

Punkt

5.2

°C

FLIR

Übersicht

1. Geschichte der Thermografie
2. Messtechnische Grundlagen
3. Welche Ergebnisse können erwartet werden
4. Bildbeispiele
5. Wann sollte die Wärmebildmessung erfolgen und wie sollte das Haus vorbereitet werden
6. Beispiel eines Messprotokolls

1. Geschichte der Thermografie

- 1800 fand William Herschel die „dunkle Wärme“
- 1826 erfand Leopoldo Nobili das Thermoelement
- 1840 erstes Wärmebild durch verdampfen eines Ölfilms von John Herschel
- Mitte 19. Jh. Samuel Langley erfindet das Bolometer
- In den beiden Weltkriegen wurde die Wärmebildtechnik im Auftrag des Militärs vertiefend erforscht. Ab 1950 wurden die Ergebnisse für zivile Zwecke freigegeben und findet vielfältigste Anwendungen.



1738 - 1822



1784 - 1835



1792 - 1871



1834 - 1906



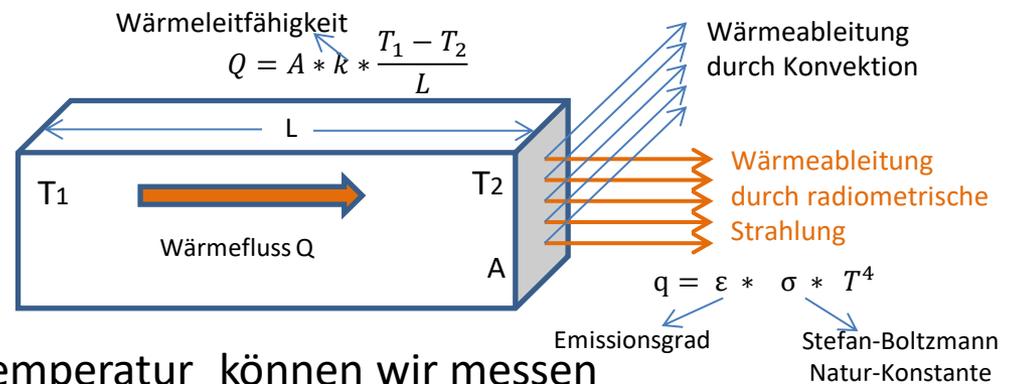
2. Messtechnische Grundlagen

Gesetze der Thermodynamik:

- Thermische Energie bewegt sich immer vom Medium hoher zum Medium niedriger Temperatur
- Alle Objekte oberhalb des absoluten Nullpunktes (-273,15°C) strahlen Energie ab

Die Wärme(ab)fluss-Menge aus dem Haus ist abhängig von der

- Wärmeleitung durch die Hauswand, der Fenster und Türen etc. und der
- Wärmeableitung von der Hausoberfläche



Die Oberflächentemperatur können wir messen

mit Objektkontakt
 basiert auf den Wärmefluss bei Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen

