

## Merkblatt zu Thermografieaufnahmen im Gebäudebereich

### „IR-Thermografie-Fibel<sup>TS</sup>“

von Dipl.-Ing. M. Bumann

- Version 090331 -

#### 1.) Grundsätzliches

Dieses Merkblatt soll auch Nichtfachleute erreichen, die sich mit Thermografien 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.

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  $\geq 15$  K über einen Zeitraum  $\geq 12$  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:  $-20^{\circ}\text{C}$  bis  $+100^{\circ}\text{C}$
- Einsatzbereich:  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+40^{\circ}\text{C}$
- Wellenlängenbereich:  $8 - 14 \mu\text{m}$
- geometrische Auflösung:  $\geq 320 \times 240$  Pixel /  $2 \text{ mrad}$
- thermische Auflösung  $\leq 0.1 \text{ K}$  bei  $30^{\circ}\text{C}$
- Genauigkeit  $\leq 2 \text{ K}$ ,  $\pm 2 \%$ ,  $\pm 2 \text{ K}$
- Bildwiederholfrequenz:  $\geq 1 \text{ Hz}$

- Objektive Aufgaben bezogen: Normal-, Weitwinkel- und Teleobjektive
- Temperaturdrift bei ungekühlten Modellen berücksichtigen
- möglichst viele Eingabemöglichkeiten:
  - Abstand
  - Umgebungstemperatur
  - relative Luftfeuchtigkeit
  - Emissionswert  $\varepsilon$  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  $\leq 1$  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.)

## 5.) Bericht

### Inhalt

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

Auch 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  $\varepsilon$ -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  $\epsilon$  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 $\epsilon$

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 Probestelle 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

### 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.)

### 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, unveröffentlichtes Manuskript, 20.01.2009

## 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, SICC GmbH, dib, 23.03.2006
- Die Alpha-Epsilon-Tau-Vorgänge bei thermokeramischen Membrantechnologien mit endothermischen Effekten®, SICC 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

## Informationsquellen

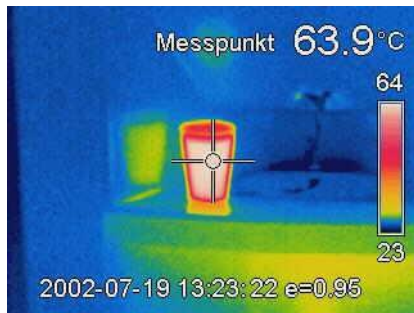
Nutzen Sie die Angebote auf den Internetseiten verschiedener Hersteller.

## 9.) Anhang

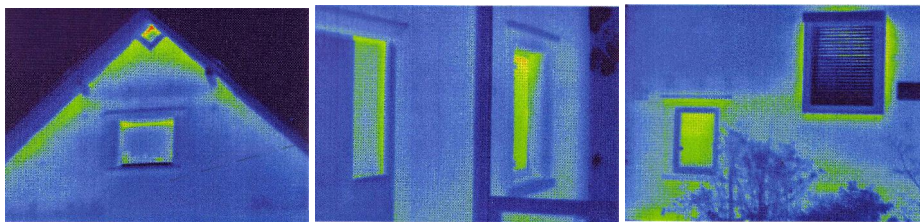
Geeignete und andere Beispiele

- Thermografiebild Kaffeeautomat, Bsp. Außen- u. Innenthermografie
- Außenthermografie eines ThermoShield beschichteten Gebäudes (CH, 2007)
- Die Hand hält einen 1300°C heißen Keramikwürfel
- Außenthermografie Wohnhaus in Berlin, 10.12.2008
- Innen-Thermografie nach einer ThermoShield Beschichtung (2005)
- Außen-Thermografie nach einer ThermoShield Beschichtung (1997)
- Außenthermografie: Vergleich unsaniert vs. ThermoShield beschichtet (1999)
- Außenthermografie: Vergleich unsaniert vs. ThermoShield beschichtet (2009)
- Außenthermografien zum Vergleich (1998)
- Innen-Thermografie mit Probewürfeln (1998)
- Beispiele Innen-Thermografie: Dachfenster, Dachbalken (2007)
- Innen-Thermografie: Rollladenkasten (1999)
- Modellbildung zu Strahlungsvorgängen an der Außenwand (2009)
- Manipulationen bei einer Außen-Thermografie (2009)
- Manipulationen bei einer Außen-Thermografie (2002)
- Wie man gespeicherte Sonnenwärme als Verlust deklariert
- Ein und dieselbe Aufnahme in 3 Temperaturbereichen ausgewertet
- Erläuterungen zu den drei Beispielbildern (Temperaturskalen)
- Beispiele für Fehlerquellen: Spiegelung, Hinterlüftete Fassade
- Beispiele für Fehlerquellen: Wärmequellen außen, Störender Sonneneinfluss
- Thermografische Bilder Mehrfamilienwohnhaus in Neumarkt i.d.Opf. - 1
- Thermografische Bilder Mehrfamilienwohnhaus in Neumarkt i.d.Opf. - 2
- Zur geringeren Abstrahlung bei erhöhter Oberflächentemperatur

## Thermografiebild Kaffeeautomat, Bsp. Außen- u. Innenthermografie

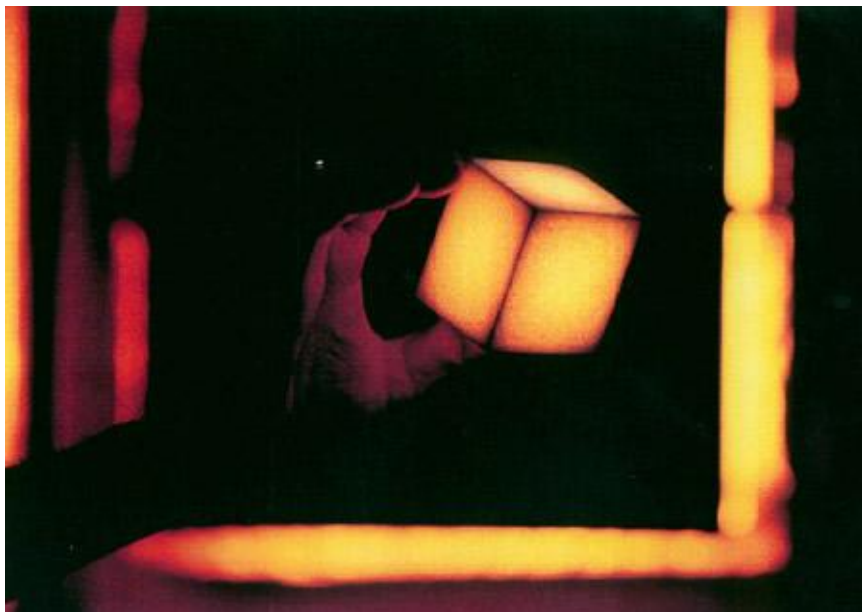


KaffeeAutomat-Thermographie.jpg? (320 × 240 Pixel, Dateigröße: 11 KB, MIME-Typ: image/jpeg) aus dem zentralen Medienarchiv Wikimedia Commons, transferred from de.wikipedia (Original text : selbst fotografiert)



