (siehe Literaturverzeichnis: Studie zu solaren gewinnen opaker Bauteile), strahlen sie bis in die Nachtstunden Wärme ab. Das ist nicht nur empirisch nachgewiesen, sondern auch aus Messreihen bekannt – vergl. hierzu „Modellbildung zu Strahlungsvorgängen an der Außenwand“ weiter vorn.



Frage: lässt sich aus den Bildern mit Sicherheit das Vorhandensein von Wärmebrücken ableiten? Welche Rolle spielen hierbei a) die Restwärmeabstrahlung eingespeicherter Sonnenwärme und b) die Reflexionen und Abstrahlungen der hell erleuchteten Fenster? Dazu eine Anmerkung: die relativ dünnen Brüstungsplatten sind kälter, weil sie die Wärme bereits abgestrahlt haben. Sie besitzen weniger Masse, strahlen dafür in zwei Richtungen ab – die Wände sind massiver und sie strahlen nur in einer Richtung ab.

Bilder: Dr. Ströber Bauingenieure, Neumarkt
Mit freundlicher Genehmigung der Ritter Hausverwaltung, Neumarkt

9.25 Wo entweicht die Wärme?

Leider trägt die Presse heutzutage dazu bei, völlig falsche Vorstellungen zu wecken und zu verbreiten. Das folgende Zitat stammt aus der Zeitung Der Tagesspiegel, Berlin, vom 25.03.2009, das Foto zum Artikel von Euroluftbild.de.

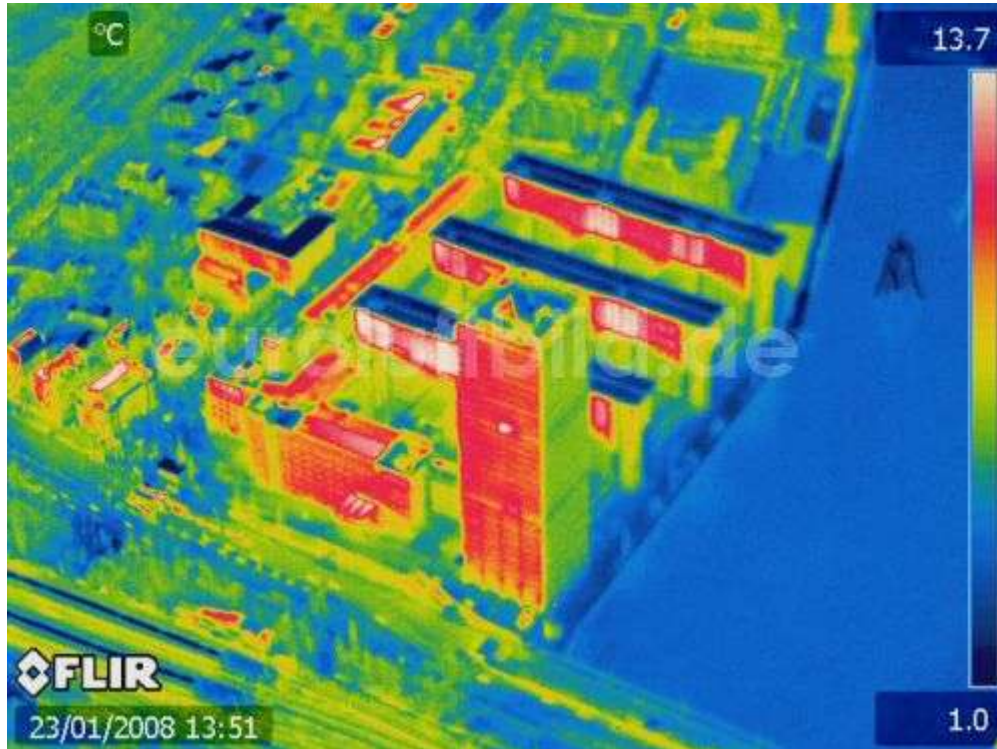


Bild: LUFTBILD-ID Nummer: 76600 (VorschauBild) - © euroluftbild.de®, Berlin

Die Bildunterschrift i. O. lautet: „Kalte Schale, warmer Kern. Auf Infrarot-Bildern wird – hier am Beispiel der Treptowers – sichtbar, wo Wärme entweicht (rote und weiße Bereiche).“ (Autor: Stefan Jacobs). Zur Erläuterung: die Treptowers sind die Bürotürme der Allianz in Berlin Treptow an der Eisenbrücke. Der Turm hat auf vier Seiten nahezu identische Glasfassaden. Rechts vom Bürogebäudekomplex befindet sich die Spree.