Berührungslos
 basiert auf emittierter radiometrischer Strahlung

2. Messtechnische Grundlagen

Das elektromagnetische Spektrum

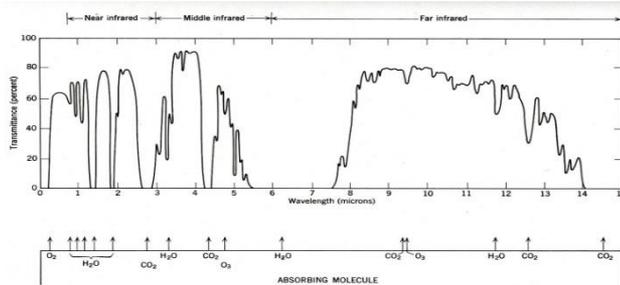
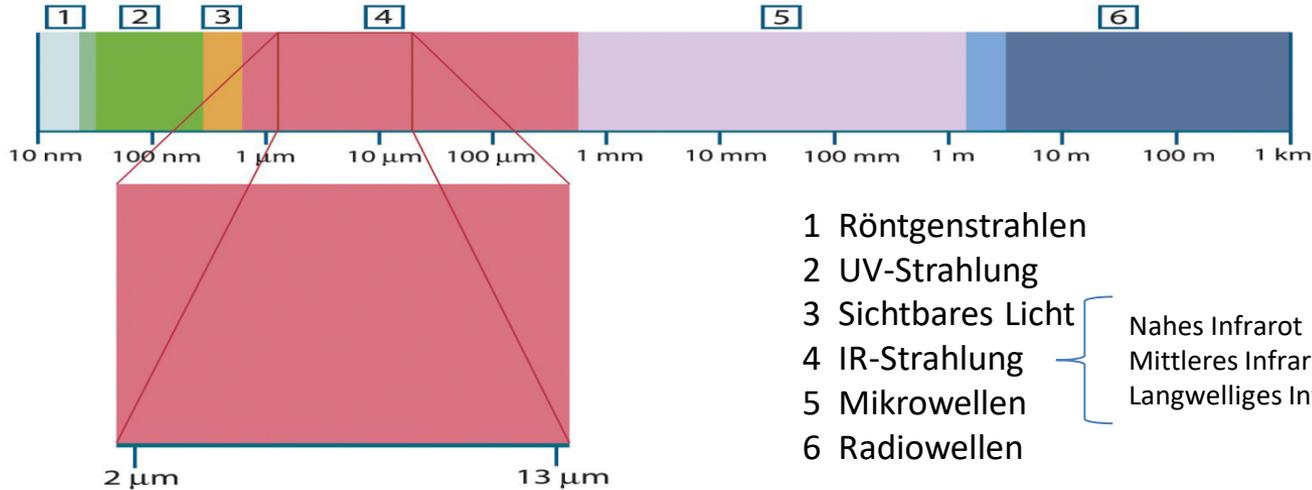


Figure 4.1 Transmittance of the atmosphere for a 6000-ft horizontal path at sea level containing 17 mm of precipitable water (adapted from Gebbie et al.[1]).

Transmission der IR-Strahlung durch die Erdatmosphäre

2. Messtechnische Grundlagen

Was misst die Wärmebildkamera?

Die Wärmebildkamera misst die Infrarotstrahlung, die ausschließlich von der **Oberfläche** des Messobjektes abgegeben wird. Die IR-Strahlung ist eine Funktion der Oberflächentemperatur und kann von der Wärmebildkamera berechnet werden. Eine Software ordnet dann jeder Temperatur eine Farbe zu, so das ein Farbbild entsteht.

Die IR-Strahlung unterscheidet sich zum Wärmetransport durch Leitung und Konvektion dadurch, dass:

- die IR-Abstrahlung mit Lichtgeschwindigkeit erfolgt
- sie keine „gebräuchlichen“ Festkörper oder Flüssigkeiten durchdringt
- sie Vakuum und Gase durchdringt (atmosphärische Fenster beachten)
- der Energieaustausch proportional zur 4. Potenz der Temperaturdifferenz zwischen den Objekten erfolgt

2. Messtechnische Grundlagen

Beeinflussende Parameter bei der Messung mit der Wärmebildkamera

für die FLIR E60 gilt:

- **Emissionsgrad ϵ der Oberfläche**

Beton	0,92 – 0,97
Mauerwerk verputzt	0,94
Wasser/Schnee/Eis	0,8 – 0,98
Holz	0,8 – 0,9
Glas	0,94
Mensch Haut	0,98
Aluminium eloxiert	0,61
Polierte metal. Oberfläche	< 0,1

