

2. Schimmelpilztagung (2016)

Bauphysik, was passiert im Raum, auf den Bauteilen?





Inhalt

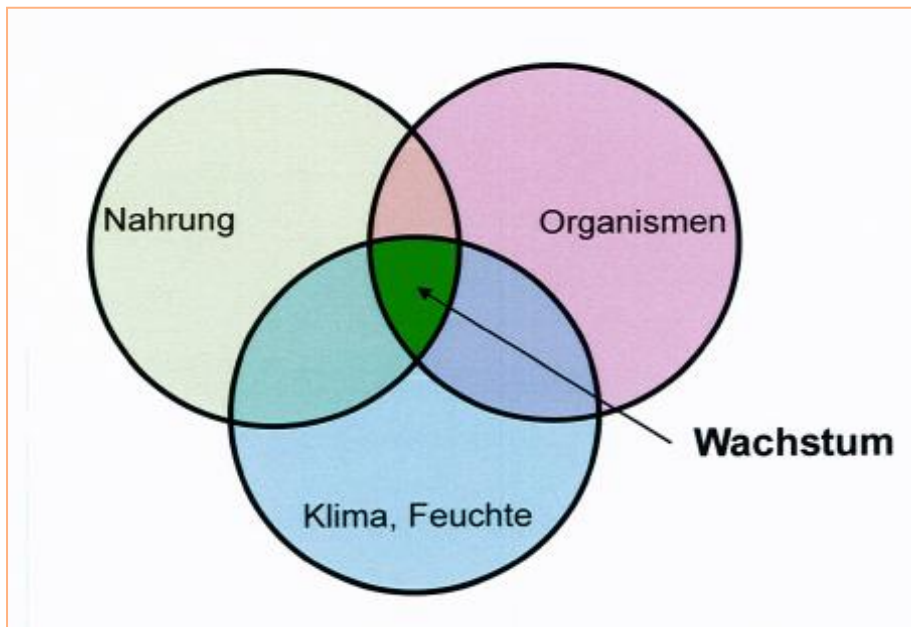
- Wachstumskriterien
- nutzungsbedingte Ursachen

Einflussfaktor	Kennwert
Temperatur [°C]	0 bis 50
Feuchtigkeit [%]	70 bis 99
pH-Wert [-]	1.5 bis 11
Nährstoffe	organ. Kohlenstoff, organ.+anorgan. Stickstoffe, Salze und Spurenelemente

