

## 5.3 Verfahrensschritte

### 5.3.1 Vorkontrolle

Die gesamte Gebäudehülle ist jedes Mal nahe der höchsten Druckdifferenz, die bei der Prüfung auf große Lecks und auf das Versagen zeitweilig abgedichteter Öffnungen verwendet wird, zu prüfen. Werden solche Lecks entdeckt, sind sie ausführlich zu beschreiben.

# Leckageortung - In Norm und Praxis



# Die Inhalte

- Was fordern Normen und die Rilumi ?
- Wieviel Leckageortung braucht es?
- Wieviel kann Sinn machen? Ein Beispiel
- Welche Hilfsmittel gibt es zur Leckageortung?

# Die minimal Forderung der ISO 9972 und EN 13829 zur Leckageortung

## 5.3 Verfahrensschritte

### 5.3.1 Vorkontrolle

Die gesamte Gebäudehülle ist jedes Mal nahe der höchsten Druckdifferenz, die bei der Prüfung auf große Lecks und auf das Versagen zeitweilig abgedichteter Öffnungen verwendet wird, zu prüfen. Werden solche Lecks entdeckt, sind sie ausführlich zu beschreiben.

Seite 8  
EN 13829:2000

Die Schläuche zur Druckdifferenzmessung sollten nicht senkrecht verlegt werden. Die Schläuche dürfen keinen großen Temperaturunterschieden ausgesetzt sein (z. B. durch die Sonne).

## 5.3 Verfahrensschritte

### 5.3.1 Vorausgehende Prüfung

Ungefähr bei der höchsten für die Messung vorgesehenen Druckdifferenz ist die gesamte Gebäudehülle auf große Leckagen und fehlerhafte provisorische Abdichtungen zu untersuchen. Wenn solche Leckagen gefunden werden, sind sie genau zu protokollieren.

Alle fehlenden oder unzulänglichen provisorischen Abdichtungen, z. B. an Heizungs-, Lüftungs- oder Klimaanlage, müssen bei dieser Gelegenheit geeignet befestigt werden.

Es muss sichergestellt werden, dass Siphons in Abwasserleitungen mit Wasser gefüllt, oder die Leitungen abgedichtet sind.

# Ergänzend sagt die Rilumi 2011:

## Leckagensuche

## Anhang B

Die Bestimmung der *Luftwechselrate ist eine quantitative Messung*. Das Messresultat sagt aber nicht, wo denn die noch verbleibenden Leckstellen sind. Diese Frage kann mit der *qualitativen Lecksuche* beantwortet werden. Bei Problem- und Schadenfällen ist die Lecksuche meist zwingend, da nur so die Ursache gefunden werden kann.

Bei jeder Messung ist eine „kleine“ Lecksuche als **vorausgehende Prüfung** (vgl. Kap. 5) zwingend vorgeschrieben.

Wird vom Auftraggeber zusätzlich eine - nicht vorgeschriebene, aber empfohlene - Lecksuche mit Dokumentation der Leckstellen gefordert, so soll dafür gelten:

- Referenzdruck: 50 Pascal
- Lecksuche bei Unterdruck

Damit wird gewährleistet, dass bei der Visualisierung/Messung der Leckstellen stets die gleichen Ausgangsbedingungen herrschen. Je nach Situation werden so quantitative Leckagenvergleiche möglich. Werden die Leckstellen dokumentiert, so ist der dazugehörige Referenzdruck anzugeben.

Mittel zur Lecksuche und Visualisierung:

- von Hand (evtl. mit nassem Finger oder Handrücken)
- mit Strömungsprüfröhrchen
- mit Rauch (bei kleinen Leckstellen sind jedoch Rauchmaschinen meist ungeeignet)
- mit Anemometer (Messung der Luftgeschwindigkeit an der Oberfläche oder in definiertem Abstand)
- mit Wollfäden
- mit Infrarot-Thermografie (Achtung: Bei Wärmebrücken oft nur eindeutig mit IR-Subtraktionsbildern)

# Und sonst nichts weiter ?

Ein Zitat aus der SIA 180:2014

3.6.1.4

Einzelleckagen dürfen auch bei erfüllttem Grenzwert weder zu Schäden am Gebäude noch zur Verminderung der Behaglichkeit führen (z.B. infolge Zugluft, Geruch, Schall). Für sogenannte kritische Bauteile bezüglich Luftleckagen sind die Anforderungen an die Luftdichtheit speziell festzulegen oder es sind Luftdurchlässigkeitsklassen gemäss den Bauteilnormen (SN EN 12152, SN EN 12207, SN EN 12426, SN EN 13125) vorzugeben.