kann an der Kamera eingestellt werden

- **Reflektierte Störstrahlung**

muss beachtet werden

- **Messwinkel**

möglichst senkrecht zur Oberfläche messen

- **Distanz zum Objekt**

kann an der Kamera eingestellt werden

- **Luftfeuchtigkeit**

kann an der Kamera eingestellt werden

- **Umgebungstemperatur**

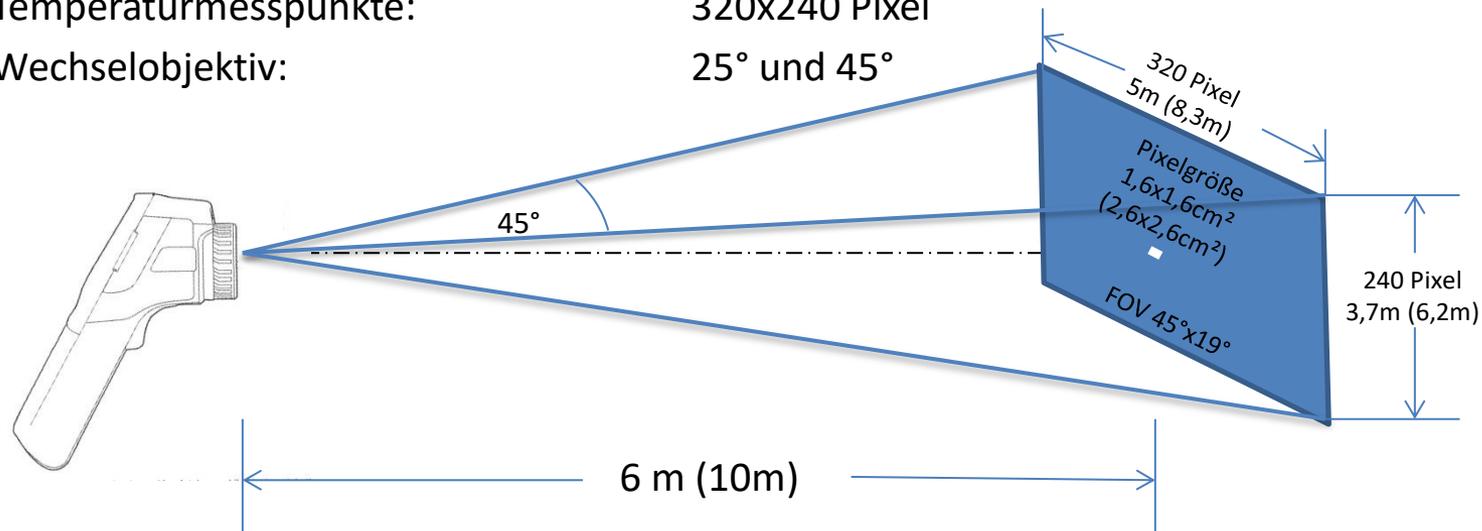
kann an der Kamera eingestellt werden



2. Messtechnische Grundlagen

Kennwerte für die eingesetzte Wärmebildkamera FLIR E60

- IR-Messbereich: $8\mu\text{m}$ bis $14\mu\text{m}$
- Temperaturmessbereiche: -20 bis $120\text{ }^\circ\text{C}$ und 0° bis 650°C
- Thermische Empfindlichkeit: $< 0,05^\circ\text{C}$
- Messgenauigkeit: $\pm 2^\circ\text{C}$, $\pm 2\%$
- Bildwiederholfrequenz: 60Hz
- Temperaturmesspunkte: 320×240 Pixel
- Wechselobjektiv: 25° und 45°