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

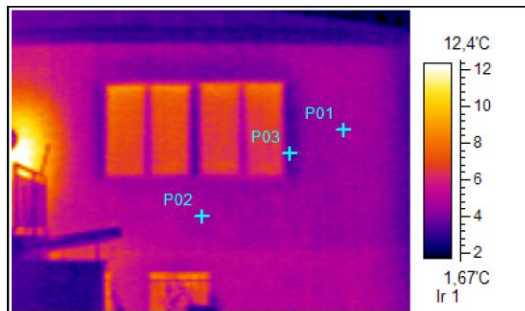


Innen-Thermografie  
Die Hand hält einen 1300°C heißen Keramikwürfel  
Bild: SICC GmbH, Berlin, vor 2003

## Außenthermografie

Wohnhaus S., M. -Str. ##, 1#### Berlin

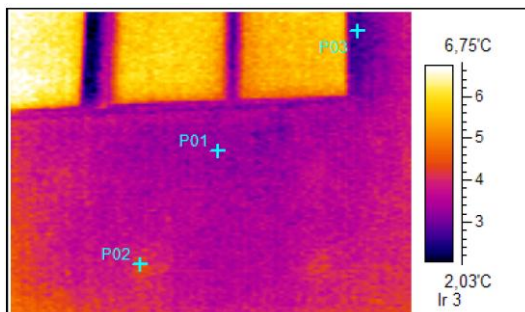
IR-Bilder vom 10.12.08, 11:20 Uhr, Außentemperatur: 4 °C



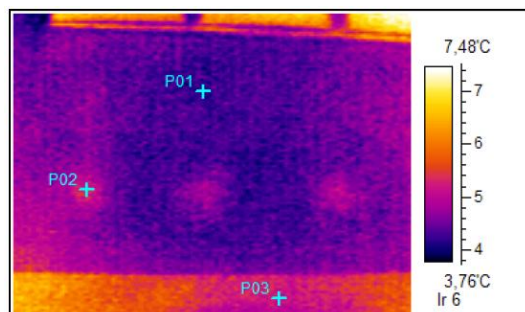
IR-Bild 1: Gartenseite, Fenster mit Heizkörpernische unter Fenster



IR-Bild 2: Gartenseite, Edelstahlabgasrohr Grundofen



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

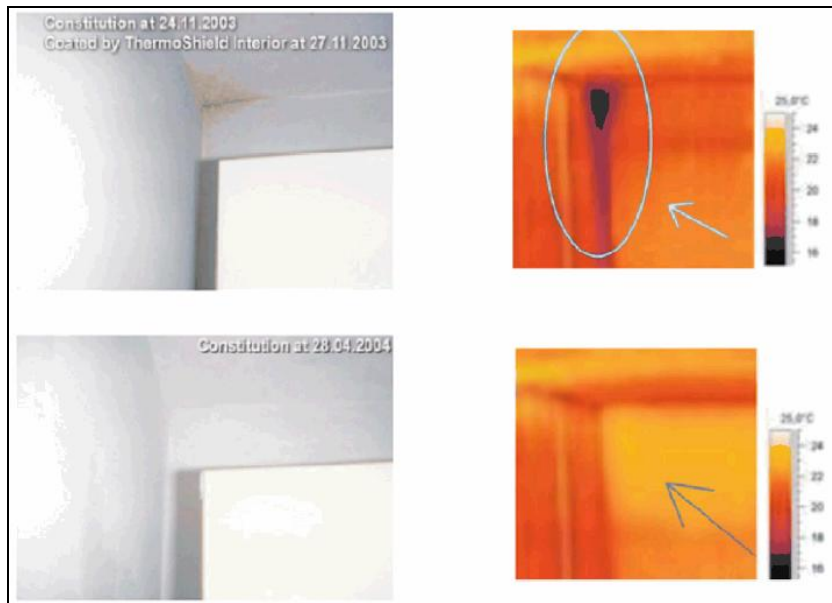


IR-Bild 4: Straßenseite, Fenster mit Heizkörpernische unter Fenster

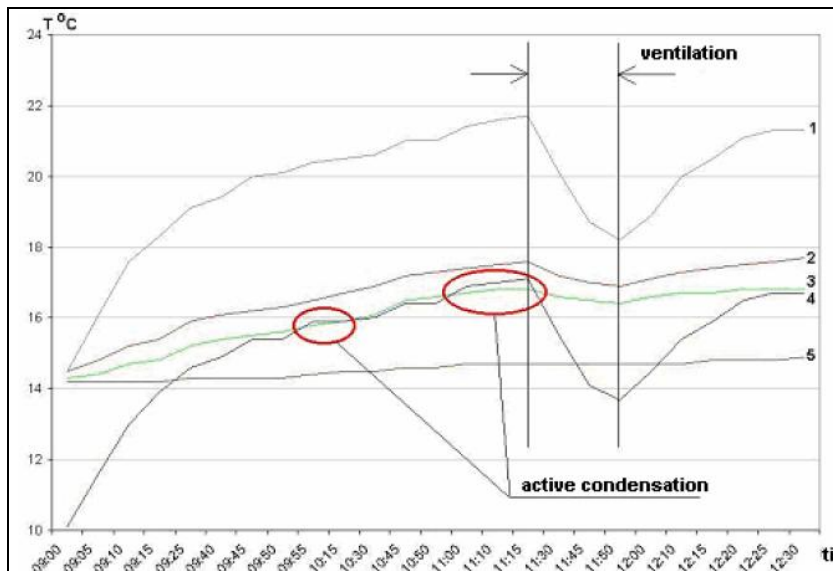
IR-Bilder: Klaus Roggel, Architekt und Bausachverständiger, Berlin

Fotos: Matthias G. Bumann, Bauingenieur und Bausachverständiger, Berlin

## 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 the 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 cost. [4] Long time ago we abstain 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 abstain 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

## Außen-Thermografie nach einer ThermoShield Beschichtung

Temperaturprofil der Linie 01

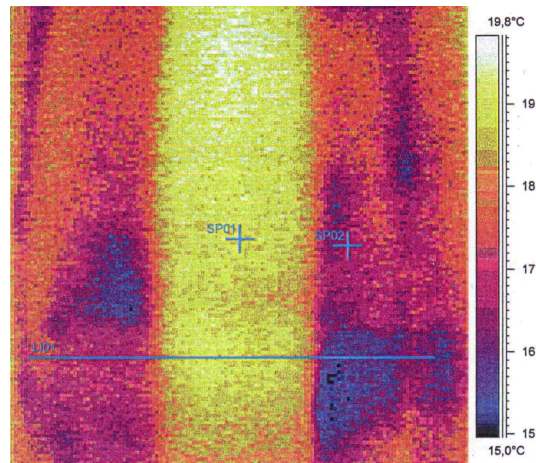
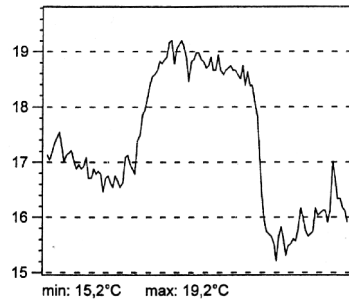


Bild 1: Temperaturprofil der Linie 1 zur Thermografie

Bild 2: Thermografie zum Oberflächenvergleich

Deutlich sichtbar ist der Unterschied 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  | [-]      | <b>0,78</b>  | <b>0,85</b>  | <b>0,85</b>     | <b>0,78</b>     | <b>0,85</b>  | <b>0,78</b>  |
| Probekörper    |          | <b>TS H0</b> | <b>un H0</b> | <b>un AW H0</b> | <b>TS AW H1</b> | <b>un H1</b> | <b>TS H1</b> |
| 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

