



Folie 1

**09:50 - 10:30**    **Warum QualiThermo?**    **Christoph Tanner**



**Christoph Tanner, Arch. HTL / FH, Winterthur**  
Vizepräsident Thermografie Verband Schweiz  
Leitung der Fachgruppe Blower-Door

Haupt-Projektpartner von Bauchek-Tanner



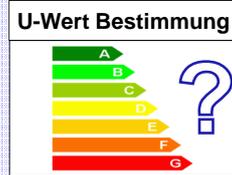
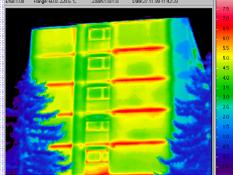
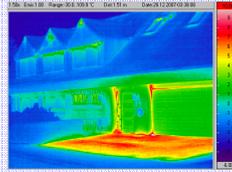
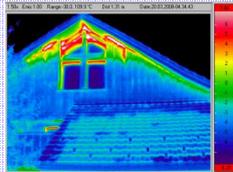
Folie 2

**09:50 - 10:30**    **Warum QualiThermo?**    **Christoph Tanner**

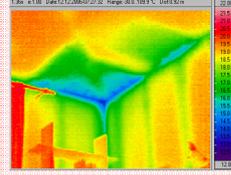
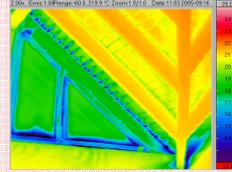
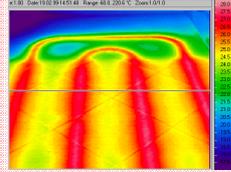
- **Thermografie-Anwendungen im Baubereich**
- **IR-Aufnahme und Bilddarstellung**
- **Problematik der «freien» Skalierung**
- **Vorschlag für standardisierte Skalierung**
- **Erkenntnisse aus Forschungsprojekt**

## Thermografie-Anwendung im Baubereich

### Aussenaufnahmen



### Innenaufnahmen



Folie 3

## Thermografie-Anwendung im Baubereich

### Aussenaufnahmen

#### Vorteile

- Die meisten Wärmebrücken zeigen sich ideal:
  - punktuelle Wärmebrücken
  - Radiatoren-Nischen
  - Deckenstirnen
  - Fensterleibungen, - u.v.a.
- Grossflächige, übersichtliche Darstellungen, mit wenigen Bildern viel erfassen (ganze Fassade)
- Temperaturentwicklung bekannt (Meteo-Daten)
- Warmluftaustritte oft erkennbar (Austrittsstellen = Risikostellen) (Eintrittsstellen = Behaglichkeitsproblem)
- Aussenaufnahmen = schnell und ohne Störung der Bewohner
- Aufwand eher gering, Kosten tief

**Nachteile** siehe BFE-Schlussbericht

### Innenaufnahmen

#### Vorteile

- Innenaufnahmen = Gebäudebegehung und damit Kombination mit Augenschein
- Kritische Wärmebrücken geben Hinweise zur Schimmelpilzproblematik und zu Tauwasser
- Informationen von Dach und Keller möglich
- Im Wohnbereich relativ „stabile“ Raumtemperaturen, viel kleinere Amplituden als aussen.
- Kaltlufteintritte oft erkennbar
- Kombination mit Blower Door möglich
- Aufnahmen am Tag möglich, Wetter ist viel weniger entscheidend als bei Aussenaufnahmen

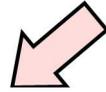
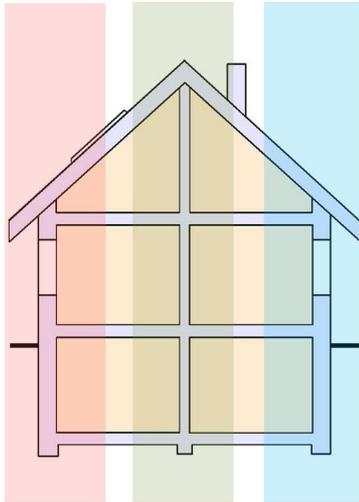
**Nachteile** siehe BFE-Schlussbericht

Alle Messverfahren haben Vor- und Nachteile!

Folie 4

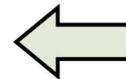
## Thermografie-Anwendungen im Baubereich

Energieberatung = Wärmeverluste erkennen  
= U-Werte abschätzen



### Energie- / Baufachmann

Augenschein und  
Zustandserfassung  
(auch Energieausweis )



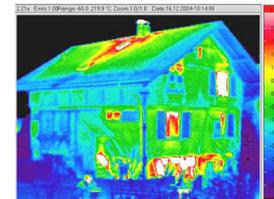
### Spezialist

Messungen und  
Detailabklärungen



### Thermograf

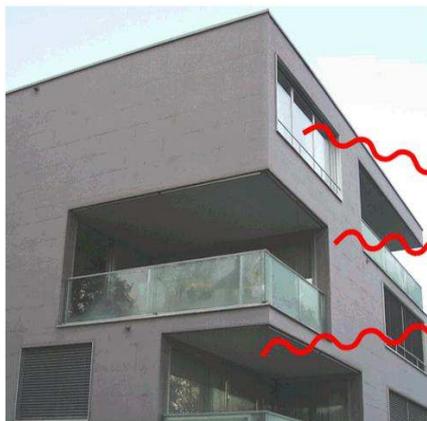
IR-Aufnahmen aussen  
und innen



Folie 5

## IR-Aufnahme und Bilddarstellung

Alles was wärmer ist  
als der absolute  
Nullpunkt (- 273,15 °C)  
strahlt Wärme ab.