Geometrische Auflösung eines Temperaturmesspunktes bei einer 45° Optik

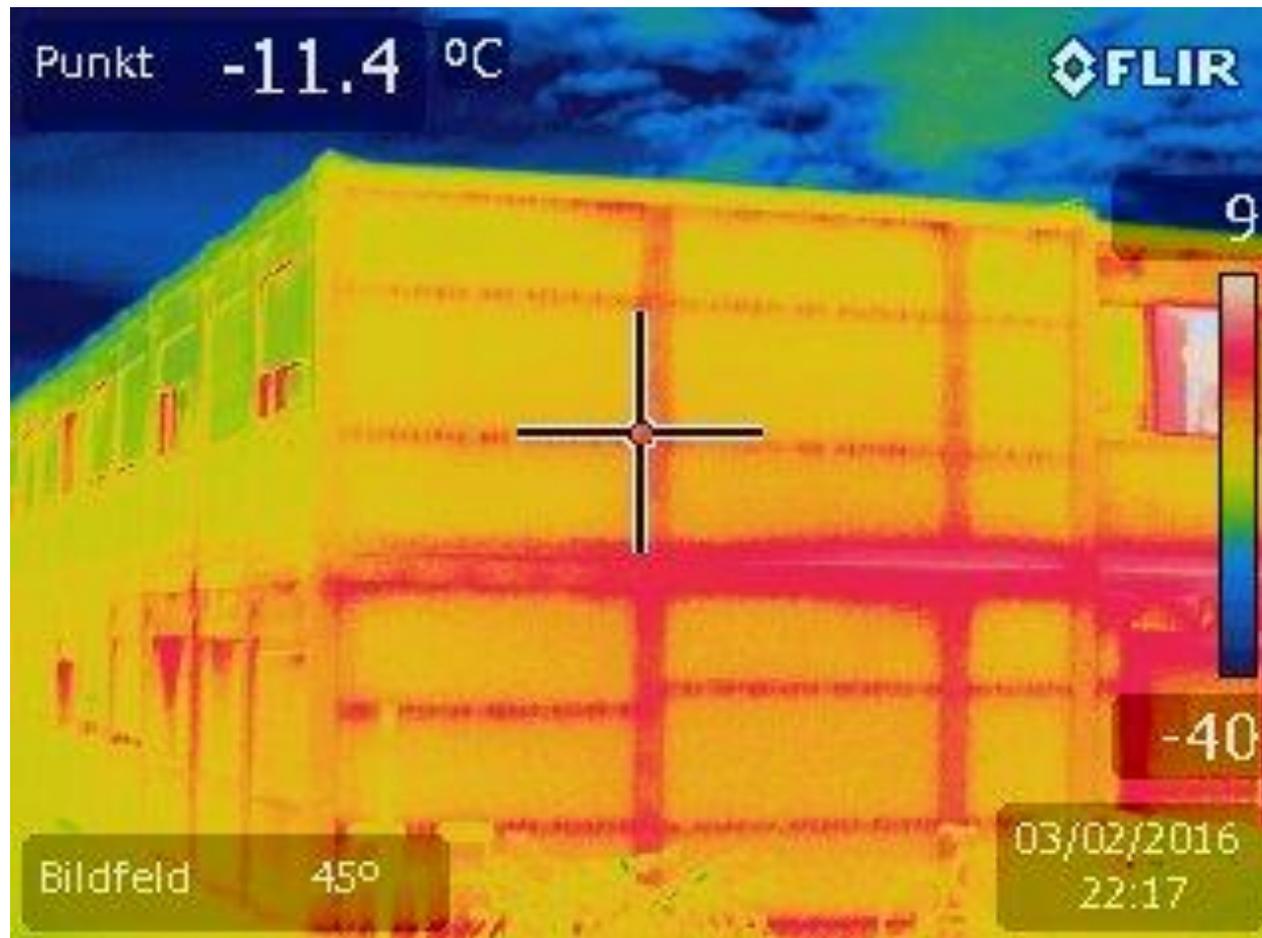
3. Welche Ergebnisse können bei einer Außenmessung mit der Wärmebildkamera erwartet werden?

Erwarten Sie keine Aussage ob das Haus gut oder schlecht wärmegeklämmt ist!