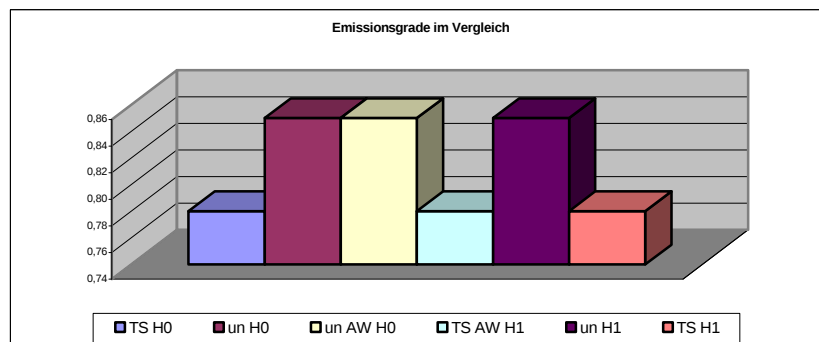


Bild 3: grafischer Vergleich der Emissionswerte

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

## Außenthermografie: Vergleich unsaniert vs. ThermoShield beschichtet

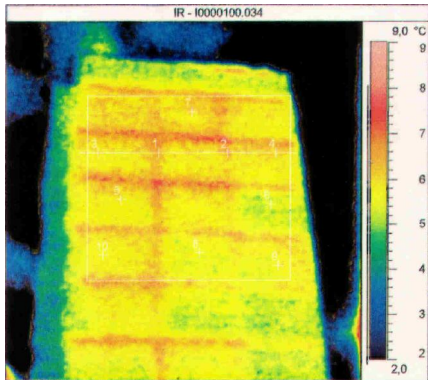


Bild 34: Giebel unsaniert

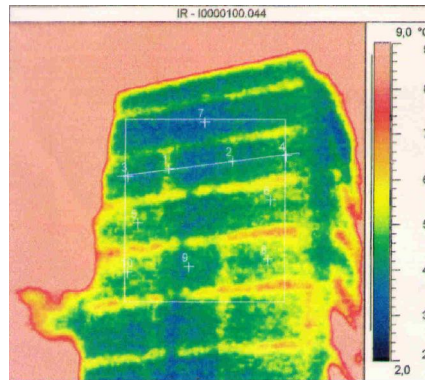


Bild 44: Giebel mit ThermoShield beschichtet

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

|                 |              |      |      |
|-----------------|--------------|------|------|
| <b>Gerade</b>   | 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  |
| <b>Fläche</b>   | 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  |
| <b>Umgebung</b> | T (Luft)     | 2,4  | 2,4  |
|                 | T (Raum)     | 21,0 | 21,0 |

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

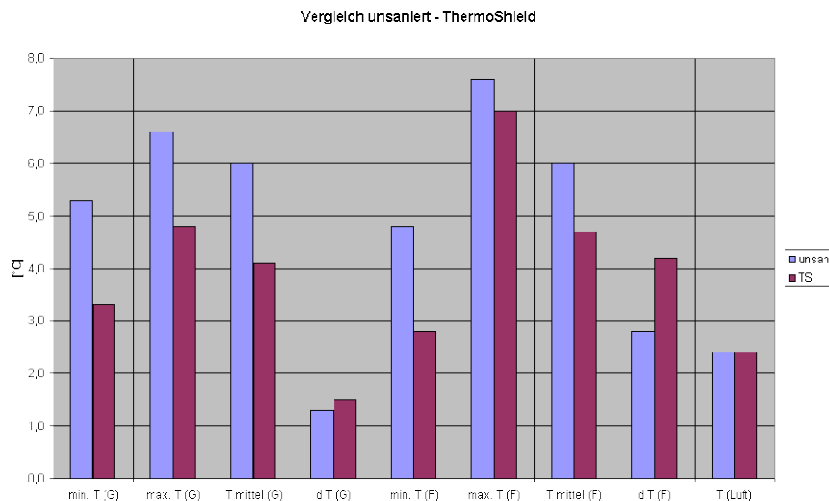


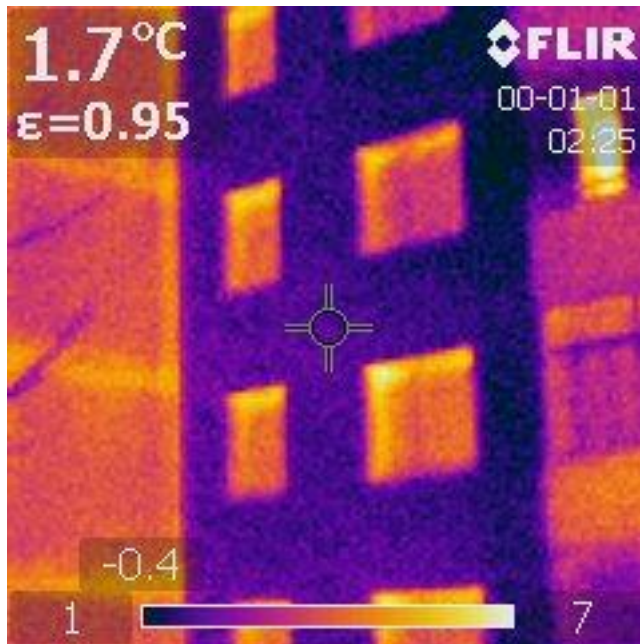
Bild 1: Grafische Auswertung der Thermografiedaten

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.

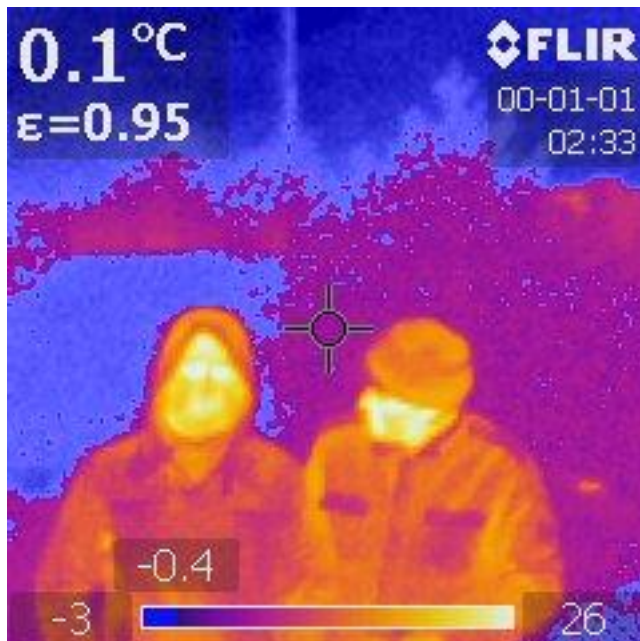
aus: Die Kauferinger Thermografiemessung vom 07.02.1999  
dib, SICCC G, bH, Berlin, 09.2004

**Außenthermografie:  
Vergleich unsaniert vs. ThermoShield beschichtet**



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.

