

Gebäudeinspektion mit Thermografie



Endbericht Projektphase I

Arbeitsgemeinschaft bestehend aus:

Landesenergieverein Steiermark und Grazer Energieagentur Ges.m.b.H.

Vertreten durch: Grazer Energieagentur Ges.m.b.H.

Kaiserfeldgasse 13, 8010 Graz

Tel.: 0316 / 811848-0; Fax DW: -9

E-Mail: office@grazer-ea.at

FN 166348f, Landes- als Handelsgericht Graz

UID-Nr.: ATU44341903, DVR-Nr.: 0968528



Inhalt:

1. Projekthinhalte und Ziele	2
2. Ergebnisse der Phase I	3
2.1 Qualitätsstandards	3
2.1.1 Einleitung	3
2.1.2 Qualitätskriterien und Mindestanforderungen	3
2.1.3 Muster-Thermografiebericht	14
2.2 Thermografische Analysen – Auszug von charakteristischen Bildern	14
2.2.1 Dienstleistungsgebäude, Betriebe	15
2.2.2 Gemeindeobjekte, öffentliche Gebäude	27
2.2.3 Geschoßwohnbau	38
2.2.4 Einfamilienhäuser	50
2.3 Weiterbildungsmodul für Ausbildungszwecke	70
2.3.1 Kooperation mit WIN-Bau	70
2.3.2 Elemente eines Weiterbildungsmoduls für die Energieberatung	70
2.4 Verbreitung und Kommunikation – bisherige Aktivitäten	70
3. Ausblick – Projektphase II	70
3.1 Informationsbroschüre für Beratungszwecke	70
3.2 Verbreitung und Kommunikation des Themas Thermografie	71
3.3 Wissenschaftliche Evaluierung	71
3.3.1 Befragung der beratenen Gebäudeeigentümer	71



1. Projektinhalt und Ziele

Thermografische Aufnahmen von Gebäuden sind ein effektives Mittel, thermische Schwachstellen und Baumängel von Gebäuden aufzudecken und zu veranschaulichen. Als Teil einer fachkundigen Beratung kann Thermografie ein besonders taugliches Instrument zur Bewusstseinsbildung und Überzeugung von Gebäudeeigentümern und –nutzern sein.

Ziele:

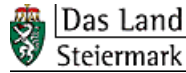
In diesem Projekt soll die **Thermografie**

- als Instrument der Energieberatung und Gebäudeanalyse,
- als Hilfsmittel zur Bewusstseinsbildung bei den Eigentümern und Nutzern von Gebäuden, sowie
- als Werkzeug zur Kontrolle von Sanierungen

bekannt gemacht und gefördert werden.

Aufbauend auf den Erfahrungen der durchgeführten Thermografien wurden Standards für die Erstellung von Gebäudethermografien erarbeitet und damit eine Qualitätssicherung für dieses Instrument geschaffen. Weiters wurden die Inhalte eines Weiterbildungsmoduls im Rahmen der Energieberaterausbildung ausgearbeitet.

Das beantragte Gesamtprojekt wurde aus budgetären Gründen in zwei Phasen aufgeteilt. Dieser Bericht beinhaltet die Ergebnisse der ersten Projektphase.



2. Ergebnisse der Phase I

2.1 Qualitätsstandards

2.1.1 Einleitung

Der Thermografie-Markt beginnt seit einigen Jahren stark zu boomen, auch deshalb weil die Preise für die aufwendige technische Ausstattung stark zurückgehen. Dies zeigen auch die Verkaufszahlen der Hersteller von Thermografiekameras. Eine erschwingliche Technik bedeutet jedoch noch keinesfalls eine Verbesserung der Analysen, auch kein bewusstseinsbildender Effekt oder eine Tendenz zur Verbesserung der (thermischen) Bauqualität. Mit steigender Anzahl an Anbietern steigt leider auch die Anzahl der Firmen, die durch mangelnde Praxis und Ausbildung verzerrende oder gar falsche Analysen liefern.

Thermografie macht nur mit hoher Expertise Sinn!

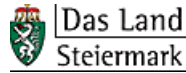
Die Anforderungen an die Ausbildung zur Durchführung qualitativ hochwertiger thermografischer Analysen, so wie sie seit Jahren vom Landes Energie Verein und der Grazer Energieagentur durchgeführt werden, sind hoch. Es ist weiters eine langjährige Praxiserfahrung notwendig um die Thermografiebilder richtig zu interpretieren.

Auch mit Thermografie öffnen sich nicht alle Schwachstellen sofort – oft sind Aufnahmen von innen und außen notwendig – dies erfordert Zeit und hohes Fachwissen und ist daher mit entsprechenden Kosten verbunden. Der Wert der Thermografie für die Bewusstseinsbildung und eine verbesserte Bauqualität ist jedoch unbestritten, dies zeigen Praxiserfahrungen bei einigen Sanierungsprojekten der Grazer Energieagentur, bei denen die Thermografie bereits vorbeugend während der Sanierung eingesetzt wurde. Dieses Instrument zur Qualitätssicherung sollte auch in der Wohnbauförderung eingesetzt werden (stichprobenartige Überprüfung der geförderten Bauqualität und Bewusstseinsbildung der Bauherren).

2.1.2 Qualitätskriterien und Mindestanforderungen

2.1.2.1 *Technisch Organisatorische Anforderungen*

Für qualitativ hochwertige Aufnahmen ist die Einhaltung von techn. und organisatorischen Parametern erforderlich. Einen ersten (theoretischen) Anhaltspunkt hierfür liefert auch die für Thermografie vorgesehene ÖNORM EN 13187 „Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden, Qualitativer Nachweis von Wärmebrücken in Gebäudehüllen – Infrarot-Verfahren“. Wichtig sind aber auch die folgend angeführten Erfahrungswerte aus der Praxis.



Technische Parameter der Kamera:

- Thermische Empfindlichkeit und Auflösung < 0,10°C bei 30°C
- 320 x 240 Temperatur-Pixel pro Bild, hohe Bildqualität
- Geometrische Auflösung 1,5 mrad oder besser
- Spektralbereich 7,5 bis 13 µm
- Emissionswerteingabe muss möglich sein
- Temperaturbereich mit hoher Messgenauigkeit -40°C bis +55°C
- Genauigkeit $\pm 2^\circ\text{C}$, $\pm 2\%$, < 3° C absolut
- Visualisierung auf Display oder Monitor
- Hohe Speicherkapazität (mindestens 150-250 Bilder mit hoher Auflösung pro Gebäude, 128 MB Speicherkapazität)
- autonomer Akkubetrieb von 3-4 Stunden auch bei sehr kalter Umgebung, wechselbare Batterien
- Betriebstemperatur -15°C (besser -20°C wie z.B. FLIR ThermaCam PM 695 und PM 645) bis +50° C
- Objektive: Normal-, Weitwinkel- und Teleobjektive sind aufgabenbezogen verwendbar.
- Kalibrierung: Externe Werkskalibrierung und interne (automatische) Vergleichskalibrierung (laufend während der Aufnahmen)
- Auswertesoftware zur nachträglichen Auswertung und Bearbeitung von Thermogrammen, inkl. Möglichkeit Tagbilder einzufügen.

Die angegebenen Parameter sind nicht starr zu verstehen, sondern sie stellen Empfehlungen dar, die die jeweilige Messaufgabe berücksichtigen sollen.

Anforderungen an das Personal:

Das Bedienungspersonal muss über fundierte Kenntnisse und ausreichende Erfahrung auf den Gebieten der Thermodynamik, des Bauwesens und der Bauphysik (inkl. Strahlungsphysik), der Gebäudetechnik und der Messtechnik verfügen. Grundkenntnisse sind in der Regel nicht ausreichend und können zu Fehlinterpretationen führen.

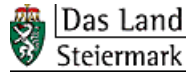
Thermographische Untersuchung

Außen- und Innenthermographie

Eine Außenthermographie kann in der Regel nur zur orientierenden Messung herangezogen werden. Bei Gebäuden mit hinterlüftetem Vormauerwerk bzw. mit vorgehängten Fassaden ist nur Innenthermographie möglich.

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. Die Temperatur im Gebäude soll möglichst gleichmäßig sein, was z.B. durch geöffnete Türen erzielt werden kann. Die Windgeschwindigkeit muss unter 1 m/s betragen. Bei Überprüfung mit Luftleckagen soll die Möglichkeit der Erzeugung von Unterdruck bestehen, z.B. durch den Betrieb einer Dunstabzugshaube. Die Gebäudehülle darf nicht von Niederschlag befeuchtet sein. Weiters verfälscht hohe Luftfeuchtigkeit (Nebel) und Niederschlag (Schnee, Nieseln) das Ergebnis (siehe Störfaktoren).

Vorbereitungen

In der Regel geht eine Ortsbesichtigung der thermographischen Untersuchung voraus. Weiterhin ist eine Einsichtnahme bzw. eine Überprüfung von Plänen, Baubeschreibungen usw. notwendig, wenn bei der Interpretation der Bilder Unklarheiten entstehen. Zur Vorbereitung der Bauthermographie eines Gebäudes ist es notwendig, das Gebäude 12 bis 24 Stunden zuvor, abhängig davon, ob leichte oder schwere Bauweise vorliegt, ausreichend zu beheizen, um einen möglichst quasistationären Zustand des Wärmeflusses zu erzielen.

Durchführung

Es ist zu prüfen, ob die erforderlichen Randbedingungen eingehalten wurden bzw. werden. Bei der eigentlichen Untersuchung sind die für die Fragestellung optimalen Parameter der IR-Kamera, wie Messbereich, Kontrast, Schärfe u.a. einzustellen und von den interessierenden Objektteilen vollständig oder teilweise Thermogramme anzufertigen und zu speichern. Die eingestellten Parameter müssen aufgezeichnet werden.

Zusatzmessungen

Neben den eigentlichen thermographischen Messungen sind zusätzliche Größen zu messen, wie Außen- und Innentemperaturen, Windgeschwindigkeit, Luftdruck bzw. Druckdifferenzen. Unter Umständen ist der Einsatz weiterer Mess- und Untersuchungsmethoden sinnvoll, wie z.B. der Einsatz der Blower-Door-Test bei Überprüfung der Luftdichtheit.

Normalfotos

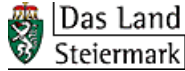
Zum besseren Vergleich und Zuordnung der aufgenommenen Gebäudebereiche Normalfotos (Tagbilder) sollen angefertigt werden.

Störfaktoren, Einschränkungen

Bei Regen, Schnee oder dichtem Nebel ist eine Außenthermographie nicht möglich. Sonnenschein auf Außenflächen verfälscht die Außenthermographie und macht die Aufnahmen unbrauchbar (daher Aufnahmen nur in den Nachtstunden möglich).

Untersuchungsprotokoll und Analyse-Bericht

Struktur, Inhalt und Umfang des Untersuchungsprotokolls bzw. des Analyseberichts hängt von den konkreten Aufgabenstellungen ab. Ein Musterbericht zu einer Bauthermographie ist im Anhang zu finden (siehe auch Kapitel 2.1.3.).



Bestandteile des Protokolls bzw. des Berichts können sein:

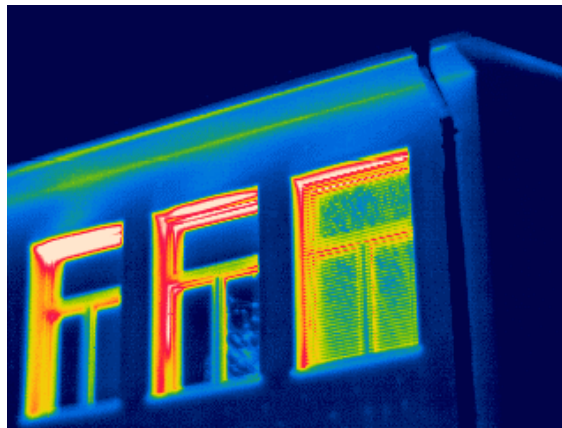
Allgemeine Angaben, Aufgabenstellung, Objektbeschreibung, Klimadaten, Zeit, weitere Randbedingungen, Angaben über verwendetes Thermographiesystem, Normalbilder, Besonderheiten, Auswertung der Thermogramme, Erläuterungen zu den jeweiligen Thermogrammen, Bewertungen, Temperaturangaben, ggf. Flächenanteile, Schlussfolgerungen und Zusammenfassung bezogen auf die konkrete Aufgabenstellung.

2.1.2.2 *Tipps und Hilfestellungen*

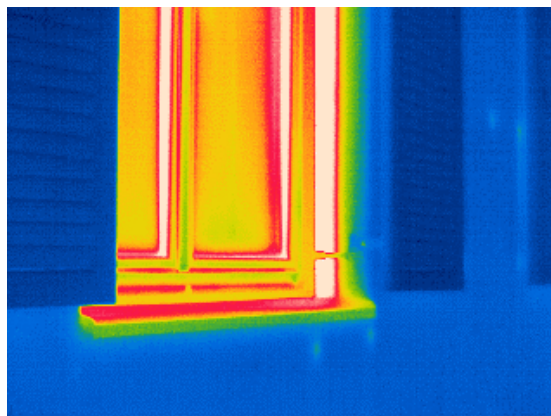
2.1.2.2.1 **Häufige Schwachstellen bei Gebäuden auf die man schauen soll:**

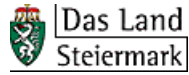
Die folgenden Thermografie-Bilder stellen eine Sammlung von thermischen Schwachstellen dar, welche häufig zu beobachten sind. Die Bilder sollen Anregung und Hilfestellung sein, auf welche Gebäudeteile man bei der Aufnahme besonders achten soll und genauer inspizieren soll.

- **Undichte Fenster und Fensteranschlüsse (erkennbar an ungleichmäßigen auslaufenden wärmeren Temperaturbereichen):**

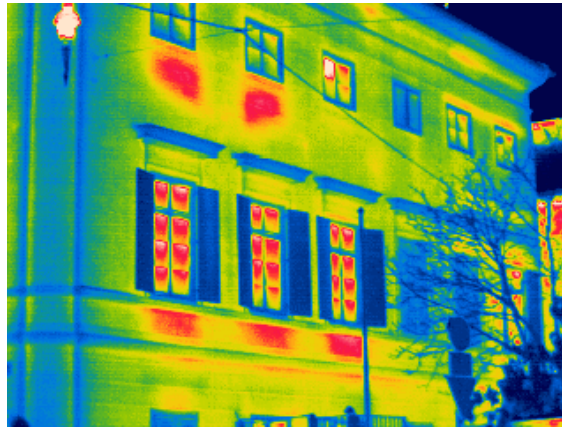


- **Nicht gedämmte Fensterleibungen (nach Sanierung mit Wärmedämmung) – neben erhöhten Wärmeverlusten auch Gefahr für Schimmelbildung innen!**

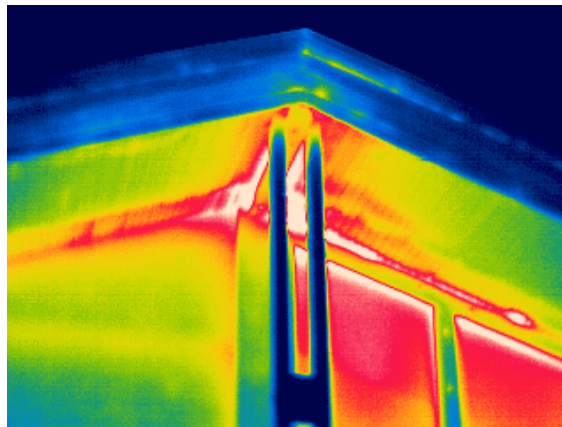




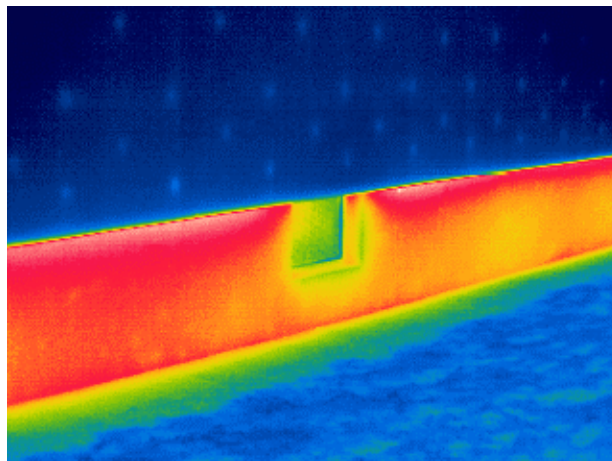
- Ungedämmte Heizkörpernischen und schlechte thermische Qualität des Mauerwerks



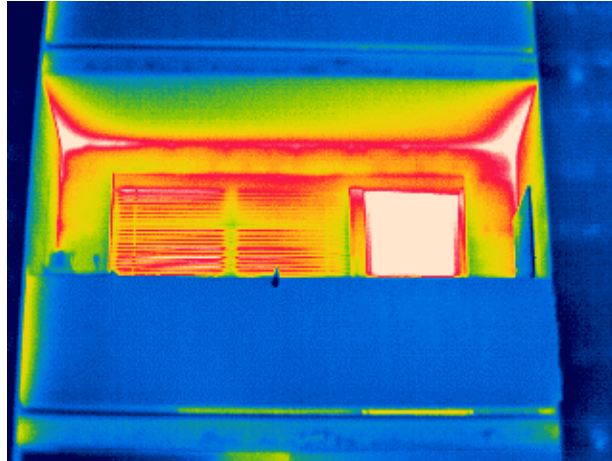
- Undichte Konstruktionen (insbesondere im Dachbereich, sowohl Massiv- als auch Leichtbauweisen)



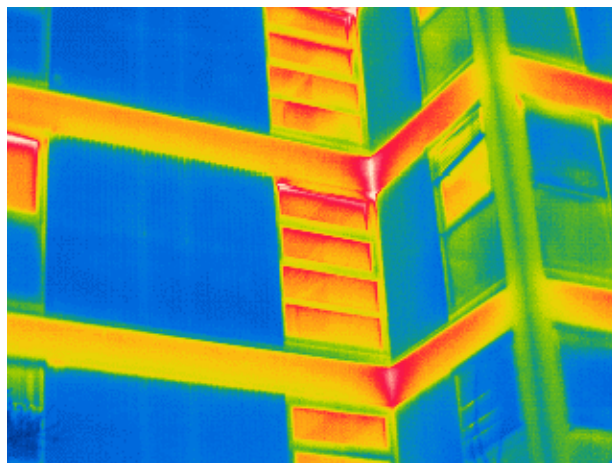
- Ungedämmte Sockelbereiche (Keller) nach Sanierung mit Wärmedämmung



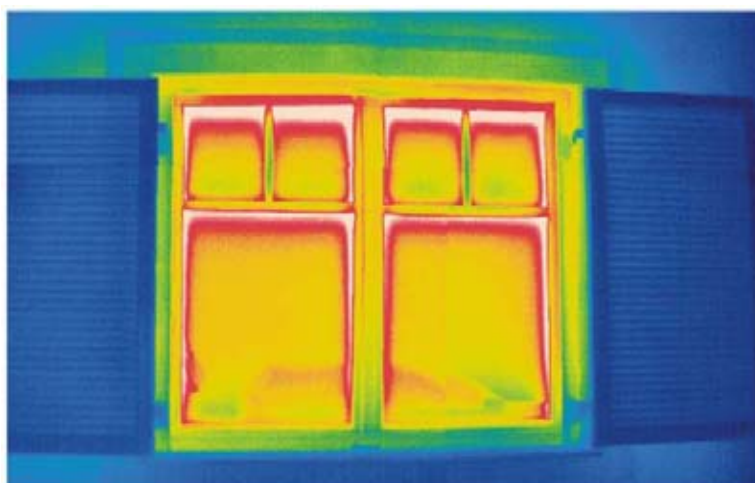
➤ Ungedämmte Loggien nach Sanierung mit Wärmedämmung



➤ Wärmebrücken im Bereich der Geschossdecken



➤ Durchgehende Fenstersprossen und (thermisch schlechte) Alu-Glasabstandhalter



2.1.2.2 Hilfestellung für die Auswertung:

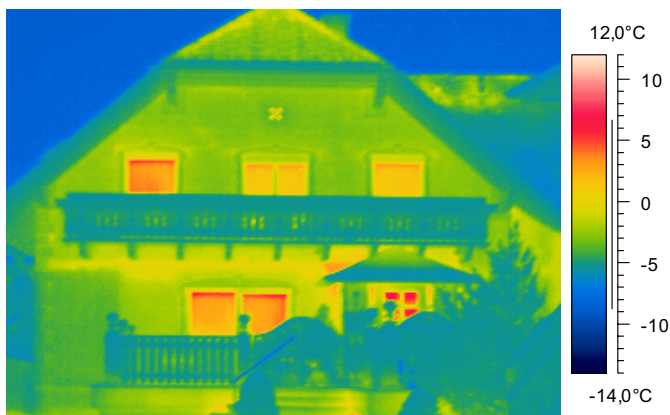
Was kann falsch interpretiert werden?

Folgend sind einige Beispiele von Thermografie-Aufnahmen angeführt, welche Analysebilder bei Unachtsamkeit oder Ungenauigkeit falsch interpretiert werden können.

- **Den richtigen Temperaturbereich (Spreizung oder „span“) wählen!**

Ein Beispiel: Ein und dieselbe Aufnahme in drei unterschiedlichen Temperaturbereichen ausgewertet:

Bild 1: eingestellter Temperaturbereich -14° bis $+12^{\circ}$ C

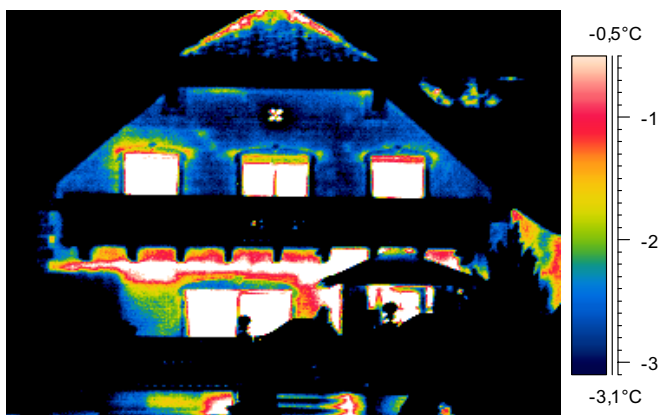


Mögliche Analyse: „Die gleichmäßigen Farben belegen die geringen Temperaturunterschiede und beweisen die gute thermische Qualität des Gebäudes“

Achtung, Fehler !!

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

Bild 2: eingestellter Temperaturbereich $-3,1^{\circ}$ bis $-0,5^{\circ}$ C



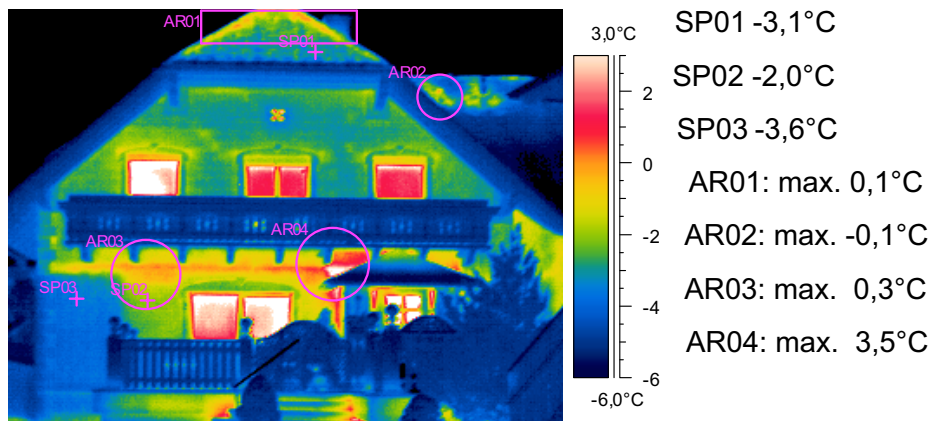
Analyse: „Bei der Außenwand im Bereich des Erdgeschosses über den Fenstern kommt es zu katastrophalen Wärmeverlusten, eine sofortige Sanierung ist nötig. Erkennbar ist das dar-“

an, dass die Oberflächentemperaturen in Bereichen liegen, die gleich hoch sind wie bei den Fenstern“

Achtung, Fehler!!

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!

Bild 2: eingestellter Temperaturbereich $-6,0^{\circ}$ bis $+3,0^{\circ}$ C



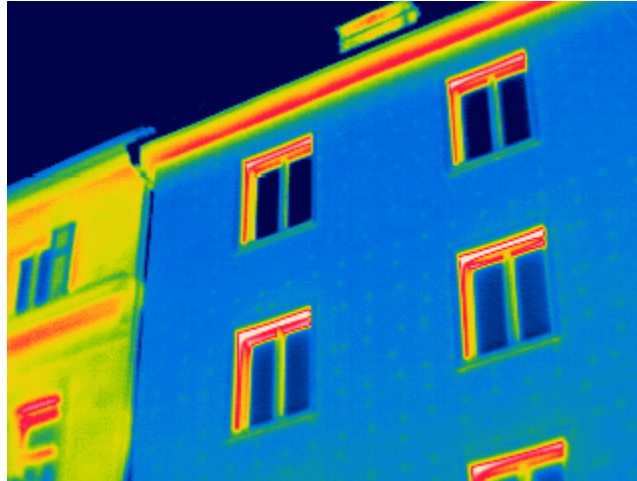
Analyse: Die Aufnahme zeigt signifikante Temperaturunterschiede im Außenwandbereich. Unmittelbar neben dem Eingangsbereich weist die Oberfläche Temperaturen im Bereich von bis zu $+3,5^{\circ}\text{C}$ (siehe Messfeld AR04), während an anderen Stellen der Fassade nur $-3,6^{\circ}\text{C}$ auftreten (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. $0,1^{\circ}\text{C}$, an anderer Stelle des Daches (SP01) dagegen nur $-3,1^{\circ}\text{C}$. 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).

Richtig !!

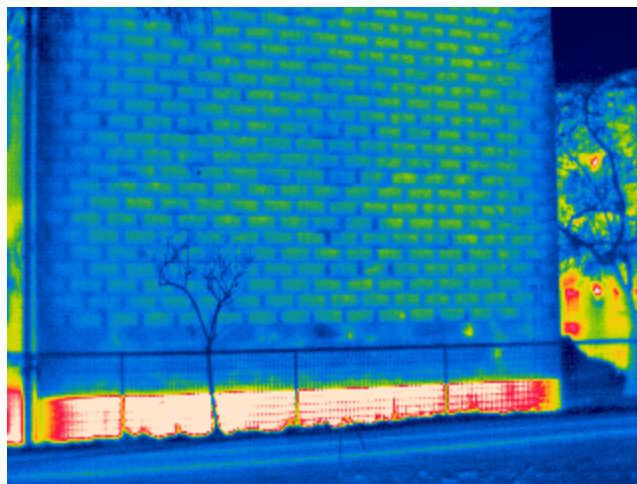
Die Temperaturskala wurde bezüglich der Spreizung („span“) so gewählt, dass die in der untersuchten Fläche auftretenden Temperaturen möglichst deutlich unterschieden werden können. Die Endwerte („level“) wurden so eingestellt, dass möglichst alle interessierenden Messpunkte dargestellt werden, nur kleine 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.

- **Spiegelungen bei Fenster und Verglasungen (und auch sonstigen spiegelnden Flächen):**



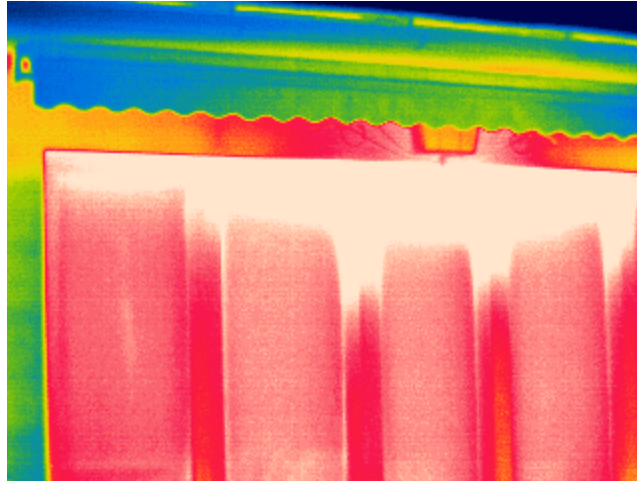
Mögliche Interpretation bei den Fenstern (besonders obere Reihe): Die dunkelblaue Färbung zeigt die gute thermische Qualität der Verglasung. **Falsch! Richtig ist:** In der Verglasung spiegelt sich der kalte Nachthimmel (Aufnahmewinkel!) – auf Grund dieser Aufnahme ist keine Aussage über die thermische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

- **Hinterlüftete Fassade:**



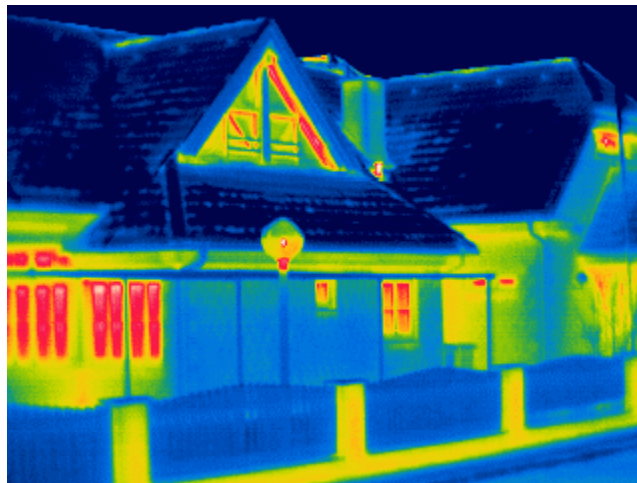
Mögliche Interpretation des Bildes: Es zeichnen sich zwar die Mauerziegel thermisch ab, die thermische Qualität der Mauer ist aber gut. **Falsch!! Richtig ist:** Es handelt sich um eine hinterlüftete Fassade (Faserzementschindel) – eine genaue Aussage über die thermische Qualität ist nur in Kombination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

➤ **Wärmequellen außen**



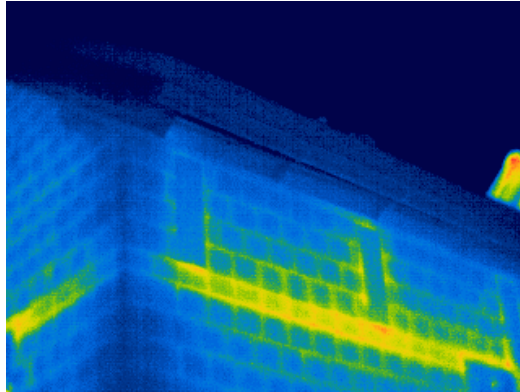
Mögliche Fehlinterpretation: Das Fensterelement weist im oberen Bereich starke Wärmeverluste auf (insbesondere im mittleren Teil), die wahrscheinlich von Undichtheiten verursacht werden. **Falsch!! Richtig ist:** Die Leuchte (mit Glühlampe) oberhalb des Fensters (unter der Markise teilweise sichtbar)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

➤ **Störender Sonneneinfluss**

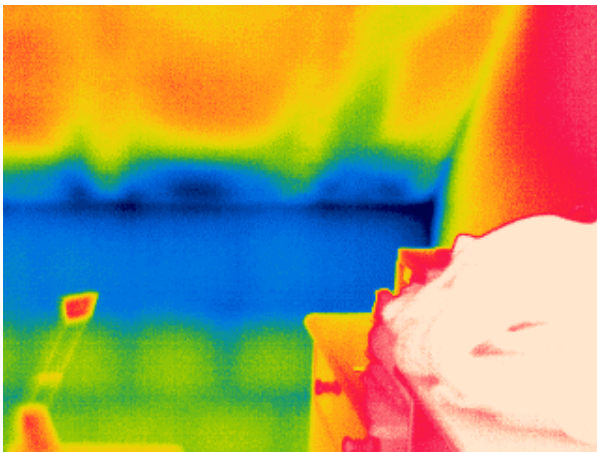


Mögliche Fehlinterpretation: Unter dem Gartenzaun verläuft eine Heizleitung mit starken Wärmeverlusten. **Falsch!! Richtig ist:** Trotz Aufnahmen in den Nachtstunden (2:00 Uhr nachts) ist durch starke Sonneneinstrahlung in den Abendstunden (Ende Februar) ein Einfluss erkennbar. Der Gartenzaun speichert 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.

