

Blower Door & Thermografie Qualitätssicherung für Gebäude

Günter Wind, TB für Physik,
panSolar >>> Expertennetzwerk

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein *panSol* > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Grundlagen der luftdichten Bauweise

Wo wird die Luftdichtheit gemessen?

- Niedrigenergiehäuser (Nachweis für die Förderung)
- Passivhäuser (Nachweis für die Förderung)
- Baumängel Zugluftempfinden)
- Bei Erstellung eines Sanierungskonzepts
- Hausankauf (Qualitätsüberprüfung)

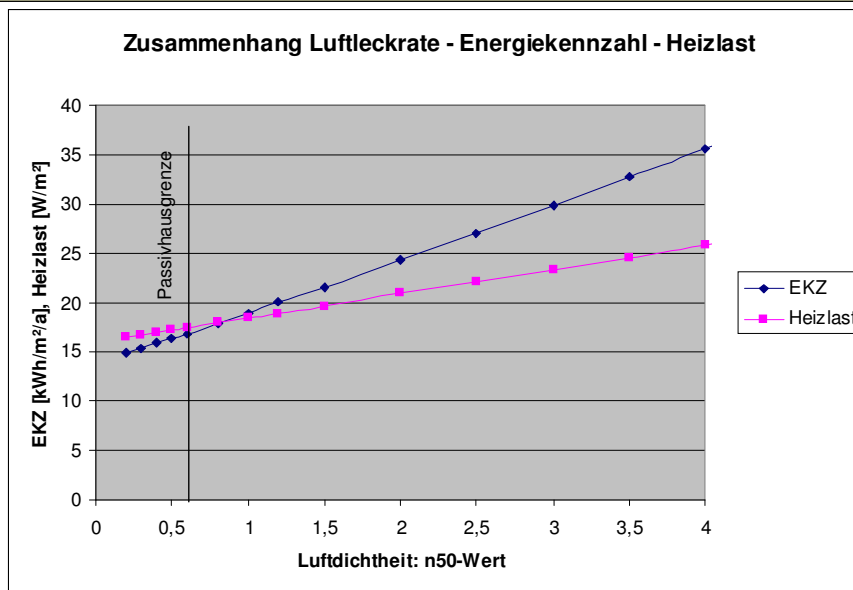
Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein *panSol* > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Heizkosteneinsparung durch Luftdichtheit

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at



Unbekümmertes Bauen kann den Energieverbrauch eines Passivhauses mehr als verdoppeln!

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Warum luftdicht bauen?

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

- Vermeidung von Bauschäden durch Tauwasserbildung innerhalb der Konstruktion
- Vermeidung von Wärmeverlusten durch Konvektion
- Verhinderung von unangenehmer Zugluft
- Kontrollierte Luftwechselrate bei NEH und PH
- Funktionsgewährleistung bei kontrollierter Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung
- Kein Einströmen von Luft aus Erdreich (ev. belasten mit Radon und Schimmelpilzen)
- Sommerlicher Wärmeschutz – Nachströmung aus heißem Dachbereich verhindern.
- Verbesserung des Luftschallschutzes

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Luftdichte Ebenen

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

Luftdichte Ebenen sind:

- Dampfbremse
- Innenputz
- Rohbetondecke
- Unterschiedliche Bauteilkonstruktionen müssen dauerhaft dicht miteinander verbunden sein.

Flächen der luftdichten Ebene möglichst klein halten und möglichst wenige Durchdringungen (Installationen)

Bereits in der Planung die luftdichte Ebene festlegen!

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780

E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

luftdicht / dampfdicht / winddicht

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

Luftdichtheit:

- Dichtheit gegen Luftdurchströmung (Konvektion)

Dampfdichtheit:

- unterbindet das Eindringen von Wasserdampf in die Baukonstruktion unterbinden (Wasserdampf kann durch luftdichte diffusionsoffenen Folien eindringen und Bauschäden verursachen).

Winddichtheit:

- muss an der Außenseite des Bauteils hergestellt werden, damit der Dämmstoff nicht mit kalter Luft „gespült wird“ (U-Wert-Verschlechterung!)