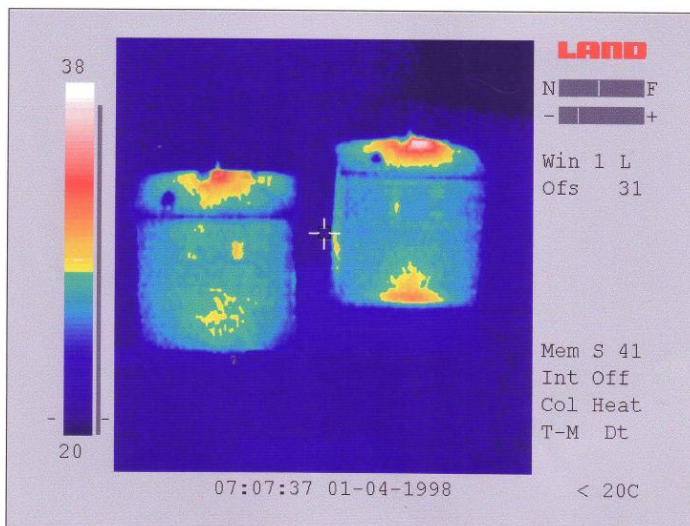
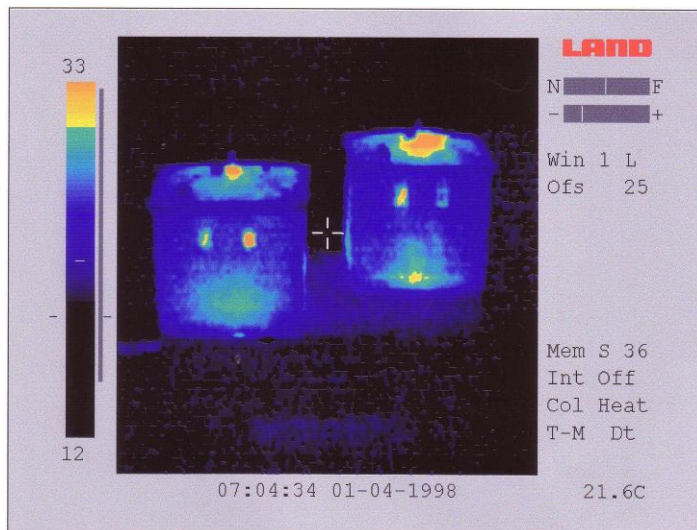


blau = kalt, gelb = warm

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

Bilder: Thermox s.r.o., Žilina, SK

## Außenthermografien zum Vergleich



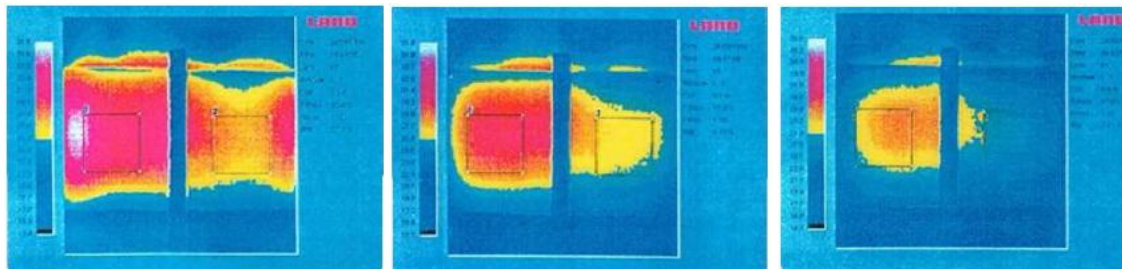
2 Modellhäuser

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



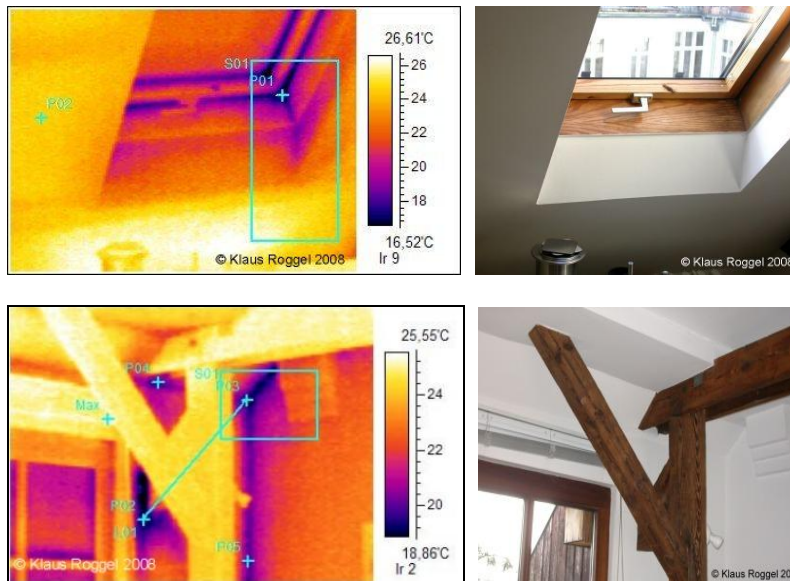
Wärmespeicherung nach Aufheizen, Thermographie

links: Probekörper ThermoShield beschichtet, rechts unbeschichtet

Auskühlung nach einer halben Stunde und nach einer Stunde

Bilder: SICC GmbH, Berlin, verm. 1998

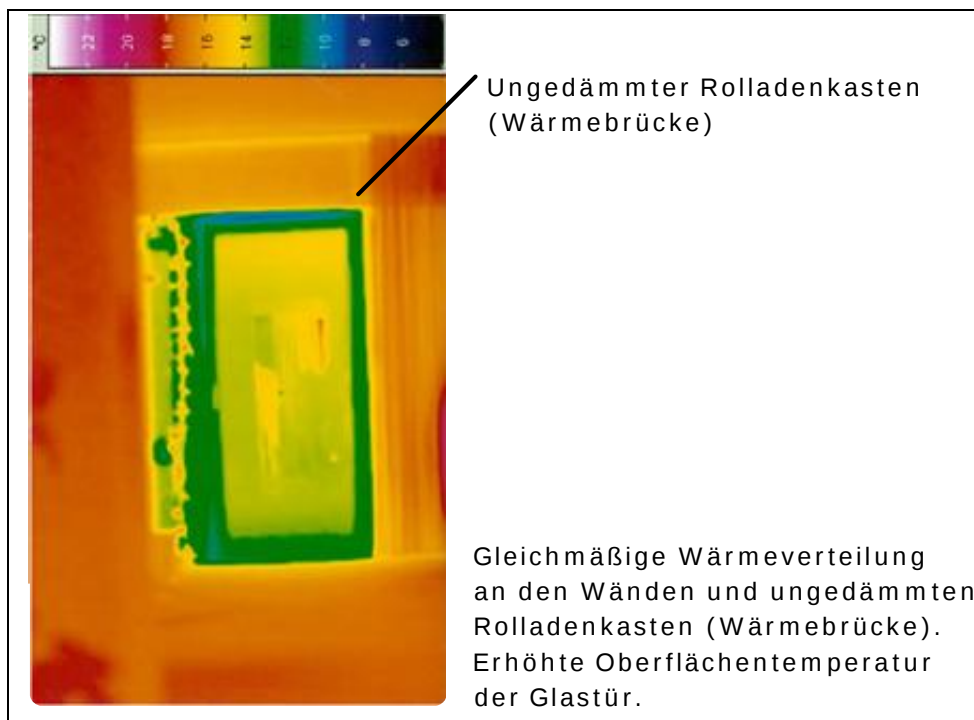
## Beispiele Innen-Thermografie: Dachfenster, Dachbalken