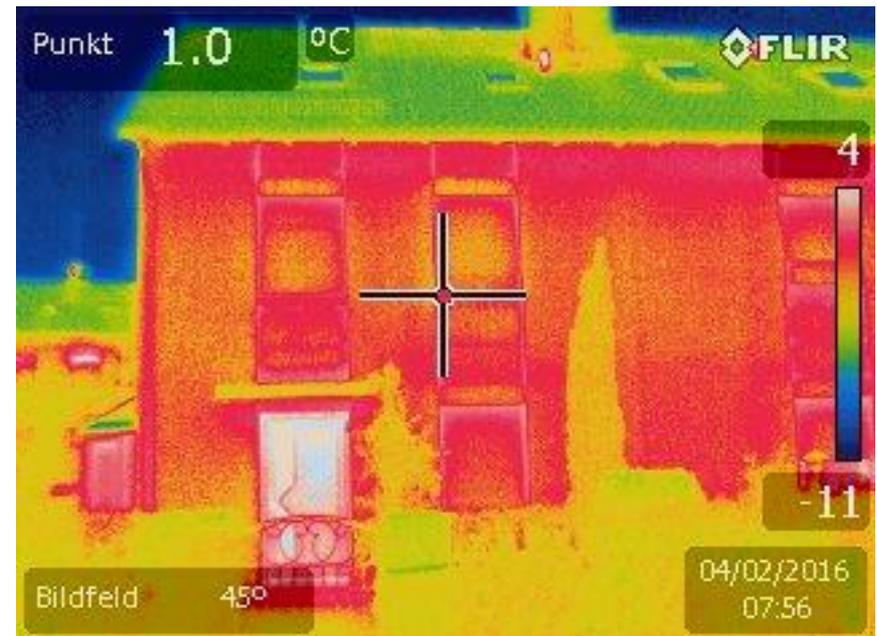
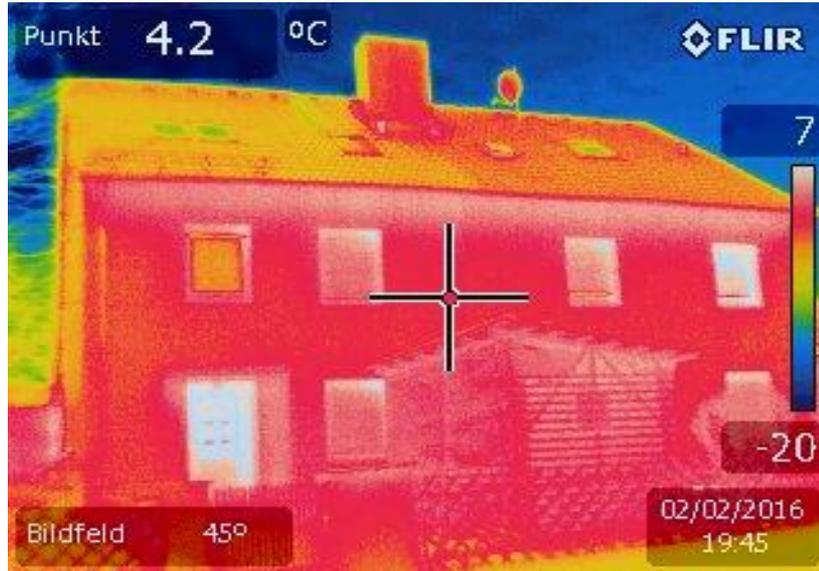
wohl aber:

- Aussagen wo Wärme entweicht
- wo Wärmebrücken bestehen
- mit Einschränkung: eine relative Aussage besser oder schlechter wärmegeklämmtter Hausteile

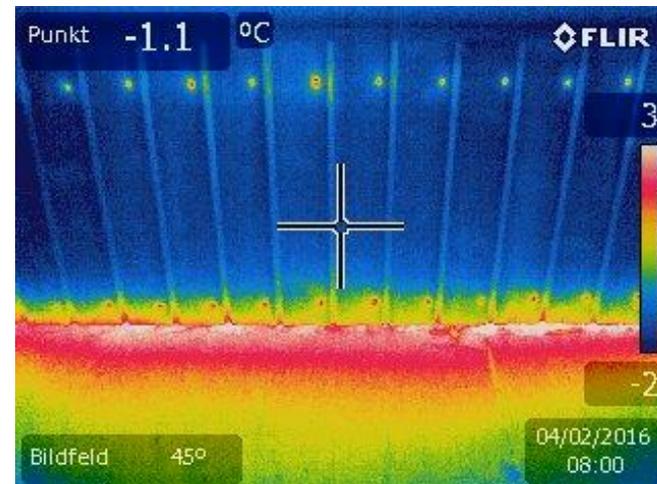
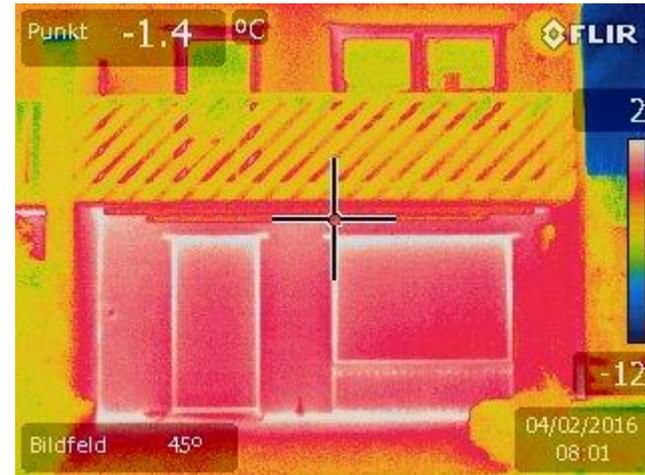
4. Bildbeispiel 1: Wärmeleitung