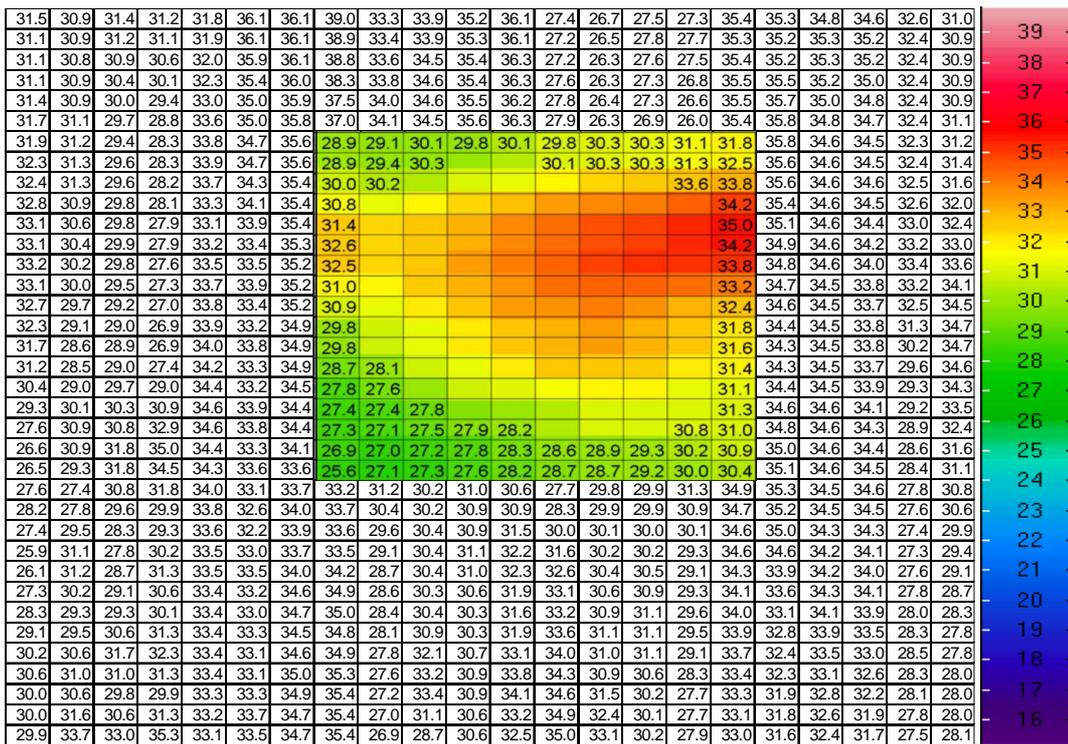
Leistungsdaten von heutigen  
Infrarot-Kameras für den Baubereich:

- 320 x 240 Bildpunkte oder besser mehr
- Wellenlänge 8 bis 14 µm

Folie 6

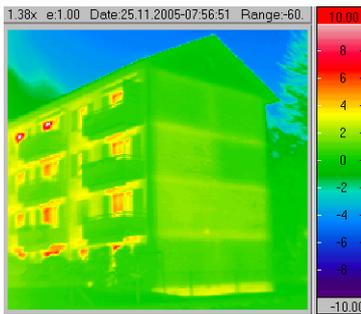
# IR-Aufnahme und Bilddarstellung

Zahlenmatrix: Jede  
Zahl ein Bildpunkt

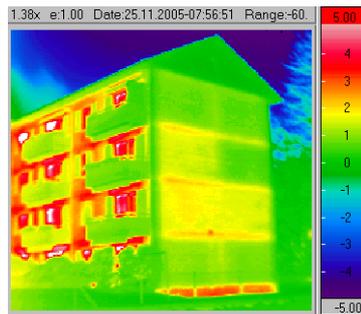


Folie 7

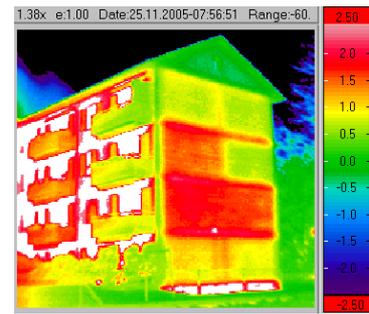
# IR-Aufnahme und Bilddarstellung



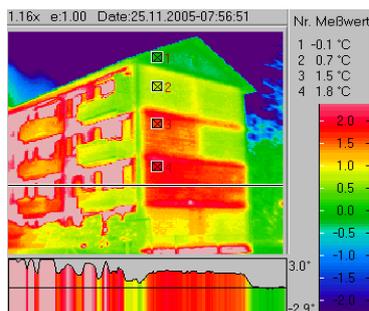
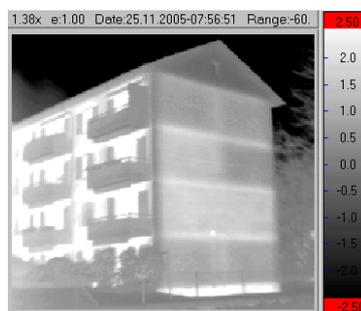
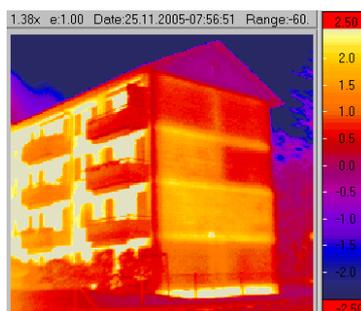
Bereich +10.0 °C bis -10.0 °C



Bereich +5.0 °C bis -5.0 °C



Bereich +2.5 °C bis -2.5 °C

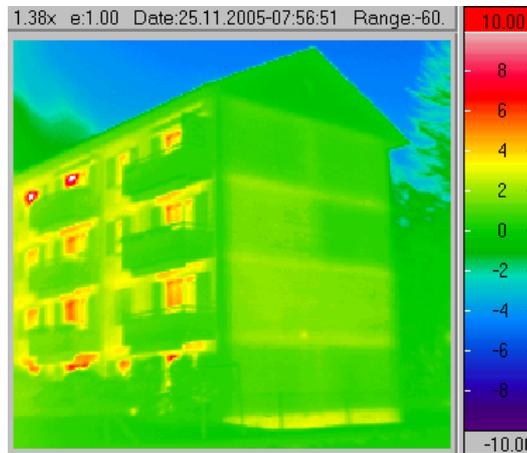


Empfindlichkeit (Sensitivity), Level und Farbzuteilungen sind beliebig veränderbar.

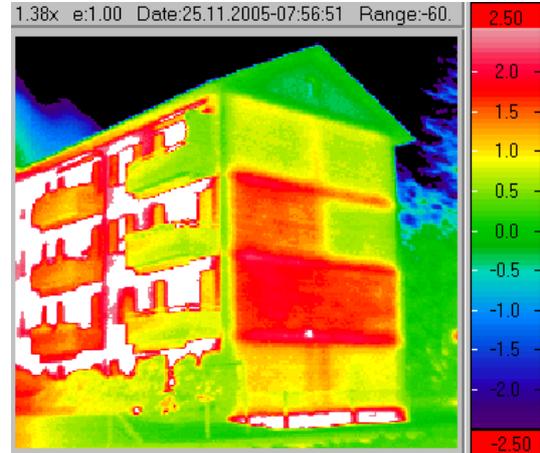
Folie 8

## IR-Aufnahme und Bilddarstellung

... und wie stellen wir nun das Bild für den Auftraggeber dar?



Bereich + 10.0 °C bis - 10.0 °C



Bereich + 2.5 °C bis - 2.5 °C

... und wie kommentieren wir es?

Folie 9

## IR-Aufnahme und Bilddarstellung



**Einfach:**

- Leckstellen erkennen
- Konstruktionshinweise finden
- Wärmebrücken erkennen
- Temperaturunterschiede finden



**Schwierig, aufwändig, unsicher:**

- Bewerten (= Quantifizieren !)
- Ist das Dargestellte gut oder schlecht ?