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

## Innen-ThermoGrafie: Rollladenkasten



## Wirkung der ThermoShield Innenbeschichtung

Wärmebrücken werden kompensiert, Schimmelbildung wird entgegengewirkt

Bild: SICC GmbH, Berlin

## Modellbildung zu Strahlungsvorgängen an der Außenwand

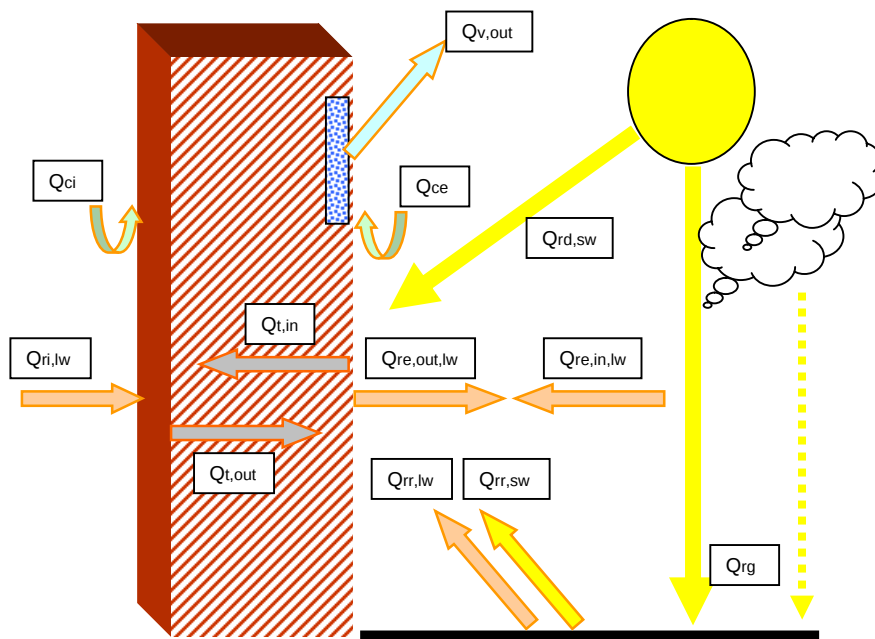


Abbildung 1: Energiezu- und abflüsse der Außenwandoberfläche im Winter. Legende: Q = Energiefluss bzw. Wärmestrom, Erläuterung der Indizes: i = interior = innen, e = exterior = außen, c = convection = Konvektion, r = radiation = Strahlung, t = transmission = Wärmeleitung in = inside = nach innen, out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

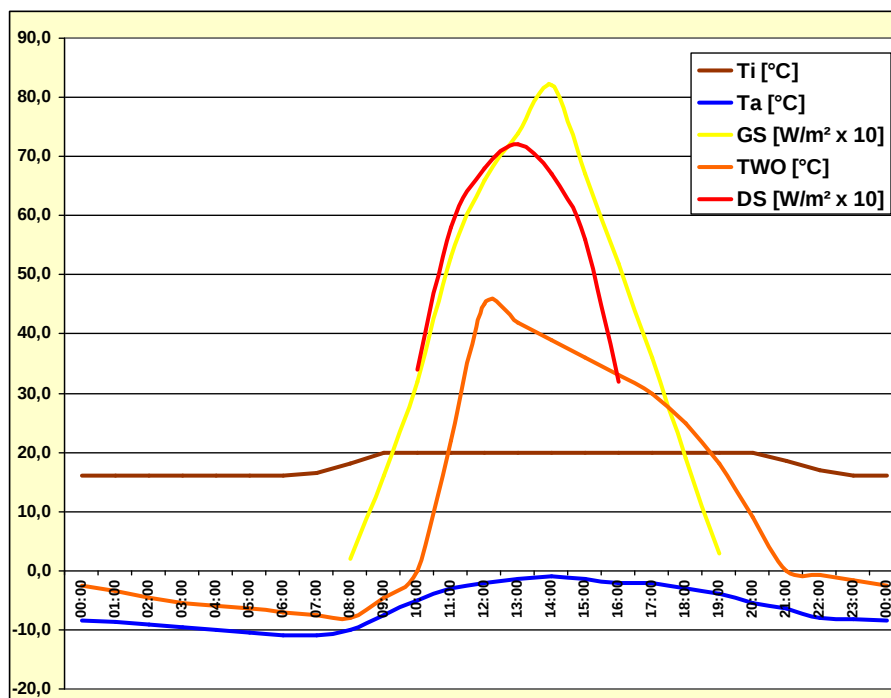
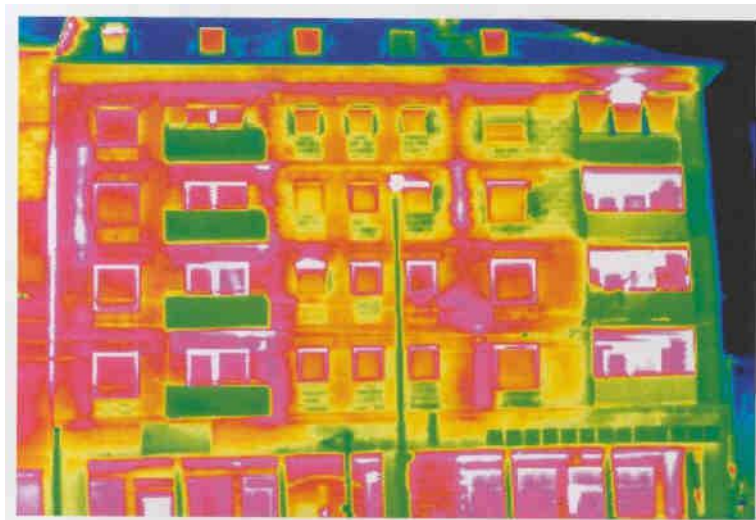


Abbildung 2: Darstellung von Kenngrößen in Anlehnung an berichtete Messwerte, Südwand, ca. 400 m üNN, ca. 48° Ost geografische Breite, Region D/A/CH, Mitte Februar

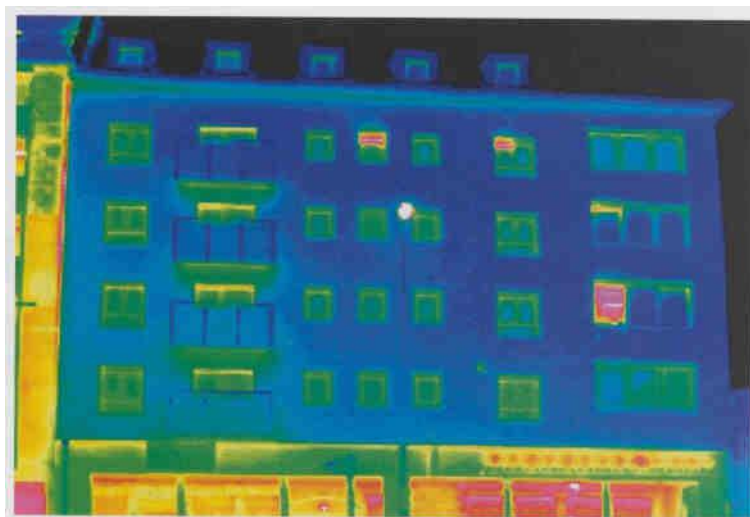
Legende Ti = Innenraumlufttemperatur, Ta = Außenlufttemperatur, GS = Globalstrahlung, DS = Direktstrahlung, TWO = Temperatur der Wandoberfläche