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780

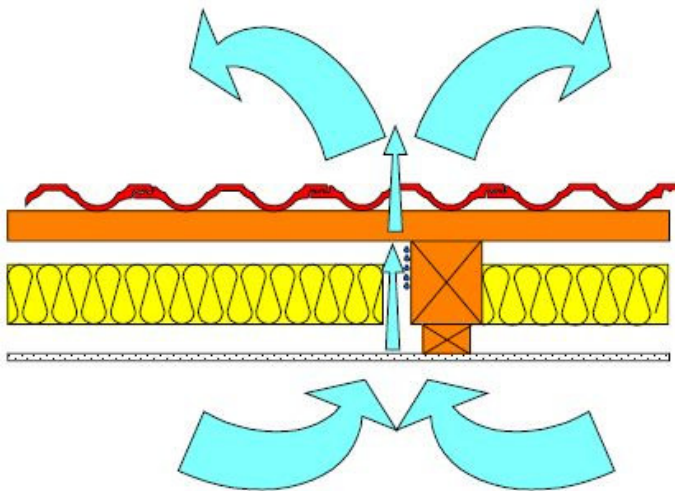
E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Folgen von Undichtheiten

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at



Beispiel: 2mm breite Fuge in luftdichter Ebene

- warme (feuchte) Raumluft strömt durch Fuge: 15m³ pro Stunde
- 0,13 Liter/(m.h) pro Laufmeter und Stunde Feuchtigkeit strömt in die Baukonstruktion

Wasserdampf kann an kalten Außenbauteilen kondensieren.

=> Gefahr von Bauschaden, Schimmelbildung

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Luftundichtheit

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

Luftundichtheit ist ein versteckter Mangel

- Bei Bauübergabe oft unbemerkt
- Mangel wird erst bei unerwartet hohen Energiekosten, Schimmelbildung und Bauschäden bemerkt.
- Versteckte Mängel – Haftung bis zu 30 Jahren!

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Anordnung der luftdichten Ebenen

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

In der Regel auf Innenseite der Außenbauteile

- wenn Dampfbremse/Dampfsperre, dann ist diese die luftdichte Ebene
- Massivwand/decke:
Innenputz ist luftdichte Ebene

Regel: innen dampfdichter als außen

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Luftdichte Ebenen beim Ziegelbau

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

Massivwand/decke: Innenputz ist luftdichte Ebene

- luftdichte Unterputzdosen verwenden
- Wände hinter Vorwandinstallation und Schächte vor dem Einbau der Installation luftdicht verspachteln oder verputzen.
- Eindichten von Unterputzdosen & Installationen VOR dem Verputzen. Durchführungen plan schließen (Glattstrich) und mit Spezialdichtmasse eindichten; erst danach verputzen.
- Fensterlaibung, Tür laibungen, offenen Wandenden: mit Verputzmasse schließen - auch bei Innenwänden.
- Kamine vollflächig verputzen (kein Lüftungsgitter in luftdichter Hülle!)
- Fenstereinbau: Fugen dauerelastisch mit gewebeverstärkten Klebeband abdichten.
- Innenputz geschlossen von Rohdecke bis Decke
- ev. zusätzlich Verspachtelung auf Außenseite zwischen Wand und Dämmplatten

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Luftdichte Ebenen - Riegelbau

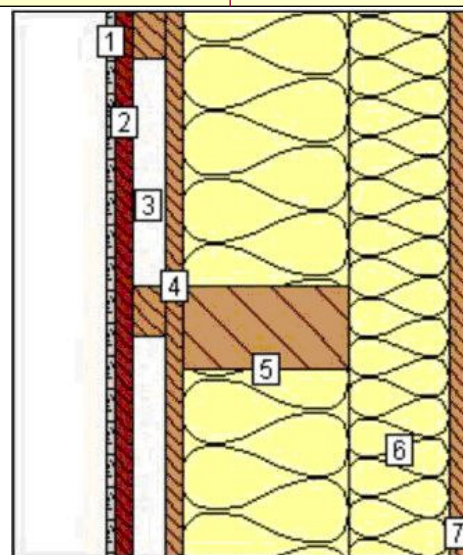
panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

Leichtbau, Leichtbauanschlüsse:

- Luftdichte Ebene ist Dampfbremse
- Stöße sorgfältig mit geeignetem dauerhaften Klebeband abdichten
- Jede Durchdringung der Dampfbremse sorgfältig eindichten
- Übergang zu Massivwänden, Decken, ...: Folie mit Spezialdichtmasse auf Massivbauteil luftdicht verkleben.