Die Aufnahme ist von 13:51 Uhr, das Datum ist mit Ende Januar angegeben. Die roten Flächen sind die von der Sonne beschienenen Südostseiten. Vergleicht man das Satellitenbild bei Google Maps mit der IR-Thermografie, gelangt man zu der Feststellung, dass unterschiedliche Dachbeläge zu unterschiedlicher Aufheizung führen. Die drei großen neuen Büroblocks – hier blau im Bild – haben helle Oberflächen, die hier rot dargestellten Gebäudeflachdächer – links vom Turm und parallel zur Nebenstraße – haben graue Oberflächen wie beschieferte Bitumenbahnen.

Dieses Infrarotbild macht nicht sichtbar, wo Wärme entweicht. Es verdeutlicht lediglich, dass 1. Glasfassaden durch Sonnenschein aufgeheizt werden, aber auch wieder abkühlen und 2. unterschiedliche Baumaterialien (Oberflächen) unterschiedlich aufgeheizt werden.

Durch ein klein wenig Recherche* wäre der Autor sicher auch darauf gekommen, dass dieses Infrarotbild gewiss nicht dazu gedacht ist, sichtbar zu machen, „wo die Wärme entweicht“.

* Ziffer 2 des Pressekodex: "Recherche ist unverzichtbares Instrument journalistischer Sorgfalt. Zur Veröffentlichung bestimmte Informationen in Wort, Bild und Grafik sind mit der nach den Umständen gebotenen Sorgfalt auf ihren Wahrheitsgehalt zu prüfen und wahrheitsgetreu wiederzugeben. **Ihr Sinn darf durch Bearbeitung, Überschrift oder Bildbeschriftung weder entstellt noch verfälscht werden.**"

Bauphysikalische Phänomene bei IR reflektierenden Beschichtungen:

9.26 Zur geringeren Abstrahlung bei erhöhter Oberflächentemperatur

„Am Fraunhofer-Institut für Bauphysik wurden vergleichende Untersuchungen an handelsüblichen und innovativen IR-reflektierenden Fassadenanstrichen durchgeführt. Im Vergleich zu einem herkömmlichen Fassadenanstrich emittiert unter den hier vorliegenden Randbedingungen die IR-Fassadenfarbe bis zu 54 % weniger infrarote Strahlung.“

Praxismessungen im Freigelände zeigen, daß die Außenoberflächentemperaturen von traditionell verputzten Außenwänden beheizter Räume, die mit IR-Anstrichen versehen wurden, im Gegensatz zu herkömmlich gestrichenen Fassaden durchwegs höher liegen. Dies trägt zur Reduzierung von Feuchtebelastungen in der Fassadenoberfläche und somit zur Reduzierung von Schäden bei.

Auch bei den Feldern mit Wärmedämmverbundsystem bleiben die Oberflächentemperaturen der Felder mit IR-Anstrich im Winter wärmer als die der mit herkömmlichem Farbanstrich versehenen Felder.“

aus: Dr.-Ing. H. Leonhardt, Dipl.-Ing. (FH) Sinnesbichler: "Untersuchungen des langwelligen Wärmestrahlungsverhaltens von Fassadenanstrichen im Winter", IBP-Bericht RK-ES-05/2000, Fraunhofer-Institut für Bauphysik (Leiter: Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis), ohne Datum, (PDF vom 03.07.2003)

Eine höhere Oberflächentemperatur wird nach offizieller Lehrmeinung gleichgesetzt mit stärkerer Abstrahlung und somit höheren Wärmeverlusten. Die Umsetzung dieser Logik ist aus demonstrierenden Aufnahmen mit IR-Kameras bekannt, wo vornehmlich mit dem Ziel des Marketings von WDVS monolithische Wände schlecht geredet werden. Die simplifizierte Botschaft lautet hier: „WDVS = grün und blau = kalt = wenig Energieverlust“ und „ungedämmte Wand = gelb und rot = warm = hoher Energieverlust“.