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

### Manipulationen bei einer Außen-Thermografie (2009)



Mehrfamilienhaus ungedämmt

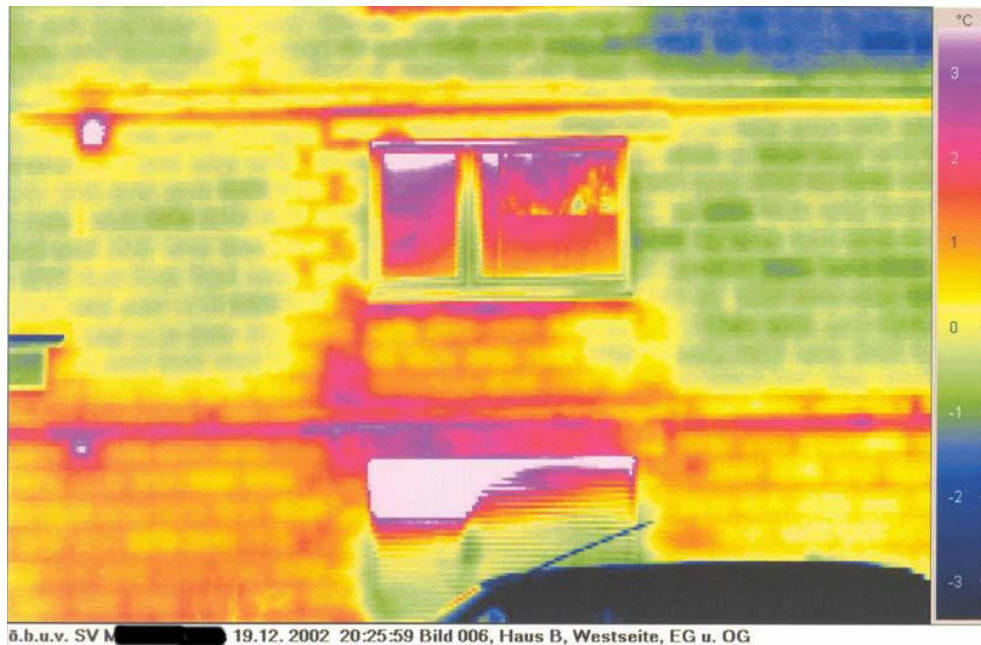


Mehrfamilienhaus gedämmt

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

### 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 – angestellte 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.

Vergl. hierzu:

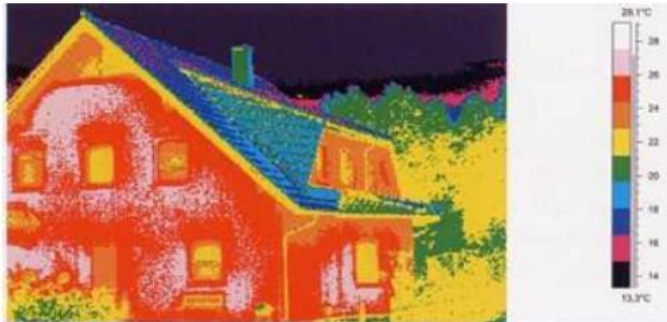
### Manipulationen bei einer Außen-Thermografie (2009)

auf Seite 16

## Wie man gespeicherte Sonnenwärme als Verlust deklariert

### 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 gipfele und bei der sich die Organisation weigere, 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