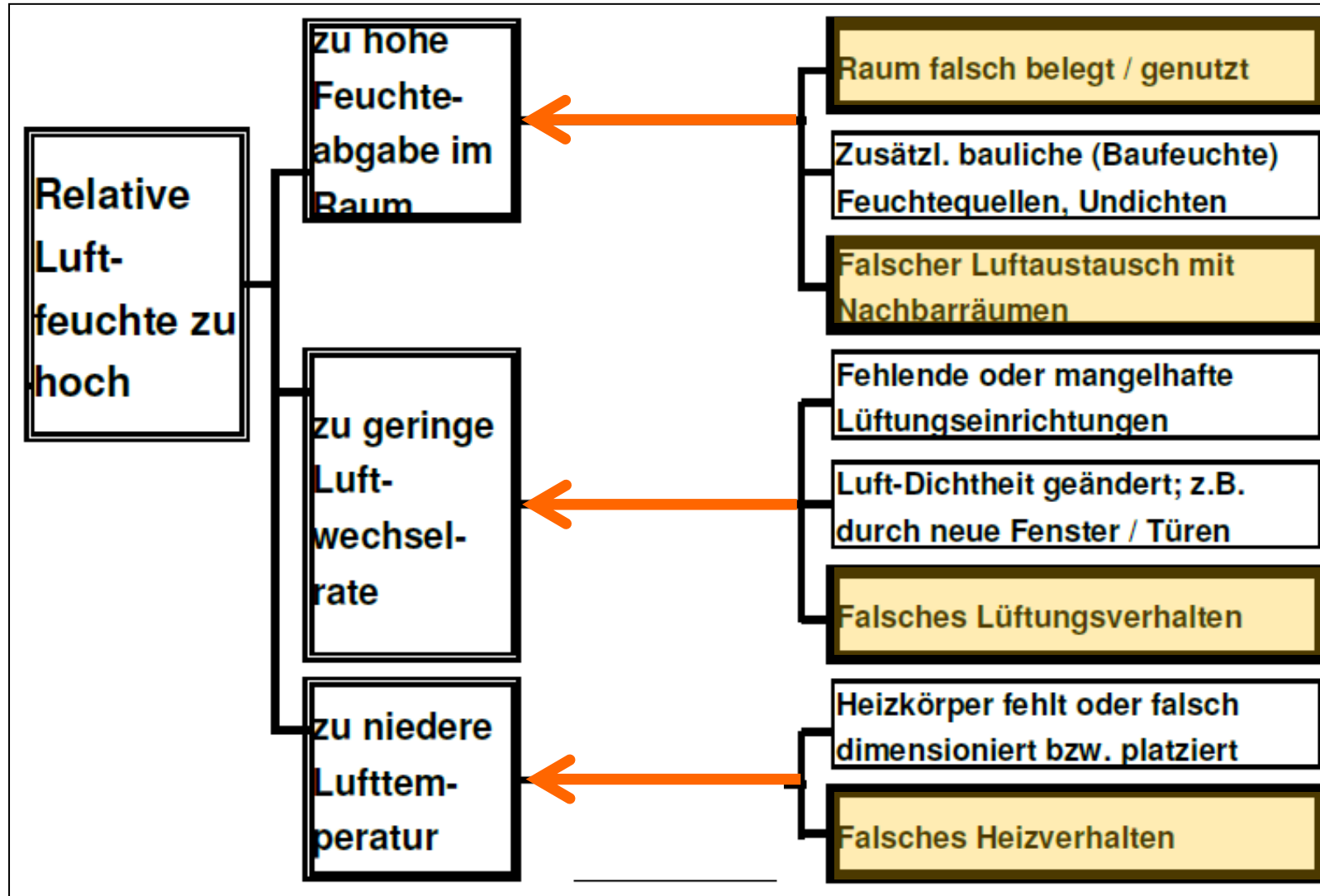
Wachstumskriterien

- Sporenvorkommen
- geeignetes Klima
- Nährboden

Die drei Kriterien müssen zeitgleich und über einen bestimmten Zeitraum auftreten.



Nutzungsbedingte Ursachen



Teilauszug
Ursachenbaum
nach Prof. Oswald

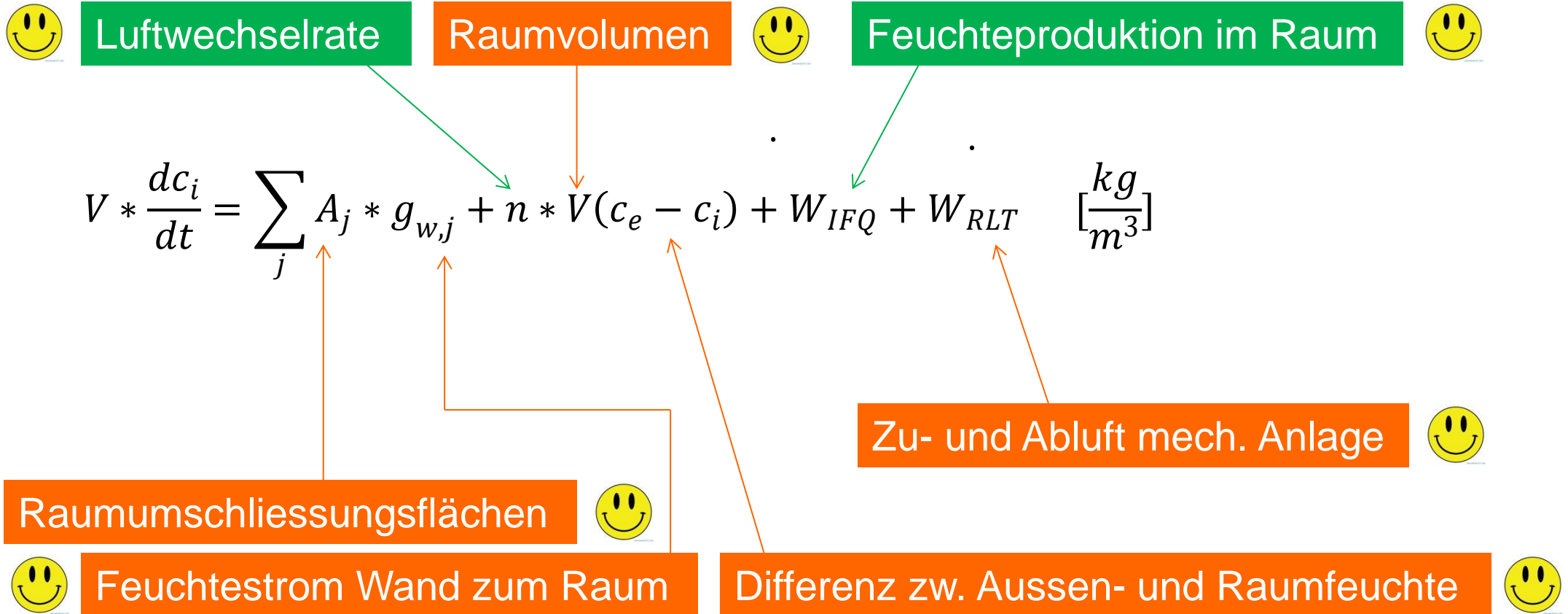
**Wie kann nun beurteilt werden, ob die gegebene relative
Raumluftheuchte zu hoch ist?**