➤ **Von außen nicht erkennbare Wärmeverluste**



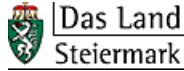
Mögliche falsche Interpretation: Es ist nur im Bereich der Geschosdecke eine leichte Wärmebrücke erkennbar, die thermische Qualität von Außenmauer und Dach im Obergeschoss ist jedoch gut. **Falsch!! Richtig ist:** Durch unsachgemäße Ausführung im Bereich des Dachanschlusses kommt es zu einem starken Wärmeverlust bzw. Kaltlufteinfall von oben her – dies zeigt erst die Innenaufnahme dieses Bereiches (d.h. **nicht jeder kritische Wärmeverlust zeigt sich sofort mit den Außenaufnahmen!**):



Im Bild links die zugehörige Innenaufnahme mit teilweise sehr kalten Wandoberflächen (unter 12 °C bei –10° Außentemperatur).

2.1.2.3 **Merkblatt**

Die wesentlichsten Qualitätselemente (siehe vorhergehendes Kapitel), Hinweise und Tipps wurden in einem Merkblatt zusammengefasst. Das entsprechende Merkblatt ist im Anhang zu finden und soll als schnelle Übersicht für die Verbreitung von wichtigen Qualitätselementen dienen.



2.1.3 Muster-Thermografiebericht

Ein Bericht einer thermografischen Analyse muss mindestens folgende Elemente enthalten (in Anlehnung an die ÖNORM EN 13187):

- Name des Auftraggebers
- Beschreibung des Prüfgegenstands (Nutzung wie z.B. Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus; Bauweise und Gebäudekonstruktion etc.) und die Adresse
- Datum und Uhrzeit der Aufnahmen
- Verwendete technische Ausrüstung (Kameramodell, zusätzliche Messgeräte etc.)
- Klimabedingungen zum Zeitpunkt der Aufnahmen und davor: Lufttemperatur zum Zeitpunkt der Aufnahmen (Innen- und Außenbedingungen), Windgeschwindigkeit, Niederschlag
- Weitere, die Ergebnisse beeinflussende Faktoren (z.B. schnelle Änderung der Witterungsbedingungen)
- Infrarotbild inkl. umfangreiche Auswertung (Thermogramme, Temperaturverläufe, Art und Umfang der gemessenen thermischen Besonderheiten/Abnormitäten)
- Zu den Infrarotbildern passende Tagbilder zur Identifikation des untersuchten Gebäudeteiles
- Ergebnisse von eventuell ergänzenden Untersuchungen und Messungen

Ein entsprechender Muster-Bericht als anschauliches Beispiel befindet sich im Anhang.

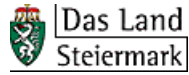
2.2 Thermografische Analysen – Auszug von charakteristischen Bildern

Die folgenden Zusammenfassungen der durchgeführten Thermografischen Analysen und Beratungen sind nicht als vollständige Berichte zu sehen sondern lediglich ein Auszug von Bildern aus dem Bericht um einen groben Überblick über die charakteristischen thermischen Gebäudeeigenschaften zu geben. Die vollständigen Berichte (ca. 15-50 Seiten pro Gebäude, je nach Gebäudegröße) würden den Umfang dieses Berichtes sprengen. Bezüglich Elemente eines ausführlichen Thermografieberichtes siehe Punkt 2.1.3. und Musterbericht im Anhang.

Es wurde ein Querschnitt durch verschiedene Gebäudekategorien und Baualter erfasst und auf den folgenden Seiten zusammengestellt.

Kooperation mit WIN-Bau

Es wurden im Zuge des Projektes mit WIN-Bau Koordinator DI Heimo Staller mehrere Kooperationsgespräche geführt. Im Zuge der Gespräche konnten 2 Gebäude für eine thermografische Analyse identifiziert werden. Auf Grund des Projektstandes der WIN-Bau Pilotprojekte ist eine thermografische Analyse erst im Winter 2004/2005 möglich und daher nicht in diesem Bericht enthalten.



2.2.1 Dienstleistungsgebäude, Betriebe



Gebäude:

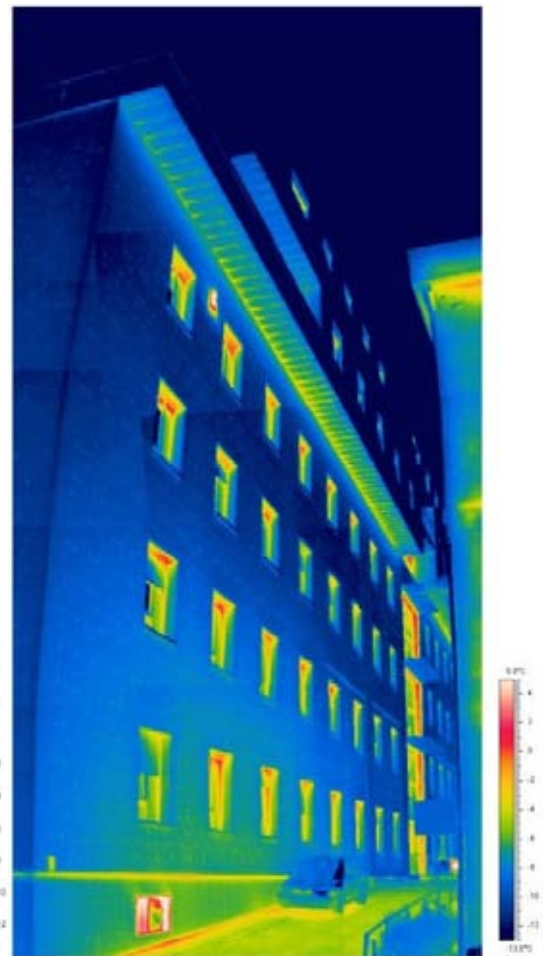
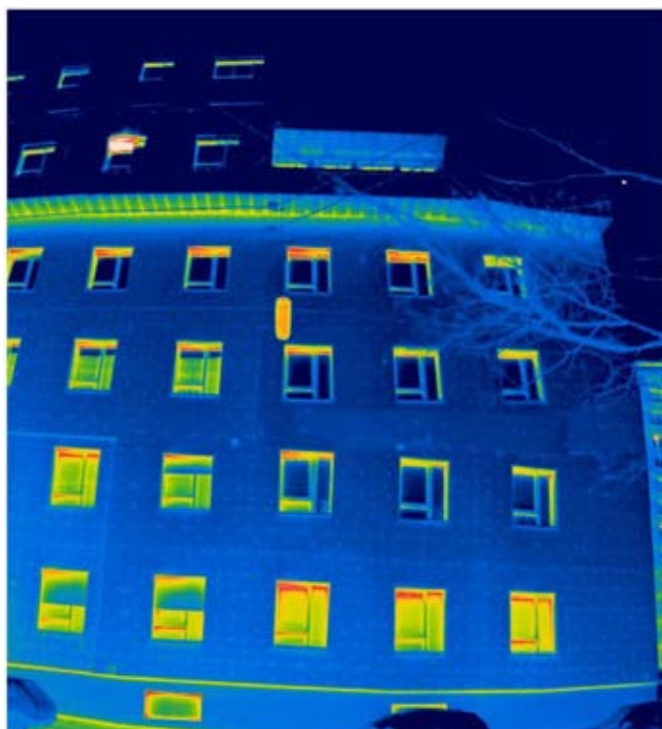
Bürogebäude

Ort:

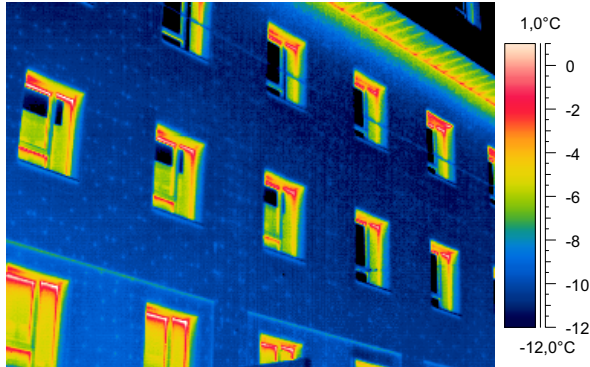
Graz

Baujahr: 60er Jahre

Sanierung: 2002/03



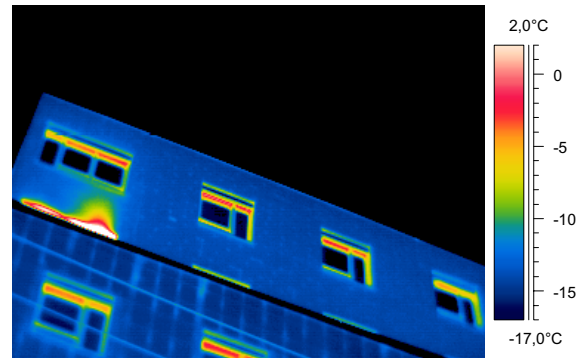
Aufnahmen nach Sanierung:



Gute Ausführung der Fassadendämmung. Im Bereich der gestalterischen Elemente (links unten) sind minimale Temperaturunterschiede an der Dämmung zu erkennen. Im Bereich des ausragenden obersten Geschosses (ganz rechts oben im Bild) sind an der geschützten Innenseite Wärmeverluste zu verzeichnen (Ursache nicht unmittelbar erkennbar, wahrscheinlich Befestigungselemente).

Das oberste Geschoß ist mit hinterlüfteten Eternitplatten ausgestattet, so dass anhand dieser Aufnahmen eine Beurteilung der Dämmqualität nicht ausreichend möglich ist.

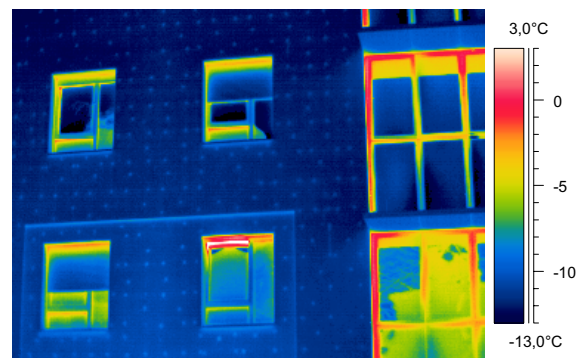
Beim vorletzten OG ist am linken Rand ein geöffnetes Fenster zu beobachten.

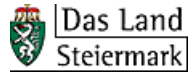


Lokal beschränkte Wärmebrücke auf der Ostseite des Hauses beim Übergang zwischen Sockel und Fassade (Aluprofil) - die Wärmeverluste sind unbedeutend. Das Fenster weist keine nennenswerten Undichtheiten auf und hat eine gute thermische Qualität.

Auf dieser Aufnahme ist deutlich der Unterschied zwischen den alten Fensterrahmen des Stiegenhauses und den neuen Fenstern zu sehen. Beim rechten unteren Fenster sind durch eine leicht gekippte Stellung oder Undichtheiten Wärmeverluste zu beobachten.

In den Verglasungen spiegelt sich die Umgebung - eine genaue Aussage über die thermische Qualität der Verglasung ist nicht möglich.





Gebäude:

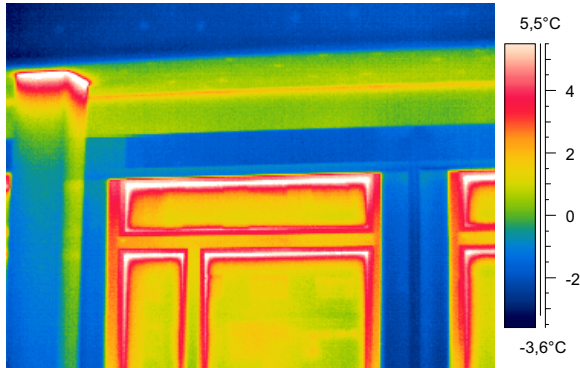
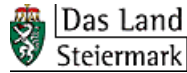
Bürogebäude

Ort:

Unterpremstätten

Baujahr: 2002/03

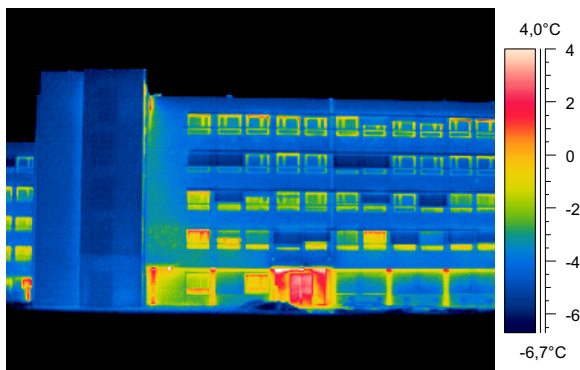
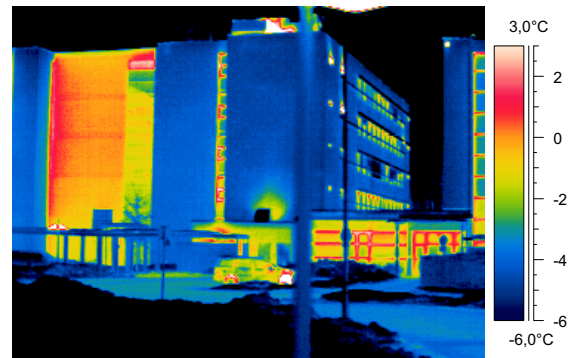




Die Glasabstandhalter bei den Fenstern sind als deutliche Wärmebrücken erkennbar.

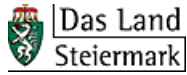
Die thermische Qualität der Fenster wird hierdurch stark verschlechtert. Weiters stellen die Stützenköpfe deutliche Wärmebrücken dar.

Der Zwischentrakt (Stiegenhaus) ist gering bis gar nicht gedämmt. Bei der Fensterfront rechts sind deutliche Wärmeverluste zu beobachten.



Die Eingangstüren weisen eine thermisch schlechtere Qualität auf als die Fensterflächen.

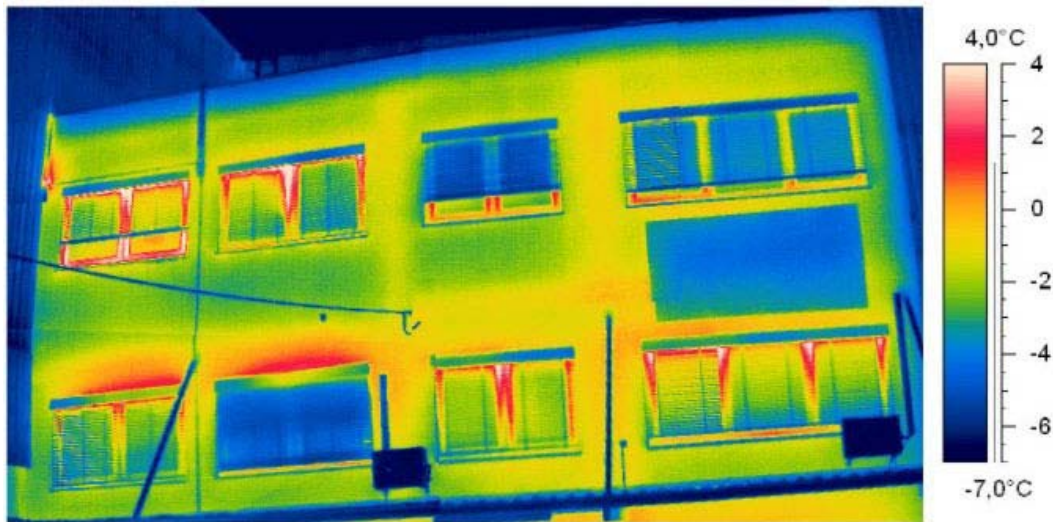
Die als helle Flecken rechts und links des Einganges sichtbaren Bereiche sind Erwärmungen durch die Eingangsbeleuchtung. Die Stützenköpfe sind deutlich als Wärmebrücken sichtbar.



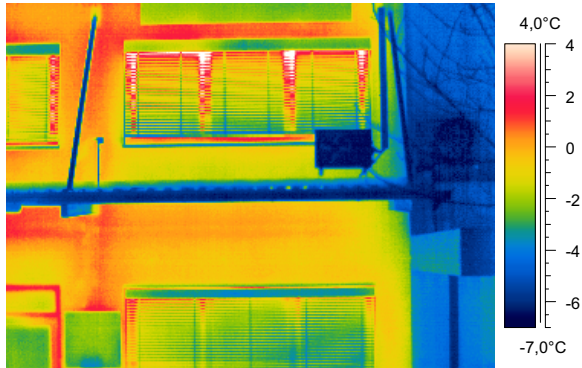
Gebäude:
Bürogebäude

Ort:
Graz

Baujahr: Anfang 80er
Jahre

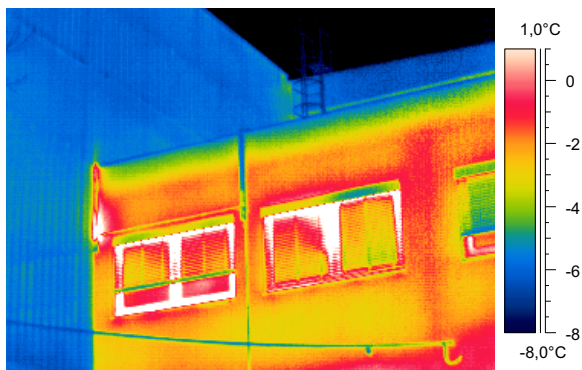
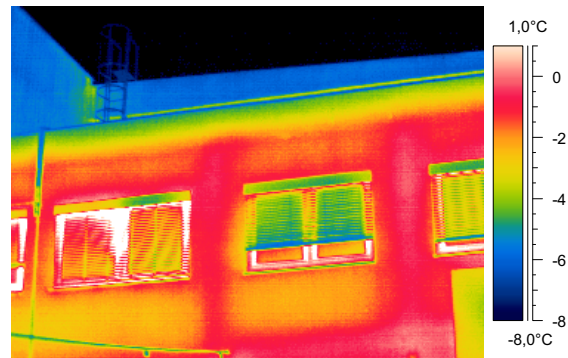


Thermische Schwachstellen:



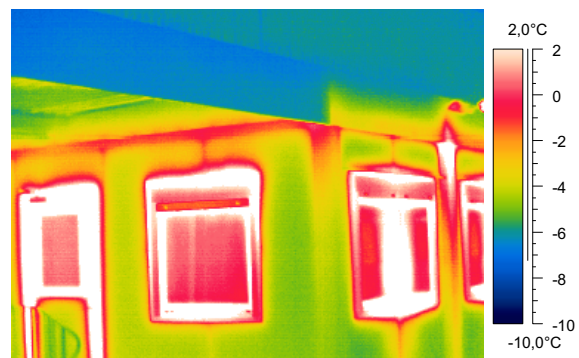
Die Wände weisen durchwegs eine schlechte thermische Qualität auf. Die Oberflächentemperatur beträgt bei den Fensterrahmen (Metall ohne thermische Trennung, teilweise auch undicht) sogar bis zu $+8,0^{\circ}\text{C}$ bei -7°C Außentemperatur!

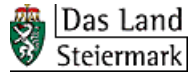
Wärmebrücken im Bereich des gesamten Mauerwerks sichtbar (Stahlbetonkonstruktion - Innendämmung unzureichend). Hohe Wärmeverluste über die Fensterrahmen und deutlich sichtbare Luftundichtheiten (helle Bereiche bei den Fensterrahmen).



Wärmebrücke beim Anschluss an die Anlieferungshalle (links neben Fenster). Stark undichte Fenster und Metallfensterrahmen ohne thermische Trennung.

Hohe Wärmeverluste beim Büroanbau (Container) vor allem über die Fenster (teilweise stark undicht) - insbesondere über die Rahmen. Die hohen Außentemperaturen im Bereich der Fensterrahmen lässt weiters auf eine hohe Innentemperatur schließen. Die Wände der Container haben eine mäßige bis schlechte thermische Qualität, weiters sind Luftundichtheiten im Bereich von Stößen zu erkennen.





Gebäude:

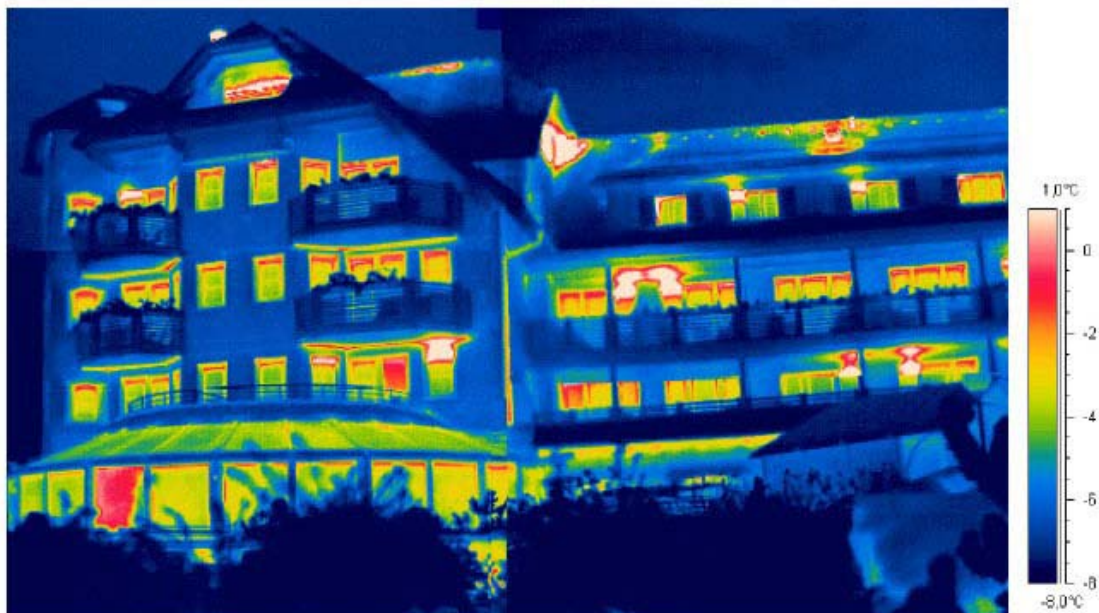
Hotel

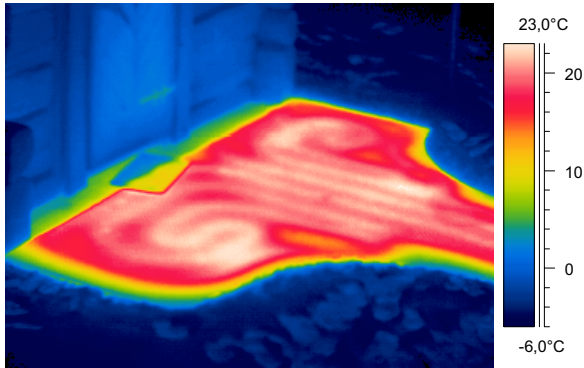
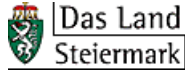
Ort:

Turrach

Baujahr:

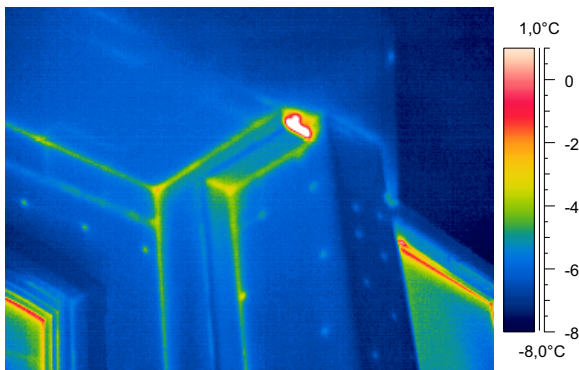
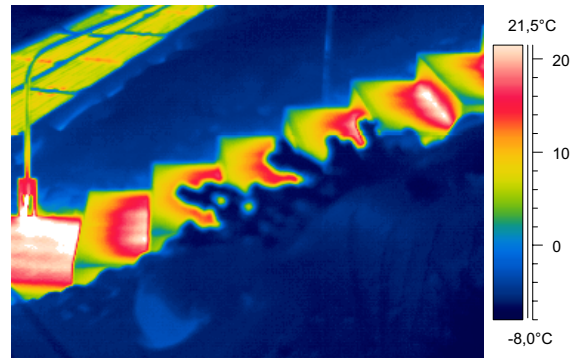
Sanierung: laufende Verbesserungen und Umbauten





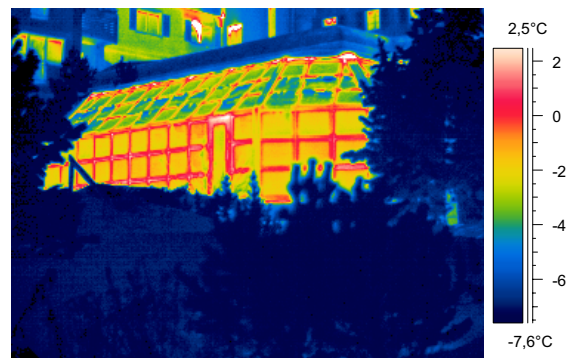
Beheizter Weg im Außenbereich, der eine Oberflächentemperatur von $+23^{\circ}\text{C}$ bei -6° Außentemperatur aufweist.

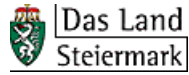
Beheizte Stiege (außen) mit ähnlichen Temperaturen.



Punktuelle Wärmebrücke, bei der die Wärmedämmung vergessen wurde.

Hallenbadbereich (sehr große verglaste Flächen) mit hoher Wärmeabstrahlung (insbesondere Rahmenkonstruktion).





Gebäude:

Industriebau

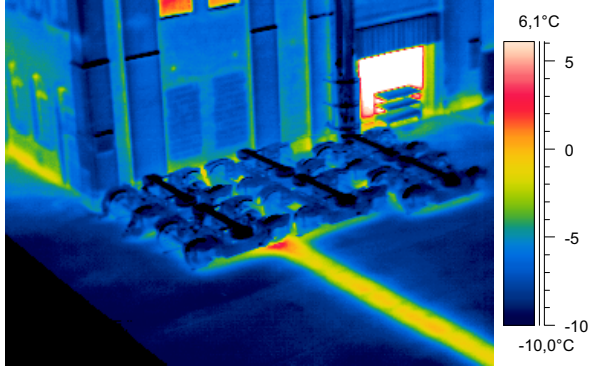
Ort:

8020 Graz

Baujahr: unterschiedliche
Baualter

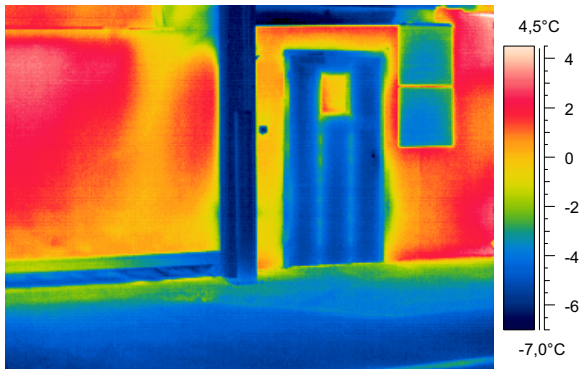
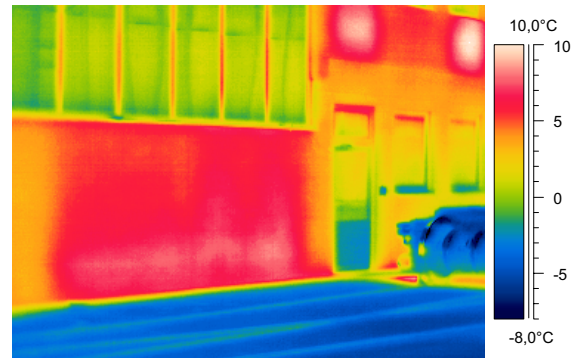
Sanierung: laufende Teil-
sanierungen





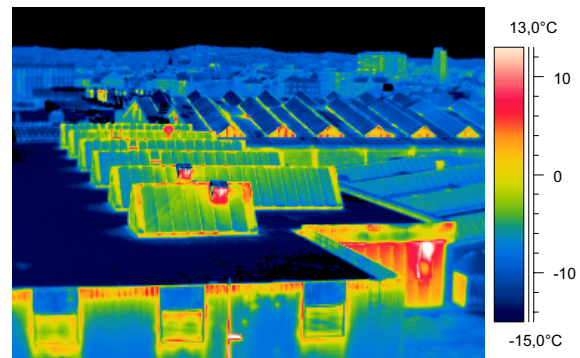
Dampfleitung im Erdreich im Hof.

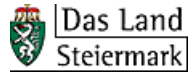
Lehrwerkstätte. Es sind die Heizkörper durch die Mauer zu erkennen, rechts oben im Bild zeigt sich die selbe Situation. Starke Wärmeverluste über die Wand. Große Verluste über die Fensterrahmen.



Rolltor und Eingangstüre. Zu vermerken sind starke Wärmeverluste beim Rolltor sowie an den Wänden neben der Eingangstüre. Auffallend dabei ist die bessere thermische Qualität der Eingangstüre im Vergleich zu den umgebenden Mauern.

Es sind starke Wärmebrücken im Bereich des Überganges der Mauer zum Dach zu beobachten. Weitere Wärmebrücken finden sich im Bereich der Rahmung der Lichtbänder am Dach. Am rechten Bildrand ist ein geöffnetes Fenster zu sehen, durch welches Luft mit relativ hoher Temperatur entweicht.