# Wann ist ein Schaden zu erwarten ?

... z.B. wenn Leckagen und Konvektion in der Dämmebene vorhanden sind, kann der damit verbundene Feuchteintrag, abhängig von der vorhanden Konstruktion, zu einer Auffeuchtung mit Schimmelbildung oder Holzschädigung führen.

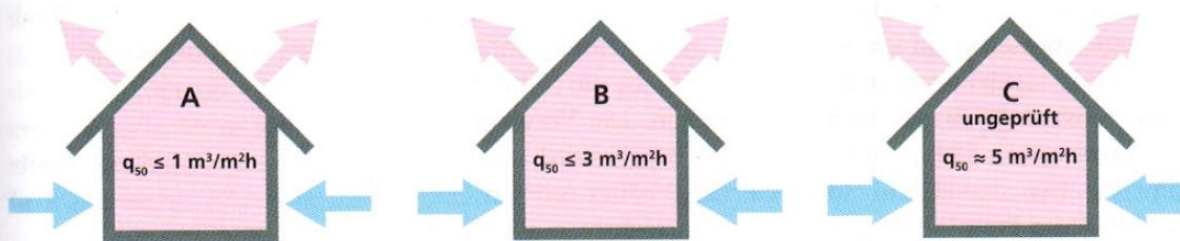


Abb. 1: Klassifizierung der Luftdichtheitsklassen (LDK) nach Fraunhofer Institut für Bauphysik

Höhe	Luftdichtheitsklasse (LDK)		
	A	B	C
5 m	37	110	183
8 m	60	177	293
12 m	90	263	440

Tab. 2: Jährliche konvektive Feuchtequellen ( $g/m^2$ ) in Abhängigkeit von der Luftdichtheitsklasse und der Höhe des Raumluftverbundes

Randbedingungen der WUFI®-Simulation: Klima Holzkirchen / normale Feuchtelast, Norddach 50°, 16 mm MDF, 240 mm Mifa 040,  $a=0,6$ ,  $\epsilon=0,9$ ,  $s_{di}=10m$ ).

Hinweis zur Verwendung der LDK bei EFH:

A: Geprüfte Dichtheit gemäß den Empfehlungen bei Einbau einer mechanischen Lüftung ( $n_{50} = 1 h^{-1}$ )

B: Geprüfte Dichtheit bei Gebäuden mit Fensterlüftung ( $n_{50} = 3 h^{-1}$ )

C: Neubauten ohne Dichtheitsprüfung ( $n_{50} = 5 h^{-1}$ )

Aus: Daniel Kehl Die neue Quadriga Heft 6/14

# Bei bestimmten Konstruktionen wird die Leckageortung zwingend in der Konstruktionsfreigabe verlangt

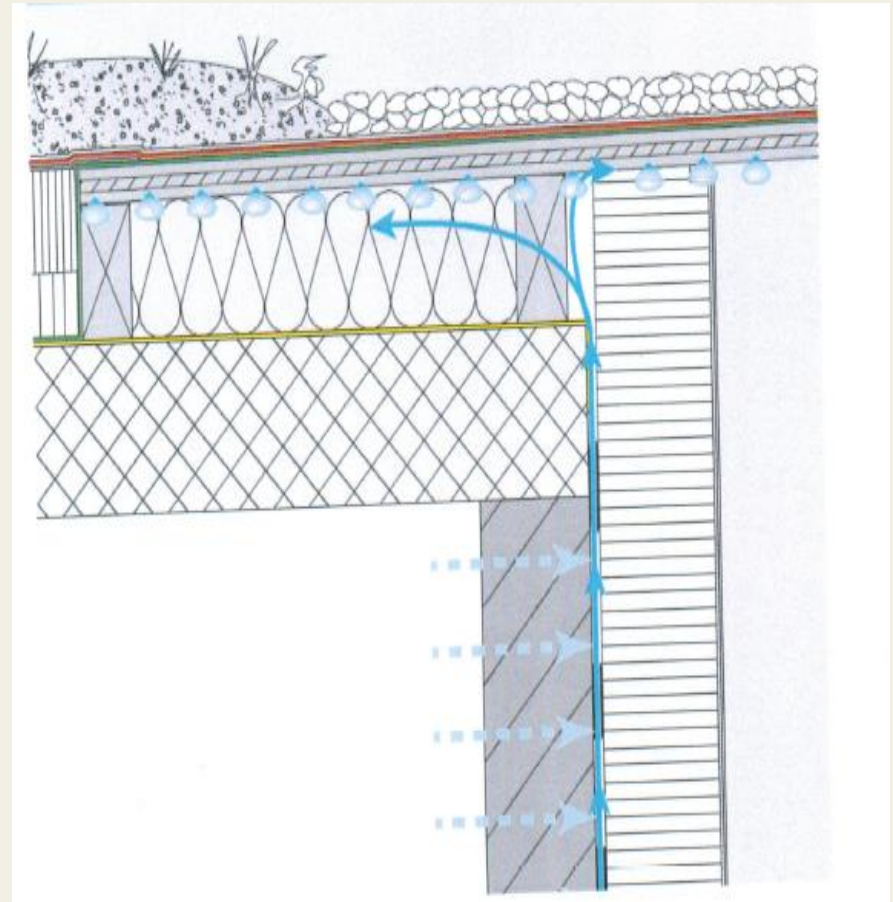
Bauphysiker & Hersteller von Luftdichtheitsystemen fordern den Blower-Door-Test mit Leckageortung um Leckagen zu vermeiden:

- bei Flachdächern in Holzbauweise mit Dämmung in der Tragebene (Aufbau 3+4 nach MB «Flachdächer in Holz» GH-CH)
- bei Innendämmung

Diese Berechnungen führen zu folgenden Randbedingungen für das oben beschriebene Bauteil:

1. Dachneigung max. 3°.
2. Überdämmung der Konstruktion in oben angegebener Mindeststärke. Dies ist auch das Mindestmass für Gefälledämmungen.
3. Feuchtetechnische Trennung unterhalb der Überdämmung durch eine luftdicht verlegte und diffusionsdichte Ebene.
4. Das extensive Gründach darf höchstens 10 cm Gesamtaufbau besitzen (z. B. Kiesschicht und Pflanzensubstrat). Dünnere Gründachaufbauten sind zu bevorzugen, da sie ein grösseres Rücktrocknungspotential bieten.
5. Voraussetzung für die Funktion und Sicherheit ist eine unverschattete Konstruktion. Verschattungen können durch Aufbauten wie z. B. Photovoltaik- und thermische Solaranlagen, Gebäudesprünge, Attiken oder Nachbargebäude entstehen. Die Verschattung durch Baumbestand und Topographie ist ebenfalls zu prüfen.
6. Diese diffusionsdichte Konstruktion liegt unterhalb einer geografischen Höhenlage von 800 m ü. M..
7. Alle Materialien zwischen Luftdichtungsebene und äusserer Abdichtung müssen zum Zeitpunkt des Einbaus der Wärmedämmung und Luftdichtung trocken sein (z. B. Hölzer  $\varphi \leq 20\%$ ). Die Dokumentation der Materialfeuchtigkeiten ist empfehlenswert.
8. Die Qualität der Luftdichtheit der Gebäudehülle muss mindestens der Luftdichtheitsklasse B (LDK B) entsprechen (Luftdurchlässigkeit der Hülle  $q_{50} \leq 3,0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$ ).
9. Eine weitere Voraussetzung für ein bauschadensfreies Bauteil ist die Überprüfung der Luftdichtheit mittels Differenzdruckverfahren (z. B. pro clima WINCON oder BLOWER DOOR) mit Leckageortung. Es wird empfohlen diese Prüfung der Luftdichtheitsebene vor dem Aufbringen weiterer Bauteilschichten durchzuführen. Damit wird die Leckageortung und ggf. erforderliche Nachbesserungen wesentlich erleichtert, bzw. Rückbaumassnahmen vermieden.
10. Beim Betrieb einer mechanischen Lüftungsanlage ist darauf zu achten, dass diese im Winter keinen Überdruck (bilanzierter Wert) im Gebäude erzeugt.