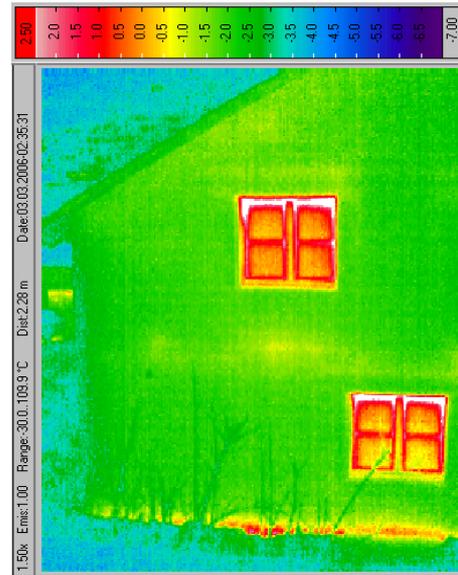
**Genau das erwartet jeder Kunde, und es wird sorgenlos geboten ...**

Folie 10

## Problematik der «freien» Skalierung



Wahrscheinliche Beurteilung:  
«Gut gedämmte Fenster . . .»

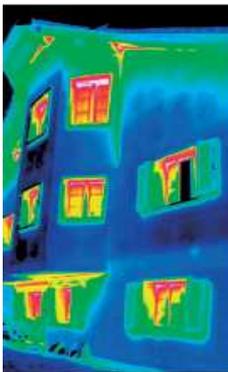


Wahrscheinliche Beurteilung:  
«Grosse Energieverluste . . .»

Die Bildgestaltung ist durch den Thermografen frei wählbar.  
Die entstehende Wirkung also rein subjektiv!

Folie 11

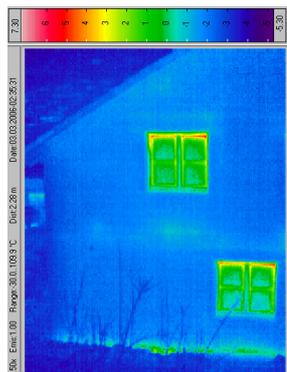
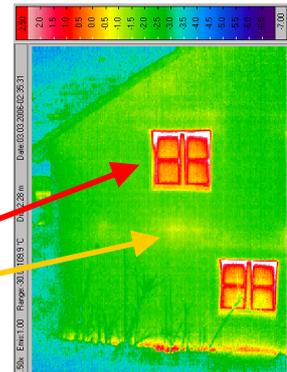
## Problematik der «freien» Skalierung



Aus einer IR-Aktions-Ausschreibung

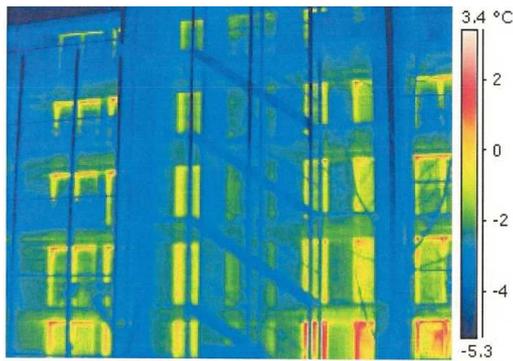
- Sofortmassnahme nötig
- Mittelfristig sanieren
- Vorbildlich gedämmt

Die Thermoaufnahme zeigt, wo in der Gebäudehülle am meisten Wärmeenergie entweicht. Im roten Bereich sind die Verluste am grössten.



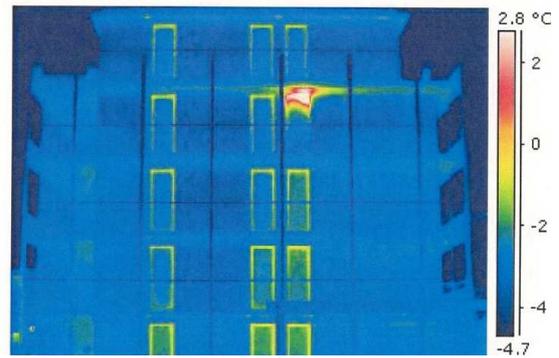
Folie 12

## Problematik der «freien» Skalierung



Die Fenster entsprechen nicht mehr den heutigen Anforderungen (Dämmwert viel zu gering) und sollten ggf. erneuert werden.

Bauteil	Wertung
Fenster	4 *



Leicht erhöhte Oberflächentemperaturen an den Fensterrahmen.

Bauteil	Wertung
Fenster	2 *

1	Ausgezeichnet, es sind keine oder minimale Verluste erkennbar, ein gutes Ergebnis ohne Handlungsbedarf
2	Durchschnittlich mit einzelnen Verbesserungsmöglichkeiten
3	Mängel erkennbar – es besteht Handlungsbedarf, jedoch nicht dringend
4	Ernsthafte Mängel mit erheblichem Handlungsbedarf
5	Sehr kritische Mängel mit dringendem Handlungsbedarf

Folie 13

## Problematik der «freien» Skalierung



Analog der Logik der vorher gezeigten Beispiele:

„Das Fenster unten rechts hat hohe Wärmeverluste und sollte ersetzt werden“.

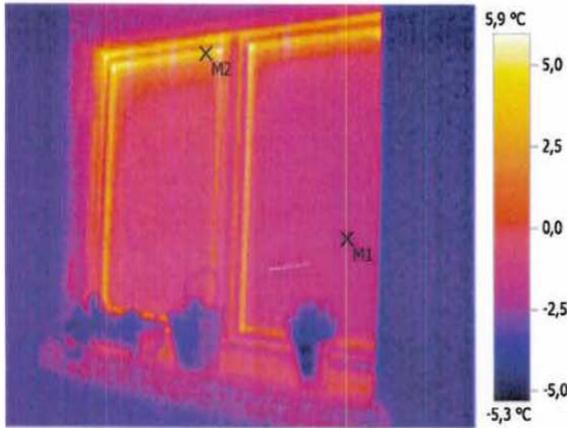
richtig ist aber:

„Das obere Fenster hat geringere Wärmeverluste und erscheint kühler, weil der Dachraum nur temperiert ist“.

Der U-Wert der Fenster oben und unten ist gleich !