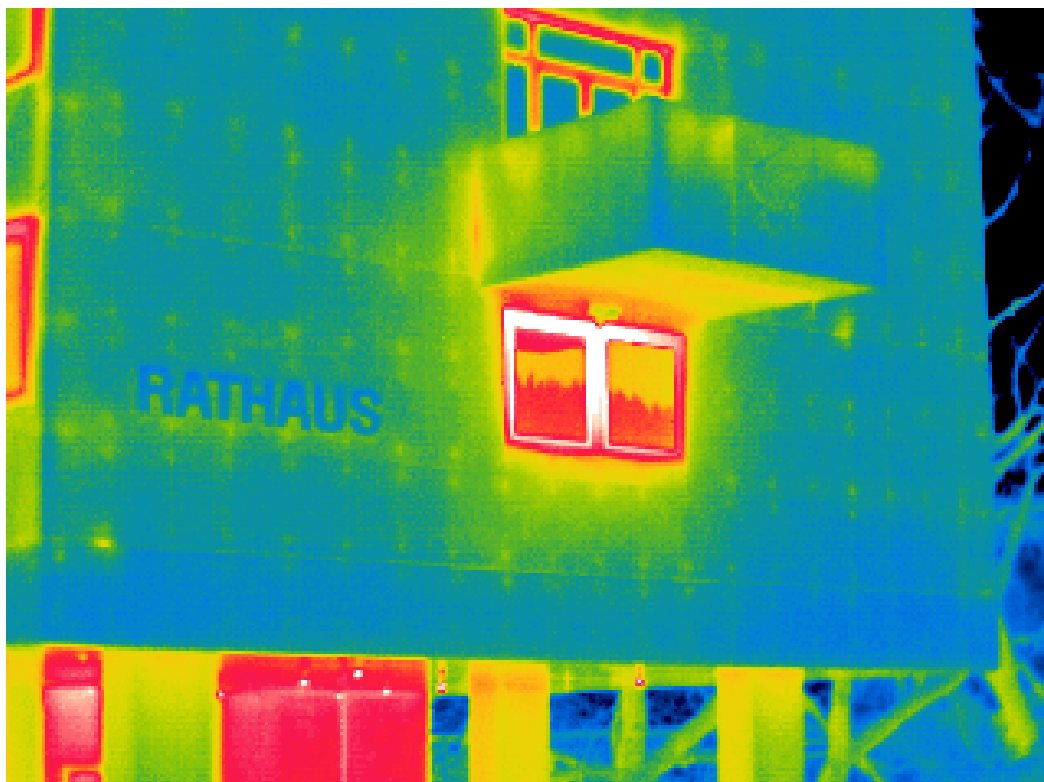




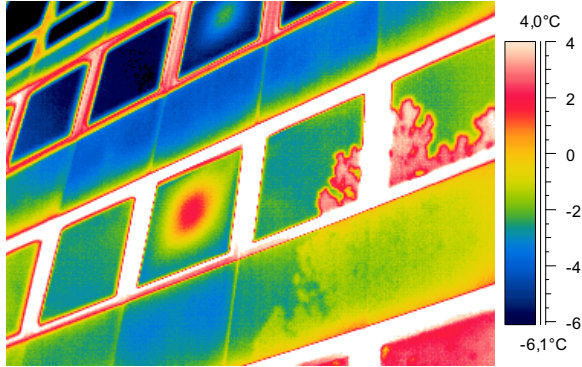
Gebäude:
Rathaus

Adresse:
Leoben

Baujahr:
1973

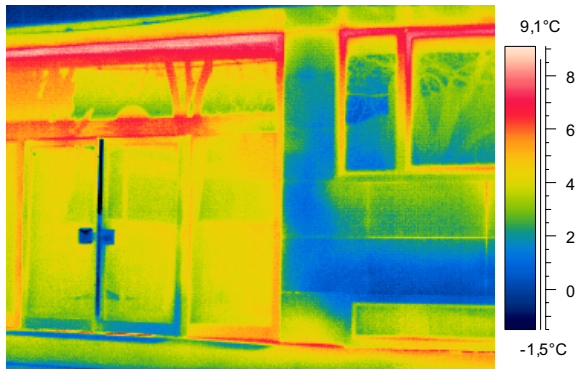
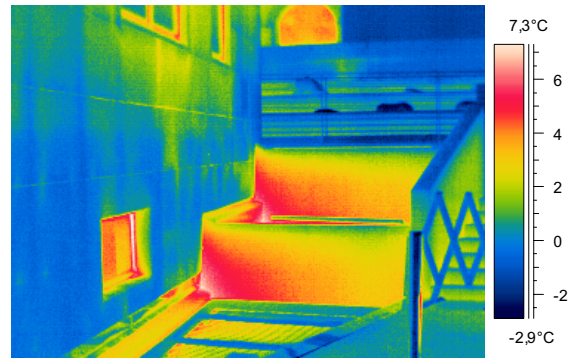


Thermische Schwachstellen:



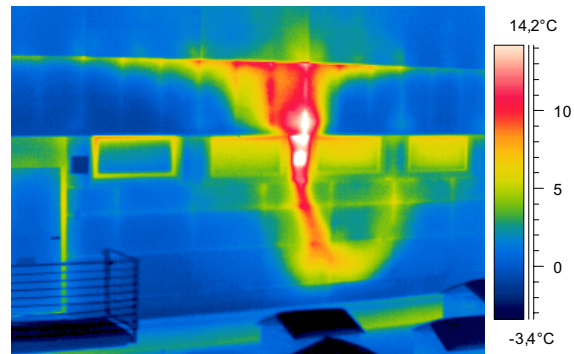
Eine kreisförmige Temperaturverteilung in Scheibenmitte lässt auf eine defekte Fenserscheibe schließen.

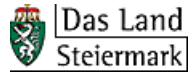
Die ohne thermische Trennung ausgeführten Betonmauern stellen massive Wärmebrücken dar.



Metallrahmenfenster und mäßig gedämmte Verglasung führen am gesamten Gebäude zu großen Wärmeverlusten.

Der ununterbrochene Betrieb des Abluftventilators führt zur Erwärmung der hinterlüfteten Fassade.





2.2.2 Gemeindeobjekte, öffentliche Gebäude



Gebäude:

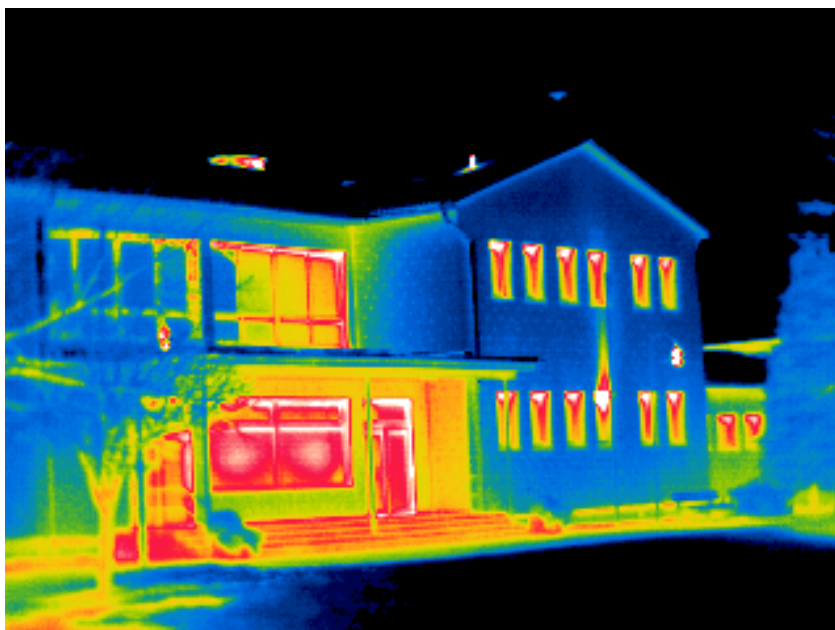
Volksschule

Ort:

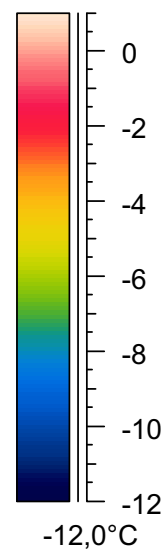
Gössendorf

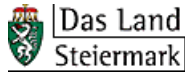
Baujahr: 1969

Sanierung: 2003

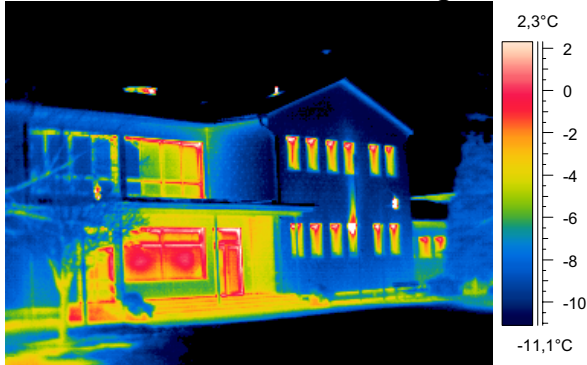


1,0°C



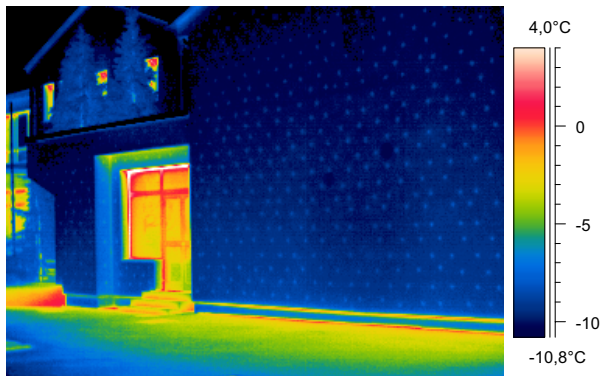
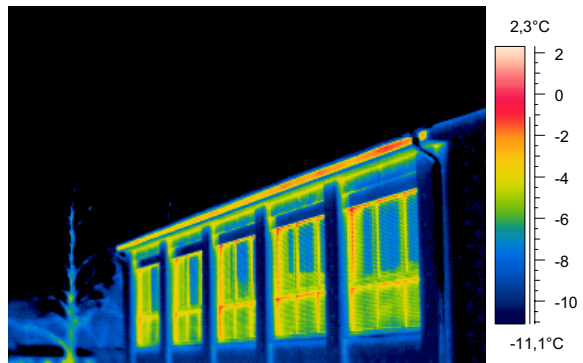


Besonderheiten nach Sanierung:



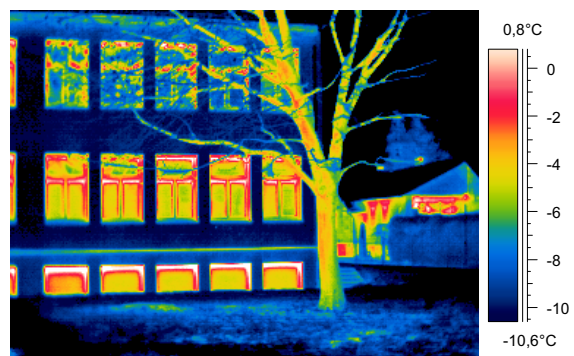
Im Eingangsbereich hohe Verluste über die Fensterelemente. Ebenfalls zu erkennen ist ein gekipptes Fenster im Erdgeschoß rechts.

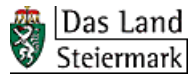
Im auskragenden Deckenbereich des Turnsaales treten erhöhte Temperaturen auf – Wärmebrücke die nicht gedämmt wurde.



Starke Verluste über das nicht getauschte Tür-Fensterelement (Aluminium-Rahmen) im Turnsaalbereich.

Erneuerte Fensterelemente: Thermische Qualität des Rahmens nicht optimal.



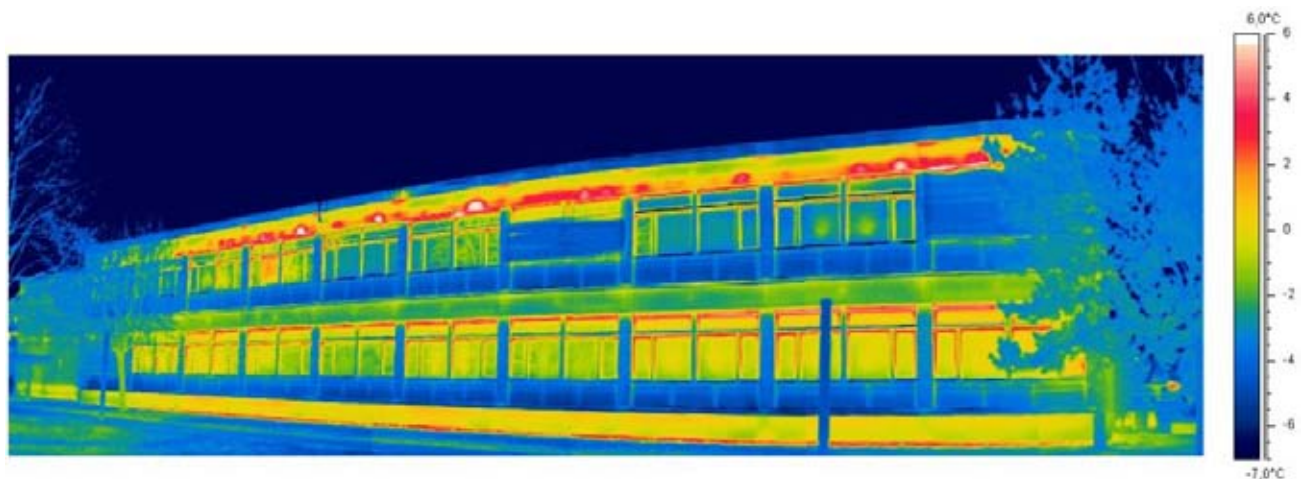


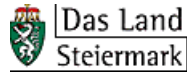
Gebäude:
Schulgebäude

Ort:
Graz

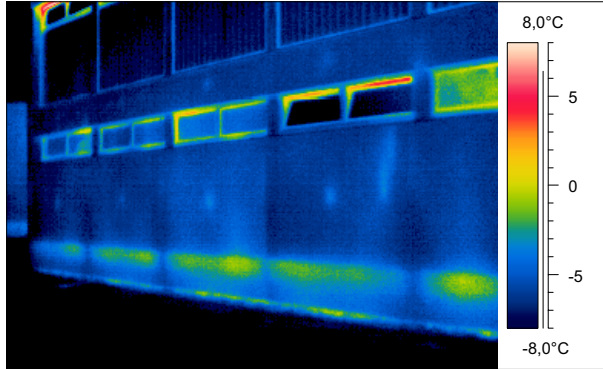
Baujahr: Anfang 70er
Jahre

Sanierung: 2000



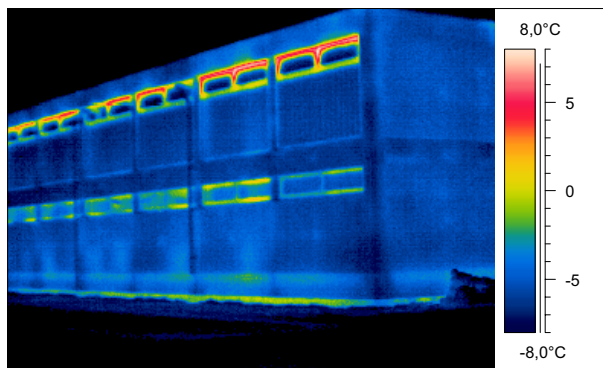
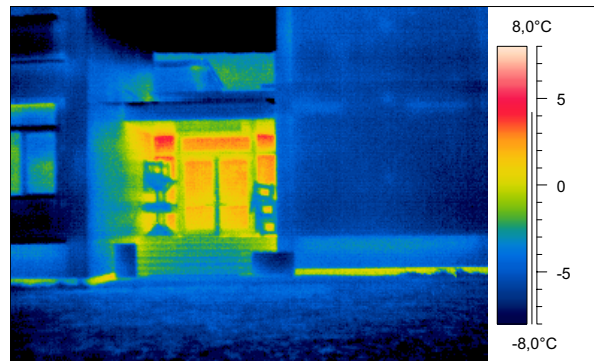


Vor Sanierung:

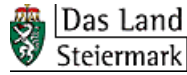


Turnsaal: geringe thermische Qualität der Fassade - hohe Wärmeverluste im unteren Bereich (Heizkörper)

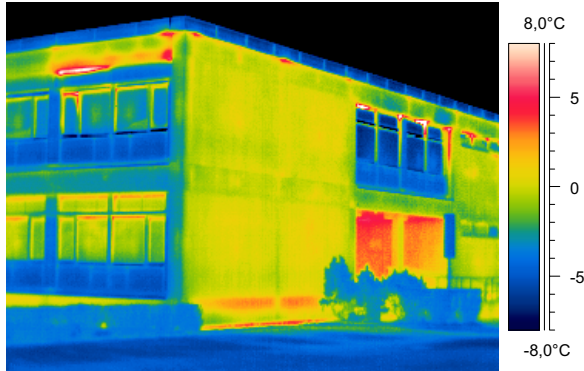
Hohe Wärmeverluste über das Eingangsportal sowie den Sockelbereich.



Wärmeverluste über undichte Oberlichten

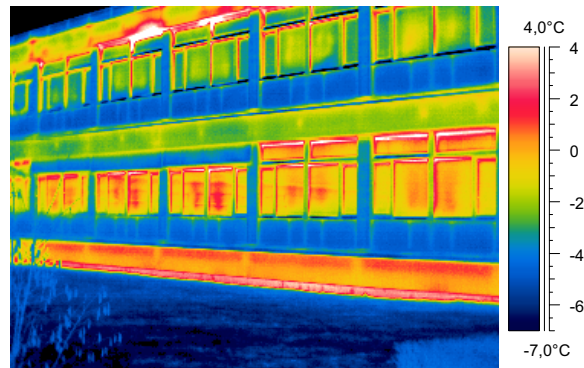
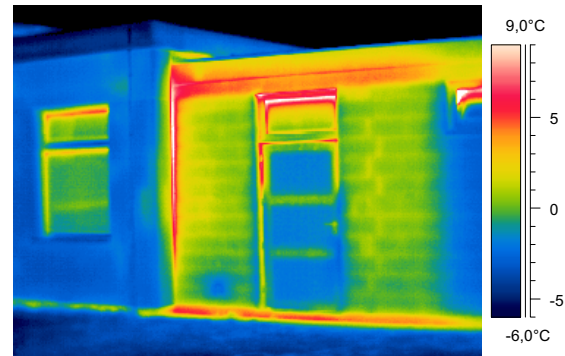


Nach Sanierung:



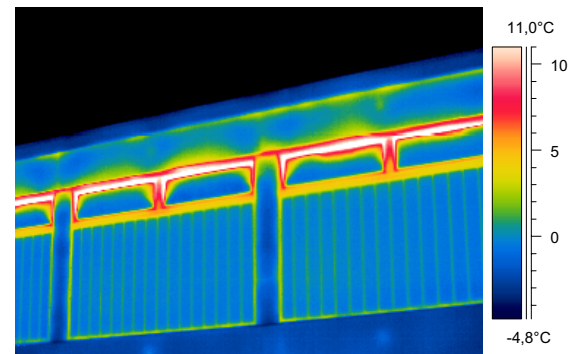
Generell sind relativ hohe Wärmeverluste über die Außenmauern zu verzeichnen.

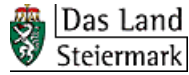
Die Mauerwerkstruktur des Heizhauses ist thermisch erkennbar (erhöhte Raumlufttemperatur innen). Starke Wärmebrücken im Decken-Bereich sowie beim Rücksprung im Bereich des Anschlusses.



Hohe Wärmeverluste speziell im Sockelbereich

Nach wie vor Wärmeverluste über undichte Oberlichter.



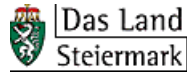


Gebäude:
Opernhaus

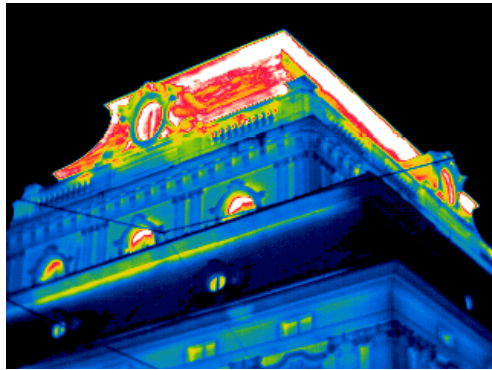
Ort:
Graz

Baujahr: Eröffnung
1899



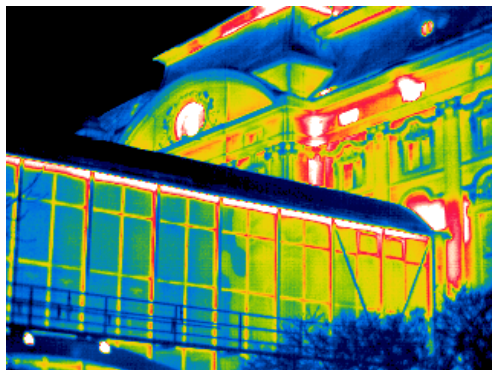
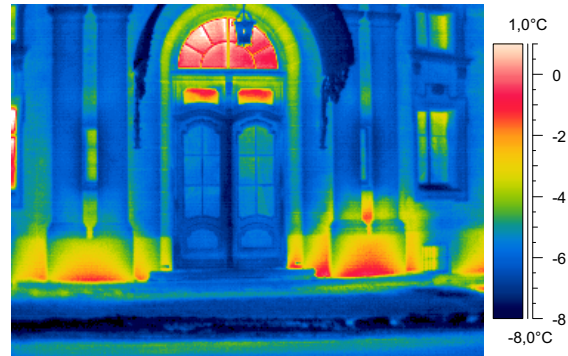


Thermische Schwachstellen:



Durch den Dachbereich gelangen sehr große Mengen an warmer Luft nach außen - hier geht der größte Teil der Wärme verloren. Im Dachbereich treten hohe Wärmeverluste durch wahrscheinlich große Öffnungen in der obersten Geschossdecke auf (Bühnenbereich).

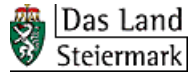
Wärmebrücke im Bereich Sockel. Hohe Wärmeverluste auch über 1-fach verglaste Fenster und Oberlichtern.



Wärmebrücke im Bereich Anschluss zum Übergang und höhere Temperaturen auch beim Dach des Übergangs (eventuell Dachinnenheizung oder Wärmebrücke).

Hohe Wärmeverluste unterhalb der Fenster - vermutlich im Bereich von Heizkörpern.



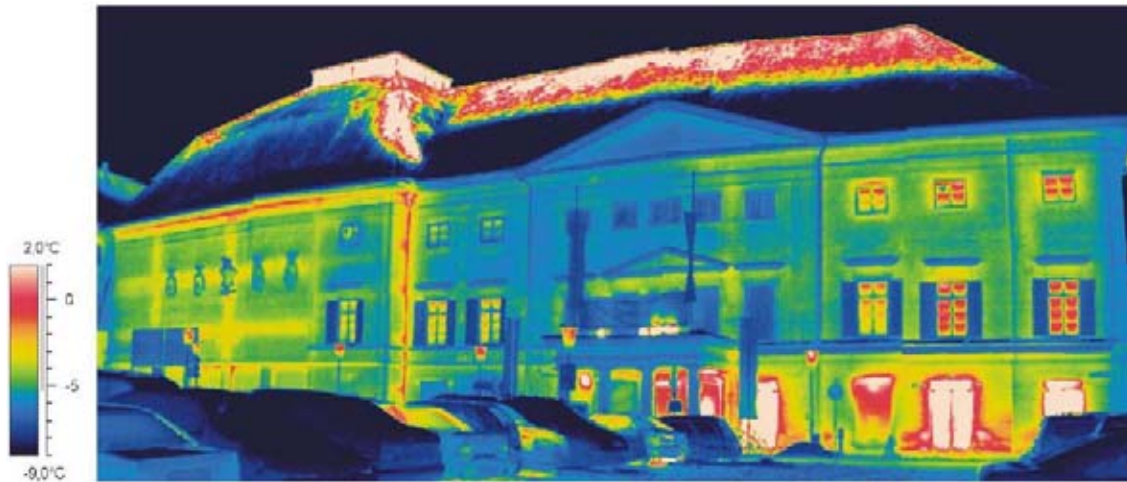


Gebäude:
Schauspielhaus

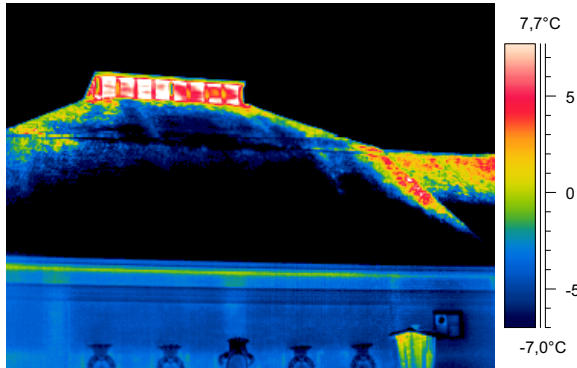
Ort: Graz

Baujahr: 1775

Sanierung: 1825,
1965

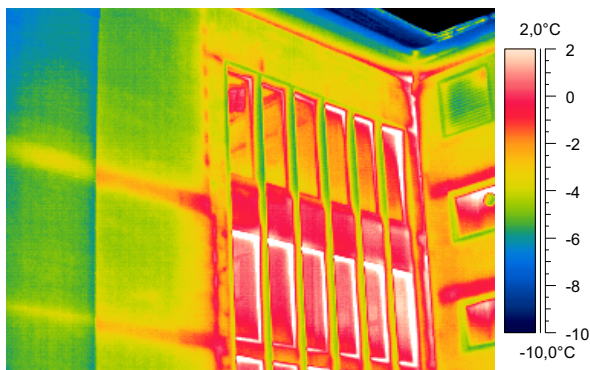
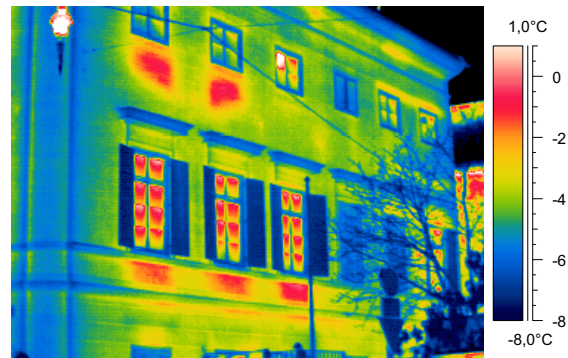


Thermische Schwachstellen:



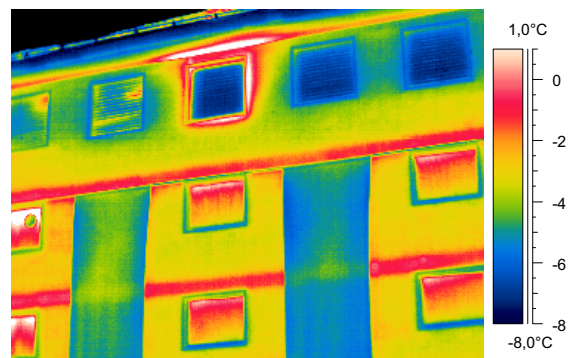
Durch den Dachbereich gelangen große Mengen an warmer Luft nach außen und es treten dadurch hohe Wärmeverluste auf - verursacht durch wahrscheinlich große Öffnungen/Luftundichtheiten in der obersten Geschossdecke (Bühnenbereich).

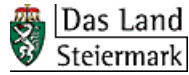
Die Heizkörper sind durch die Wandkonstruktion thermisch sichtbar - ein Zeichen für schlechte thermische Qualität der Wände und hohe Heizkörpertemperaturen.



Sehr schlechte thermische Qualität der Wände und vor allem der Fenster im Hofbereich (Baujahr 1965). Im ganzen Wandbereich sind Wärmebrücken erkennbar (Geschossdecken aus Stahlbeton, Fensterstürze etc.). Hohe Wärmeverluste über die Fensterrahmen.

Auf diesem Bild sind deutliche Wärmebrücken im Bereich der Geschossdecken sichtbar - hohe Wärmeverluste.

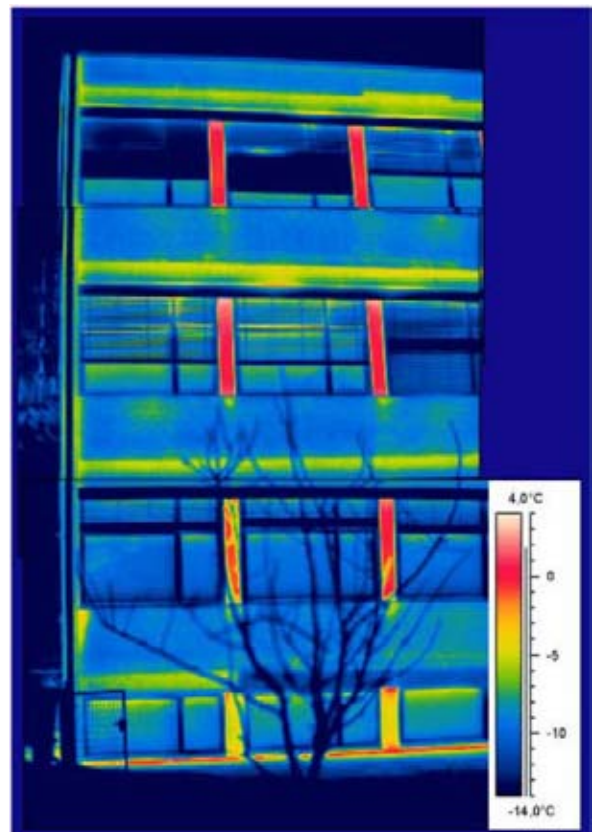
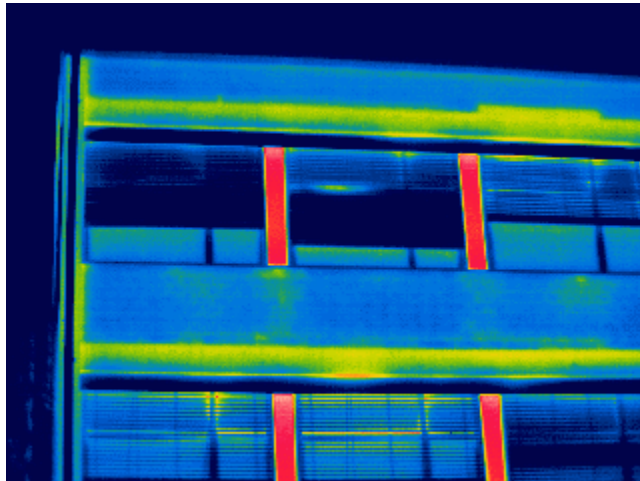


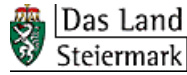


Gebäude:
Volks- und Hauptschule

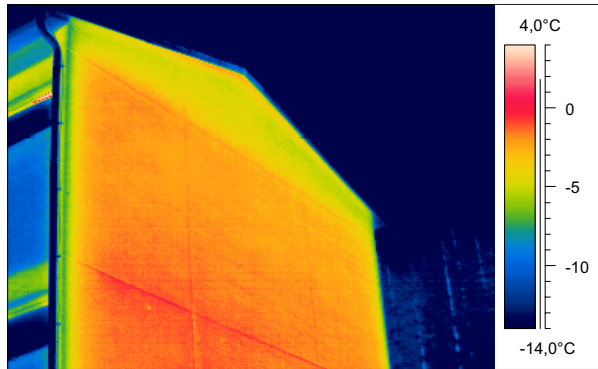
Ort:
Thörl

Baujahr: Anfang
50er Jahre



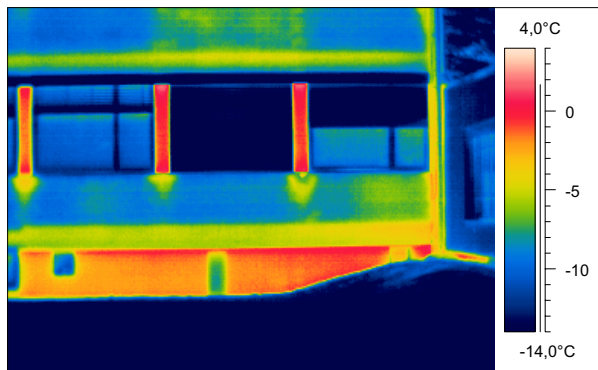
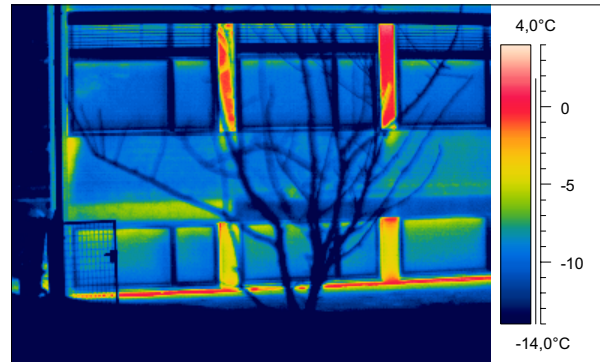


Thermische Schwachstellen:

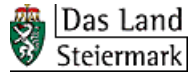


Hohe Wärmeverluste im gesamten Bereich der Fassade (Sichtbeton mit 3 cm Holzwolllplatten auf der Innenseite).