Bauphysik – was passiert im Raum?

Raumfeuchtemodell

$$V * \frac{dc_i}{dt} = \sum_j A_j * g_{w,j} + n * V(c_e - c_i) + W_{IFQ} + W_{RLT} \quad \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad \text{😓}$$

Raumfeuchtemodell



Welches sind die normativen Anforderungen?

[SIA 180:2014]

Um Feuchteschäden zu vermeiden, darf die rel. Luftfeuchte in Räumen mit einer Personenbelegung die normativen Grenzwerte im Tagesmittel nicht überschreiten.

Hinweis: Die Werte berücksichtigen einen $f_{Rsi} > 0.70$.

Bei Abweichungen (Nutzungsbedingungen, Wärmebrücken und dgl.) wird die Berechnung der maximal zulässigen relativen Raumlufteuchte erforderlich.

Welches sind die normativen Anforderungen?

[SIA 180:1999]

Um Feuchteschäden zu vermeiden, muss die minimale Aussenluftrate so gewählt werden, dass die Raumluftfeuchte die normativen Grenzwerte nicht überschreiten.

Hinweis: Die Werte berücksichtigen einen $f_{Rsi} > 0.70$.

Für von 20 °C abweichende Innenraumtemperaturen kann die maximal zulässige relative Raumluftfeuchte bestimmt werden.

Welches sind die normativen Anforderungen?

[SIA 180:1988]

Um Feuchteschäden zu vermeiden, darf die rel. Luftfeuchte in Räumen mit einer Personenbelegung bei einer Raumtemperatur von 20 °C den Wert von 50 % nicht überschreiten.

Welches sind die normativen Anforderungen an die relative Raumluftfeuchte?

$$\varphi_{i,max} = \frac{p_{v,i,max}}{p_{v,sat}(\theta_i)} \text{ in } [\%] \quad \text{😓}$$

Welches sind die normativen Anforderungen an die relative Raumluftfeuchte?

maximal zulässiger Wasserdampfdruck in der Raumluft



$$\varphi_{i,max} = \frac{p_{v,i,max}}{p_{v,sat}(\theta_i)} \text{ in } [\%]$$

Wasserdampfsättigungsdruck der Raumluft in Abhängigkeit der Raumtemperatur



maximal zulässiger Wasserdampfdruck in der Raumluft?

$$p_{v,i,max} = 0.2 * p_{v,e} + 0.8 * Z * p_{v,sat}(\theta_{si}) \text{ in [Pa]} \quad \text{😞}$$

$Z = 0.8$ (Sicherheitsfaktor)

maximal zulässiger Wasserdampfdruck in der Raumluft?

Wasserdampfdruck der Aussenluft



$$p_{v,i,max} = 0.2 * p_{v,e} + 0.8 * Z * p_{v,sat}(\theta_{si}) \text{ in [Pa]}$$

Wasserdampfsättigungsdruck der Innenoberflächentemperatur



Sicherheitsfaktor $Z = 0.8$



Wasserdampfdruck der Aussenluft?

$$p_{e,m} = v_{e,m} * R_v * (\theta_{e,m} + 273K) \text{ [Pa]}, \text{ Planungswert} \text{ 😬}$$

$$p_{e,m} = (0.75 - 0.0025 * \theta_{a,e,m}) * p_{v,sat}(\theta_{a,e,m}) \text{ [Pa]}, \text{ Messbeurteilung} \text{ 😬}$$

Wasserdampfdruck der Aussenluft?