4 ... Dampfbremse
(OSB-Platte, Stöße verklebt!)

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Normen und Grenzwerte

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

EN 13829:

- Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden
- Gebäude wird unter Druck/Unterdruck gesetzt und der Luftverlust gemessen.

ÖNORM B8110-5: Anforderung an Luftdichtheit:

- Herkömmliche Gebäude ohne mechanisch Lüftung:
 $n_{50} = 3,0 / h$
- Niedrigenergie-Gebäude: $n_{50} = 1,5 / h$
- Passivhäuser: $n_{50} = 0,6 / h$

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Förderungen

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

Ökobonus bei Wohnbauförderungen:

EKZ max. 50kWh/m²/a

- Wien: $n_{50} < 1,5 / h$
- NÖ, Bgld: $n_{50} < 1,0 / h$

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

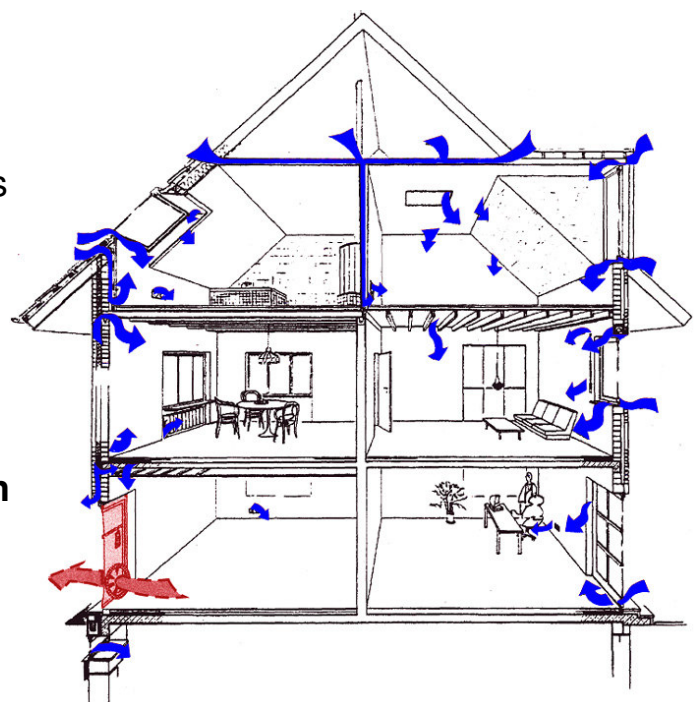
Luftdichtheitsprüfung

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

- Das beheizte Innenvolumen des Gebäudes wird in Über- und Unterdruck gesetzt.
- Einbau des Messgerätes: Eingangstür, Kellertür, Fenster
- Volumen wird vor Messung errechnet
- **Leckvolumenstrom gemessen und ausgewertet**



Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Messzeitpunkt bei Neubau:

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

Verfahren B (Bauphasenmessung):

- dient zur frühzeitigen Erkennung von Mängel
- unmittelbar nach Herstellung der luftdichten Hülle
- eventuelle Öffnungen (Luftkanäle, ...) werden bei Messung abgedichtet.
- Zeitpunkt erlaubt genauere Ortung und Behebung von Undichtigkeiten, wegen besserer Zugänglichkeit

Verfahren A (Endmessung):

- Relevant für Energieausweis und Förderstellen
- Gebäude bereits im Nutzungszustand (Fußböden, Wände, Decken, Installationen fertig)
- Achtung:
Mängelbehebung meist nur mehr schwer möglich!



Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Leckageortung bei Neubau

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

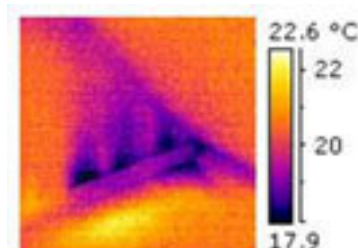
www.pansolar.at

Gebäude wird im Unterdruck (50 Pa) gehalten

- Aufspüren von Undichtigkeiten mittels Anemometer an kritischen Stellen:
z.B. Wandanschlüsse, Übergängen Massiv und Leichtbau, Fenstereinbau, Fenster, Türen, Installationsdosen, Schächten, ...

- Bei mindestens 10°C Temperaturdifferenz (innen-außen) mittels Thermographiekamera:

Kaltluftstrom kann auch hinter Vorwandkonstruktionen verfolgt werden.



Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Thermografie

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

- Temperaturmessung durch Messung der Infrarotstrahlung, welche von den zu untersuchenden Objekt ausgeht
- Je höher die Temperatur des Objektes, umso kleiner die Wellenlänge der Wärmestrahlung (Infrarot-Farbe).
- Kamera analysiert in jedem Bildpunkt die Infrarotstrahlung, die vom Objekt ausgeht und ordnet jedem Bildpunkt seine Temperatur zu.
- Eine Thermographie-Aufnahme (160 x 120 Punkte) liefert 19.200 Temperaturmessungen mit 0,1 °C Auflösung
- Geringfügige Temperaturunterschiede sind im Bild rasch erkennbar

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

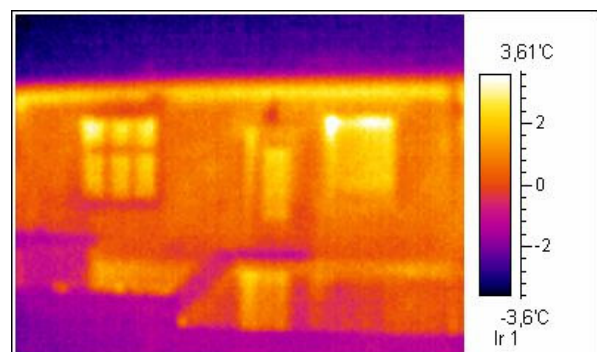
Wärmetechnische Untersuchungen am Gebäude

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

- Je geringer die Dämmung, umso niedriger die Temperatur an der Rauminnenseite bzw. umso höher die Temperatur an der Außenseite.
- => Rasche Prüfung des Dammstandards eines Gebäudes.
überschlägige Bestimmung des U-Wert bei unbekanntem Bauteilaufbauten bestehender Gebäude.



Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Wärmetechnische Untersuchungen am Gebäude

panSolar >>>

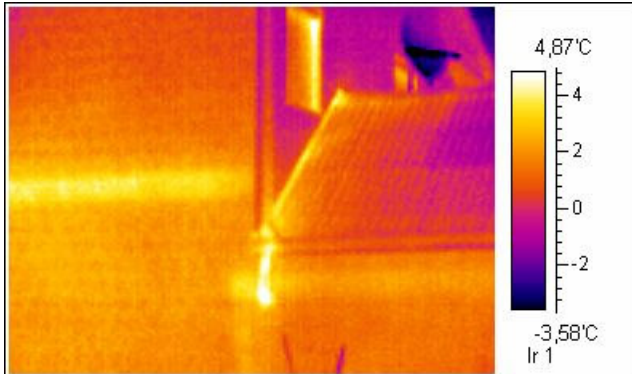
>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

Ausführungsqualität der Dämmung prüfen:

Wärmebrücken, „Lecks in der Dämmung“ sind einfach aufzuspüren.

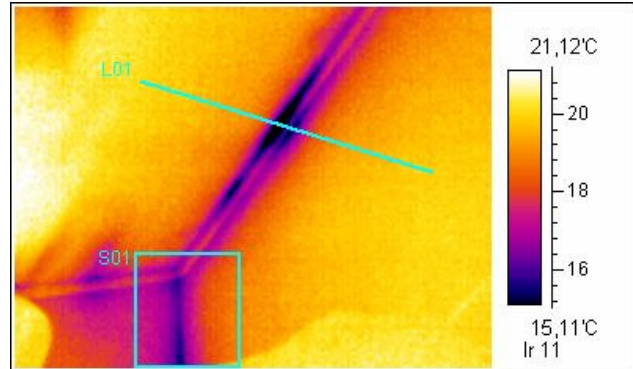
hier: Wärmebrücke bei Dachanschluss, ...