Wir erfahren aus demselben Forschungsbericht, dass die Oberflächen mit IR-Fassadenfarbe bis zur Hälfte weniger infrarote Strahlung im Vergleich zu einem herkömmlichen Fassadenanstrich emittiert haben. Gleichzeitig haben diese Oberflächen eine „durchwegs höher“ liegende Temperatur als die mit herkömmlichen Farben gestrichenen Wände.

Schlussfolgerung: an der Praxis versagt mal wieder eine Theorie. Geringere Wärmeverluste durch Abstrahlung sind theoretisch bei gleichzeitig höheren Temperaturen unmöglich. Die Untersuchungen beim Fraunhofer IBP haben ergeben, dass in praxi dieser Zusammenhang nicht besteht. Das wirft die Frage auf, ob sich IR reflektierende Beschichtungen der Grundlegenden Theorie entziehen.

Für die IR-reflektierende Beschichtung ThermoShield ist aus zahlreichen Messungen bekannt, dass die Oberflächentemperatur nicht unter der der herkömmlichen Vergleichsfarbe liegt, sie ist oft gleich oder höher. Dennoch ist der Energieverlust über die Wandoberfläche geringer. Das wirft die Frage auf, was als Indikator genommen werden soll, wenn es die Oberflächentemperatur ganz offensichtlich nicht ist.

Diese messtechnisch unterlegte Feststellung ist von ThermoShield Fassadenanstrichen bekannt, die zu Sanierungszwecken auf WDVS aufgebracht wurden. Im Zusammenhang mit einer Reduzierung der Feuchtepotenziale durch die Membran wird einem Bewuchs mit Mikroorganismen (Algen, Flechten, Moose) entgegen gewirkt.

Auch hier ist die moderne Bauphysik gefordert, eine Erklärung dafür zu liefern, wieso eine verminderte Abstrahlung an den klaren Himmel mit einer erhöhten Oberflächentemperatur einhergehen kann.

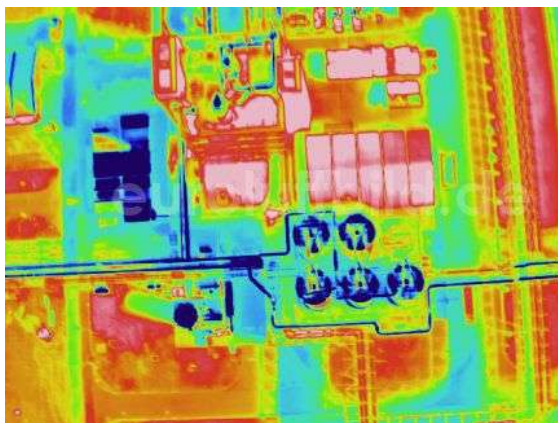
Berlin, 02.01.2009
M. Bumann, DIMaGB

9.27 IR Luftbilder in der Gebäudethermografie - 1

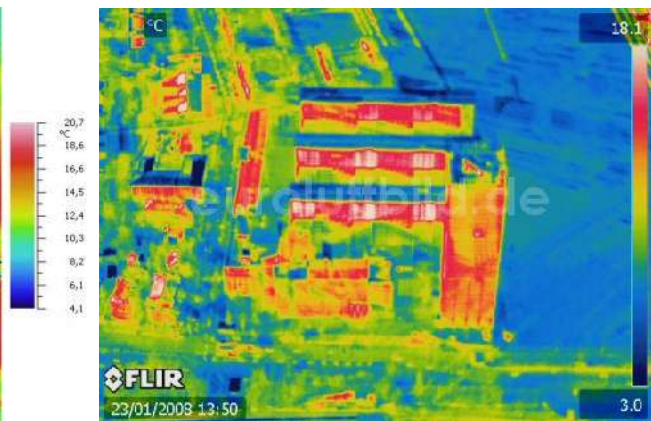
Eine kuriose Fehlinterpretation zu IR-Thermografieaufnahmen in einer Zeitung („Wo entweicht die Wärme?“ auf Seite 33) war Anlass, den Einsatz von IR Luftbildern für die Gebäudethermografie zumindest im Ansatz anzuschneiden.