Folie 14

## Problematik der «freien» Skalierung



### Bildmarkierungen:

Messobjekte	Temp. [°C]	Emiss.	Refl. Temp. [°C]	Bemerkungen
Messpunkt 1	-1,8	0,95	20,0	Glasscheibe
Messpunkt 2	4,3	0,95	20,0	Fensterrahmen

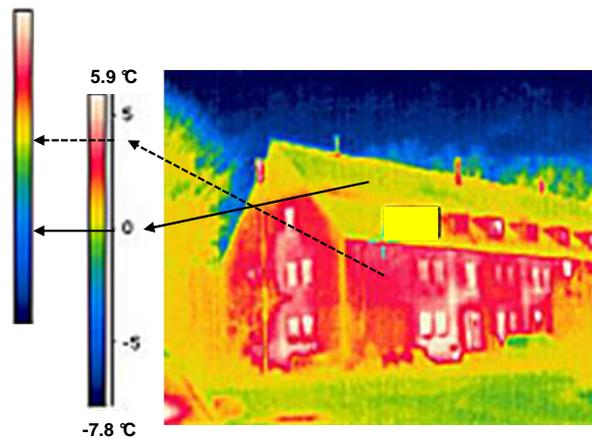
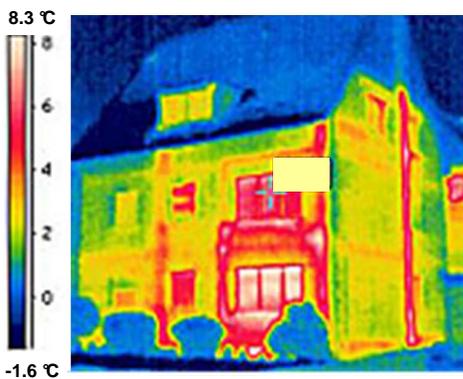
### Bemerkungen:

Die Fenster sind in einem guten Zustand.  
 Die Temperaturdifferenzen an dem Fenster entsprechen den normalen Differenzen dieser Fenstertypen.

Folie 15

## Problematik der «freien» Skalierung

ab Internet:



### Beurteilung des Thermografen:

„Überall Abfluss von grösseren Wärmemengen nach aussen“

### Beurteilung des Thermografen:

„Über die ganze Fassadenfläche zeigen sich enorme Energieverluste“

**Feststellung: Der Kommentar entspricht dem willkürlich generierten IR-Bild.**

Folie 16



Folie 17

## Problematik der «freien» Skalierung

- Der Kunde / Eigenheimbesitzer ist praktisch zu 100 % auf die Interpretation des Thermografen angewiesen.
- Die Qualität und „die Gewichtung“ der Darstellung ist für den externen Betrachter kaum erkennbar oder nachvollziehbar.
- Der Laie erkennt und wertet die dargestellten Farbunterschiede.
- Das Wärmebild entfaltet eine starke psychologische Wirkung, wird aber vollständig subjektiv hergestellt / gestaltet!

# Thermogramm = Psychogramm

**Die Skalierung ist der Schlüssel zum Psychogramm !**



Folie 18

## Problematik der «freien» Skalierung

Was sagen die Normen und Fachbücher zum Thema Skalierung ?

**Bsp. Aus der EN 13187 (Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Nachweis von Wärmebrücken in Gebäudehüllen - Infrarot-Verfahren, 1999):**

*„... Die Auswertung von Thermogrammen, die bei instationären Bedingungen gewonnen werden, erfordert einen hohen Grad an Erfahrung und Fachwissen über Bauphysik.“*

Es werden aber Referenzbilder, Berechnungen, Laboruntersuchungen oder Erfahrungswerte gefordert, die zum Vergleich eine klar bekannte oder berechnete Situation zeigen sollen!

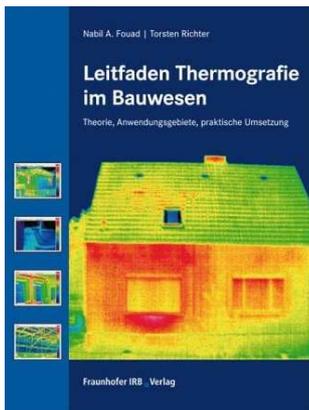


**IR-Baudokumentation  
mit Musterbildern  
(1. Ausgabe: 2009!)**





## Problematik der «freien» Skalierung



Aus dem „Leitfaden Thermografie im Bauwesen“  
Fraunhofer IRB (N. A. Fouad / T. Richter, 2007):

„. . . Vom Thermografen ist auf Grund seines  
Fachwissens. . . zu entscheiden, ob die gemessenen  
Temperaturdifferenzen als normal oder als auffallend  
zu bewerten sind.“

Was in den EN 473 Zertifizierungskursen vermittelt wird  
(Stufe 2, Bereich Gebäudethermografie, Uni Rostock) :

„In den Kursen ist die Skalierung kein wesentliches Thema. Es gibt keine  
Vorgaben und Unterlagen, wie im praktischen Fall damit umzugehen ist . . . „

*Bärti Schnieper, theCH-Mitglied und Kursteilnehmer 2008*

Folie 19



## Problematik der «freien» Skalierung

## Literatur

Aus einem Positionspapier des deutschen IR-Spezialisten  
W. Pöllinger, EN 473, Bauthermografie Stufe 3 zertifiziert.  
„Qualifizierte Dienstleistung statt bunte Bilder“ (2008),

„Eine vernünftige Temperaturleiste sollte sich nach der  
**Umgebungstemperatur** und dem **Alter des Gebäudes** richten.

Ein Gebäude aus den 60er Jahren wird eine Temperaturspreizung von 15°C,  
aus den 80er Jahren von ca. 12 °C  
und ab 2001 ca. 10 °C benötigen

**alles andere ist irreführend.**

Hochgedämmte Gebäude kommen mit einer kleineren Temperatur-  
spreizung aus.“

**Frage: Sollen Wärmebilder von Neubauten  
ähnlich aussehen wie diejenigen von Altbauten?**

Folie 20

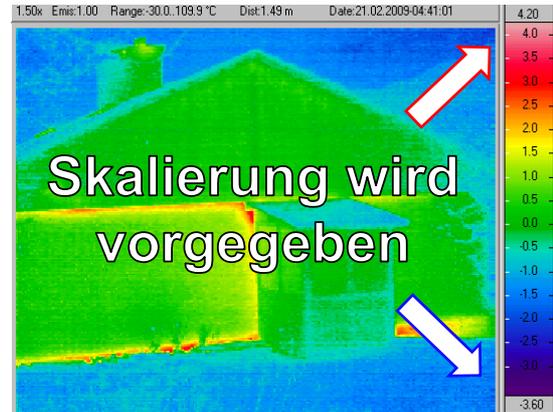


## Vorschlag für standardisierte Skalierung

Auf Grund:

- kontroverser Meinungen
- nicht sachdienlichen Skalierungen von Dienstleistern
- der Tatsache, dass bisher **kein Verfahren klar nachvollziehbar** ist
- der Tatsache, dass **oft energierelevante Fragen** vorliegen ...