Undichte Dampfbremsen

verursachen Feuchtigkeit in der Dämmung:
der verringerte Dämmwert kann im Thermobild erkannt werden.

Label	Value
L01:Max	20,17°C
L01:Min	12,67°C



Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

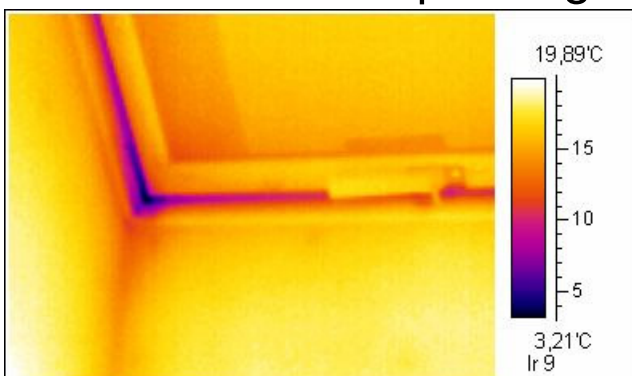
Wärmetechnische Untersuchungen am Gebäude

panSolar >>>

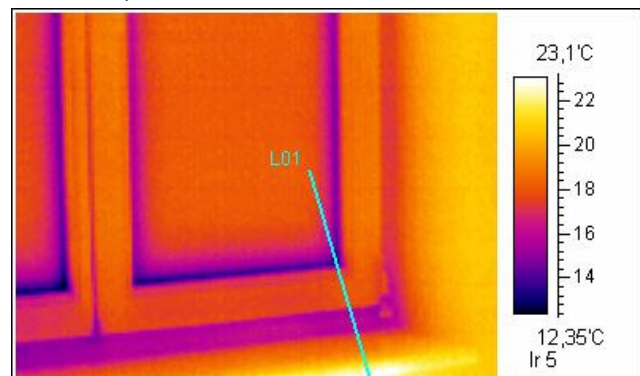
>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

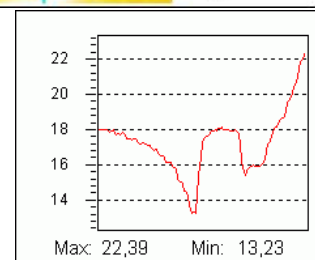
Überprüfung Fenster, Türen



Undichte Fugen (hier $T=5^{\circ}\text{C}$)
verursacht Kondensat und
Pilzbefall



Wärmedämm-
verglasung mit
Alu-Verbundsteg.



Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Wärmetechnische Untersuchungen am Gebäude

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

Undichtigkeiten sind aufgrund von Temperaturdifferenzen erkennbar:

- Undichtigkeiten werden mit dem Blower-Door-Gebläse verstärkt und unter standardisierten Messbedingungen messbar.
- **Analyse der Herkunft von unangenehmer Zugluft**
Undichtigkeit und Austritt der Zugluft liegen bei Wänden mit Installationsebenen oft weit auseinander.
=> Thermographie macht den Kaltluftstrom auch hinter Verkleidungen sichtbar.