## Ein und dieselbe Aufnahme in 3 Temperaturbereichen ausgewertet

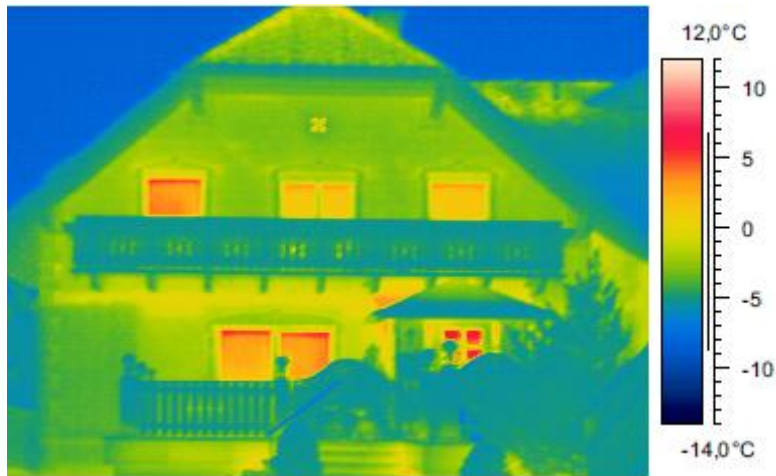


Bild 1: eingestellter Temperaturbereich –14° bis +12° C

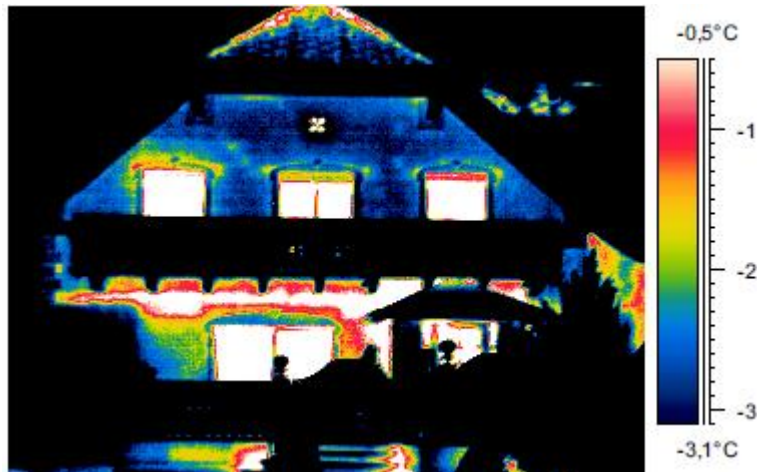


Bild 2: eingestellter Temperaturbereich –3,1° bis –0,5° C

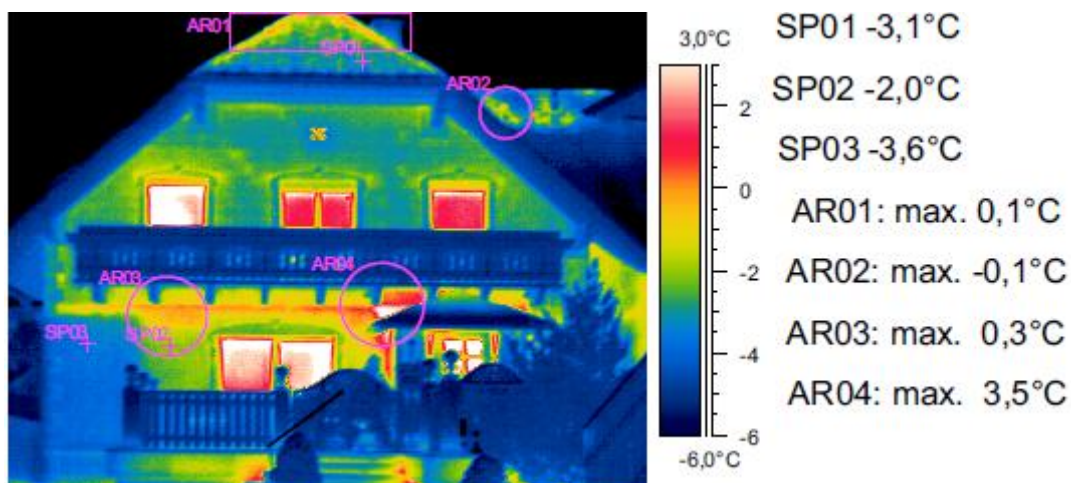


Bild 3: eingestellter Temperaturbereich –6,0° bis +3,0° C

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

**Erläuterungen: siehe Folgeseite.**

## **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:

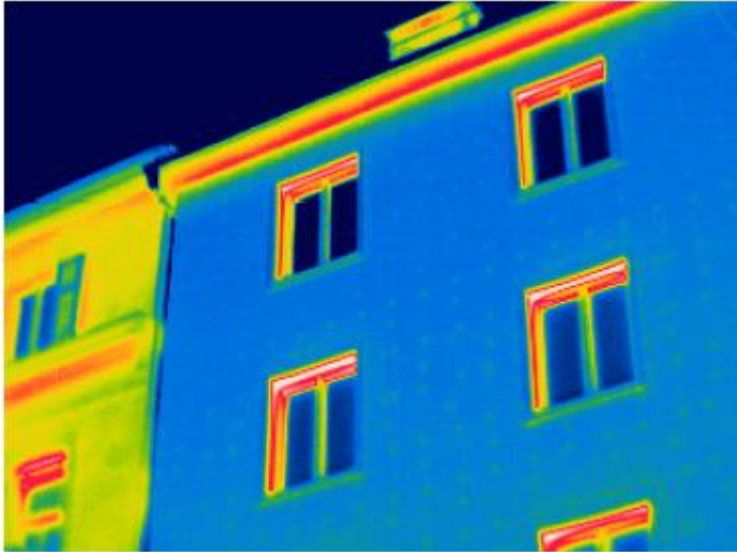
„Die Aufnahme zeigt signifikante Temperaturunterschiede im Außenwandbereich. Unmittelbar neben dem Eingangsbereich weist die Oberfläche Temperaturen im Bereich von bis zu +3,5°C (siehe Messfeld AR04), während an anderen Stellen der Fassade nur -3,6°C auftreten (Messpunkt SP03). Auffallend, jedoch ohne 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: 8.) Literatur

## 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.

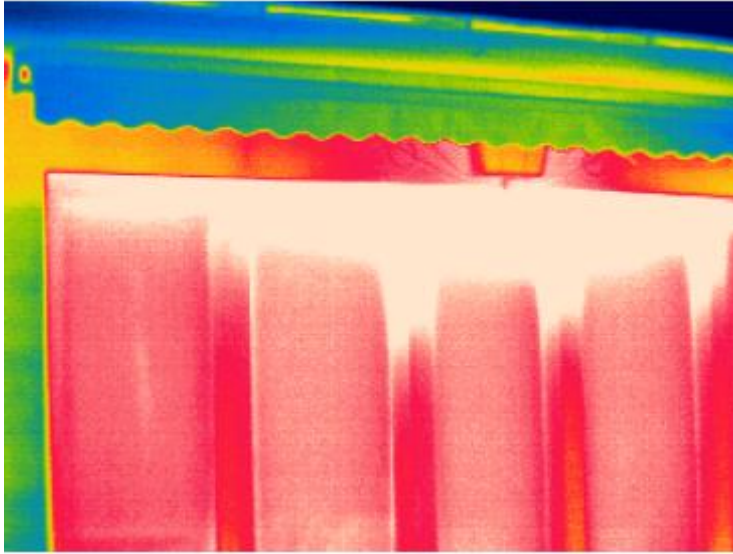


### Hinterlüftete Fassade:

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).

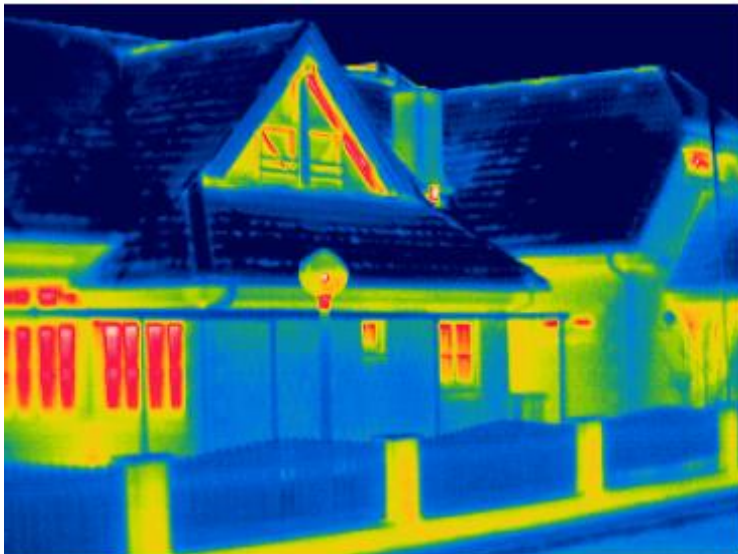
Bilder und Text aus: Endbericht Projektphase I,  
Landesenergieverein Steiermark und Grazer Energieagentur, 2005  
siehe: 8.) Literatur

## 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).

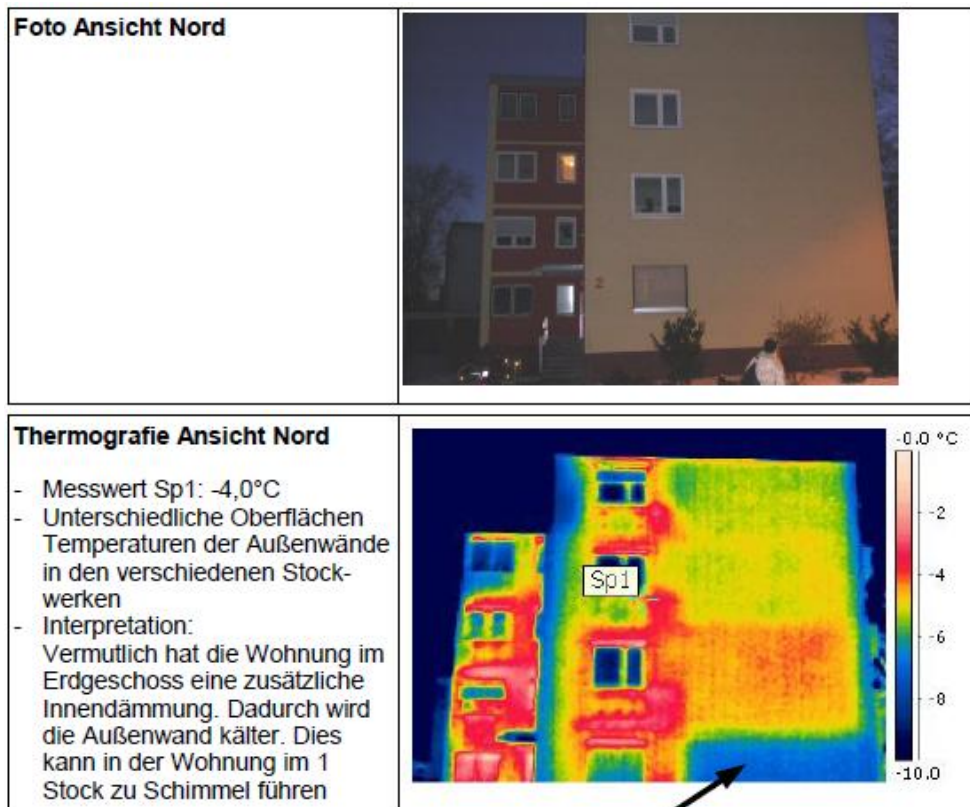


### Störender Sonneneinfluss

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.