Deutlich erkennbare Skelettbauweise, die Tragskelette bilden starke Wärmebrücken.



Hier zusätzlich erkennbar die Wärmebrücken der Zwischendecken sowie die hohen Verluste über den Sockel.



2.2.3 Geschößwohnbau



Gebäude:

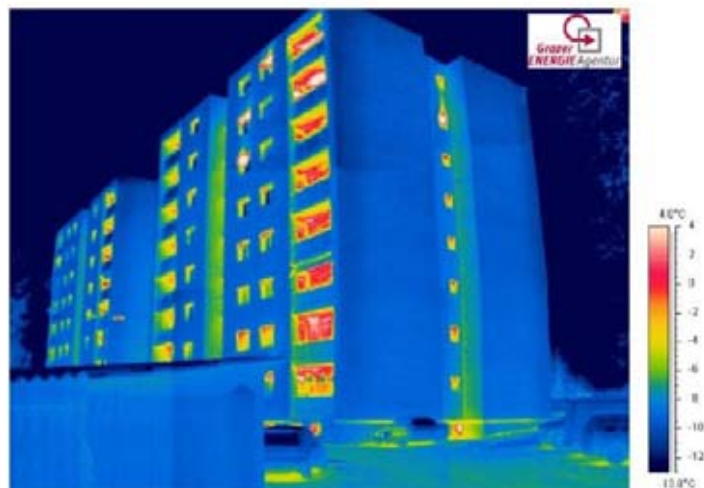
Geschoßwohnbau

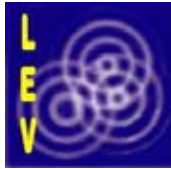
Ort:

8020 Graz

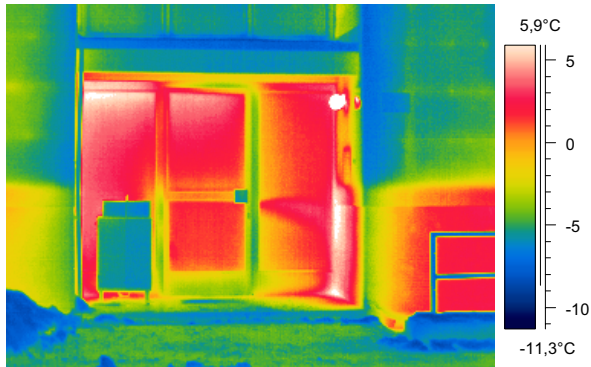
Baujahr: Anfang 70er Jahre

Sanierung: 2003/04



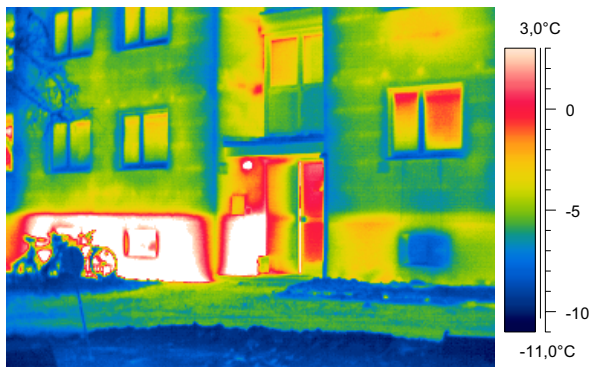
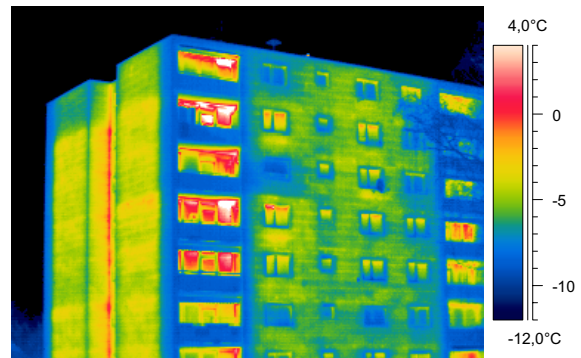


Thermische Schwachstellen vor Sanierung:



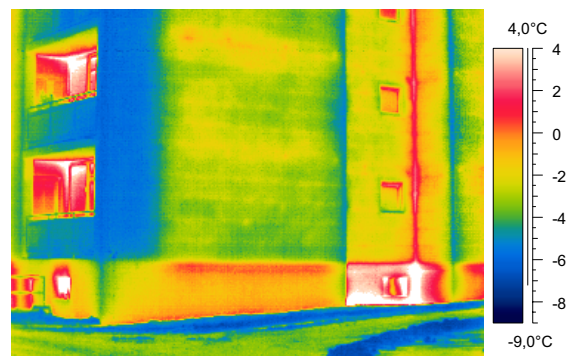
Starke Wärmeverluste im Bereich des Einganges (Einfachverglasung)

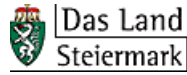
Die Mauerwerksstruktur ist thermisch sichtbar (Mantelbeton) - Hinweis auf schlechte thermische Qualität. Im oberen Bereich sind gekippte Fenster erkennbar.



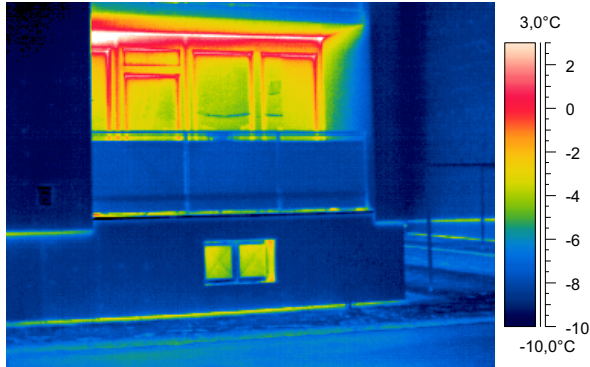
Starke Wärmeverluste im Sockelbereich (Heizkeller). Im 1.OG (im Bild links oben) ist ein Heizkörper thermisch sichtbar.

Hohe Wärmeverluste im gesamten Bereich der Fassade.



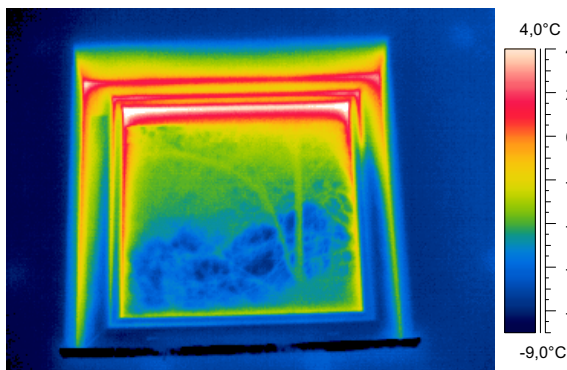
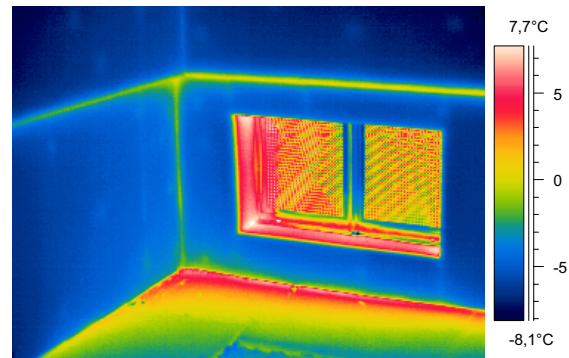


Nach Sanierung:



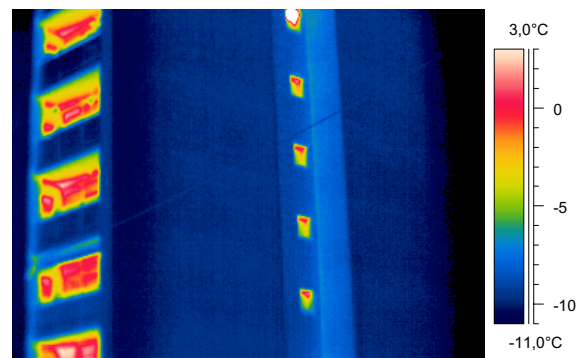
Die ungedämmte Balkonplatte ist als Wärmebrücke zu erkennen. Generell gute Dämmung von Außenmauer und Sockelbereich.

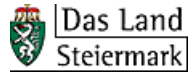
Wärmeverluste im Bereich der Fensterleibung des Kellerfensters durch fehlende Dämmung in diesem Bereich. Höhere Wärmeverluste auch über das Erdreich- die Wärmedämmung reicht nur bis zum Traufpflaster.



Geringfügig höhere Wärmeverluste am Übergang zwischen Rahmen und Fensterleibung. Die Ursache ist unklar, eine Möglichkeit sind geringe Undichtheiten beim Fenstereinbau.

Niedrige Mauertemperaturen weisen auf eine korrekt ausgeführte Dämmung hin. Wärmeverluste teilweise durch gekippte Fenster. Die Balkonplatten sind im Vergleich zum gedämmten Mauerwerk als Wärmebrücken erkennbar.





Gebäude:
wohnbau

Ort:
Graz

Baujahr: Anfang 60er
Jahre

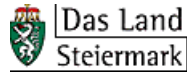
Sanierung: 2001



Thermografie nach Sanierung



Thermografie vor Sanierung



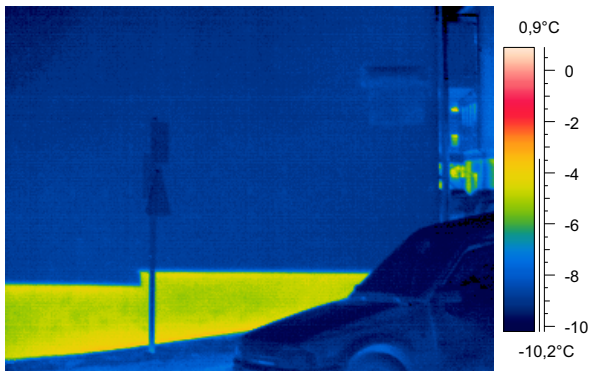
Thermische Schwachstellen vor Sanierung:



Starke Wärmeverluste im Bereich des Fenstersturzes.

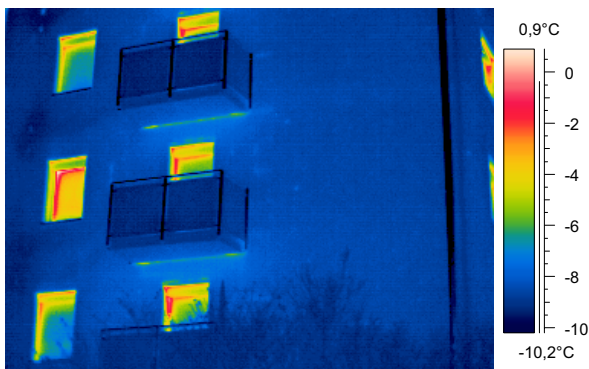
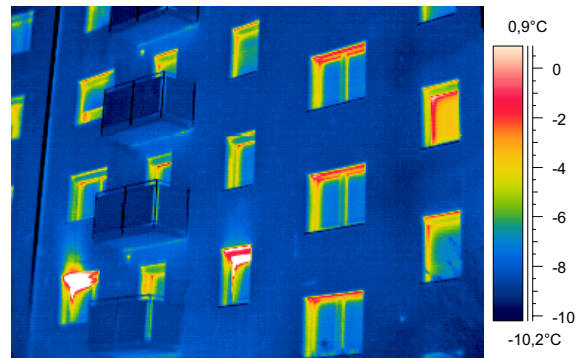
Hohe Wärmeverluste im gesamten Fassadenbereich, Mauerwerksstruktur sowie zahlreiche Wärmebrücken erkennbar.

Entdeckte Schwachstellen nach Sanierung:

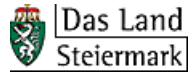


Hohe Oberflächentemperaturen im Sockelbereich (ungedämmt).

Gute Ausführung der Wärmedämmung über die gesamte Fassade. Es ist ein Effekt zu beobachten, der sich öfters bei sanierten Gebäuden zeigt: Die Einstellung der Heizleistung wurde nicht an den verringerten Energiebedarf nach Sanierung angepasst, weshalb Fenster in der Nacht gekippt werden.



Keine Wärmeverluste über Zwischendecke oder Fenstersturz erkennbar, geringfügige Wärmebrücken beim Anschluss der Balkonplatte.



Gebäude:

Geschosswohnbau

Ort:

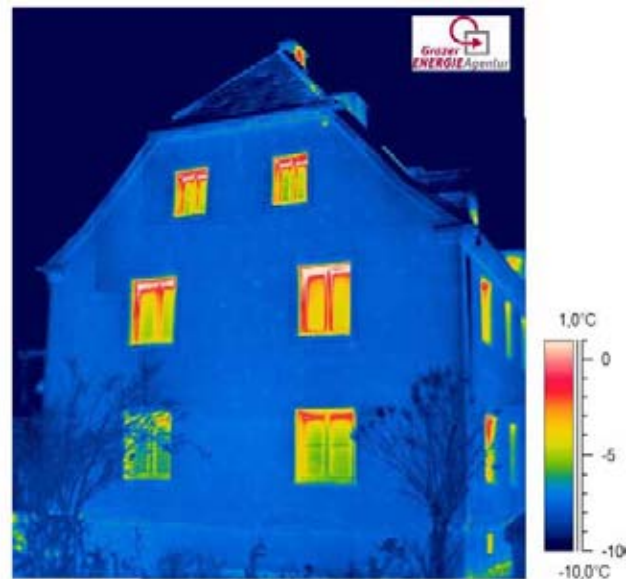
Graz

Baujahr: Anfang 40er Jahre

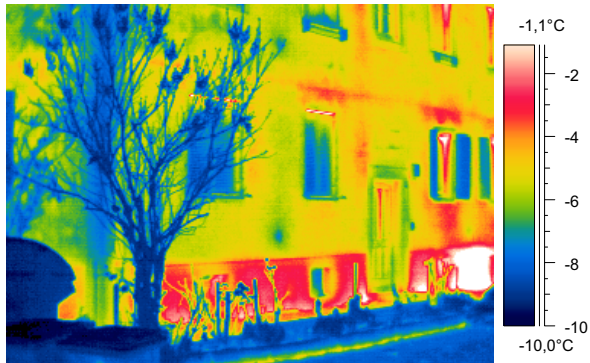
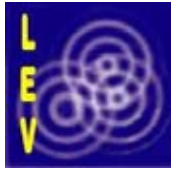
Sanierung: 2002/03



Thermografie vor Sanierung



...nach Sanierung

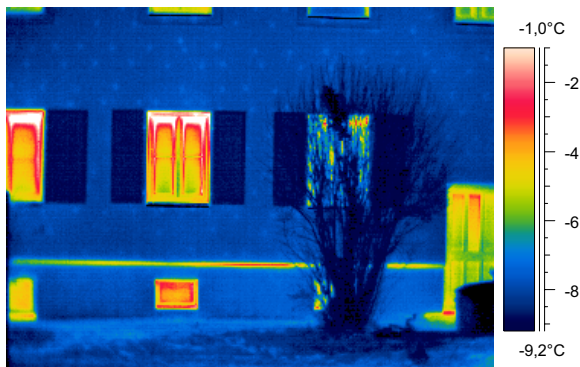


Vor Sanierung: Starke Wärmeverluste im Sockelbereich und Außenmauern

Mauerwerksstruktur und Zwischendecken sind thermisch sichtbar und weisen auf eine schlechte thermische Qualität der Fassade hin.

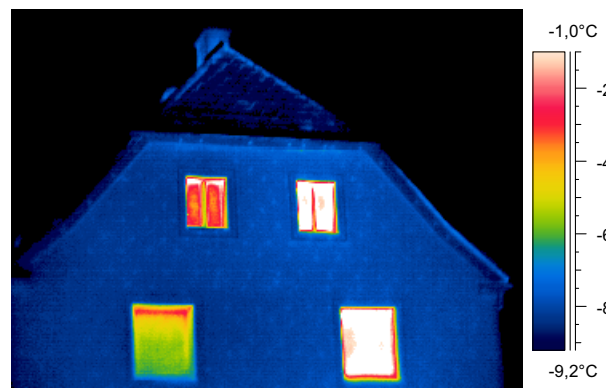


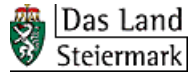
Nach Sanierung:



Wesentliche Verbesserung des Sockelbereiches, keine erhöhten Wärmeverluste erkennbar.

Niedrige Mauertemperaturen weisen auf eine korrekt ausgeführte Dämmung hin. Gut erkennbar die thermische Verbesserung durch Fenster neuester Bauart gegenüber intakten, wenige Jahre alten Fenstern (rechts im Bild)



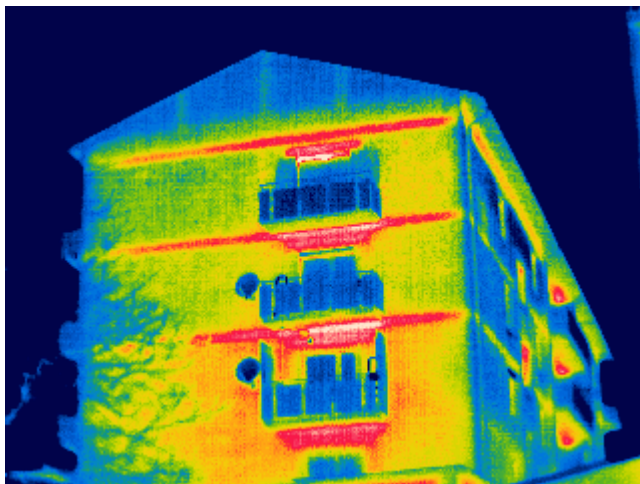


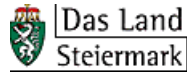
Gebäude:
Geschosswohnbau

Ort:
8020 Graz

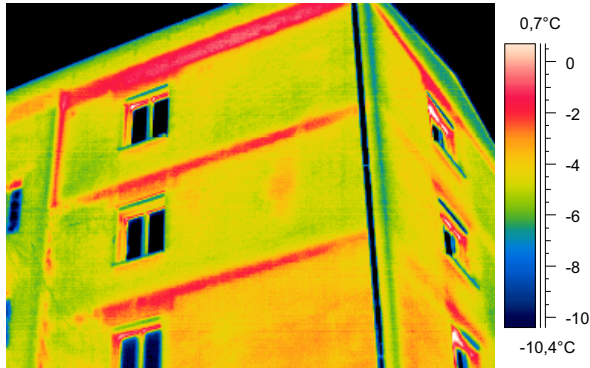
Baujahr: Anfang 60er
Jahre

Sanierung: 2001



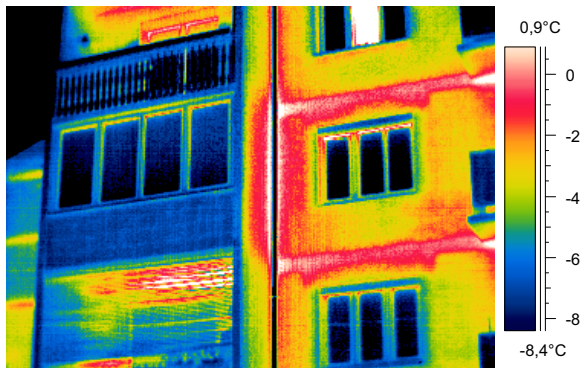
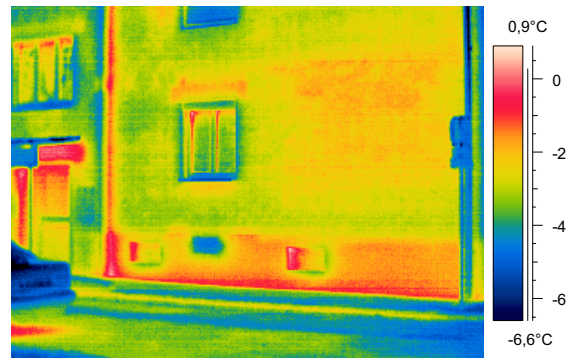


Thermische Schwachstellen vor Sanierung:



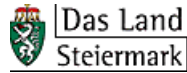
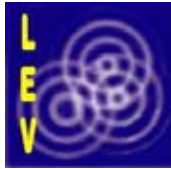
Hohe Wärmeverluste im gesamten Bereich der Fassade. Die Zwischendecken sind thermisch sichtbar – Wärmebrücken

Starke Wärmeverluste im Sockelbereich, erkennbar auch die Wärmebrücken im Bereich des Fenstersturzes.

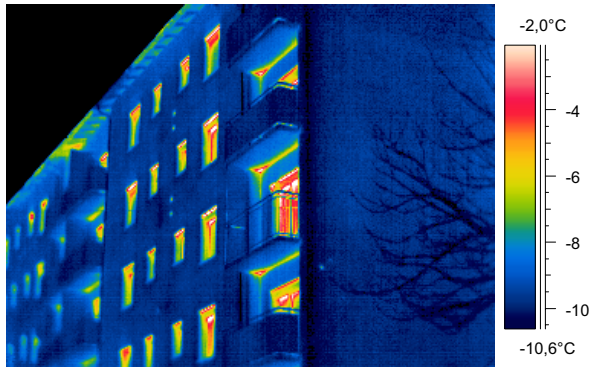


Loggia mit deutlich geringeren Wärmeverlusten links im Bild erkennbar.

Wärmebrücken im Bereich der Geschosdecken.

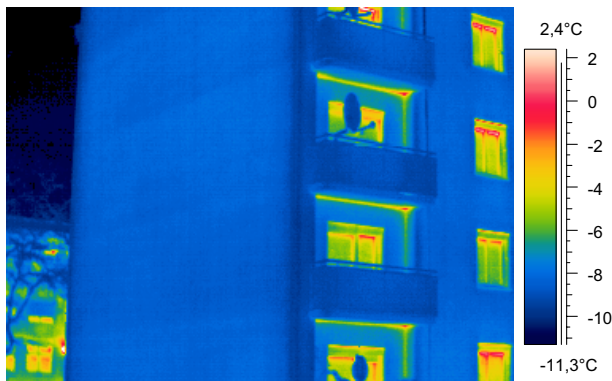
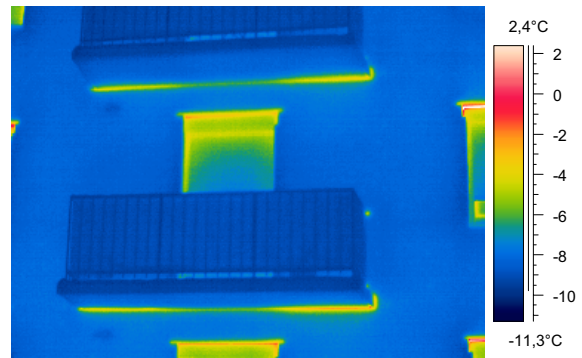


Nach Sanierung:

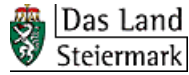


Deutliche Verbesserung im gesamten Bereich der Fassade.

Nur mehr geringe (unbedeutende) Wärmebrücken im Bereich des Anschlusses der Balkonplatten.



Keine Wärmebrücken in den Bereichen von Zwischendecken oder Fenstersturz erkennbar.



Gebäude:

Mehrfamilienhaus

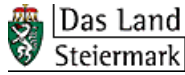
Ort:

Graz-Andritz

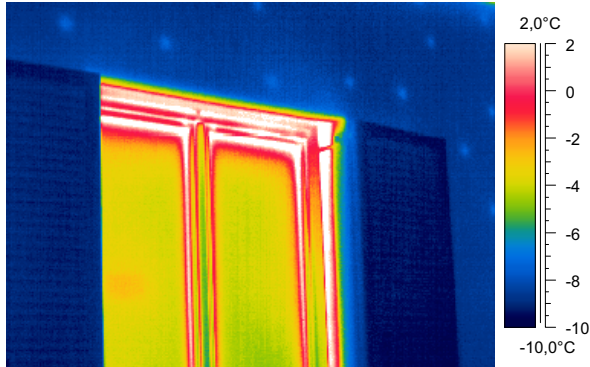
Baujahr: Anfang 40er Jahre

Sanierung: 2002



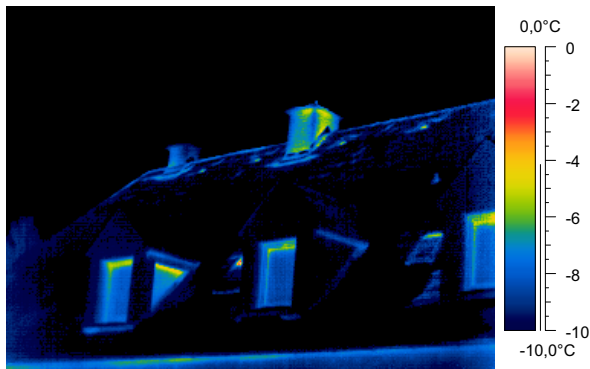
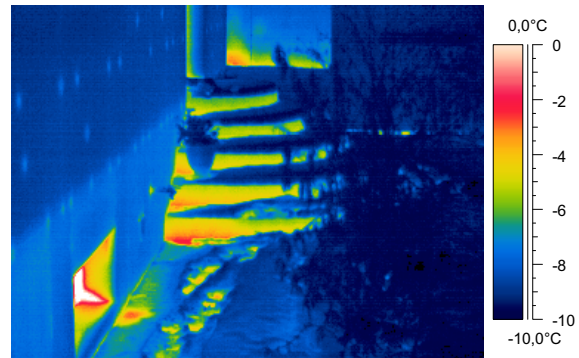


Nach Sanierung:

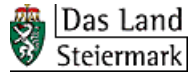


Deutliche thermische Mängel im Bereich Fensterleibung (ohne Dämmung ausgeführt) und Fensterrahmen (undicht?). Im Vergleich zur Außenmauer deutlich höherer Wärmeverlust (Gefahr von Schimmelbildung innen).

Wärmebrücke im Bereich Terrassenstiege und Kellerfenster.



Die Dachgauben sind in sehr guter thermischer Qualität ausgeführt - keine Wärmebrücken erkennbar. Auch die Verglasungen weisen einen guten U-Wert auf.



2.2.4 Einfamilienhäuser

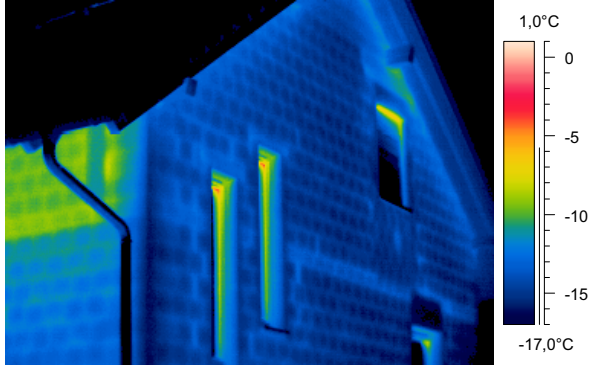


Gebäude:
Einfamilienhaus

Ort:
Kirchbach i. Steiermark

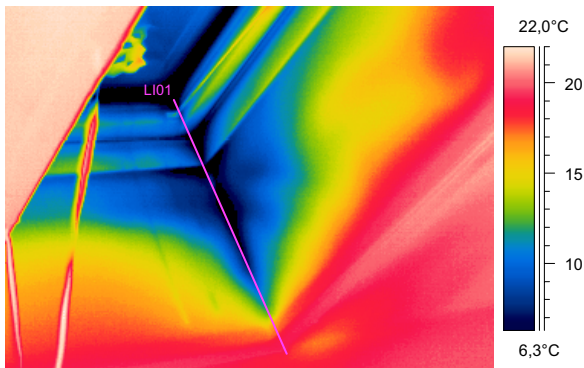
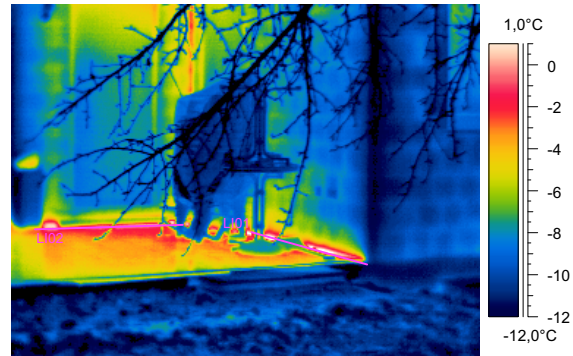
Baujahr: 2001/02





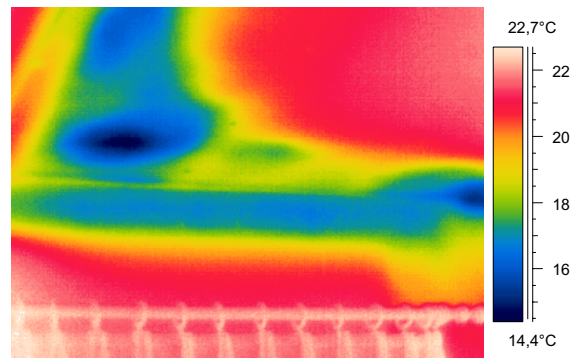
Guter Dämmstandard des Mauerwerkes. Durch Abstrahlung liegt die Oberflächentemperatur des Mauerwerkes teilweise sogar unter der Außentemperatur. Die Geschoßdecke zeichnet sich nur sehr schwach ab, keine nennenswerte Wärmebrücke erkennbar.