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

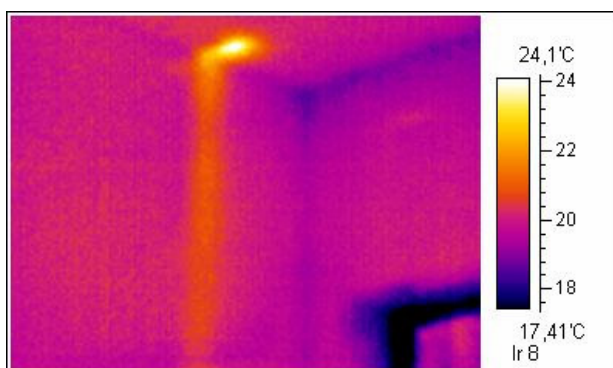
Weitere Untersuchungen am Gebäude

panSolar >>>

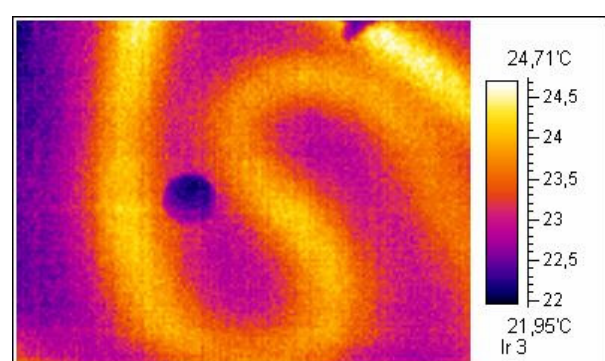
>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

- Wo ist das Rohr in der Wand bzw. im Fußboden?
- Wo dringt die Feuchtigkeit ins Bauteil ein?
- Gibt es einen schlechten Kontakt im Schaltschrank?



Gedämmtes Kunststoff-
Warmwasserrohr in Wand



Kunststoff-FB-Heizungsrohr im
Fußboden

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

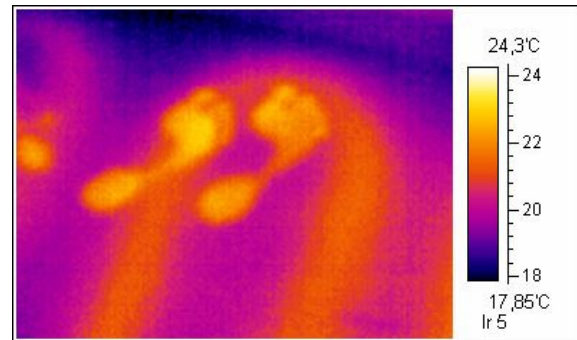
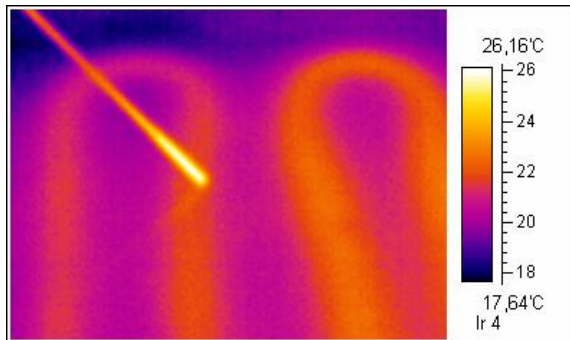
Weitere Untersuchungen am Gebäude

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

Wie sind die Heizkreise der Fußbodenheizung verlegt?



Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

Zusammenfassung

panSolar >>>

>>> expertennetzwerk
energie : umwelt : klimaschutz

www.pansolar.at

Qualitätschecks mittels Blower door & Thermografie

- Luftdichtheitsmessung für Energieausweis
- Qualität der Ausführung der Luftdichtigkeit
- Überprüfung, ob wärmebrückenfrei gedämmt wurden – Erkennen versteckter Lecks in der Dämmung (Fugen, Setzungen, mangelhafter Zuschnitt)
- Erkennen von Leck in der Dampfbremse
- Fenster und Türen: Überprüfung des vorschriftsmäßigen Einbaus; Erkennen thermischer Mängel (Glasrandverbund, Fensterdichtungen)
- Analyse des Zustand bestehender Gebäude (Dämmzustand, Dichtigkeit der Bauteile, Verlauf von Installationsleitungen)

Dr. Günter Wind, Techn. Büro für Physik - Verein **panSol** > Klimaschutz: Energie: Umwelt – SOL Nordbgld
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3, Tel.: +43 (0)59010 / 3780 E-Mail: g.wind@pansol.at Web: www.pansolar.at

- erspart negative Überraschungen
- erspart eine unerwünschte nachträgliche Baustelle...
- Kontrolle ist besser als Reparieren
- kostengünstige Qualitätskontrolle