# Feuchteintrag: Flankenkonvektion



Rechtes Bild aus Gebäudehülle CH Merkblatt: «Vordächer in Holz»



# Und sonst nichts weiter ?

Ein Zitat aus der SIA 180:2014

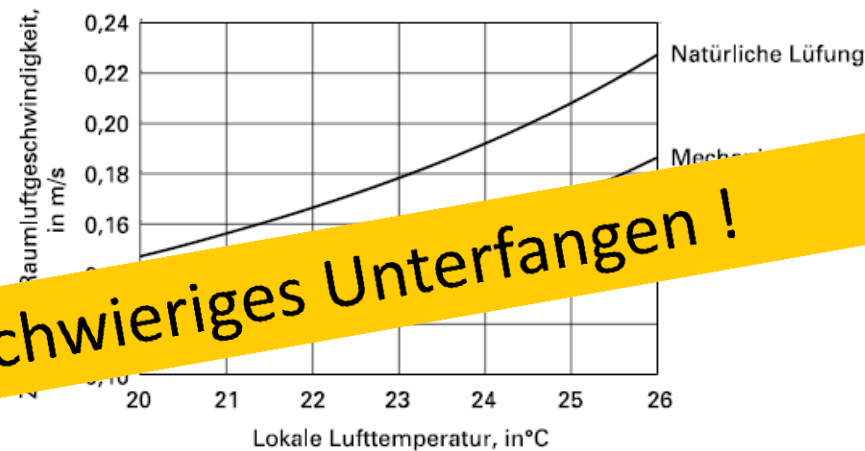
3.6.1.4 Einzelleckagen dürfen auch bei erfüllttem Grenzwert weder zu Schäden am Gebäude noch zur Verminderung der Behaglichkeit führen (z.B. infolge Zugluft, Geruch, Schall). Für sogenannte kritische Bauteile bezüglich Luftleckagen sind die Anforderungen an die Luftdichtheit speziell festzulegen oder es sind Luftdurchlässigkeitsklassen gemäss den Bauteilnormen (SN EN 12152, SN EN 12207, SN EN 12426, SN EN 13125) vorzugeben.

# ...und wann ist die Behaglichkeit eingeschränkt ?

## 2.3.3 Zugluft

Unter Annahme eines Turbulenzgrads von 50 % ist die zulässige lokale Luftgeschwindigkeit gemäss Figur 5 abhängig von der lokalen Lufttemperatur.

Figur 5 Zulässige mittlere lokale Luftgeschwindigkeit am Aufenthaltsort in Abhängigkeit von der lokalen Lufttemperatur, bei einem Turbulenzgrad von 50 % für Räume mit mechanischer ( $DR = 15\%$ ) und natürlicher Lüftung ( $DR = 20\%$ ) nach SN EN ISO 7730



## 2.3.4 Temperaturdifferenz zwischen Kopf und Knöcheln

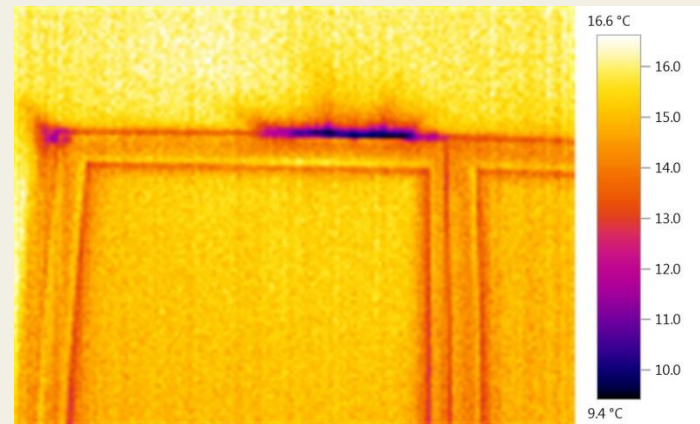
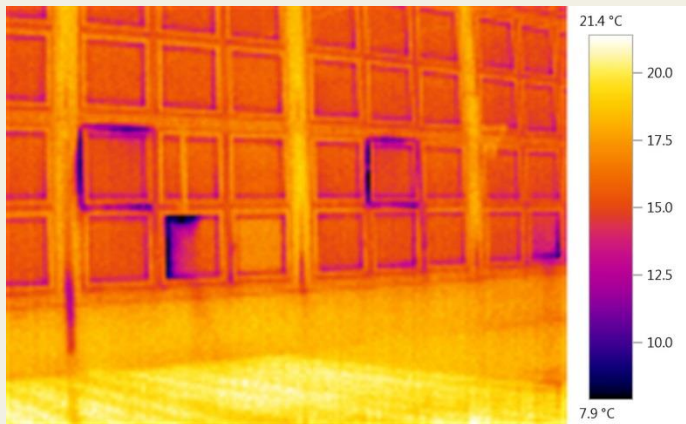
Die maximal zulässige Temperaturdifferenz zwischen Kopf (1,1 m) und Knöcheln (0,1 m) beträgt 3,3 K.

## 2.3.5 Fussbodentemperatur

Der zulässige Bereich der Fussbodentemperatur beträgt 19°C bis 28°C.