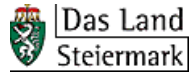
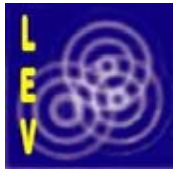
Im Bereich der Terrasse sind deutliche Wärmebrücken am Boden mit nennenswerten Wärmeverlusten zu erkennen, die Dämmung dürfte in diesem Bereich zu gering sein



Aufnahme eines Dachfensters von innen. Im Bereich des Rahmens und der Laibung treten Temperaturen auf, die unterhalb des Taupunktes liegen (Gefahr von Kondensatfeuchtigkeit und Schimmelbildung). Die Dämmung ist in Teilbereichen rund um das Dachfenster mangelhaft.

Unterschiedliche Dämmwirkung im Bereich Leichtkonstruktion (Decke zum Dachraum). Ursache ist möglicherweise weniger Dämmung oder Durchfeuchtung (Kondensat?).

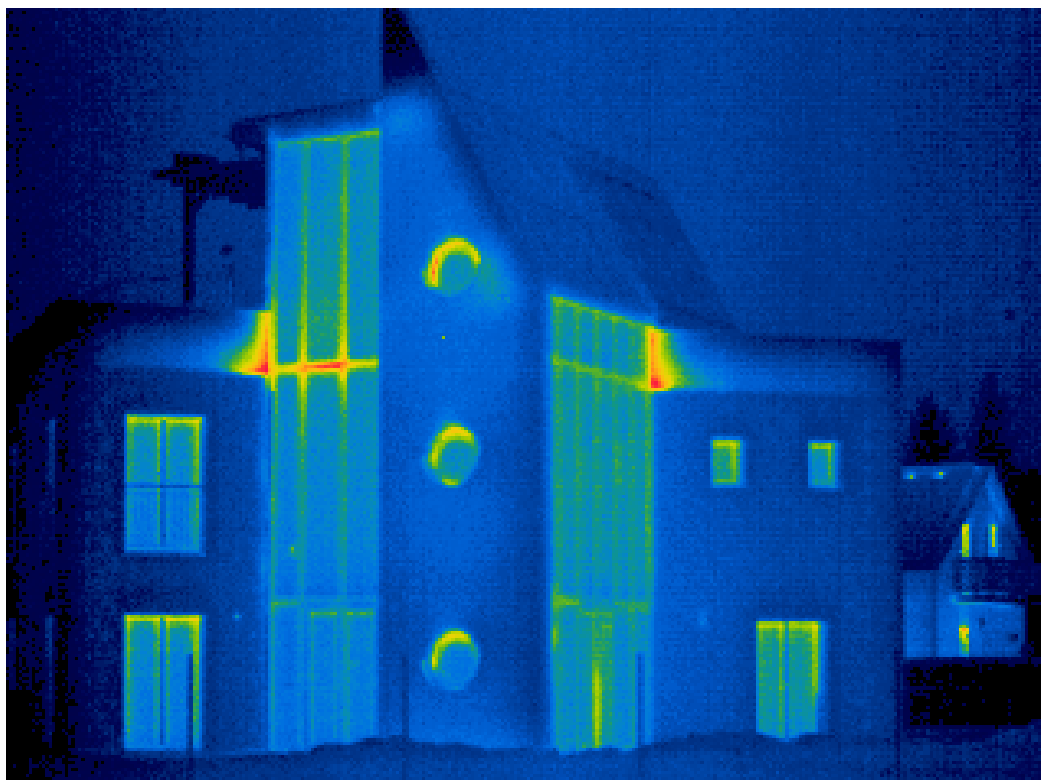




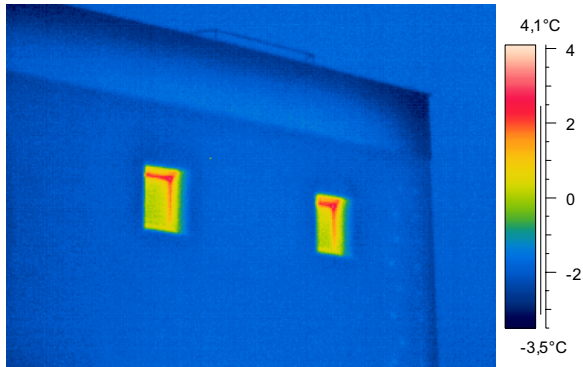
Gebäude:
Einfamilienhaus

Adresse:
Wagna

Baujahr:
2002/03

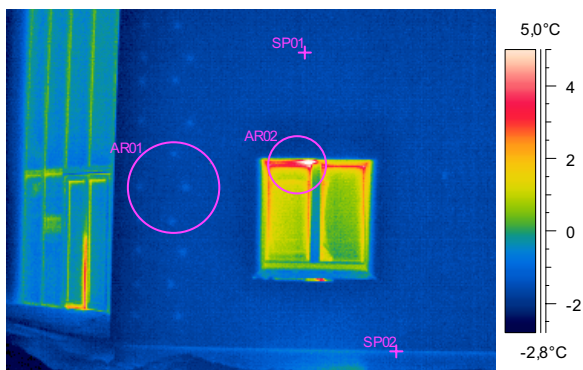
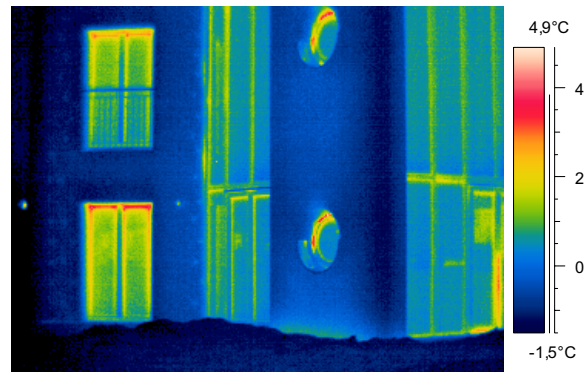


Beispiel für sehr gute thermische Qualität:



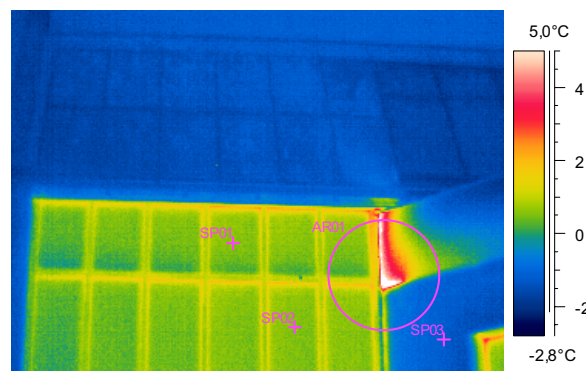
Sehr geringe Temperaturen und Temperaturdifferenzen, das Fehlen jeglicher "hot spots" (lokal begrenzte Temperaturerhöhungen) zeigen die hervorragende wärmetechnische Ausführung der Außenwand.

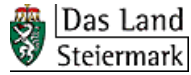
Keine Schwachstellen erkennbar; niedrige Oberflächen-Temperaturen, geringe Differenzen.



An der Oberkante des im Bild linken Fensterflügels ist ein signifikanter hotspot erkennbar; hier könnte eine Undichtheit des Fensters vorliegen.

Schwachstelle im Bereich Attika / Wintergarten. Temperaturmaximum dort (Messfläche AR01) um 6 K höher als im Wandbereich (Messpunkt SP03)





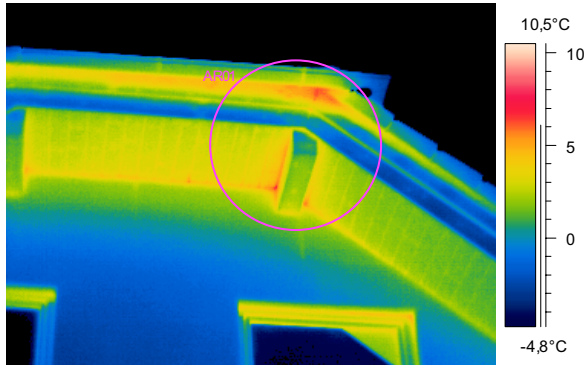
Gebäude:
Einfamilienhaus

Ort:
Graz

Baujahr:
2004

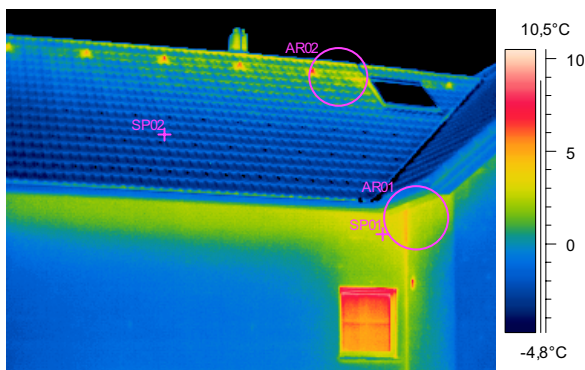
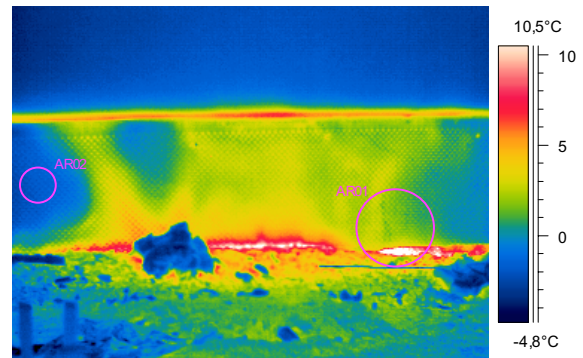


Thermische Schwachstellen:



Im Bereich der Pfette sind deutlich höhere Temperaturen erkennbar. Ursache dafür kann mangelhafte Dämmung der Spitzbo-dendecke und/oder der Dachschrägen sein.

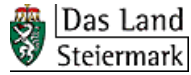
Im Bereich der Kelleraußenwand (dahinter befindet sich der noch ungedämmte Puffer-speicher der Hackschnitzelheizung) kommt es zu deutlichen Wärmeverlusten.



Auch von der Süd-West-Seite aus gesehen fällt der deutlich wärmere Dachbereich auf: Maximaltemperaturen liegen im Bereich von 7°C, während die Temperaturen im übrigen Dachflächenbereich bei etwa -4°C liegen.

Die Kelleraußenwand weist Temperaturen im Bereich von +11°C auf und führt zu massiven Wärmeverlusten.

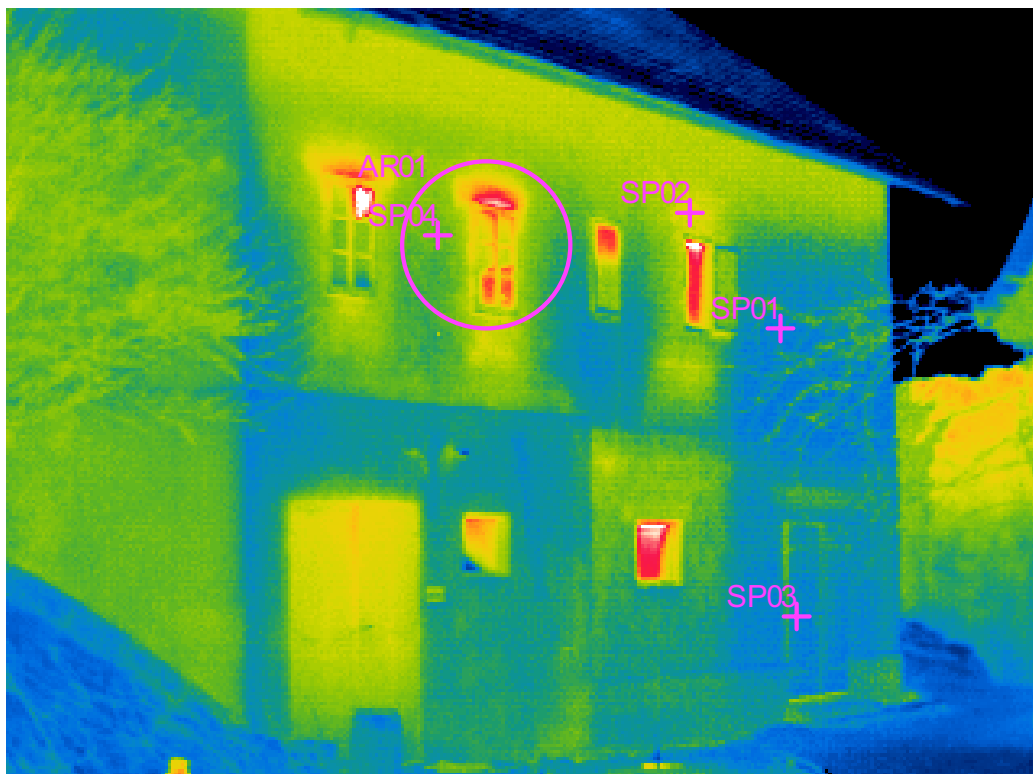




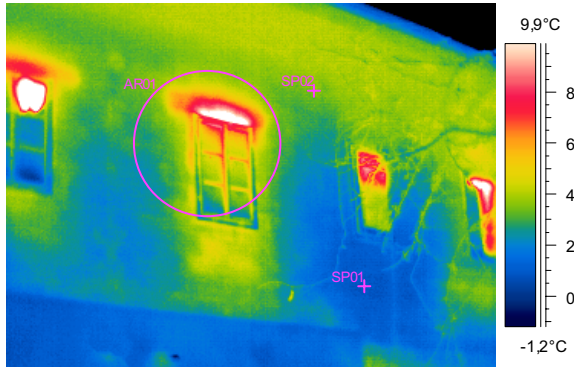
Gebäude:
Einfamilienhaus

Ort:
Großklein

Baujahr:
ca. 1960

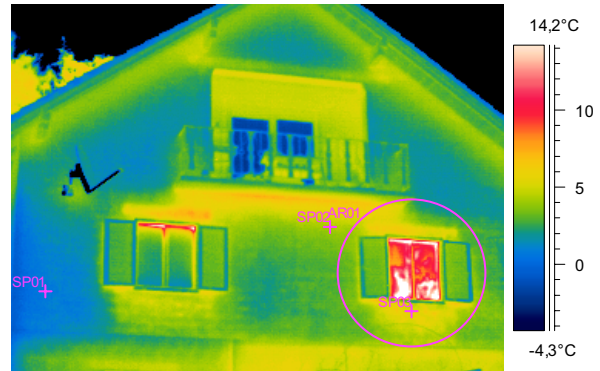


Thermische Schwachstellen:

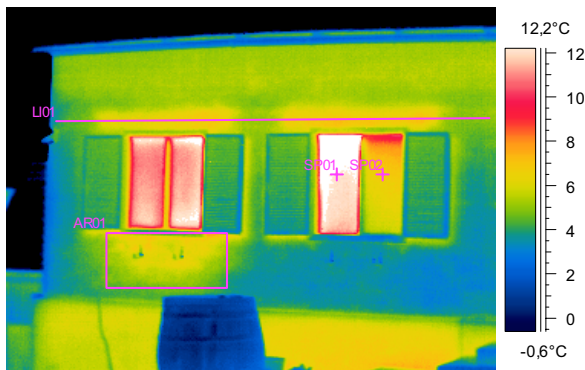


Erhöhte Wärmeverluste im Bereich der Fensterüberlagen und aufgrund von Undichtigkeiten der Fenster.

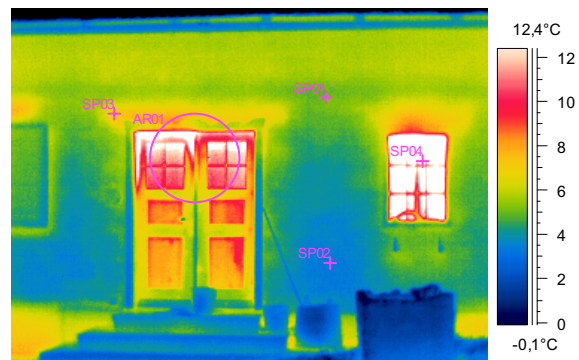
Die wärmeren Bereiche unter den Fenstern sind durch die dahinter befindlichen Heizkörper bedingt und lassen aufgrund der Temperaturunterschiede auf relativ schlechte Wärmedämmung der Wand schließen.

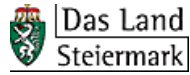
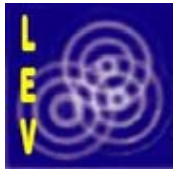


Schlecht gedämmte Wände mit deutlich erkennbaren Schwachstellen
(Temperaturunterschied zwischen den beiden Flügeln eines Fensters über 5°C!)



Große Wärmeverluste bei der Haustür; sehr hohe Oberflächentemperaturen; Undichtheit und Einfachverglasung.





Gebäude:

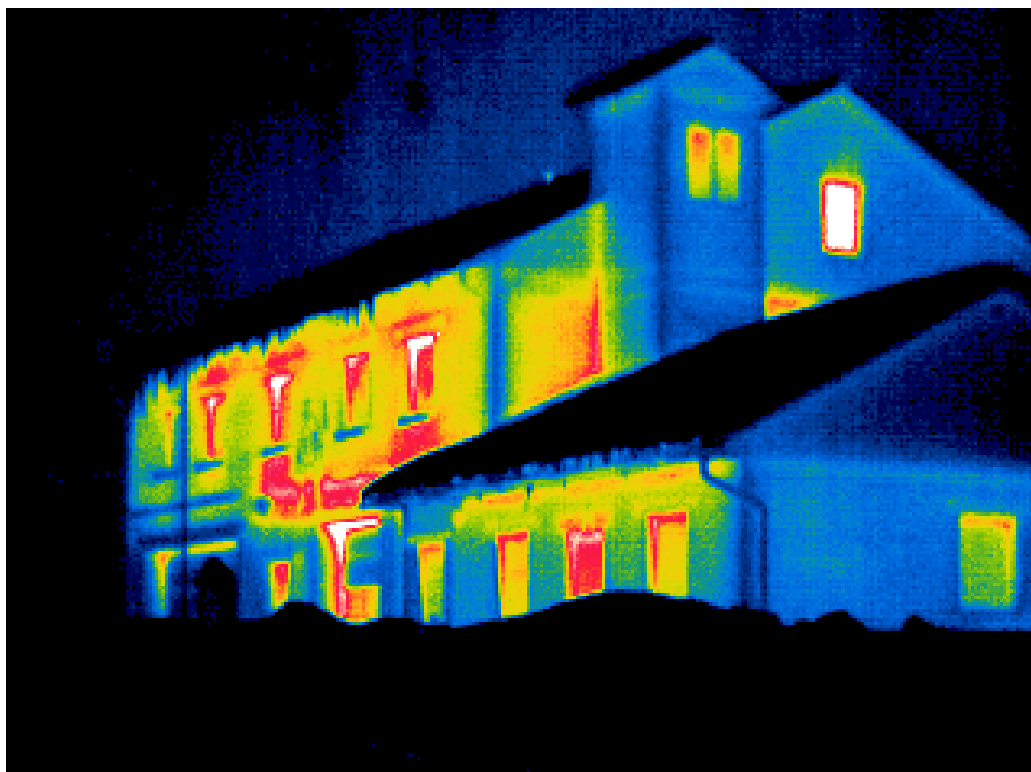
Wohnhaus und Rüsthaus

Ort:

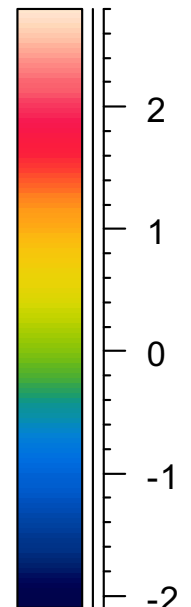
Kalwang

Baujahr:

unbekannt

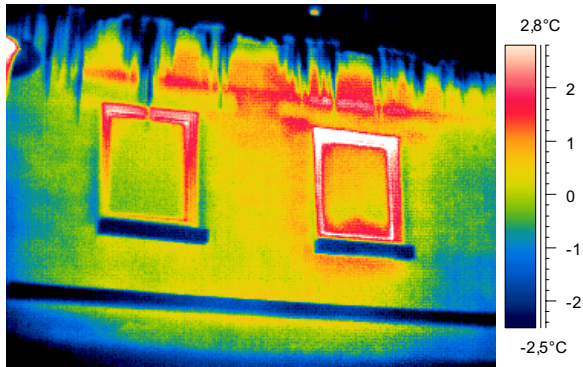


2,8°C



-2,1°C

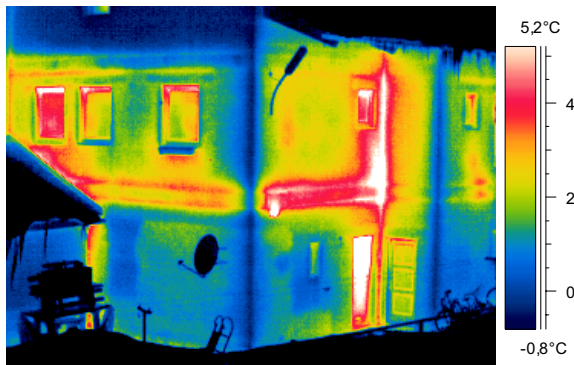
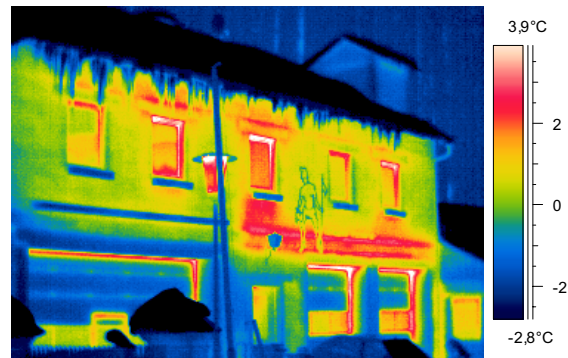
Thermische Schwachstellen:



Der Deckenrost und Fensterüberlager sind deutliche Schwachstellen.

Eiszapfen sind auch ein Zeichen für mangelnde Dämmung der obersten Geschosdecke.

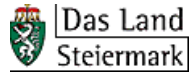
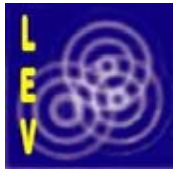
Im Bereich der Zwischendecke bzw. bei Heizkörpern und Heizungsleitungen in der Wand zeigt sich die schlechte thermische Qualität der Außenwand durch signifikant höhere Temperaturen.



Beim Wandanschluss des Stiegenhauses ist eine Wärmebrücke erkennbar, die Zwischendecken und die Heizungsinstallation bewirken höhere Oberflächentemperaturen an der Außenwand.

Die Heizkörper sind an der Außenseite thermisch erkennbar.

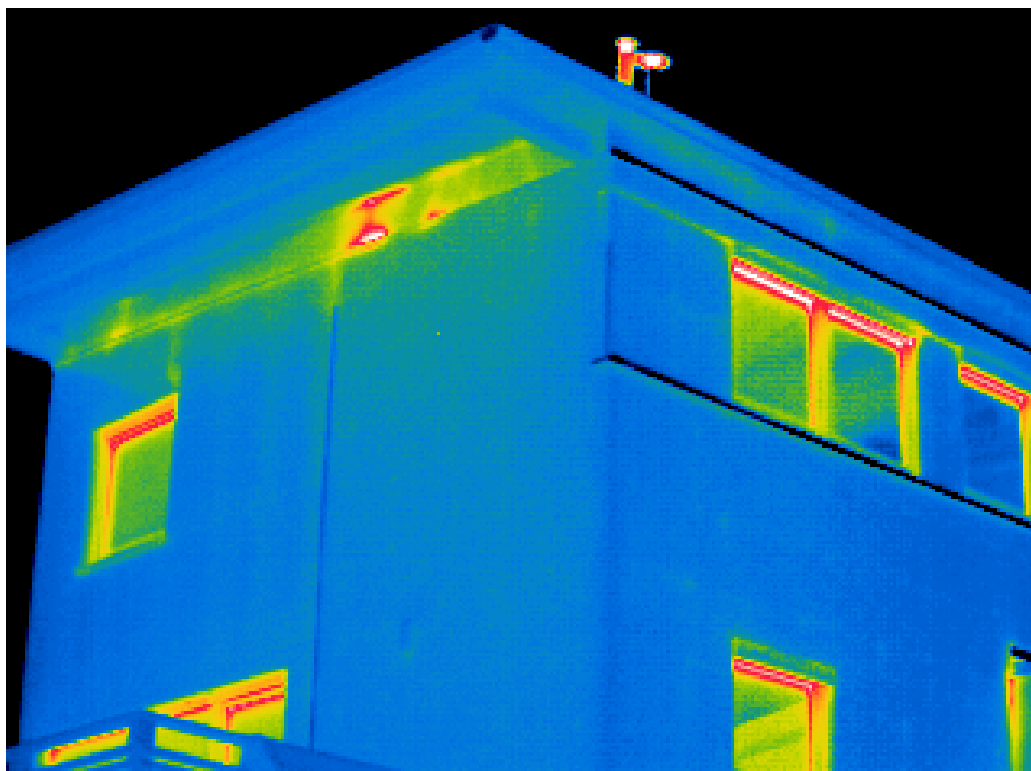




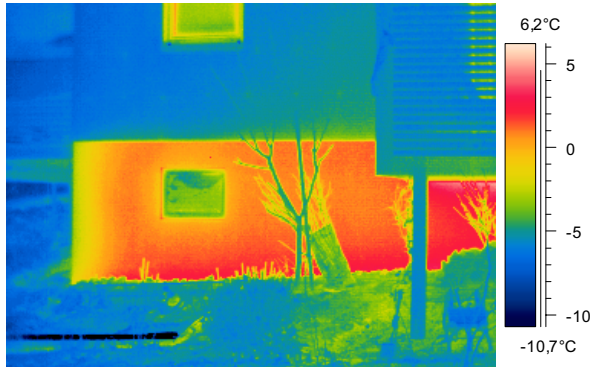
Gebäude:
Einfamilienhaus

Adresse:
Graz-Stattegg

Baujahr:
2001

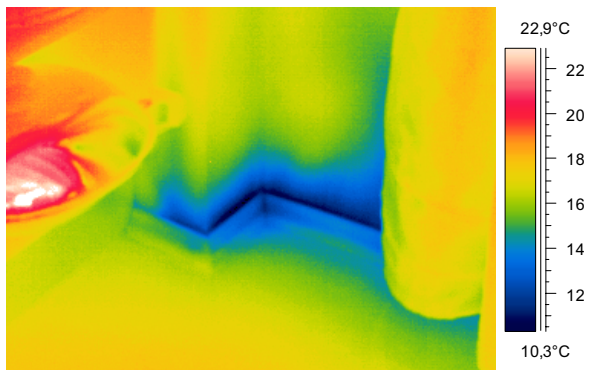
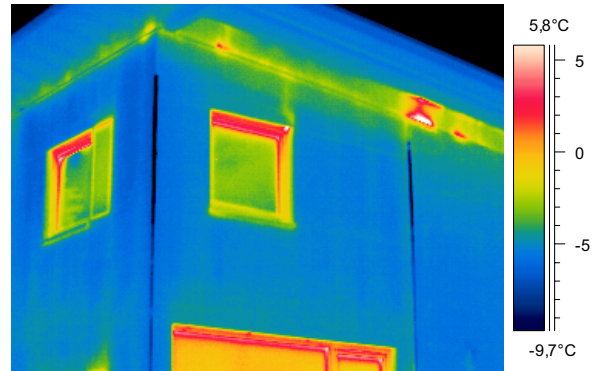


Thermische Schwachstellen:



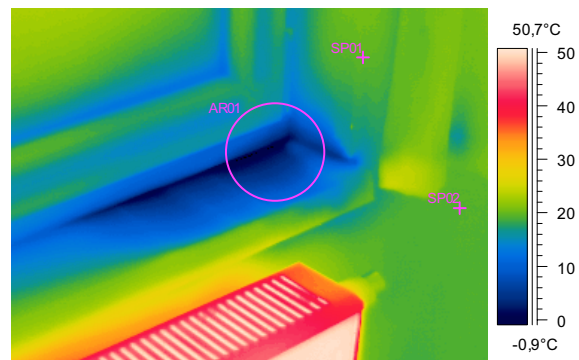
Deutlich größere Wärmeverluste über die Kellerwand als über die Wohnraumwände; mögl. Ursache: unzureichende Dämmung der Heizungsinstallation im Keller und/oder schwache Wärmedämmung der Kellerdecke.

Starke Wärmeverluste im Bereich des Übergangs zwischen Mauerwerk und Holzwand bzw. in der Riegelkonstruktion. Ursache sind wahrscheinlich Undichtheiten oder Mängel in der Wärmedämmung der Riegelwand.



Die Aufnahme wurde während des gleichzeitig durchgeführten Blower-Door-Tests erstellt und weist auf eine Undichtheit im Bereich Boden / Wand hin.

Die Aufnahme (während Blower-Door-Test) zeigt deutlich die Undichtheit des Fensters zwischen Fensterstock und Wand.