Vorschlag:  
**standardisiertes  
Bilddarstellungs-Verfahren**



Beginn der Tests und der Entwicklung von **QualiThermo**: ab 2006

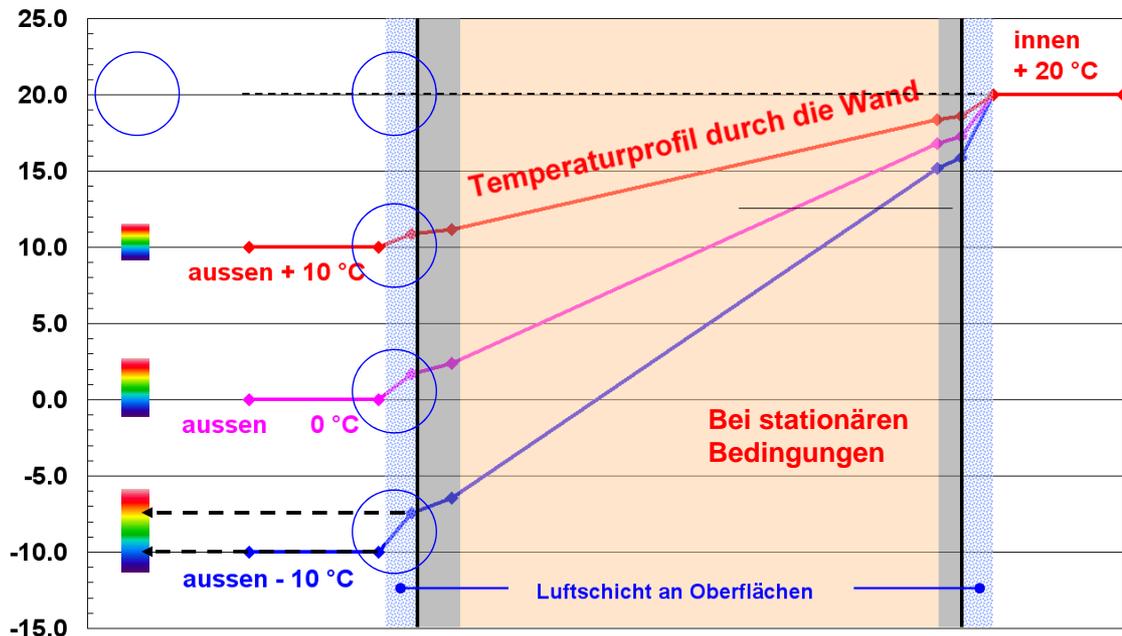
Folie 21



## Vorschlag für standardisierte Skalierung

Temperatur [°C]

Querschnitt durch Backsteinwand mit Putz

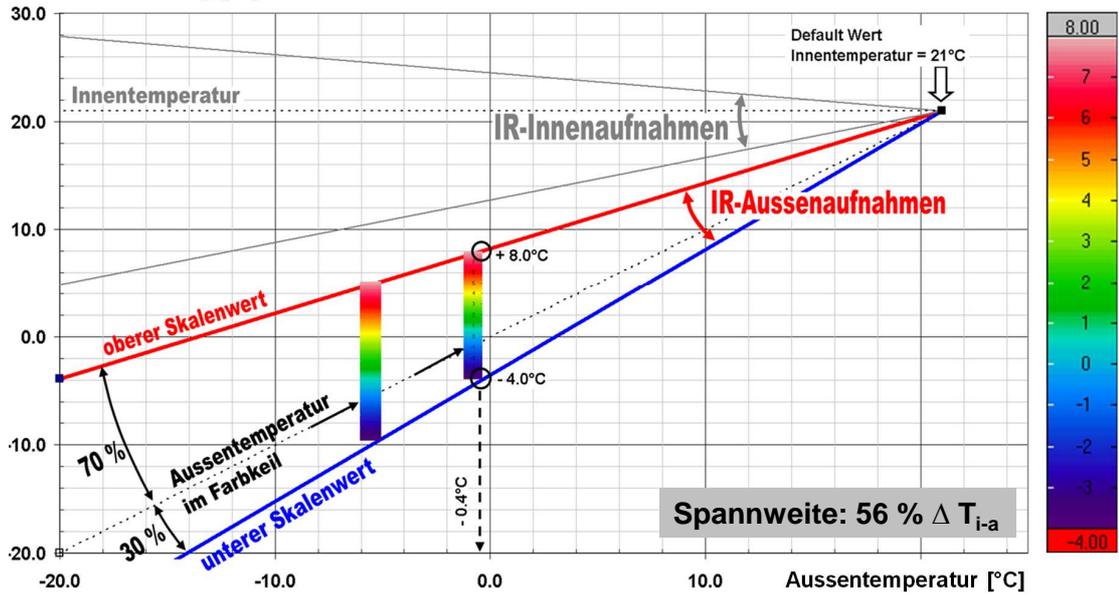


Folie 22

## Vorschlag für standardisierte Skalierung

Grafische Darstellung der Methode QualiThermo.

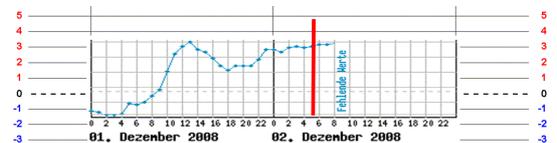
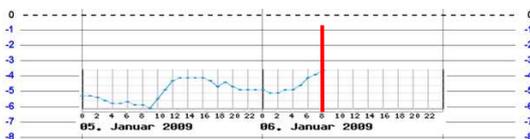
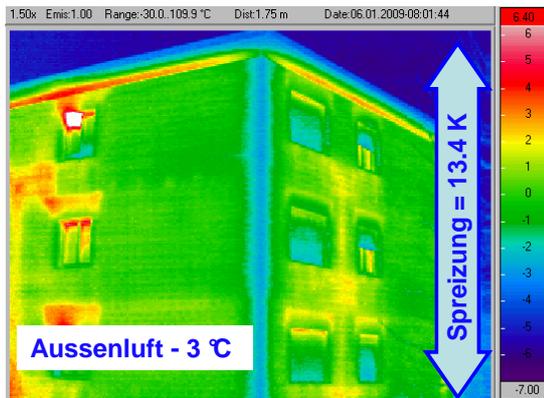
Farbkeil-Skalierung [°C]



Folie 23

## Vorschlag für standardisierte Skalierung

### Beispiel 1

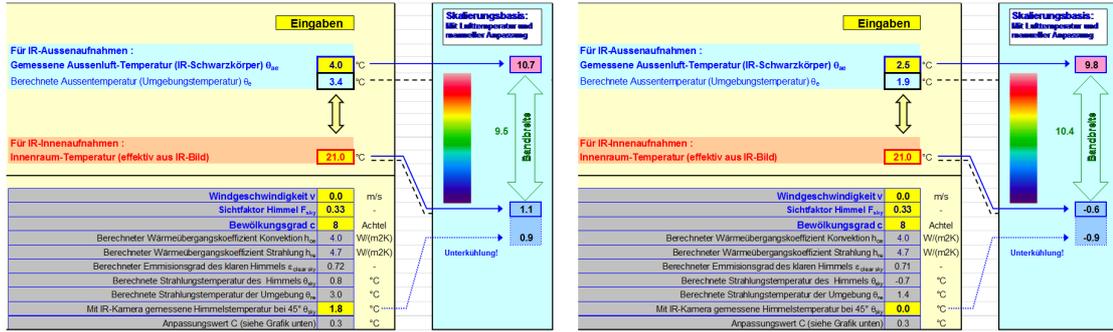


Erkenntnis: Funktioniert bei stabilen, quasistationären Temperaturen

Folie 24

## Vorschlag für standardisierte Skalierung

### Beispiel 2



Folie 25

Das sieht gut aus... aber  
was passiert, wenn die  
Meteo-Bedingungen  
nicht stabil sind?