Wie der GEB-Newsletter vom 30.06.2009 berichtet, haben die AG Geomatik der Ruhr-Universität Bochum, das Dortmunder Center for Geoinformation (CFG I GmbH) und die Bochumer ESN realis GmbH gemeinsam in dem Projekt „Geomonitoring für Energieeffizienz NRW“ eine Methode entwickelt, „um den Energieverbrauch von Gebäuden und ihrer Umgebung großflächig zu erfassen“. Bei dem Projekt sollen thermale Infrarot-Bilder der Erdbeobachtungssatelliten mit Katasterinformationen kombiniert werden, so dass dieses Geomonitoring dann Aussagen über die Energiebilanz größerer Areale machen soll. - Inwiefern dieses Ansinnen mit den recht engen Grenzen der Gebäudethermografie gem. den einschlägigen Richtlinien in Übereinklang zu bringen ist, wurde nicht mit erläutert. Die Erklärungen hierzu werden mit Sicherheit interessant ausfallen. Zumindest sollte man erwarten dürfen, dass die Auswertung intelligenter abläuft als in dem genialen Beispiel vom Berliner Tagesspiegel.

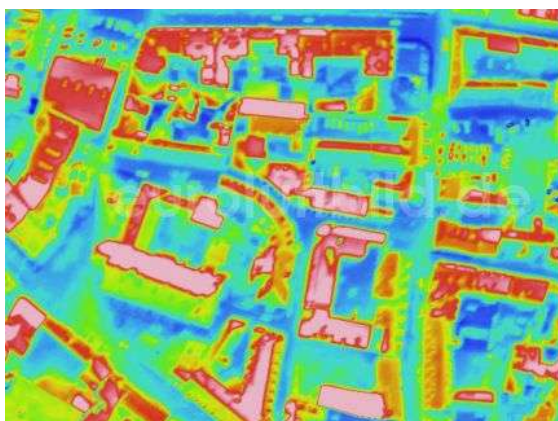
IR-Luftbilder können in relativ guter Qualität bereitgestellt werden. Genauigkeiten im Bereich 0,1 K sind gegeben. Die hier gezeigten Vorschaubilder können natürlich nur einen ersten Eindruck vermitteln. Klar ist, dass sie in Originalgröße und -auflösung erst zu Wertungen herangezogen werden können.



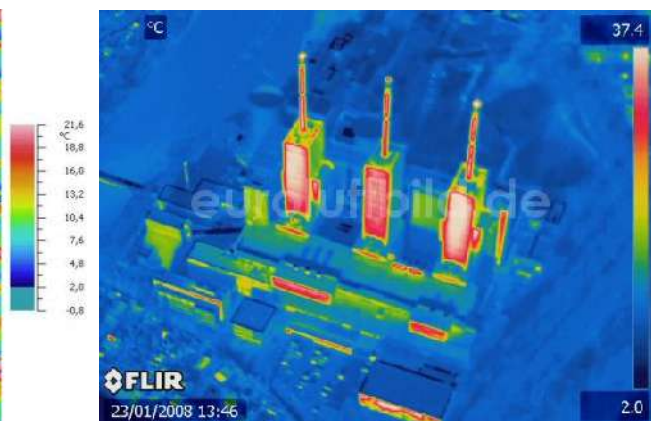
Buna Werke Schkopau, © Euroluftbild.de



Treptowers der Allianz, © Euroluftbild.de



Wohngebiet in Halle, © Euroluftbild.de



Heizkraftwerk in Berlin, © Euroluftbild.de

Bedenkt man die minimale Flughöhe für ein Kleinflugzeug (500 ft = rd. 150 m) und die eingangs erläuterten Fehlerquellen, folgen hieraus eingeschränkte Einsatzmöglichkeiten. In der nächsten Version der IR Fibel sollen die – insbesondere für institutionelle Auftraggeber interessanten - Möglichkeiten beschrieben werden. - 01.07.2009, DIMaGB