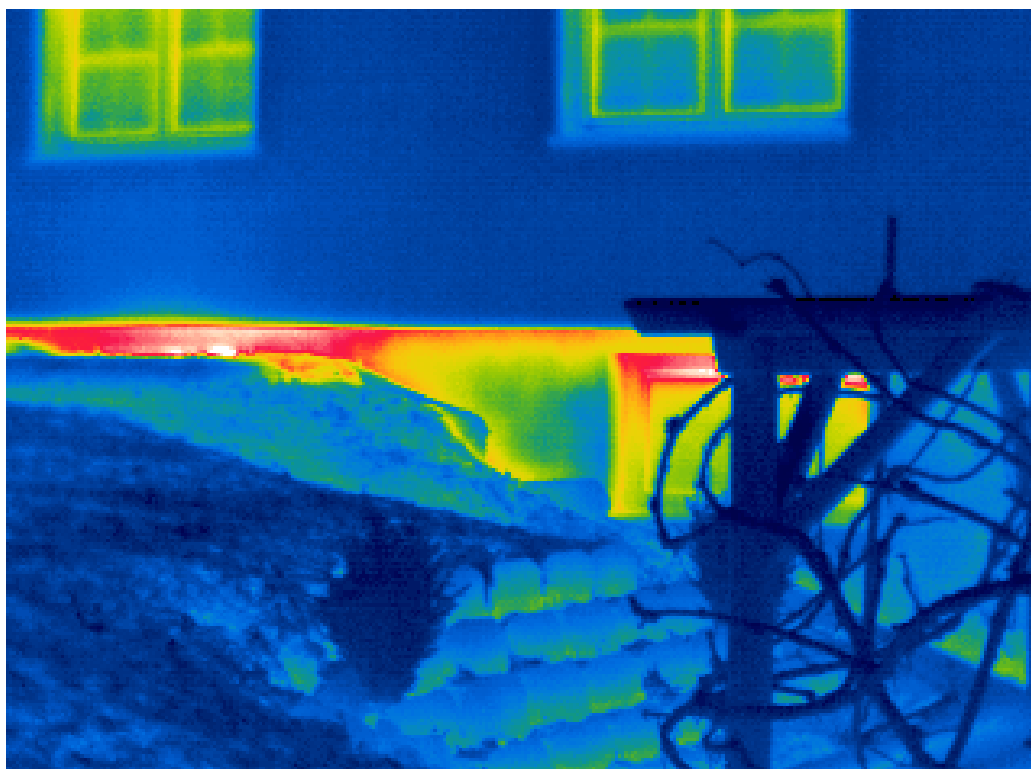




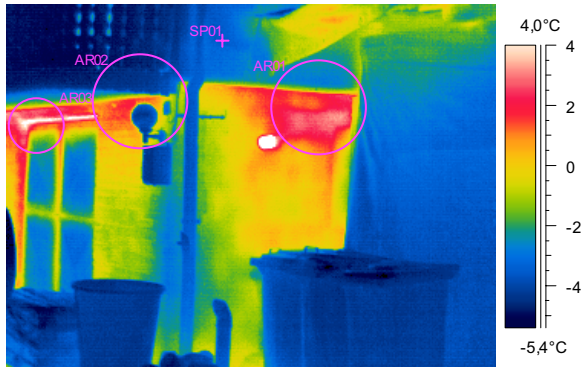
Gebäude:
Einfamilienhaus

Adresse:

Baujahr:
Ca. 1980

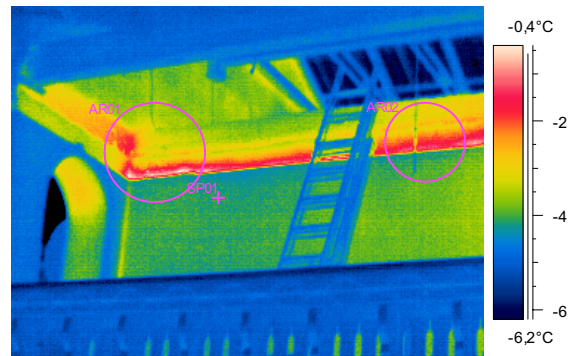


Thermische Schwachstellen:



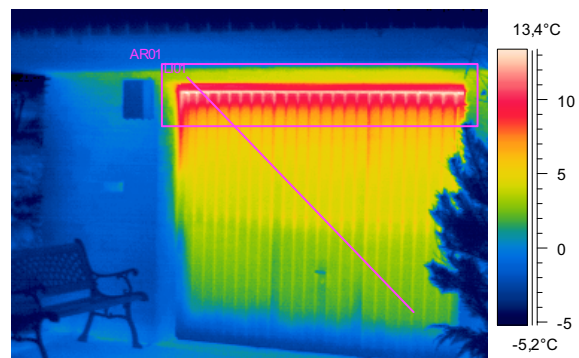
Schwach gedämmte Zwischenwand zur Garage und die Fenster im oberen Bereich zeigen relativ hohe Oberflächentemperaturen, ebenso die Kelleraußenwand insgesamt im Vergleich zum Erdgeschoß.

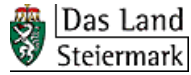
Die Zwischendecke stellt eine deutliche Wärmebrücke dar, eine Dämmung des Rostbereiches wäre dringend anzuraten.



Ungedämmter Kniestockbereich bedingt Wärmeverluste.

Schlecht schließendes Garagentor bewirkt Entweichen der warmen Luft an der Oberseite.

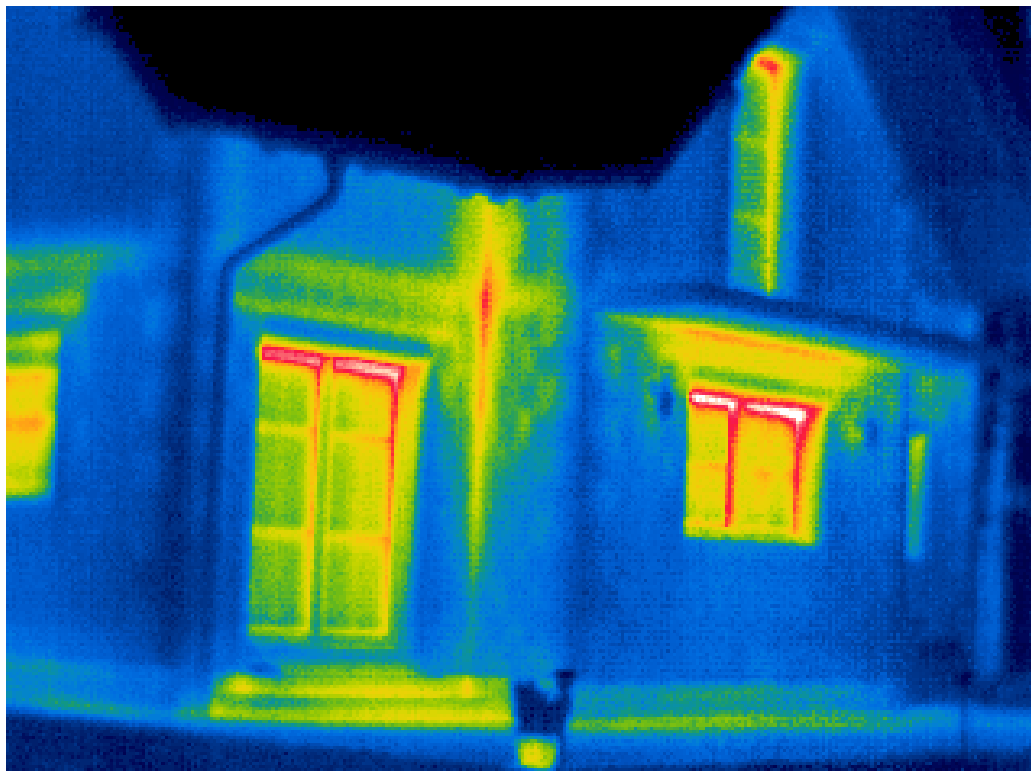




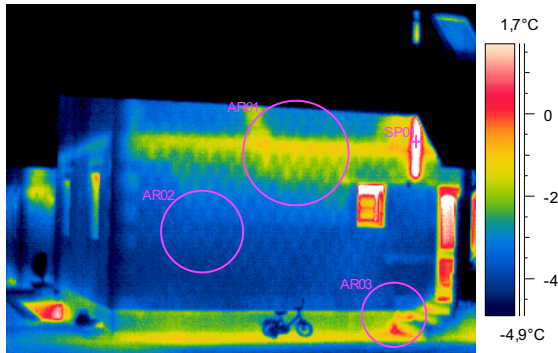
Gebäude:
Einfamilienhaus

Adresse:
Köflach

Baujahr:
2002

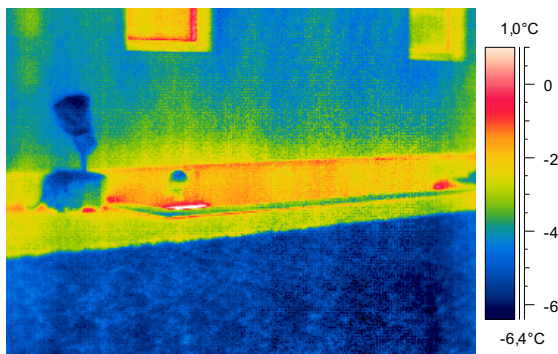
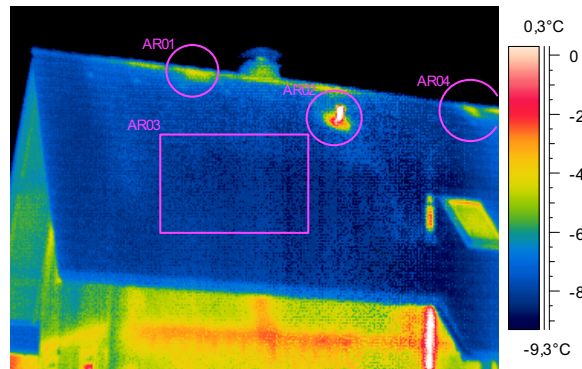


Thermische Schwachstellen:



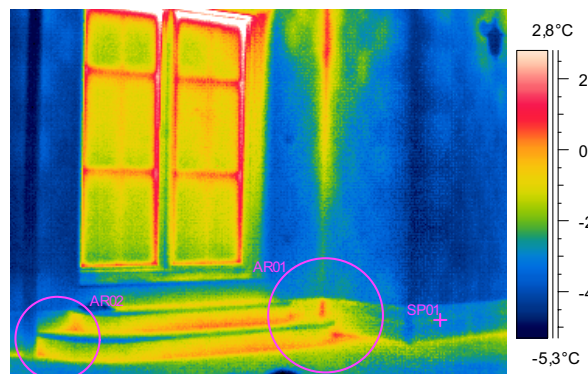
Schwach gedämmte Zwischenwand zur Garage und die Fenster im oberen Bereich zeigen relativ hohe Oberflächentemperaturen, ebenso die Kelleraußenwand insgesamt im Vergleich zum Erdgeschoß.

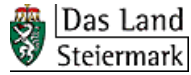
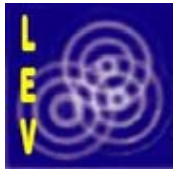
Im Firstbereich erkennt man höhere Temperaturen, während in der übrigen Dachfläche die Oberfläche um etwa 4 Kelvin kühler ist. Die Ursache ist die mangelhafte Dämmung des Spitzbodenbereichs. Beim Abluftrohr sind die Wärmeverluste über die Abluft erkennbar.



Die Kelleraußenwand im Bereich der äußeren Kellerstiege ist deutlich wärmer als die darüberliegende Außenwand und bewirkt damit höhere Wärmeverluste je m².

Die Eingangsstufen bei der Terrassentür scheinen wie die Hauseingangstreppe thermisch nicht oder nur unzulänglich von der Kellerdecke bzw. -außenwand getrennt zu sein: die Temperaturen erreichen im Stiegenbereich etwa 0,8°C, dies ist um knapp 4 Kelvin mehr als im vergleichbaren Wandbereich in unmittelbarer Nähe.

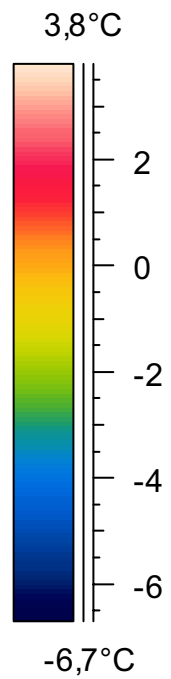
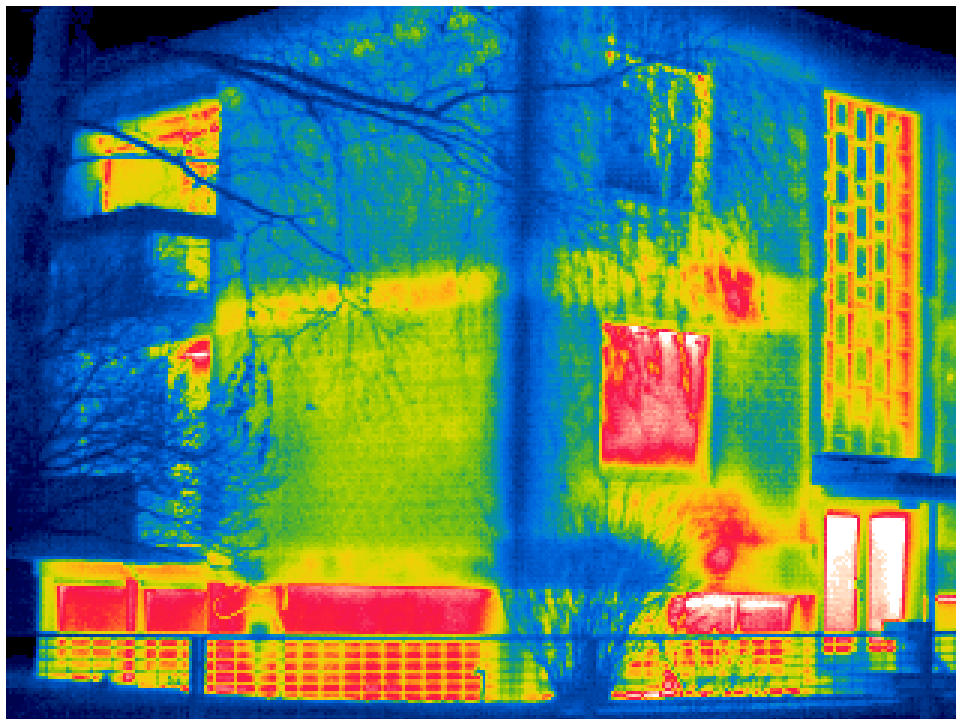




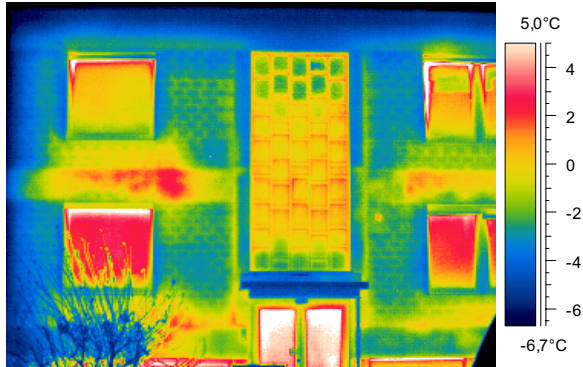
Gebäude:
Mehrfamilienhaus

Ort:
Graz

Baujahr:
Ca. 1970

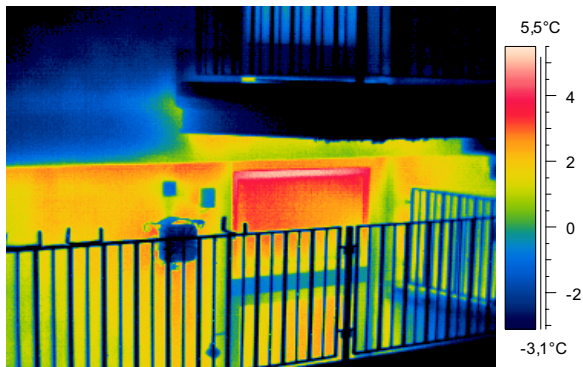
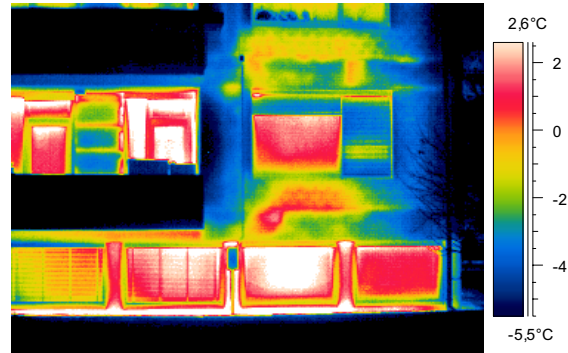


Thermische Schwachstellen:



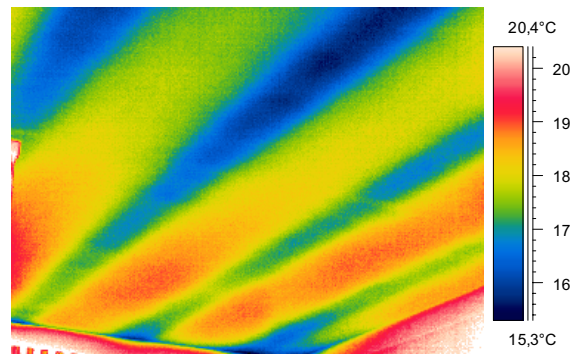
Die Hauseingangstür hat weitaus höhere Oberflächentemperaturen, die Außenwand zeigt starke Temperaturschwankungen, insbesondere im Zwischendeckenbereich bzw. dort wo Heizkörper und –leitungen vorhanden sind.

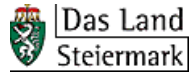
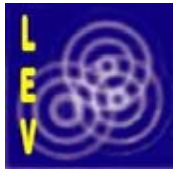
Die Kellerfenster und die Außenwand sind auch in diesem Bild auffällig.



Die Kelleraußenwand und die Verglasung über der Kellertür sind deutliche thermische Schwachstellen.

Innenaufnahme des Flachdaches: Die Trägerkonstruktion wird durch die Temperaturunterschiede sichtbar und lässt auf schlechte Wärmedämmung schließen.

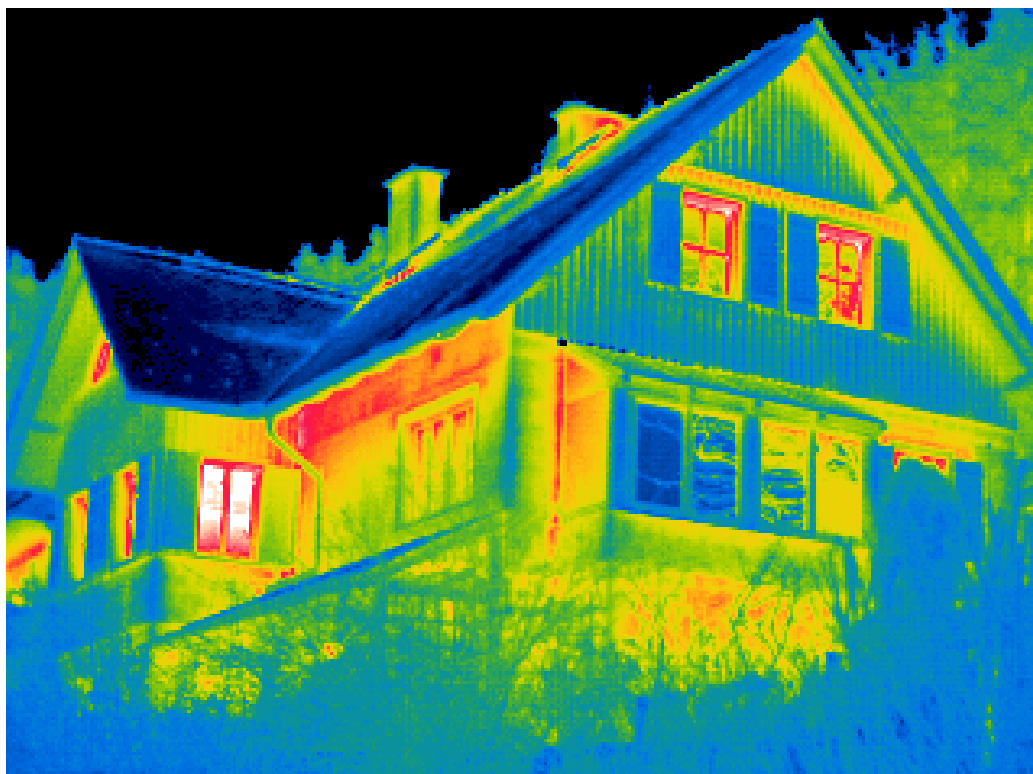




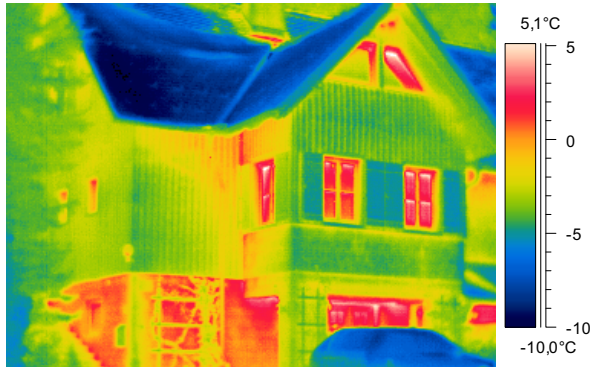
Gebäude:
Einfamilienhaus

Adresse:
Übelbach

Baujahr:
Ca. 1983

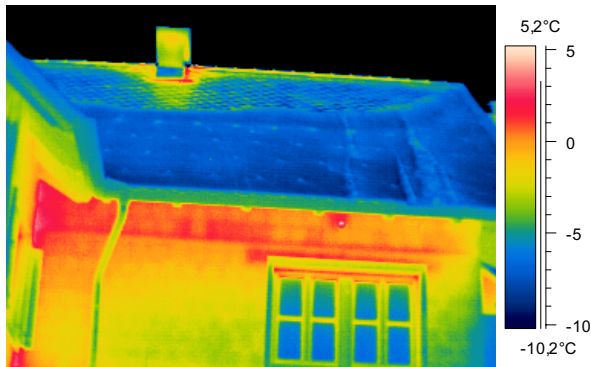
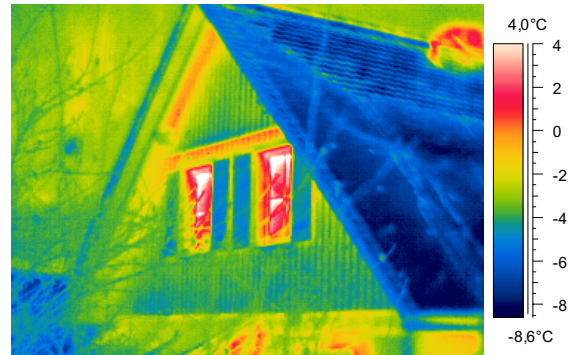


Thermische Schwachstellen:



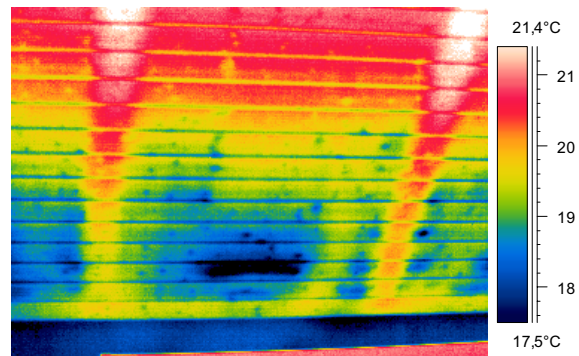
Wärmeverluste an der Kelleraußenwand

Deutlich höhere Temperaturen an den Stößen der Fassadenverkleidung und im Bereich der Untersichtschalung.



Der Firstbereich und die Dachfläche unterhalb des Kamins sowie die Fensterüberlager fallen thermisch auf.

Innenaufnahme der Dachschräge: Deutlich kältere Stellen im Bereich zwischen (!) den Sparren.





2.3 Weiterbildungsmodul für Ausbildungszwecke

2.3.1 Kooperation mit WIN-Bau

Bei der Ausbildung der WIN-Bau Konsulenten ist das Thema Thermografie ein wichtiger Bestandteil. Das Ausbildungsmodul wird durch den LEV (DI Haybach) gestaltet.

2.3.2 Elemente eines Weiterbildungsmoduls für die Energieberatung

Aufbauend auf den bisherigen Erfahrungen wurde der Inhalt eines Weiterbildungskurses für die Energieberatung erarbeitet. Es wurden dabei die Inhalte mit Anbietern gemeinsam ausgearbeitet.

Im Weiterbildungsmodul sind folgende Inhalte enthalten:

- Grundlagen über Strahlungsphysik und Messmethoden
- Überblick über Anwendungsbereiche (teilweise mit Videoaufnahmen)
- Video über Produktion und Qualitätsüberwachung hochwertiger Thermografie-Kameras
- Besonderheiten bei der Bauthermografie, zusätzliche Messungen wie z.B. Blower-Door Test
- Beispielaufnahmen, an Hand dessen die Besonderheiten erklärt und die Auswertung erprobt werden können

Die Inhalte in Form von Bildern, Videos und Power-Point Präsentationen sind im Anhang auf einer CD-Rom beigefügt.

2.4 Verbreitung und Kommunikation – bisherige Aktivitäten

Es wurden seitens der Grazer Energieagentur bereits (der Projektphase II vorgehend) Presseartikel zum Thema Thermografie veröffentlicht, weiters fand im März 2004 im ORF ein **TV-Bericht** zum Thema Thermografie unter Mitwirkung und Auftritt der Grazer Energieagentur statt (gesendet zweimal österreichweit in „**ORF heute**“ und „**Willkommen Österreich**“).

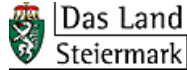
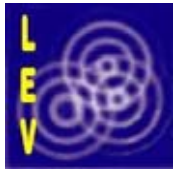
3. Ausblick – Projektphase II

Basis für die Projektphase II ist die vorbereitende Arbeit der Projektphase I.

In der zweiten Projektphase sind im wesentlichen die Durchführung der Verbreitungsmaßnahmen enthalten. Zielgruppe sind einerseits die Experten wie Energieberater und Anbieter von thermografischen Analysen, andererseits die breite Öffentlichkeit (Bewusstseinsbildung mit Hilfe von Infobroschüren, Plakaten, Presseartikel, Internet).

3.1 Informationsbroschüre für Beratungszwecke.

Im Rahmen der Projektphase II soll eine Informationsbroschüre mit Ergebnissen und Auswertungen des Pilotprojektes erarbeitet werden.



Die Broschüre soll einerseits Beispiele für erfolgreiche Sanierungen (Vorher-Nachher Vergleich), als auch Beispiele für typische Schwachstellen und Baumängel beinhalten. Zielgruppe sind insbesondere auch andere Anbieter von Thermografie-Dienstleistungen.

Zusätzlich soll ein Plakat für Beratungszwecke, für Verbreitung und Kommunikation erstellt werden (z.B. für Messeauftritte).

3.2 Verbreitung und Kommunikation des Themas Thermografie

Mit den erarbeiteten Materialien soll das Thema Thermografie verbreitet und kommuniziert werden. Ziel ist die Bewusstseinsbildung bei den Eigentümern und Nutzern von Gebäuden, das Werkzeug Thermografie zur Kontrolle von Sanierungen bekannt zu machen und als Instrument der Energieberatung und Gebäudeanalyse langfristig als Standard einzuführen.

Dies soll mit folgenden Aktivitäten erreicht werden:

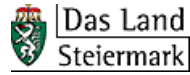
- Auflage der Informationsbroschüre und des Plakats in allen Beratungseinrichtungen, der Wohnbauförderungsstelle und den Bezirksämtern
- Versand der Qualitätsstandards an alle Anbieter und Beratungseinrichtungen
- Pressekonferenz oder Presseaussendung zu Projektende mit dem zuständigen Referenten der Landesregierung
- Vertrieb der Broschüre über das Internet
- Erstellung einer Power-Point Präsentation zum Thema Thermografie, die den Beratungsstellen zur Verfügung gestellt wird
- Präsentation des Projekts bei Veranstaltungen, z.B. für Amtssachverständige, der RA15, Energieagenturen, Gemeindetage etc.

3.3 Wissenschaftliche Evaluierung

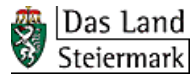
3.3.1 Befragung der beratenen Gebäudeeigentümer

Im Anschluss an die Projektphase I soll eine wissenschaftliche Evaluierung der Ergebnisse erfolgen. Fragestellungen können sein, ob und wie mehr Investitionen in thermische Sanierungstätigkeiten mit Thermografie ausgelöst werden können und ob die Qualität in der Sanierungen und Neubauten mit Thermografie zunimmt bzw. unter welchen Rahmenbedingungen.

Die Evaluierung soll durch Befragung der beratenen Gebäudeeigentümer und Auswertung durchgeführt werden.