Folie 26



## Erkenntnisse aus Forschungsprojekt

Finanzierung: CH-Bundesamt für Energie BFE

«Energetische Beurteilung von Gebäuden mit Thermografie und der Methode QualiThermo»

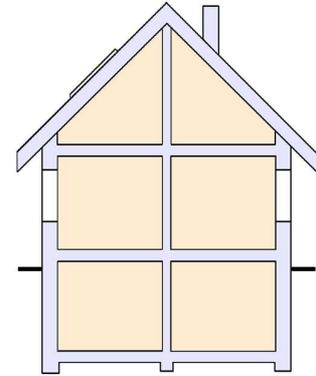
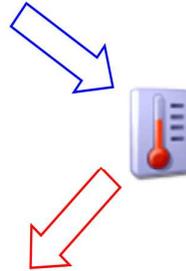


Schweizerische Eidgenossenschaft  
 Confédération suisse  
 Confederazione Svizzera  
 Confederaziun svizra

### 1. Bestimmung der „wahren“ Oberflächentemperatur.

Bei IR-Aufnahmen unter Berücksichtigung von:

- Umgebungsstrahlung
- Emissionsverhalten der Oberflächen
- Aufnahmewinkel
- Distanz zum Messobjekt (Messfleckgrösse)
- spektraler Messbereich der Kamera
- Messunsicherheit und Auflösung der Kamera



### 2. Interpretation der Oberflächentemperaturen bezüglich Wärmedämmvermögen des Bauteils unter Berücksichtigung aller gegebenen Randbedingungen.

Im Projekt wurde ein Testgebäude eine Wintersaison lang mit IR beobachtet. Dazu sind verschiedene U-Werte und Meteodaten gemessen worden, womit man Simulationsberechnungen und Sensitivitätsanalysen durchführen konnte.

Folie 27



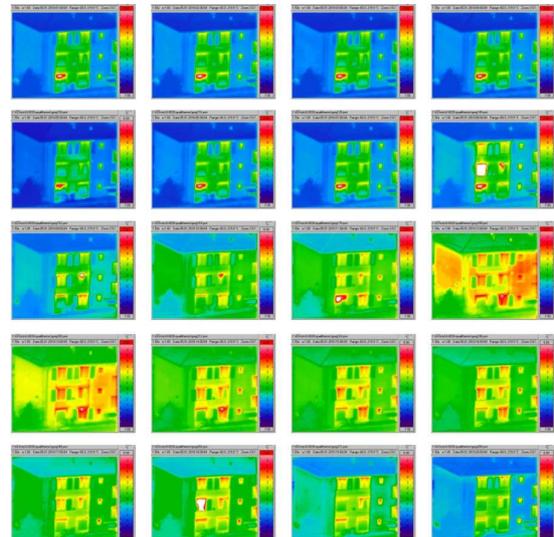
## Erkenntnisse aus Forschungsprojekt

Finanzierung: CH-Bundesamt für Energie (BFE), Thermografie Verband Schweiz (theCH)

«Energetische Beurteilung von Gebäuden mit Thermografie und der Methode QualiThermo»



IR-Serieaufnahmen an Testgebäude im Winter 2009 / 2010, gleichzeitig Messung von Meteodaten und U-Werten

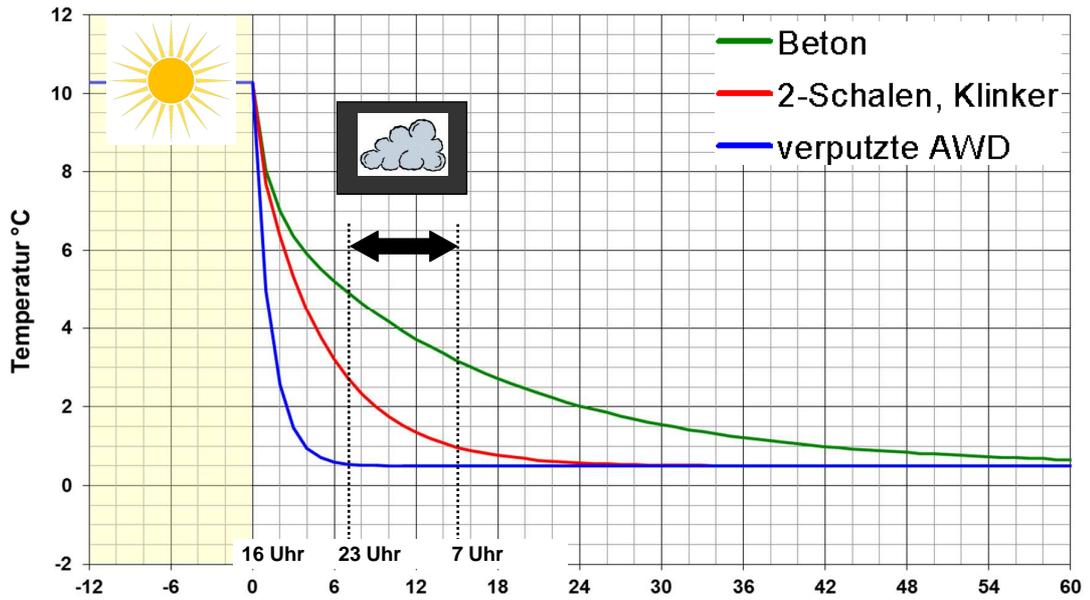


= Grundlagen für Simulationsberechnungen und Sensitivitätsanalysen

Folie 28



## Erkenntnisse aus Forschungsprojekt



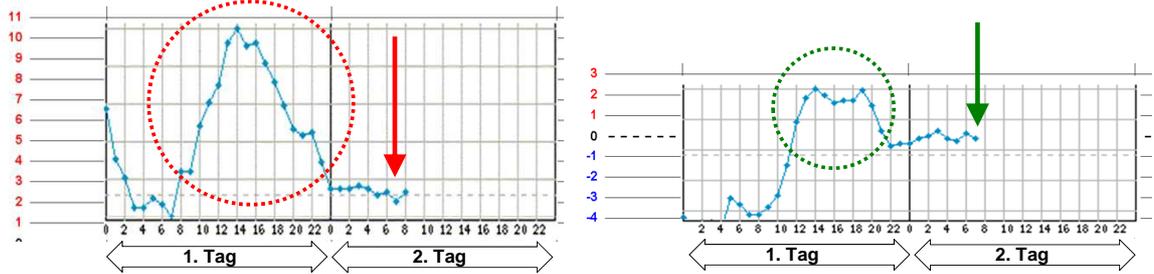
### Resultat aus einer Berechnung (mit «HELIOS»)

Temperaturabfallkurven der Aussenoberflächen von drei verschiedenen Wandkonstruktionen, alle mit gleichem U-Wert (0.24), bei einem Temperatursprung von 10 K.