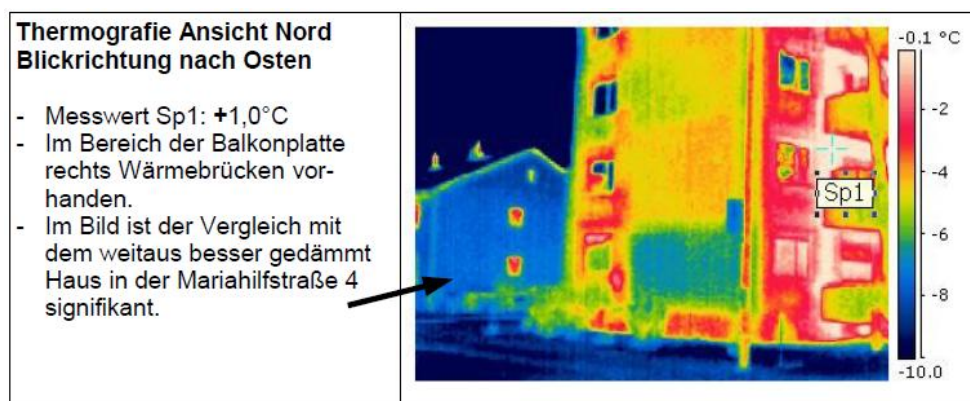
Bilder und Text aus: Endbericht Projektphase I,  
Landesenergieverein Steiermark und Grazer Energieagentur, 2005  
siehe: 8.) Literatur

## Thermografische Bilder Mehrfamilienwohnhaus in Neumarkt i.d.Opf. - 1



Mariahilfstraße 2, Neumarkt - Dienstag 13. Januar 2009 - Außentemperatur ca.  $-7^{\circ}\text{C}$  - Uhrzeit circa 18:00 Uhr - Leichte Luftbewegung beziehungsweise Windstille - Himmel sternklar

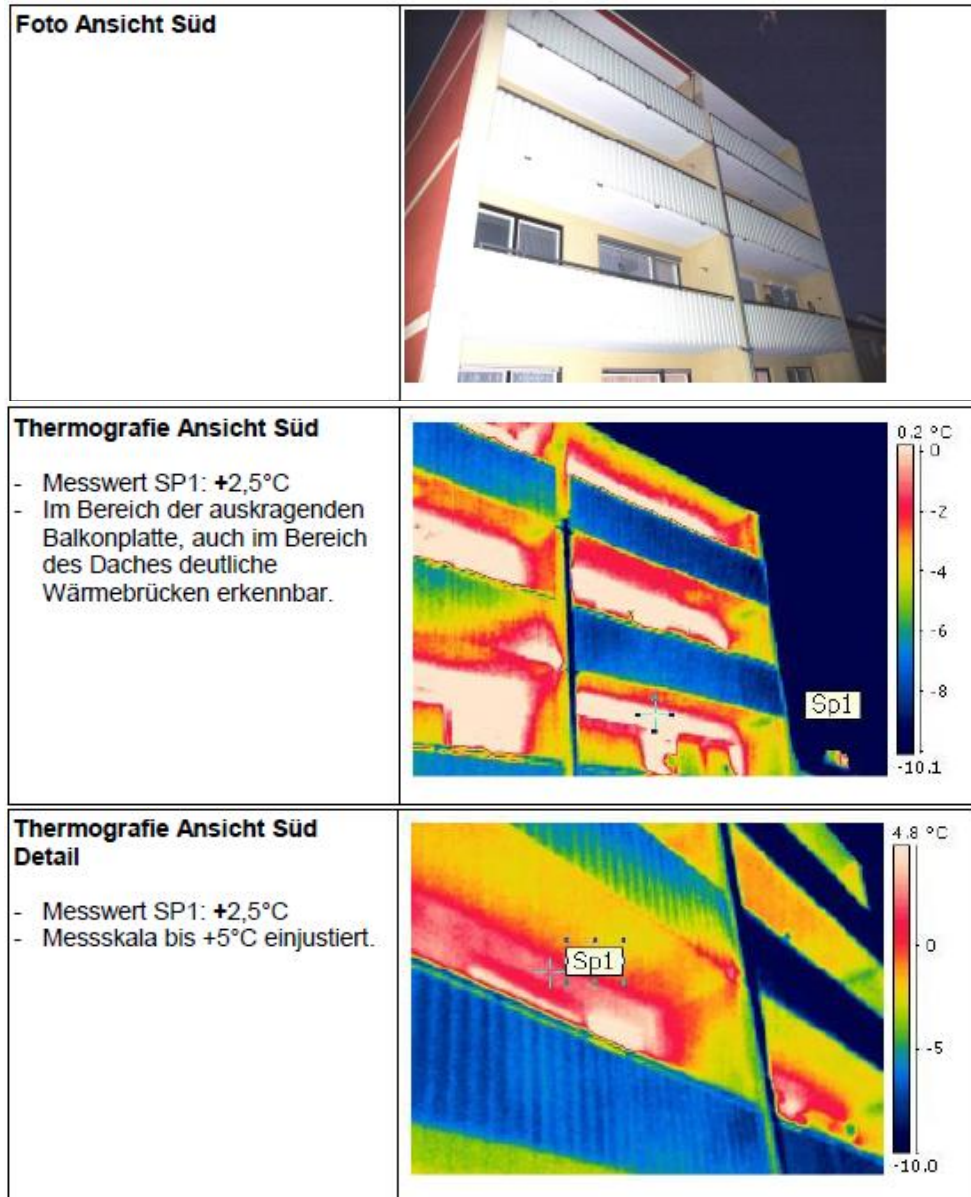
Zitat: „Ziel einer guten Dämmung des Gebäudes ist es nicht, dass bei einer Thermografie keine unterschiedlichen Oberflächentemperaturen auftreten. Ein gleichmäßiges Bild konstanter Temperaturen ist unter normalen Bedingungen weder erreichbar noch wirtschaftlich.“



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  $-4^{\circ}\text{C}$ ) auf Wärmeströme und Energiebilanzen schließen?  
(Fortsetzung Folgeseite)

## 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

Bauphysikalische Phänomene bei IR reflektierenden Beschichtungen:  
**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 Feuchtepoteziale 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

## Danksagung

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

- Klaus Roggel, Architekt und Bausachverständiger, Berlin
- Bernd Bonso, Dipl.-Ing. und Bausachverständiger, Berlin
- Thermox s.r.o., Žilina, SK
- SICCC GmbH ThermoShield Europe, Berlin
- Ritter Hausverwaltungs GmbH, Neumarkt

Die „IR-Thermografie-Fibel<sup>TS</sup>“ umfasst **aktuell 26 Seiten**.  
Bei Rückfragen und Hinweisen bitte die Version angeben.

Berlin, **31.03.2009**  
Dipl.-Ing. M. Bumann  
DIMaGB

## Informationsquellen im Internet:

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 aller vier 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>