ANHANG

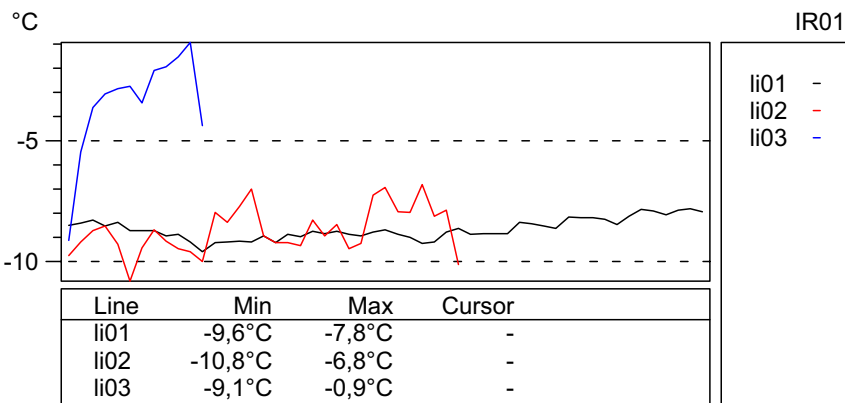
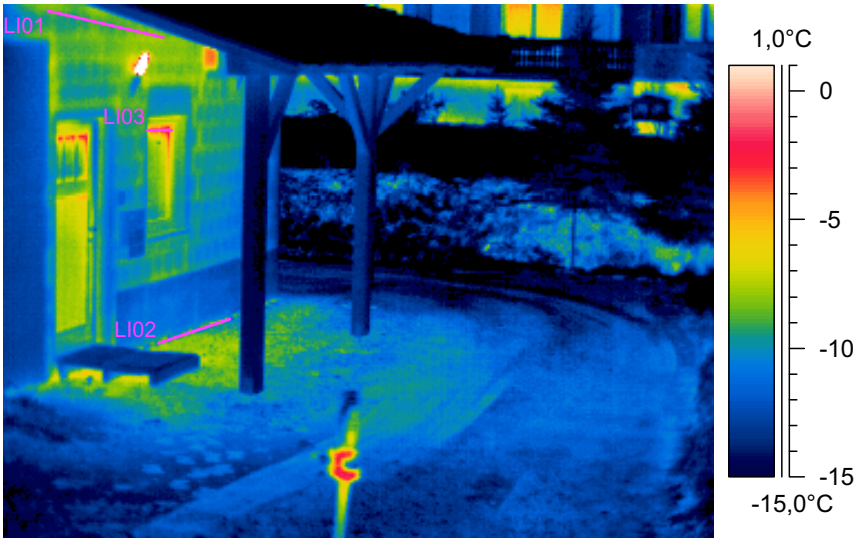


Thermografie Musterbericht



Thermografische Analyse Haus Fam. Muster, Graz

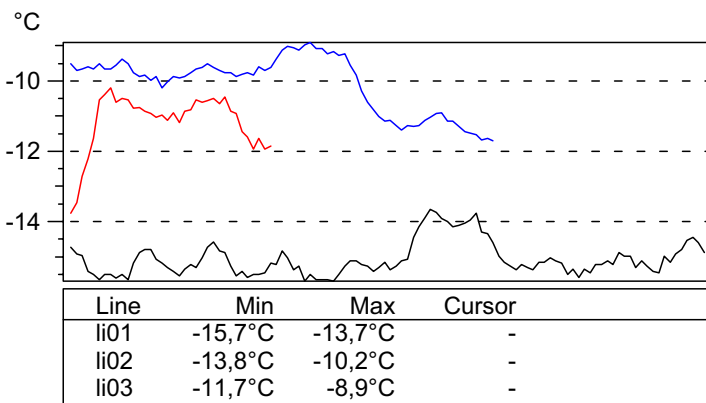
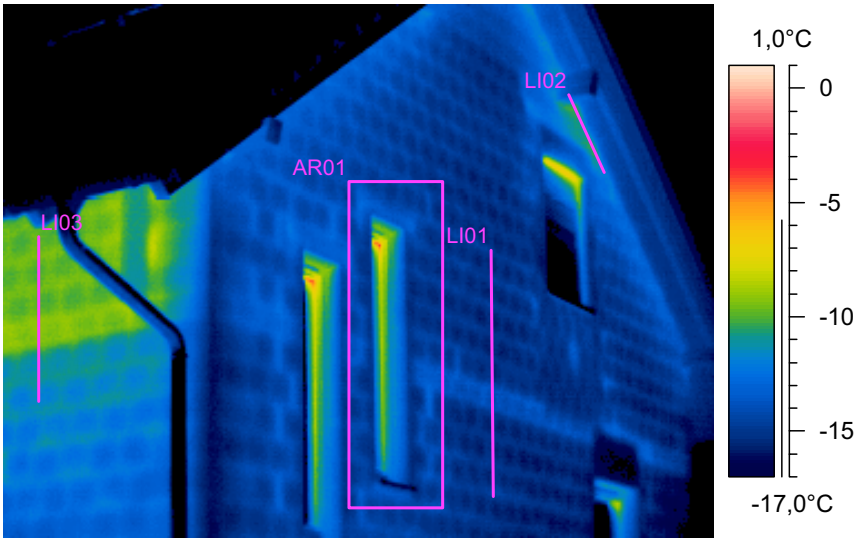
16.02.2004



Label	Value
LI01 : max	-7,8°C
LI01 : min	-9,6°C
LI02 : max	-6,8°C
LI02 : min	-10,8°C
LI03 : max	-0,9°C
LI03 : min	-9,1°C



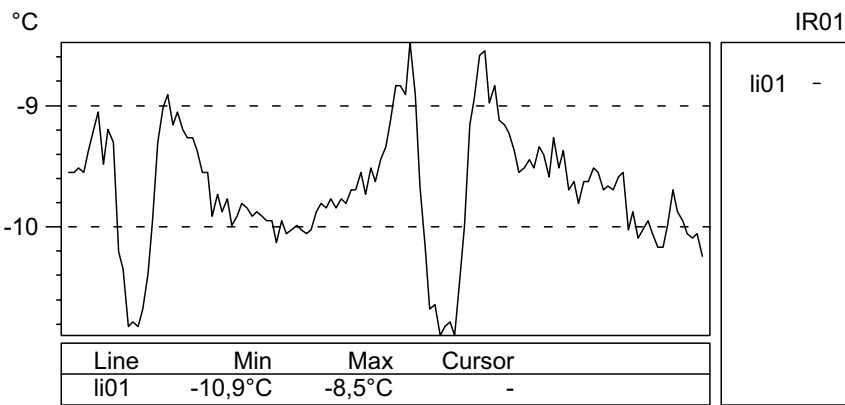
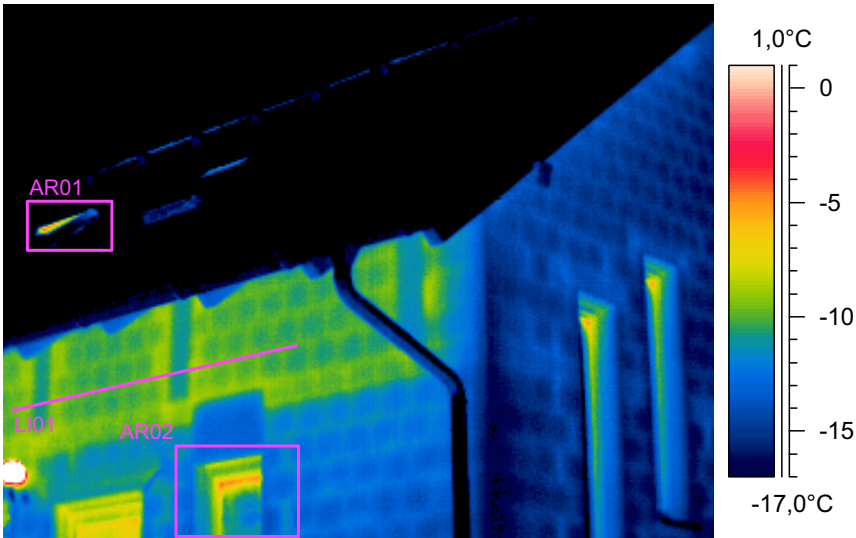
Guter Dämmstandard der Mauern. Es sind zwar teilweise Mörtel und Ziegel thermisch erkennbar, die Temperaturunterschiede liegen jedoch in einem geringen Bereich (Oberflächentemperatur -9,0°C bis -7,6°C bei rd. -11,4°C Außentemperatur).



Label	Value
LI01 : max	-13,7°C
LI01 : min	-15,7°C
LI02 : max	-10,2°C
LI02 : min	-13,8°C
LI03 : max	-8,9°C
LI03 : min	-11,7°C
AR01 : max	-3,8°C
AR01 : min	-17,3°C



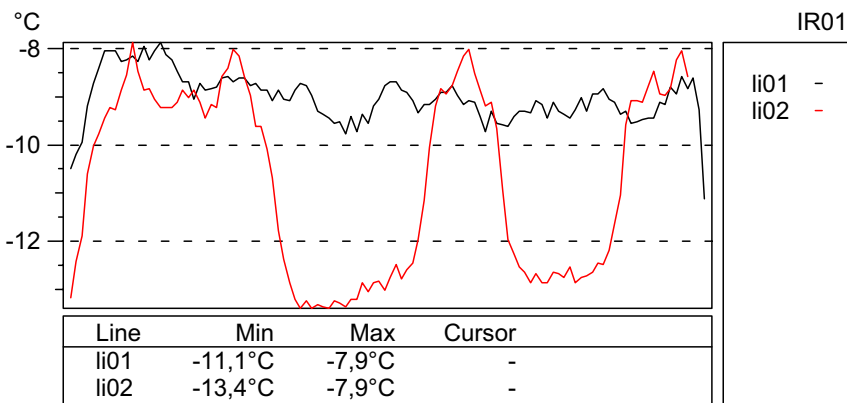
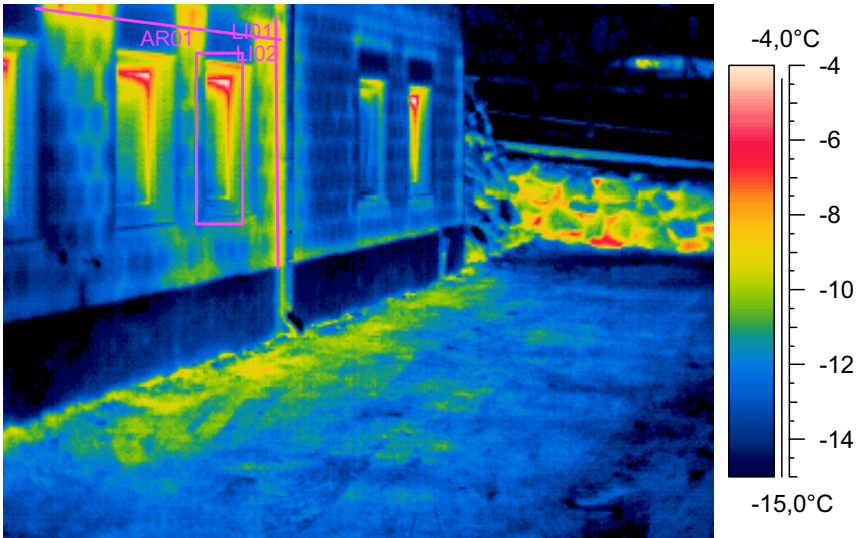
Guter Dämmstandard des Mauerwerkes. Durch Abstrahlung gegen den Nachthimmel ist die Oberflächentemperatur des Mauerwerkes teilweise sogar unter der Außentemperatur. Die Geschoßdecke zeichnet sich auf der Thermografieaufnahme nur sehr schwach ab, keine nennenswerte Wärmebrücke erkennbar.



Label	Value
LI01 : max	-8,5°C
LI01 : min	-10,9°C
AR01 : max	-4,3°C
AR01 : min	<-64,0°C
AR02 : max	-4,2°C
AR02 : min	-14,1°C



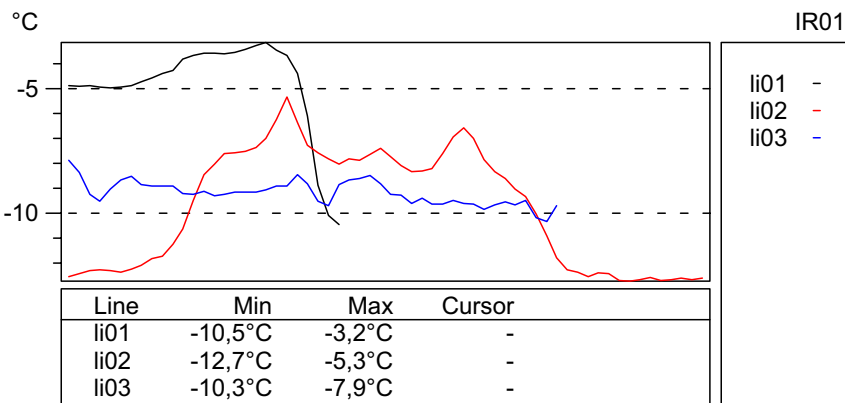
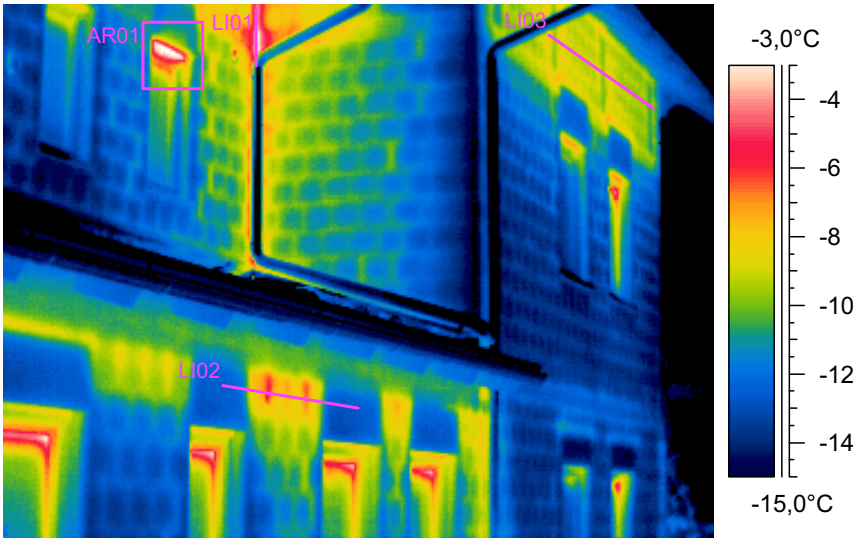
Leicht erhöhte Wärmeverluste im Obergeschoß. Aufgrund der Bauweise ist die wahrscheinliche Ursache hierfür in einer höheren Raumtemperatur im Obergeschoß zu suchen.
Gute Dämmwirkung im Bereich Fenstersturz, auch die Fenster weisen eine gute thermische Qualität auf.



Label	Value
LI01 : max	-7,9°C
LI01 : min	-11,1°C
LI02 : max	-7,9°C
LI02 : min	-13,4°C
AR01 : max	-3,8°C
AR01 : min	-13,5°C



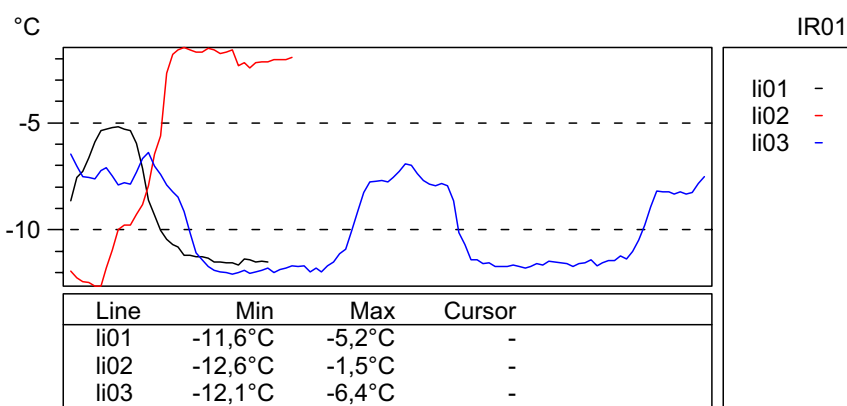
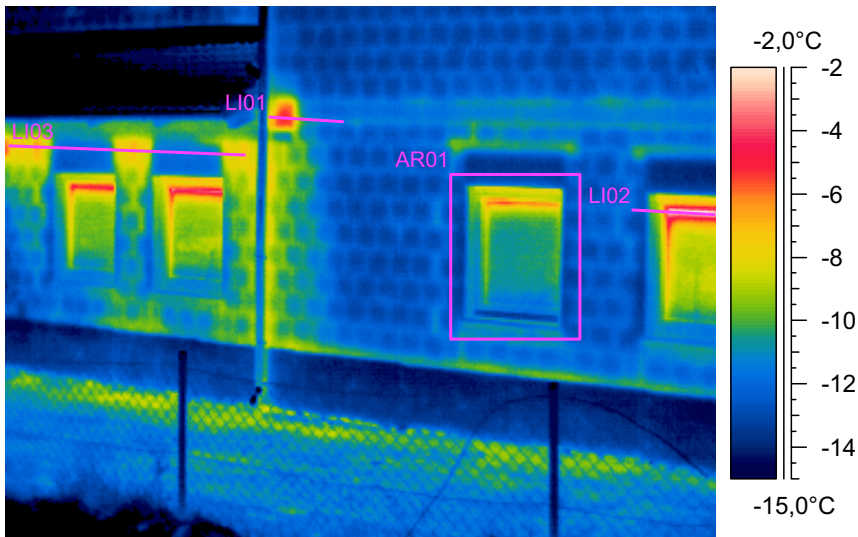
Guter Dämmstandard, insbesondere im Sockelbereich. Etwas höhere Wärmeverluste im Bereich der Fenster sowie bei der Geschossdecke und im Bereich der Dachrinne (LI01; -7,9°C bei rd. -11,4°C Außentemperatur).



Label	Value
LI01 : max	-3,2°C
LI01 : min	-10,5°C
LI02 : max	-5,3°C
LI02 : min	-12,7°C
LI03 : max	-7,9°C
LI03 : min	-10,3°C
AR01 : max	-2,5°C
AR01 : min	-12,3°C



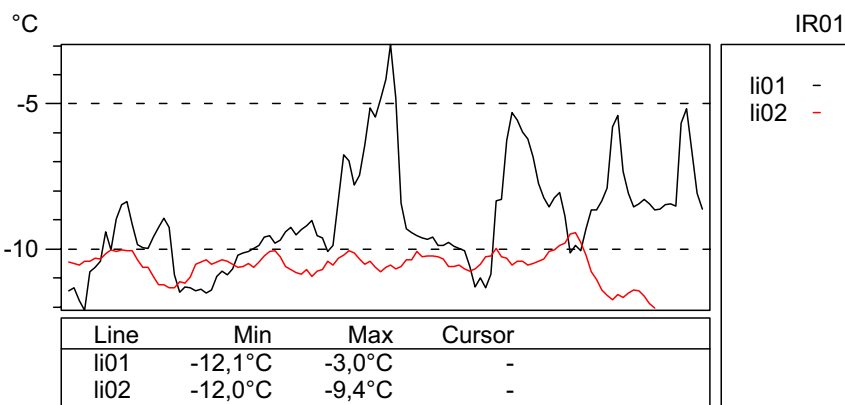
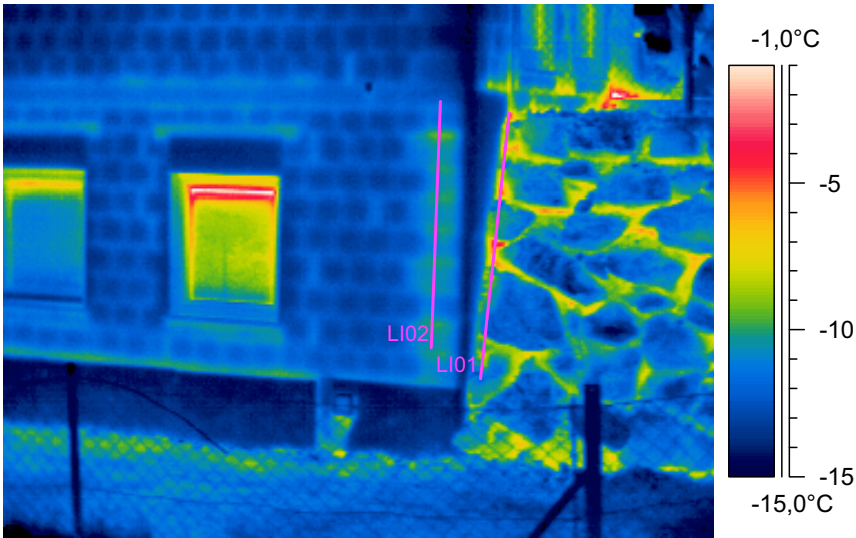
Wärmeverluste im Bereich der Geschossdecke zwischen den Fensterstürzen.
 Im geschützten Bereich des Rücksprungs (Dachrinne) besonders am oberen Rand leichte Wärmebrücken (Oberflächentemperatur -3,2°C bei -11,4 Außentemperatur). Weiters ist ein undichtes (oder nicht ganz geschlossenes) Fenster im oberen Geschoss erkennbar (AR01).



Label	Value
LI01 : max	-5,2°C
LI01 : min	-11,6°C
LI02 : max	-1,5°C
LI02 : min	-12,6°C
LI03 : max	-6,4°C
LI03 : min	-12,1°C
AR01 : max	-5,3°C
AR01 : min	-13,6°C



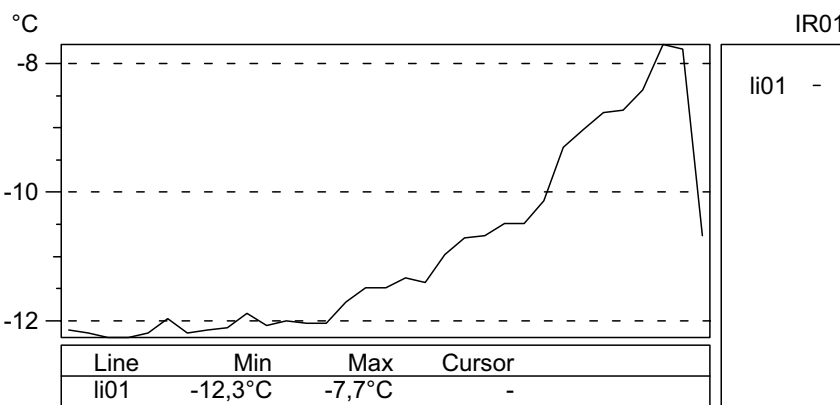
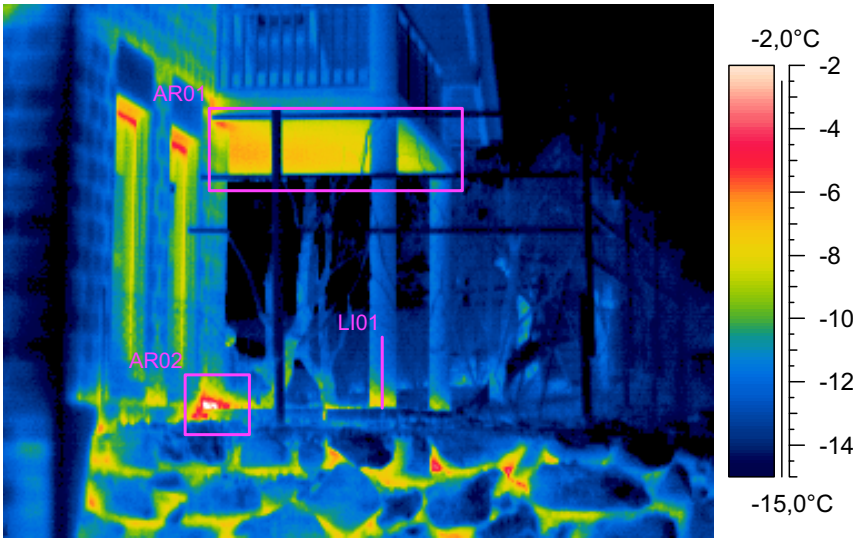
im Bild sind vereinzelt kleine Wärmebrückenbereiche zu erkennen (LI01, LI03; rechts der Dachrinne Temperatur bis $-5,5^{\circ}\text{C}$ bei rd. $-11,4^{\circ}\text{C}$ Außentemperatur). Das Fenster rechts ist leicht undicht oder nicht ganz geschlossen (Oberflächentemperatur $-1,5^{\circ}\text{C}$). Ansonsten gute thermische Qualität von Mauer und Fenster (inkl. Anschlüsse).



Label	Value
LI01 : max	-3,0°C
LI01 : min	-12,1°C
LI02 : max	-9,4°C
LI02 : min	-12,0°C



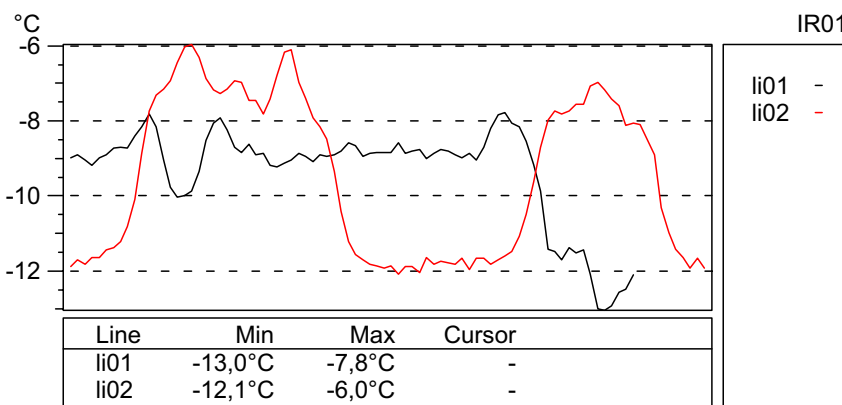
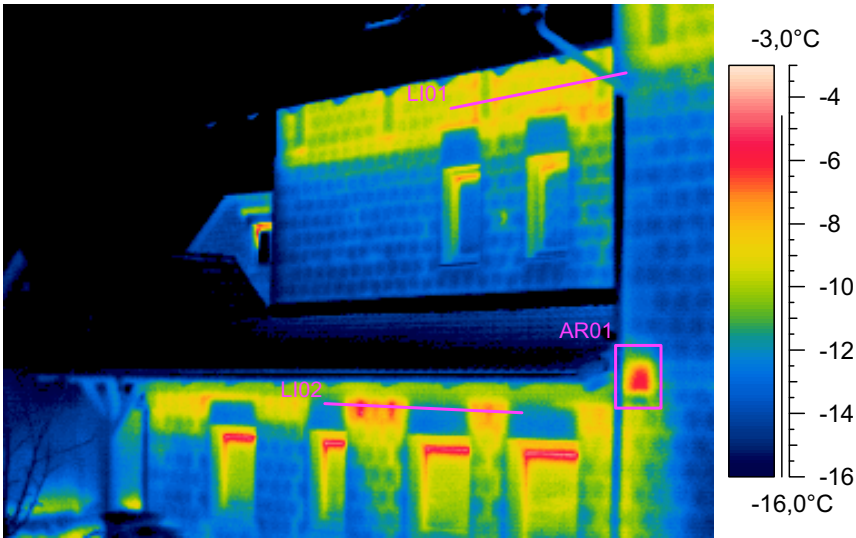
Guter Dämmstandard beim Mauerwerk. Im Bereich der Aufschüttung der Terrasse (rechts im Bild) ist unterhalb der großen Steinblöcke die Wärmespeicherung der Steine etwas höhere Wärmeverluste im Bereich der Mauer zu beobachten (Oberflächentemperatur nur -6°C). Kommentar zum Fenster siehe Seite 7.



Label	Value
LI01 : max	-7,7°C
LI01 : min	-12,3°C
AR01 : max	-5,6°C
AR01 : min	*-40,7°C
AR02 : max	1,0°C
AR02 : min	-14,2°C



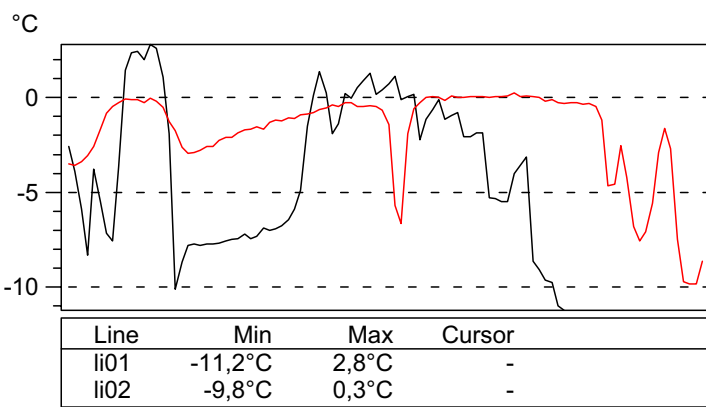
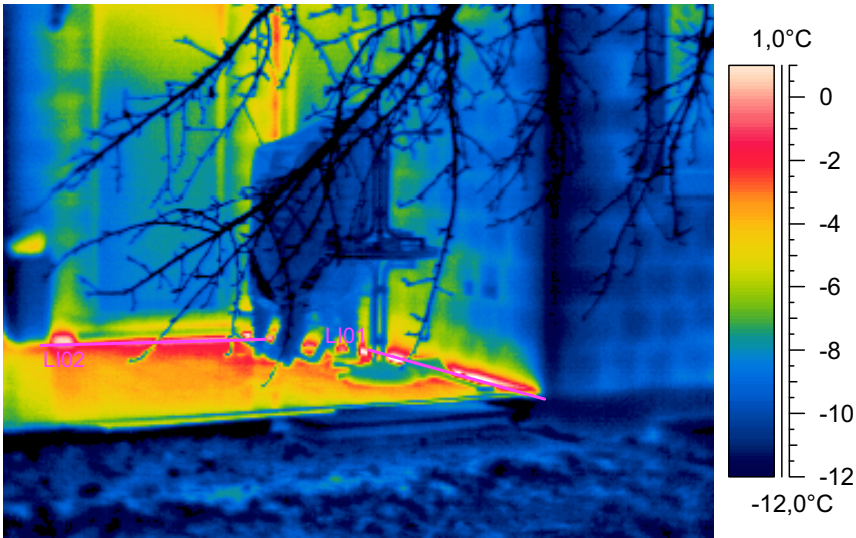
An der Unterseite der ausragenden Balkondecke ist eine erhöhte Temperatur zu beobachten - die Wärmeabstrahlung und durch wärmere Luft im Bereich der Terrasse wird reflektiert. Weiters sind geringe Wärmebrücken am unteren Ende der Stützen sichtbar, die durch Weiterleitung der Wärme aus dem Terrassenboden entstehen. Weiters ist eine Wärmebrücke im Bereich Anschluss des Terrassenbodens zum Mauerwerk erkennbar.



Label	Value
LI01 : max	-7,8°C
LI01 : min	-13,0°C
LI02 : max	-6,0°C
LI02 : min	-12,1°C
AR01 : max	-5,7°C
AR01 : min	-14,7°C



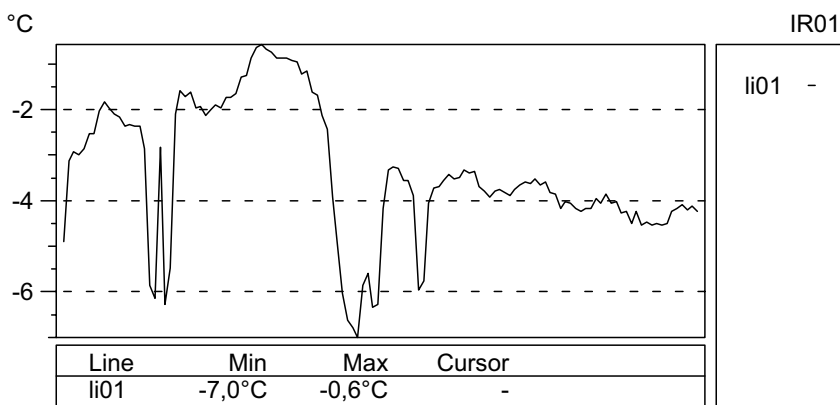
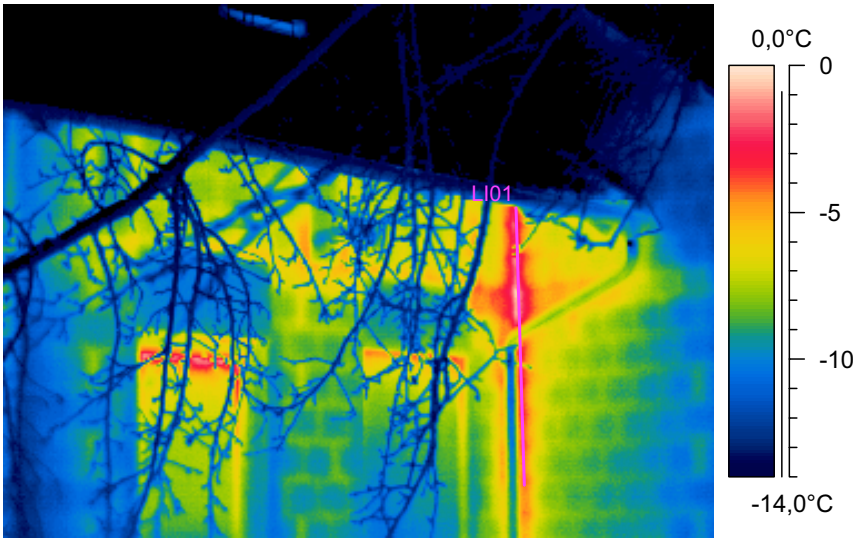
Wärmeverluste im Bereich zwischen den Fensterstürzen wie vorher beschrieben. Höhere Oberflächentemperaturen der Mauer im Dachgeschoß lässt auf eine höhere Innentemperatur als in den anderen Geschossen schließen und ist teilweise auf die geringere Wärmeabstrahlung auf Grund des Dachvorsprungs zurückzuführen.