4. Bildbeispiel 2: Dachisolierung



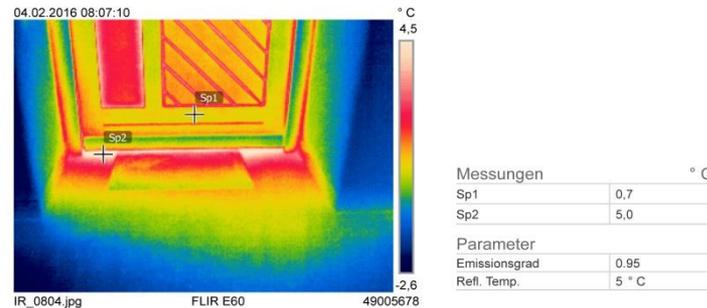
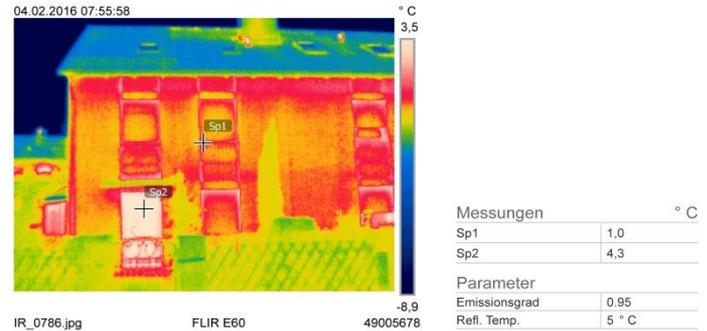
4. Bildbeispiel 3: Isolierschwachstellen



5. Wann sollte die Wärmebildmessung erfolgen und wie sollte das Haus dafür vorbereitet werden

- Die beste Zeit für die externe Wärmebildmessung ist:
 - in der kalten Jahreszeit möglichst unter 0°C
 - kein Regen, kein Schnee aber möglichst bewölkt
 - möglichst windstill
 - am späten Abend oder am Morgen damit die Hausfassade nicht mehr von der Sonne aufgewärmt ist
- Das Haus / die Zimmer sollten beheizt und die Fenster geschlossen sein
- Freie Sicht auf die zu messende Hausfassade von ca. 6-10m
- Bei Auffälligkeiten sollte man an die Hausfassade herantreten können

6. Beispiel eines Messprotokolls als PDF-Datei



Der Hauseingangsbereich zeigt deutliche Wärmeverluste auf.
Die Detailbetrachtung ergibt, dass die Bodendichtung an der Haustür überprüft werden sollte und eine bessere/ geeignete Haustürdichtung angebracht werden sollte.

Wir hoffen Ihnen die Möglichkeiten der Wärmebild-Technik nahe gebracht zu haben. Wir sind aber keine gewerbsmäßigen Energieberater. Deshalb können wir nur auf wärmetechnische Auffälligkeiten hinweisen aber keine justiziable Gewährleistung für die getroffenen Aussagen übernehmen.

Energieberater im näheren Umfeld finden Sie unter:

<http://www.energiewende-egersberg.de/Partner.html>

Diese gezeigten Folien können Sie sich in Kürze ansehen unter:

<https://www.energie-forum-zorneding.de/>

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Hans-Werner Franke