Folie 29



## Erkenntnisse aus Forschungsprojekt



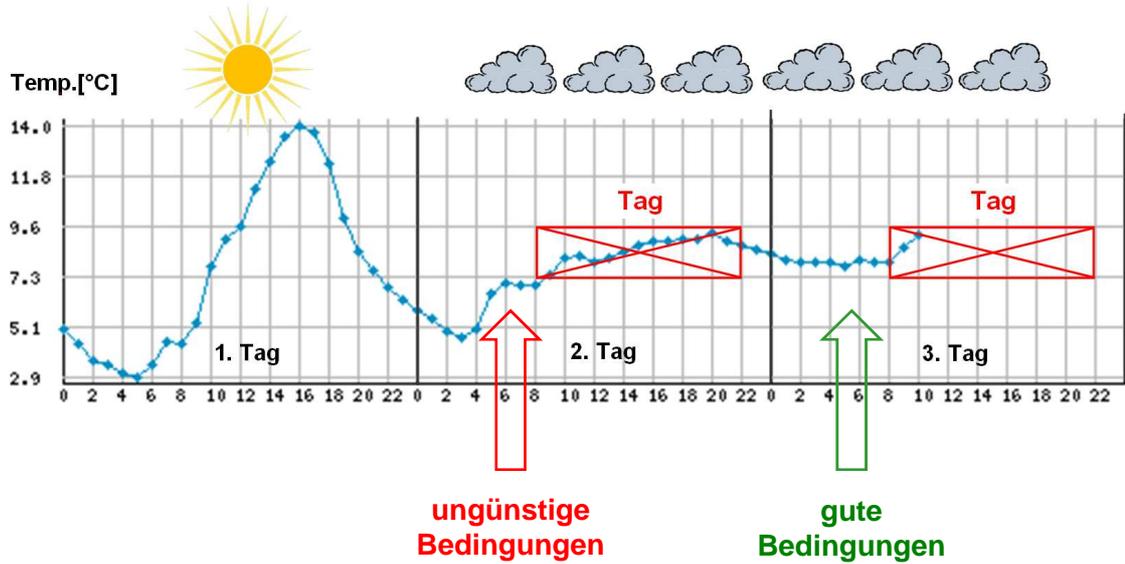
**Temperaturschwankungen der letzten 24 Stunden beachten!**  
 Schwere Bauteile (Beton) können noch lange Zeit erhöhte Oberflächentemperaturen aufweisen (Wärmespeicherung).