# ...und wann ist die Behaglichkeit eingeschränkt ?

Die Einschränkung der Behaglichkeit kann am Besten bei einem Drucktest im Winter mit Thermografieunterstützung festgestellt werden.  
z.B. über die Messung der Temperatur der Umgebungsflächen



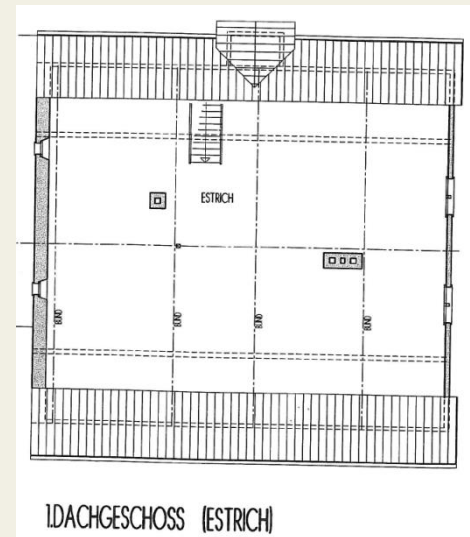
# Energetische Leckagen sind nicht betroffen ?

- Bei energetische Leckagen, die weder zu Bauschäden führen noch die Behaglichkeit einschränken, ergibt sich laut SIA und Minergie keine Pflicht zur Leckageortung, solange die Grenzwerte eingehalten werden.
- Eine Pflicht zum Blower-Door Test bei einer Energetischen Sanierung mit Fördergeldern wie es in Deutschland bei der KfW üblich ist, kenne ich für die Schweiz nicht.



# ...macht aber Sinn

Beispiel:  
Dachdämmung in einem denkmalgeschützten Haus  
mit einer Höhe der inneren Luftsäule von >16 m



# ...macht aber Sinn

Ein alter Dachstuhl mit liegenden Stuhlsäulen und  
Windverbänden in der Dichtungsebene.  
Die Leckagen waren schwer zugänglich



# ...macht aber Sinn

Die Luftdichtungsebene lag aus denkmalschützerischen Gründen in der Ebene der Windverbände. Die Stuhlsäulen sollten aussen sichtbar bleiben. Pfetten und Windverbände waren in die Pfetten eingezapft.



# ...macht aber Sinn

Die alten Balken waren rissig.  
Anschlüsse teilweise längs überblattet  
und schlecht zugänglich





## ...macht aber Sinn

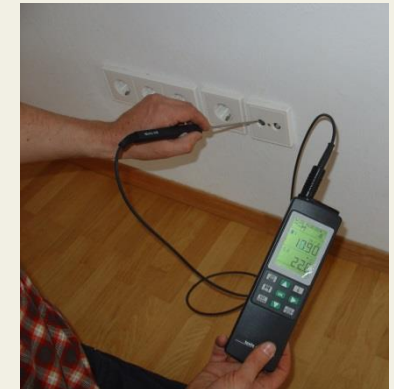
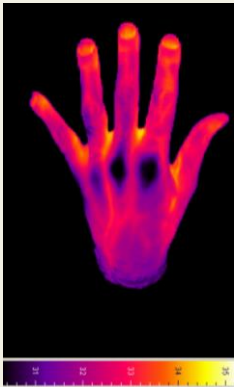
- Der  $q_{50}$  des Estrichraums betrug nach «Fertigstellung» der Luftdichtungsebene noch 2,3.
- Nach ca. 15 stündigen !!! Leckageortung und Nachbearbeitung (Verteilt auf 4 Tage), konnte der  $q_{50}$  auf 1,1 und der  $n_{50}$  auf  $< 1,0$  reduziert werden.
- Bei geschlossenen Fenster behält der Raum im Winter ohne Heizung eine Temperatur von  $> 16^{\circ} \text{C}$
- In den darunterliegenden Wohnräumen würde die Behaglichkeit deutlich verbessert.