Label	Value
LI01 : max	2,8°C
LI01 : min	-11,2°C
LI02 : max	0,3°C
LI02 : min	-9,8°C



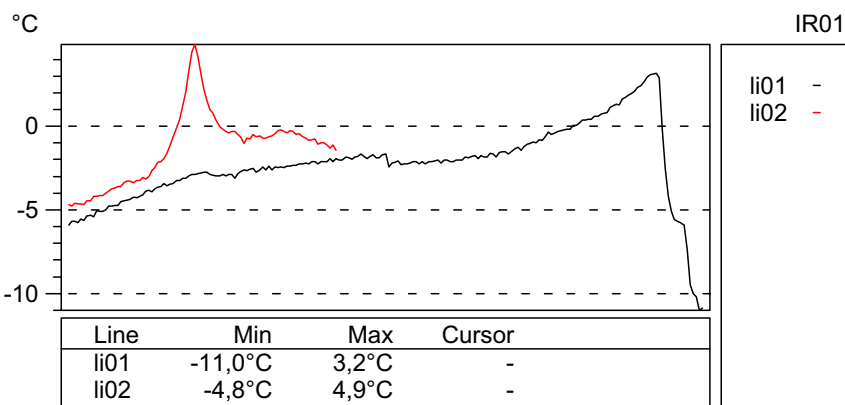
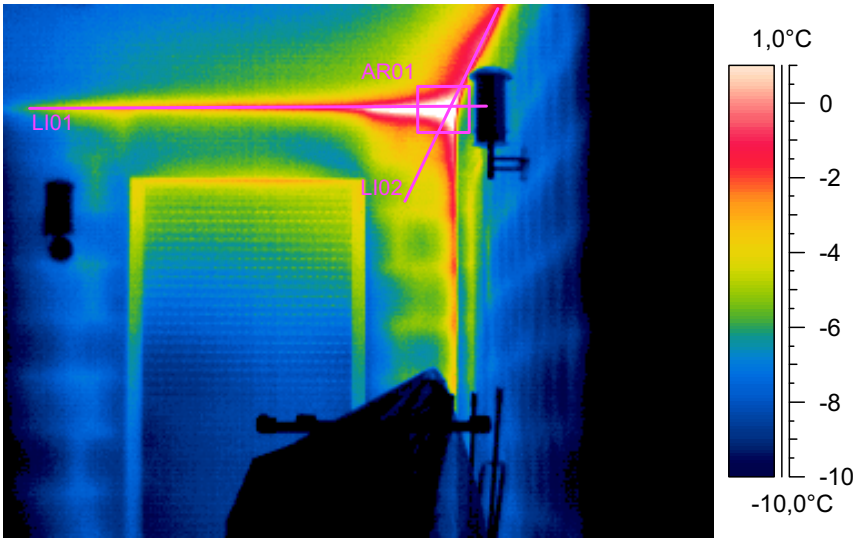
Im Bereich der Terrasse sind deutliche Wärmebrücken am Boden zu erkennen, die Dämmung dürfte in diesem Bereich zu gering sein - Temperaturen von bis zu +2,8°C weisen auf nennenswerte Wärmeverluste in diesem Bereich hin.



Label	Value
LI01 : max	-0,6°C
LI01 : min	-7,0°C



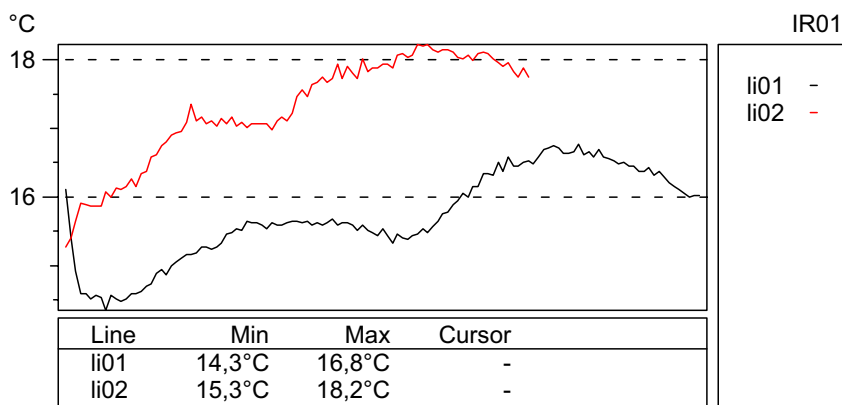
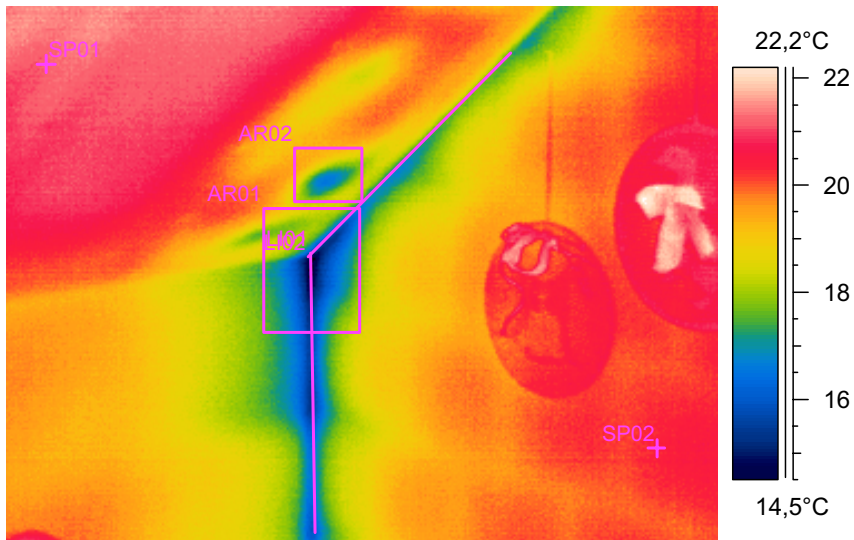
Wärmebrücke an der Innenkante des Rücksprunges, bei der besonders im Bereich der Geschosdecke etwas höhere Wärmeverluste auftreten (LI01) (auf das Gesamtgebäude gesehen geringe Bedeutung). Temperaturen von bis zu $-0,6^{\circ}\text{C}$ deuten im Vergleich zum ansonsten guten Dämmstandard des Gebäudes auf ungewöhnliche Wärmeverluste hin, möglicherweise wurde hier ein Teil der Deckenrost-Dämmung vergessen.



Label	Value
LI01 : max	3,2°C
LI01 : min	-11,0°C
LI02 : max	4,9°C
LI02 : min	-4,8°C
AR01 : max	5,0°C
AR01 : min	-6,3°C

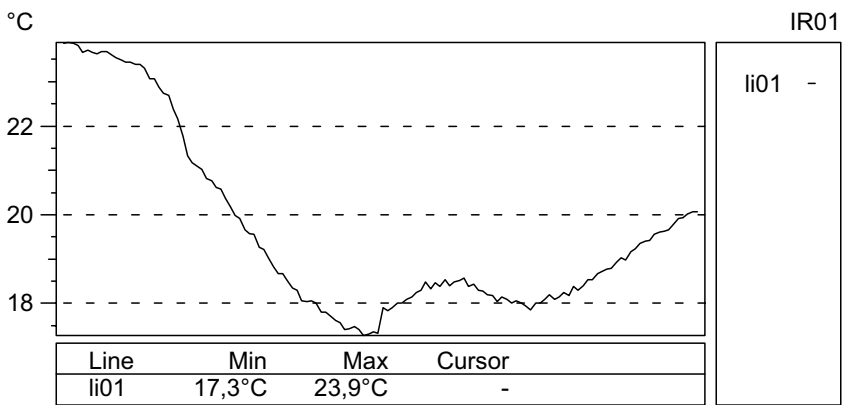
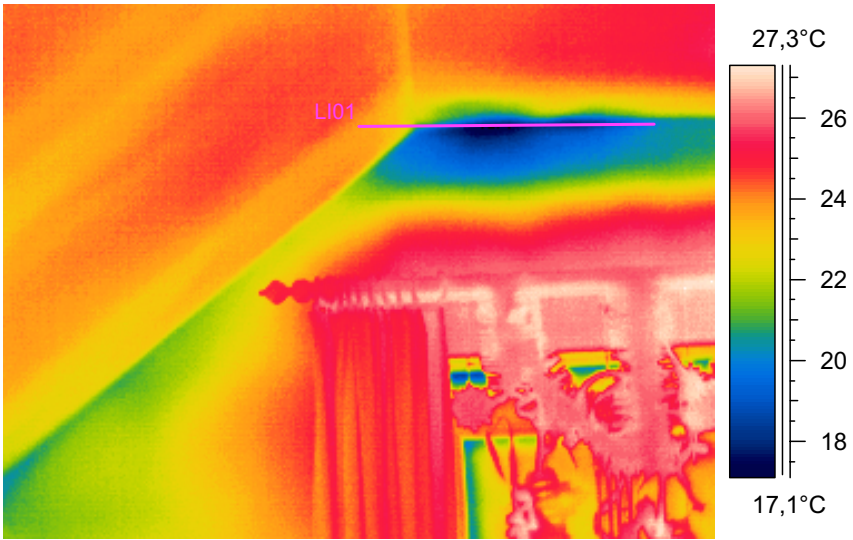


Geschützte Ecke im Bereich der Terasse, bei der relativ hohe Temperaturen gemessen wurden (bis + 5,0°C) - Punktuelle Wärmebrücke mit deutlichen Wärmeverlusten, die notwendige thermische Trennung zwischen Geschossdecke und Balkonauskragung ist in diesem Bereich nicht oder nur kaum gegeben.



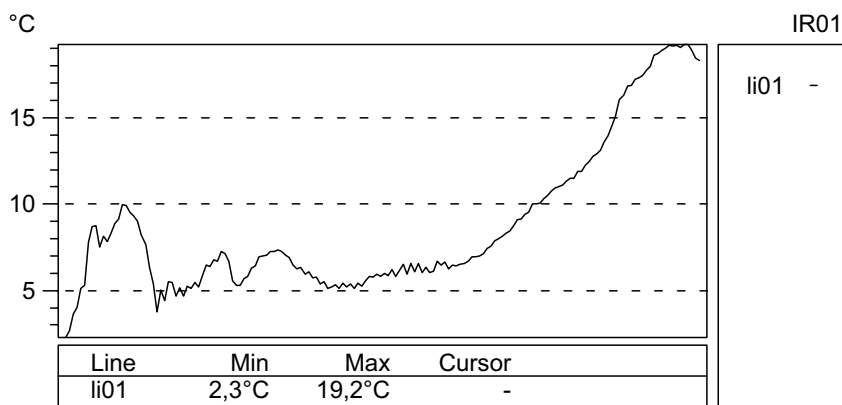
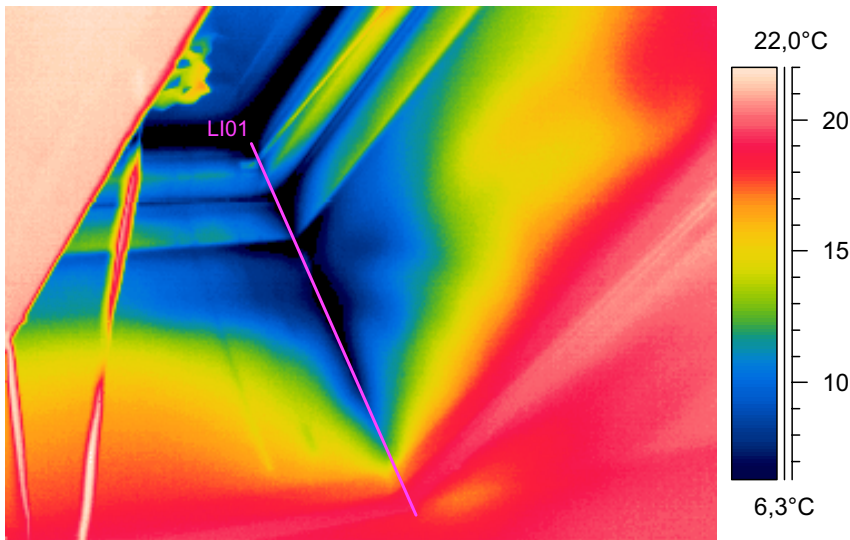
Label	Value
SP01	21,2°C
SP02	20,4°C
LI01 : max	16,8°C
LI01 : min	14,3°C
LI02 : max	18,2°C
LI02 : min	15,3°C
AR01 : max	19,7°C
AR01 : min	14,3°C
AR02 : max	19,6°C
AR02 : min	16,6°C

Innenaufnahme im Dachgeschoß (Kinderzimmer). In der Ecke treten Temperaturen von minimal +15,1°C auf, trotz der etwas niedrigeren Temperatur ist an dieser Stelle nicht mit kondensierender Luftfeuchte (ab ca. 9-10°C) zu rechnen - die Temperatur liegt im Toleranzbereich der Normaltemperatur. Es sind leichte Unterschiede in der Dämmwirkung zwischen den Dachsparren (im Randbereich) zu erkennen (Oberflächentemperatur zwischen +16,6 und 21,2°C). Die Temperatur der übrigen Wand im Bereich von 20,4°C bis 21,2°C (Hinweis für sehr gute Dämmwirkung und behagliche Oberflächentemperaturen).



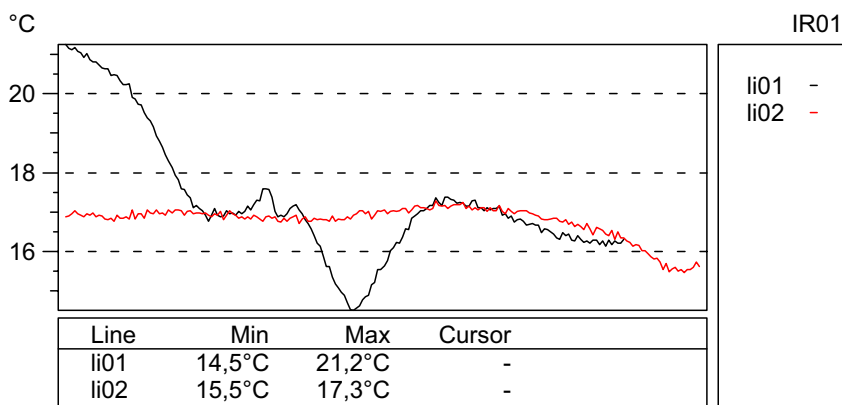
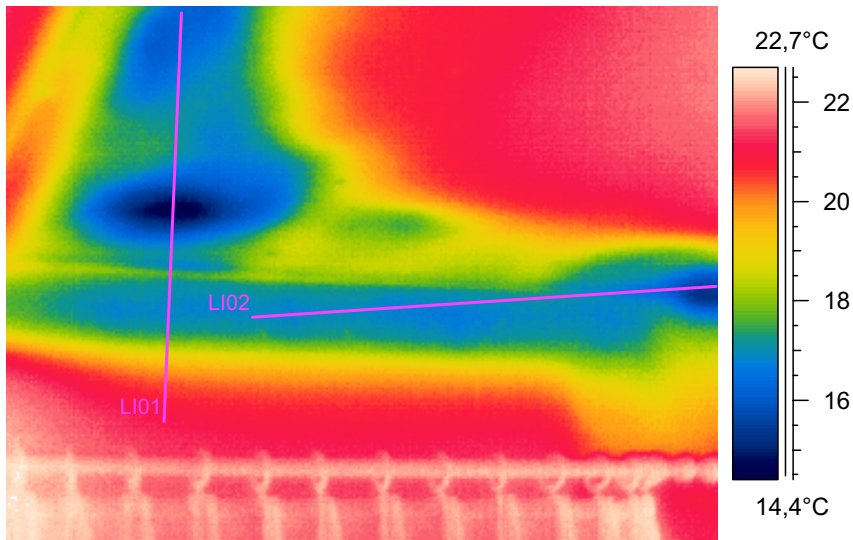
Label	Value
LI01 : max	23,9°C
LI01 : min	17,3°C

Beschreibung siehe vorherige Seite, die Minimaltemperatur an dieser Stelle liegt bei 17,3°C und ist innerhalb des Toleranzbereiches für normale Oberflächentemperaturen.



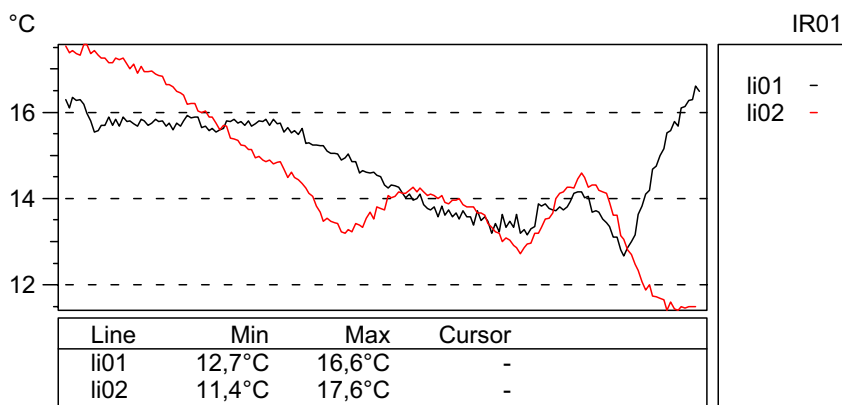
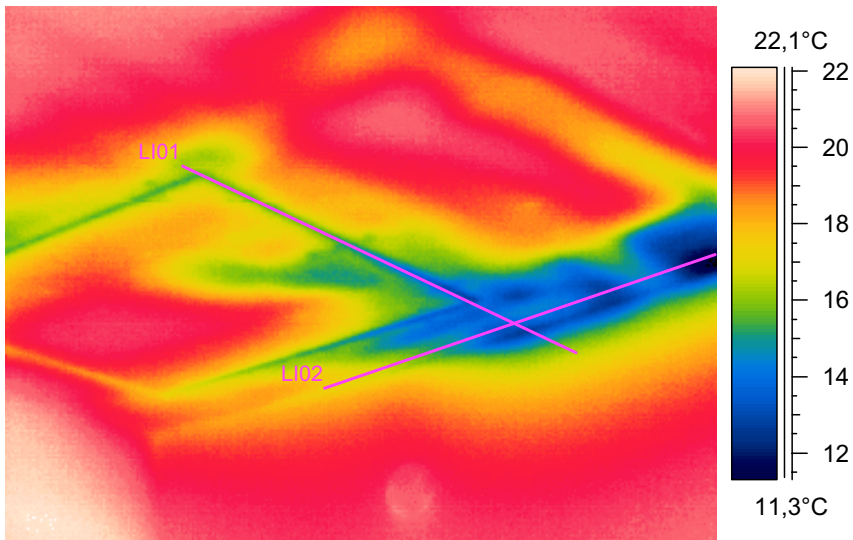
Label	Value
LI01 : max	19,2°C
LI01 : min	2,3°C

Aufnahme eines Dachfensters. Gut zu erkennen ist der Temperaturverlauf von 2,3°C am Rahmen bis 19,2°C an der Innenmauer. Im Bereich des Rahmens und der Laibung treten Temperaturen auf, die unterhalb des Taupunktes liegen. An diesen Stellen müssen zur Vermeidung von Kondensat-Feuchtigkeit und Schimmelbildung Maßnahmen zur Erhöhung der Oberflächentemperatur getroffen werden. Die Dämmung ist in teilbereichen rund um das Dachfenster mangelhaft.



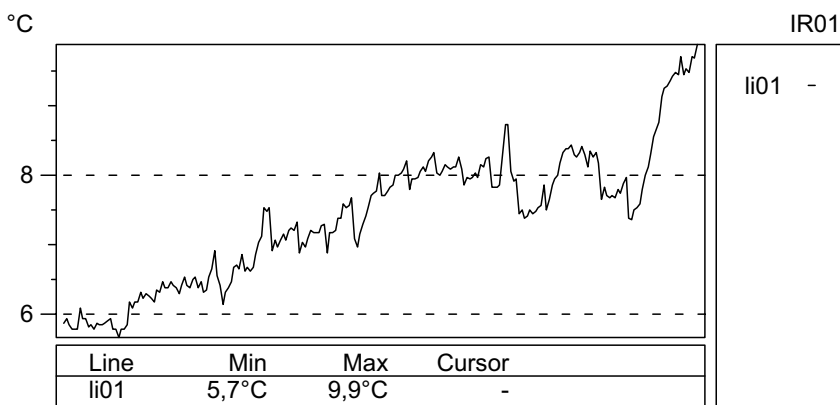
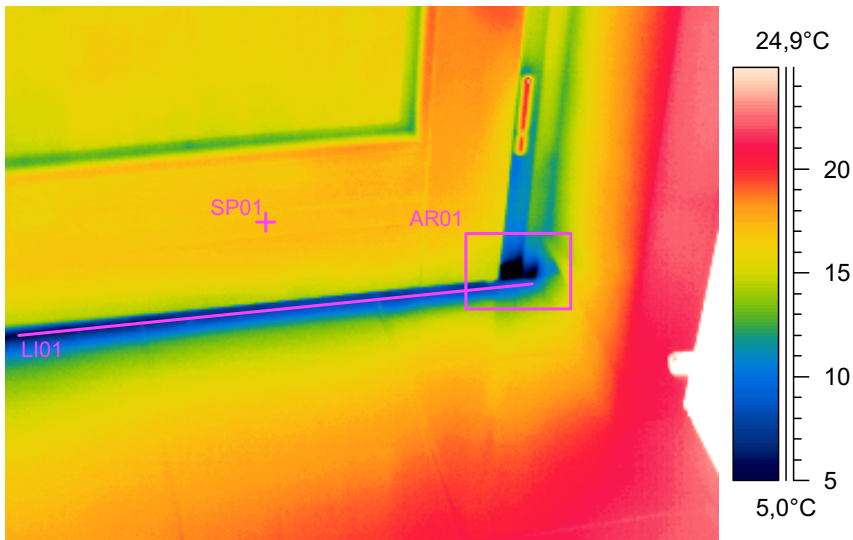
Label	Value
LI01 : max	21,2°C
LI01 : min	14,5°C
LI02 : max	17,3°C
LI02 : min	15,5°C

Unterschiedliche Dämmwirkung im Bereich Leichtkonstruktion (Decke zum Dachraum). Es treten Temperaturen von minimal +14,5°C auf, die Raumtemperatur beträgt dabei rd. 21,2°C. An einzelnen Stellen ist möglicherweise weniger Dämmung oder feuchtes Dämmmaterial (Kondensat?) vorhanden. Die Oberflächentemperatur liegt zum Zeitpunkt der Aufnahmen über dem Taupunkt.



Label	Value
LI01 : max	16,6°C
LI01 : min	12,7°C
LI02 : max	17,6°C
LI02 : min	11,4°C

Wärmebrücke, verursacht durch die ehemalige Einstiegs Luke zum Dachbereich (wurde verschlossen). Auffallend ist die Fortsetzung der Wärmebrücke am rechten Bildrand (Temperaturen von minimal 11,4° C), an dieser Stelle ist die Dämmwirkung teilweise nicht ausreichend. Die Oberflächentemperatur ist nahe dem Taupunkt, bei noch kälteren Außentemperaturen ist die Gefahr von Kondensat in diesem Bereich gegeben.



Label	Value
SP01	17,2°C
LI01 : max	9,9°C
LI01 : min	5,7°C
AR01 : max	16,7°C
AR01 : min	-1,0°C

Leichte Undichtheiten im Bereich der Terrassentüre bzw. fehlende Dämmwirkung beim Türrahmen. An dieser Stelle wurden sehr niedrige Temperaturen gemessen (rechter unterer Rand der Türe: -1,0°C an der Innenseite!). Die Türe selbst weist einen guten thermischen Standard auf.

Bericht über die Thermografische Analyse des Hauses Kirchweg 79, 8010 Graz
Vereinfachte Prüfung gemäß ÖNORM EN 13187

Auftraggeber: Peter Muster, Kirchweg 79, 8010 Graz

Prüfgegenstand: Einfamilienhaus

Gebäudekonstruktion: Drei ausgebaute und beheizte Geschosse (EG + ausgebautes Dachgeschoss und Kellergeschoss); Außenwände 45 cm porosierter Hochlochziegel beidseitig verputzt, Dachschräge in Leichtbauweise (Gipskarton-Innenschale, Wärmedämmung zwischen Dachsparren)

Datum und Uhrzeit der Prüfung: 23.01.2004, zwischen 05:38 und 06:58.

Innenlufttemperatur während der Prüfung (Referenzraum): +22,5 bis +22,9°C

Außentemperatur während der Prüfung: -11,7 bis -11,1°C

Temperaturdifferenz im Messzeitraum: 34,0 bis 34,2°C

Windgeschwindigkeit im Messzeitraum: 0 bis 3,8 km/h, Durchschnitt 0,1 km/h aus Südwest;

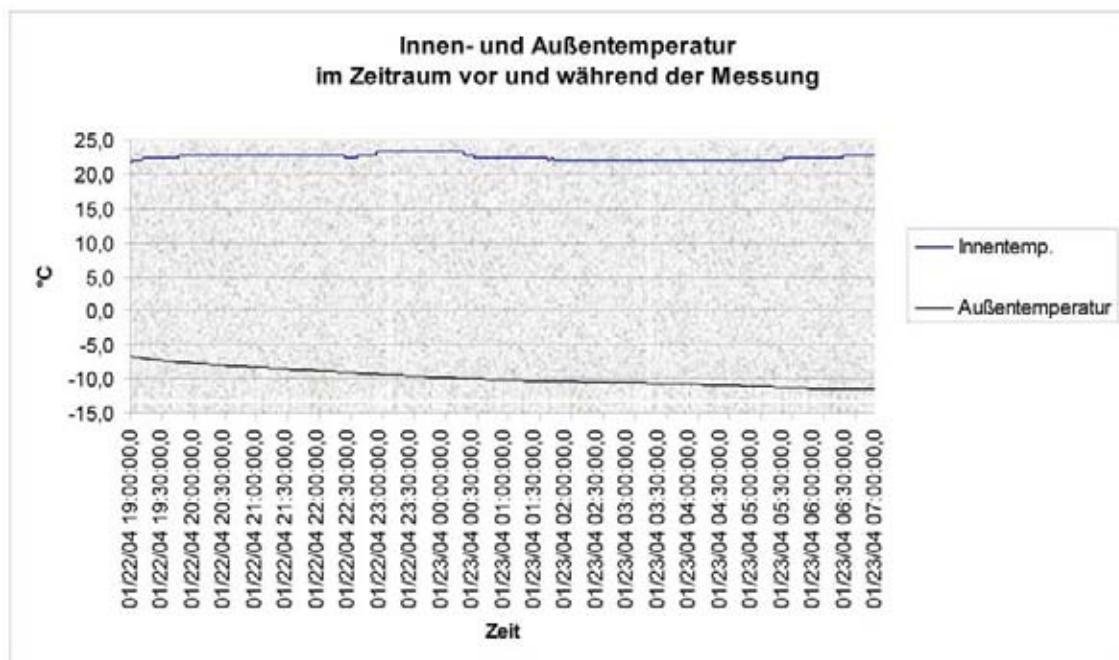
Meßgerät: Kaindl Windwaster 2

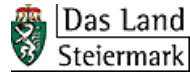
Kamerasystem: FLIR ThermaCam PM 695

Ser.-Nr.: 15100065

Kameralinse: f = 24 mm

Messgerät für Temperatur und Luftfeuchte: Onset HOBO H08-004-02





Merkblatt Thermografie

MERKBLATT zur THERMOGRAPHIE QUALITÄTSELEMENTE UND MINDESTANFORDERUNGEN

Was ist bei Thermographie-Aufnahmen zu beachten?

Bei der Vorbereitung:

- Hochwertige Ausrüstung wählen, Kamera mit hoher thermischer Empfindlichkeit ($< 0,10^{\circ}\text{C}$) und Messgenauigkeit ($\pm 2\%$, $\pm 2^{\circ}\text{C}$), Betrieb auch bei unter -15°C möglich (hochwertiger Akku!), automatische Kalibrierung während der Aufnahmen
- Objekt bereits vor den Aufnahmen kennen lernen (Pläne, Baubeschreibungen, Standort etc.)
- Ausreichende Beheizung des Gebäudes (mindestens 12-24 Stunden vor den Aufnahmen)
- Fundierte Kenntnisse im Bereich Bauphysik, Strahlungsphysik, Gebäudetechnik und Messtechnik sind erforderlich!

Bei der Durchführung:

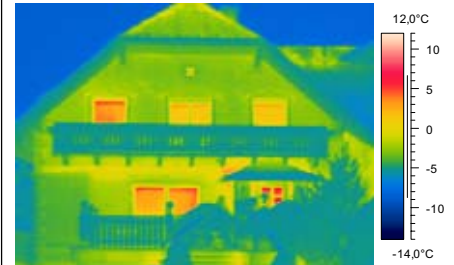
- Temperaturdifferenz zwischen innen und außen mindestens 20°C über mindestens 12 Stunden
- Die Temperaturschwankung während 12 Stunden vor den Messungen soll weniger als 30 % betragen
- Gleichmäßige Temperatur im Gebäude
- Aufzeichnung von Außen- und Innentemperatur, Windgeschwindigkeit
- Windgeschwindigkeit unter 1m/s
- Außen- und Innenaufnahmen anfertigen: Nicht jede Schwachstelle zeigt sich von Außen – auch Innenaufnahmen sind notwendig (insbesondere bei hinterlüfteten Bauteilen ist nur Innenthermografie möglich)
- Durchführung von Zusatzmessungen bei Undichtheiten (Blower-Door-Test)
- Anfertigung von Normalfotos zur Zuordnung der Thermogramme
- Anfertigung eines genauen Untersuchungsprotokolls und Aufzeichnung der an der Kamera eingestellten Parameter

Achtung – verfälschende Störfaktoren:

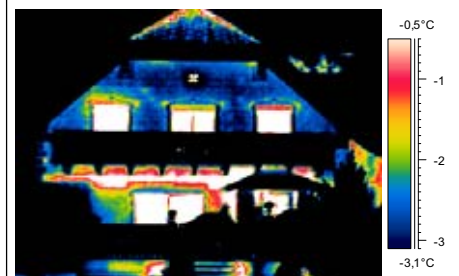
- Hohe Luftfeuchtigkeit (Nebel) und Feuchtigkeit (Niederschlag) auf der Gebäudehülle, Schneefall, Regen
- Sonneneinflüsse (daher Aufnahmen erst mindestens 6 Stunden nach Sonnenuntergang und nur vor Sonnenaufgang möglich)
- Spiegelungen und störende Wärmequellen im Außenbereich achten (z.B. Leuchten mit Glühlampen)

Bei der Auswertung:

Die richtige Wahl der Temperaturskala ist entscheidend!



Im Bild oben wurde für die Auswertung eine zu große Temperaturskala gewählt. Die tatsächlich vorhandenen Temperaturunterschiede sind nicht erkennbar!



Die Temperaturskala ist hier ebenfalls falsch eingestellt. Der Bereich wurde 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!



Die Temperaturskala soll bezüglich der Spreizung so gewählt werden, dass die in der untersuchten Fläche auftretenden Temperaturen möglichst deutlich unterschieden werden können. Die Endwerte werden so eingestellt, dass möglichst alle interessierenden Messpunkte dargestellt werden.