Folie 30

## Erkenntnisse aus Forschungsprojekt



Folie 31



## Erkenntnisse aus Forschungsprojekt



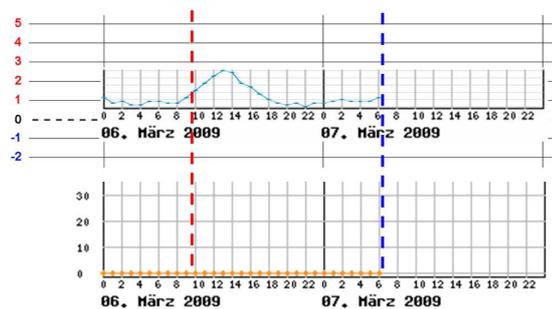
Folie 32



- keine Aufnahmen am Tag



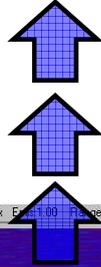
IR-Aufnahme 4-10 IR-Aufnahme 4-11



## Erkenntnisse aus Forschungsprojekt



**Klarer Nachthimmel:**  
für IR: - 40 bis - 90 °C



**starke Abstrahlung**  
**Folge: Unterkühlungen**  
**und Strahlungsschatten**

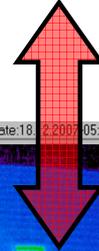


Folie 33

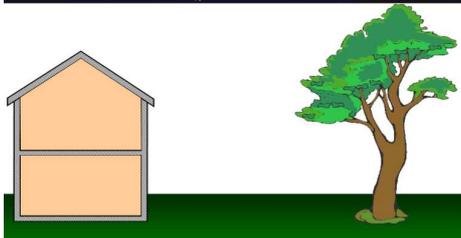


**Wolken-Untersicht:**  
ähnlich wie Lufttemperatur

**Je weniger**  
**Strahlungsaustausch**  
**desto besser**

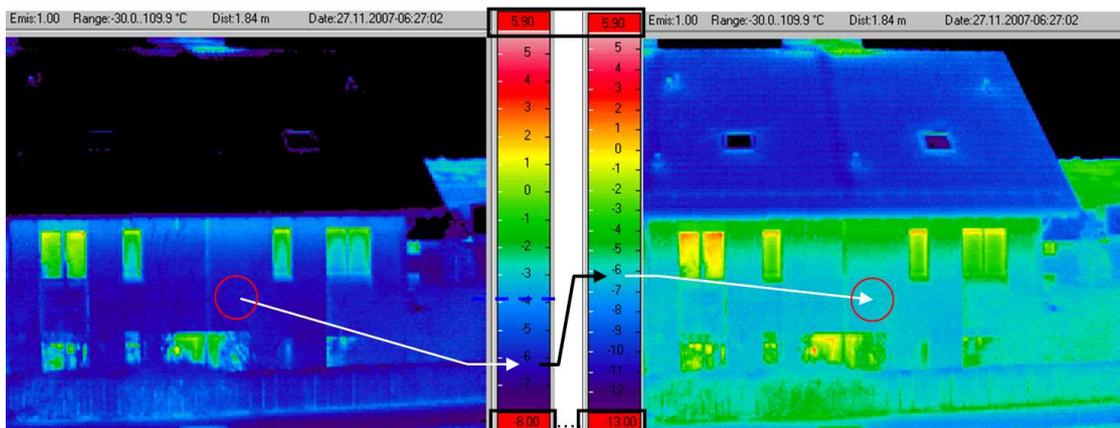


## Erkenntnisse aus Forschungsprojekt



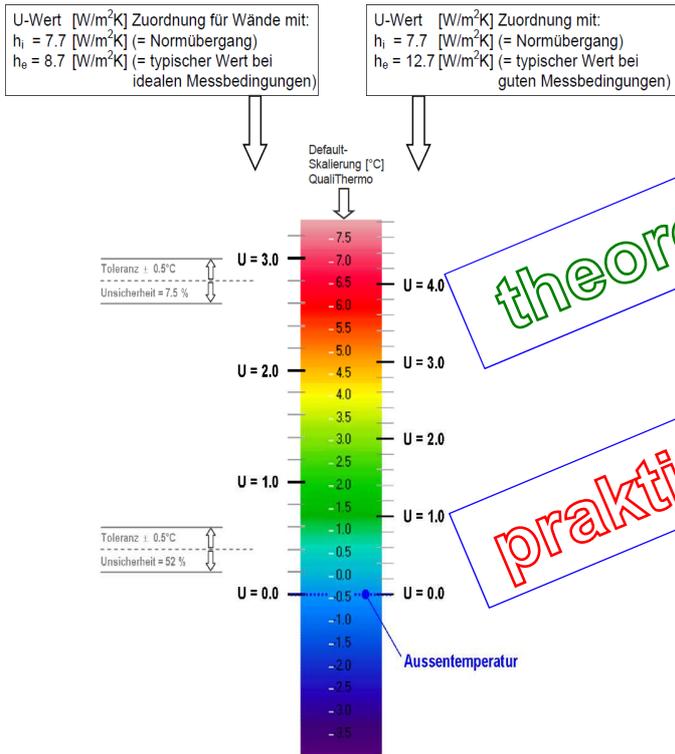
**Differenz Aussenluft - Hintergrund (Sky)**

unter 5 K      **Korrektur 0 K**  
um 10 K      **Korrektur 1 bis 2 K**  
um 15 K      **Korrektur 2**  
um 20 K      **Korrektur 2 bis 3 K**  
> 30 K (klarer Himmel) **Korrektur 4 bis 5 K**



Folie 34

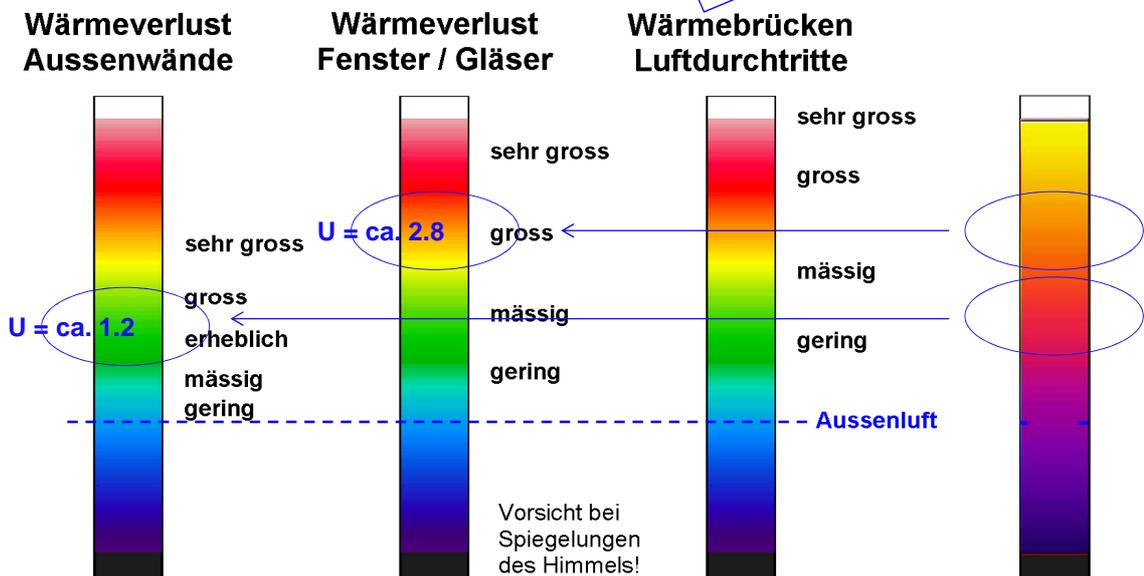
## U-Wert Ableitungen aus IR-Bildern ... ?



Folie 35

## Erkenntnisse aus Forschungsprojekt

Möglicher Interpretationsschlüssel zu IR-Bildern, die mit QualiThermo dargestellt werden.



Folie 36



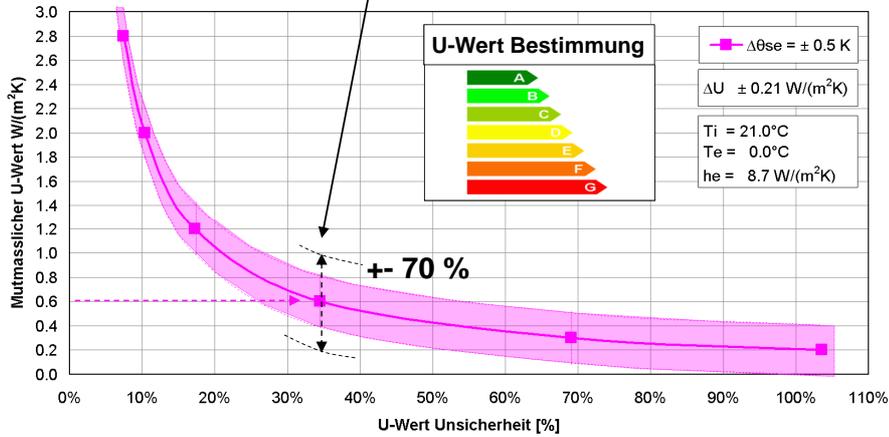
Folie 37

## Erkenntnisse aus Forschungsprojekt

$\pm 0.3 \text{ K}$  für ausgezeichnete Aufnahmebedingungen

$\pm 0.5 \text{ K}$  für gute Aufnahmebedingungen

$\pm 1.0 \text{ K}$  für mässige Aufnahmebedingungen



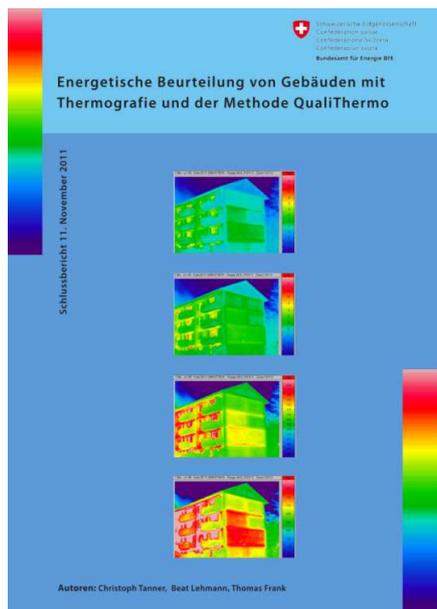
Genauigkeit einer U-Wert-Bestimmung mit der Toleranzgrenze  $\pm 0.5 \text{ K}$

Grundsätzlich lässt sich daraus erkennen, dass die Aussage umso viel unsicherer wird, je besser ein Bauteil gedämmt ist und je unstabiler die Meteobedingungen vor- und während den Aufnahmen sind.



Folie 38

## Erkenntnisse aus Forschungsprojekt



Bezug oder Download bei [www.thech.ch](http://www.thech.ch)