# Welche Hilfsmittel gibt es zur Leckageortung?

Vorschlag aus der Rilumi 2011 Anhang B:

Mittel zur Lecksuche und Visualisierung:

- von Hand (evtl. mit nassem Finger oder Handrücken)
- mit Strömungsprüfröhrchen
- mit Rauch (bei kleinen Leckstellen sind jedoch Rauchmaschinen meist ungeeignet)
- mit Anemometer (Messung der Luftgeschwindigkeit an der Oberfläche oder in definiertem Abstand)
- mit Wollfäden
- mit Infrarot-Thermografie (Achtung: Bei Wärmebrücken oft nur eindeutig mit IR-Subtraktionsbildern)

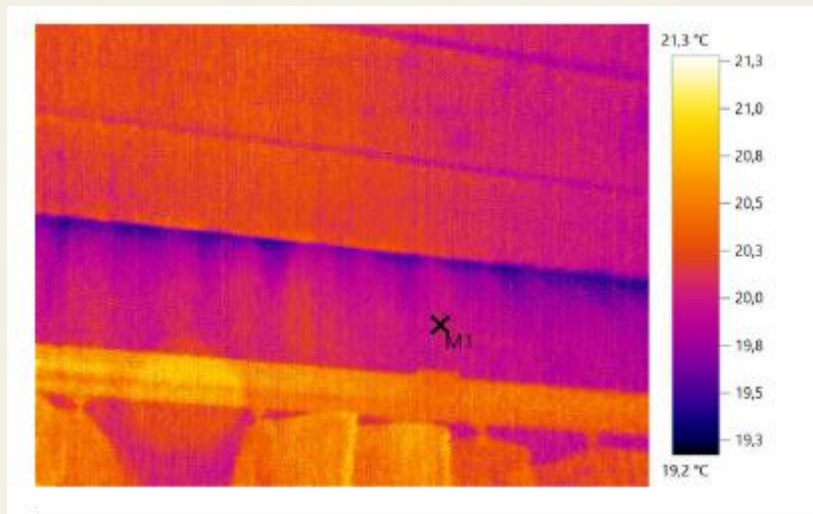


# Welche Hilfsmittel gibt es zur Leckageortung?

Der Vorschlag aus der Rilumi 2011 Anhang B:

Mittel zur Lecksuche und Visualisierung:

- von Hand (evtl. mit nassem Finger oder Handrücken)
- mit Strömungsprüfröhrchen
- mit Rauch (bei kleinen Leckstellen sind jedoch Rauchmaschinen meist ungeeignet)
- mit Anemometer (Messung der Luftgeschwindigkeit an der Oberfläche oder in definiertem Abstand)
- mit Wollfäden
- mit Infrarot-Thermografie (Achtung: Bei Wärmebrücken oft nur eindeutig mit IR-Subtraktionsbildern)



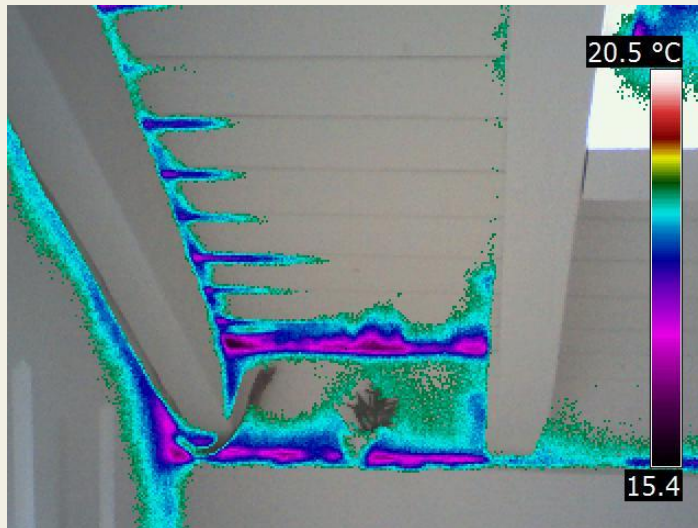
Auch im Sommer noch nutzbar, solange nur ein gewisser Temperaturunterschied vorhanden ist.

# Welche Hilfsmittel gibt es zur Leckageortung?

Der Vorschlag aus der Rilumi 2011 Anhang B:

Mittel zur Lecksuche und Visualisierung:

- von Hand (evtl. mit nassem Finger oder Handrücken)
- mit Strömungsprüfröhrchen
- mit Rauch (bei kleinen Leckstellen sind jedoch Rauchmaschinen meist ungeeignet)
- mit Anemometer (Messung der Luftgeschwindigkeit an der Oberfläche oder in definiertem Abstand)
- mit Wollfäden
- mit Infrarot-Thermografie (Achtung: Bei Wärmebrücken oft nur eindeutig mit IR-Subtraktionsbildern)



Bildfusion ist sehr aussagekräftig & von Vorteil, wenn es die Software hergibt.

**Bleiben Sie den Leckagen auf der Spur.  
Es lohnt sich!**



**Besten Dank für die Aufmerksamkeit !**