$$p_{e,m} = v_{e,m} * R_v * (\theta_{e,m} + 273K) \text{ [Pa]}, \text{ Planungswert}$$

$$p_{e,m} = (0.75 - 0.0025 * \theta_{a,e,m}) * p_{v,sat}(\theta_{a,e,m}) \text{ [Pa]}, \text{ Messbeurteilung}$$

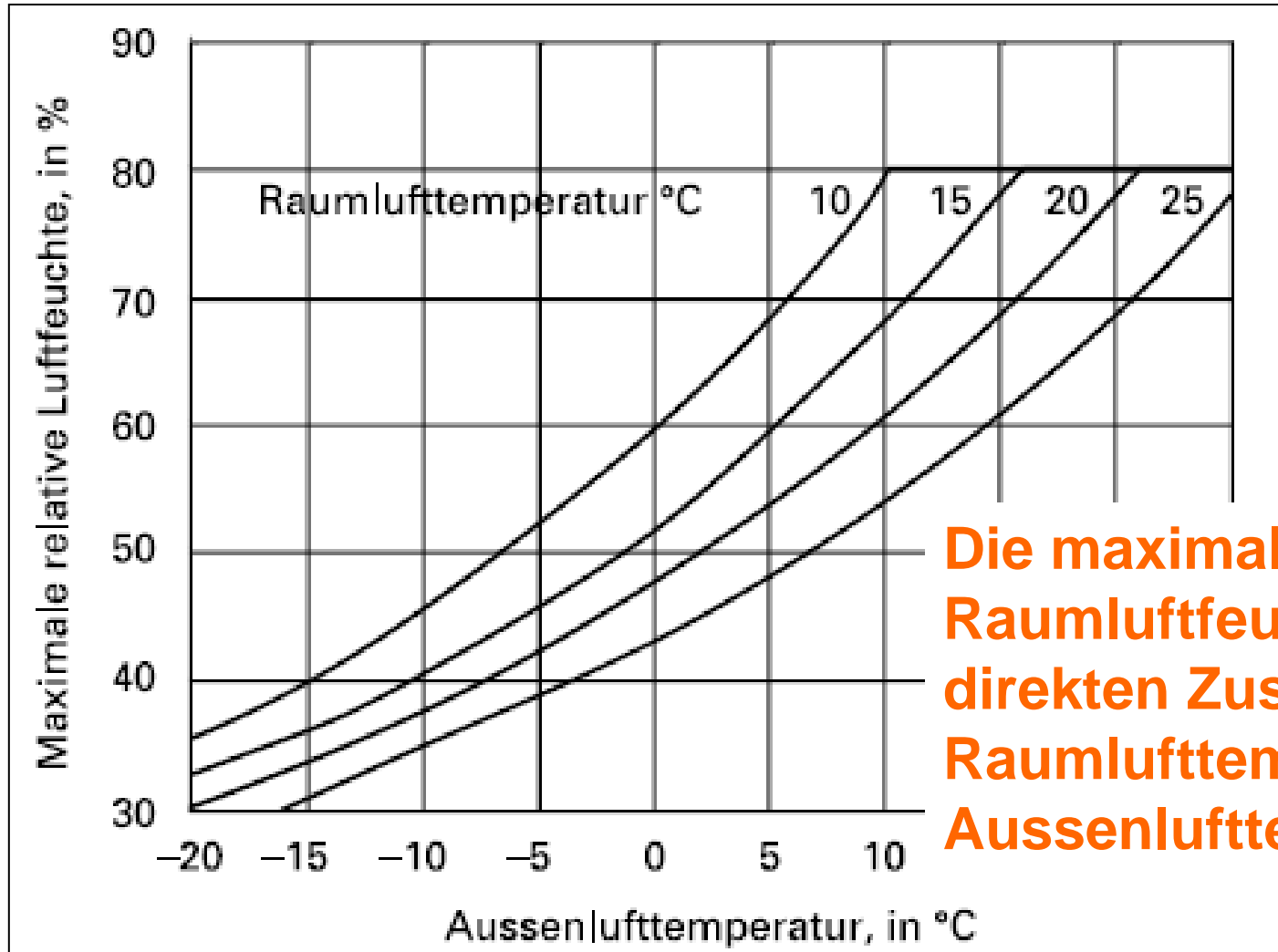
örtliche, mittlere
Aussentemperatur



Wasserdampf-sättigungsdruck der
örtlichen, mittleren Aussentemperatur

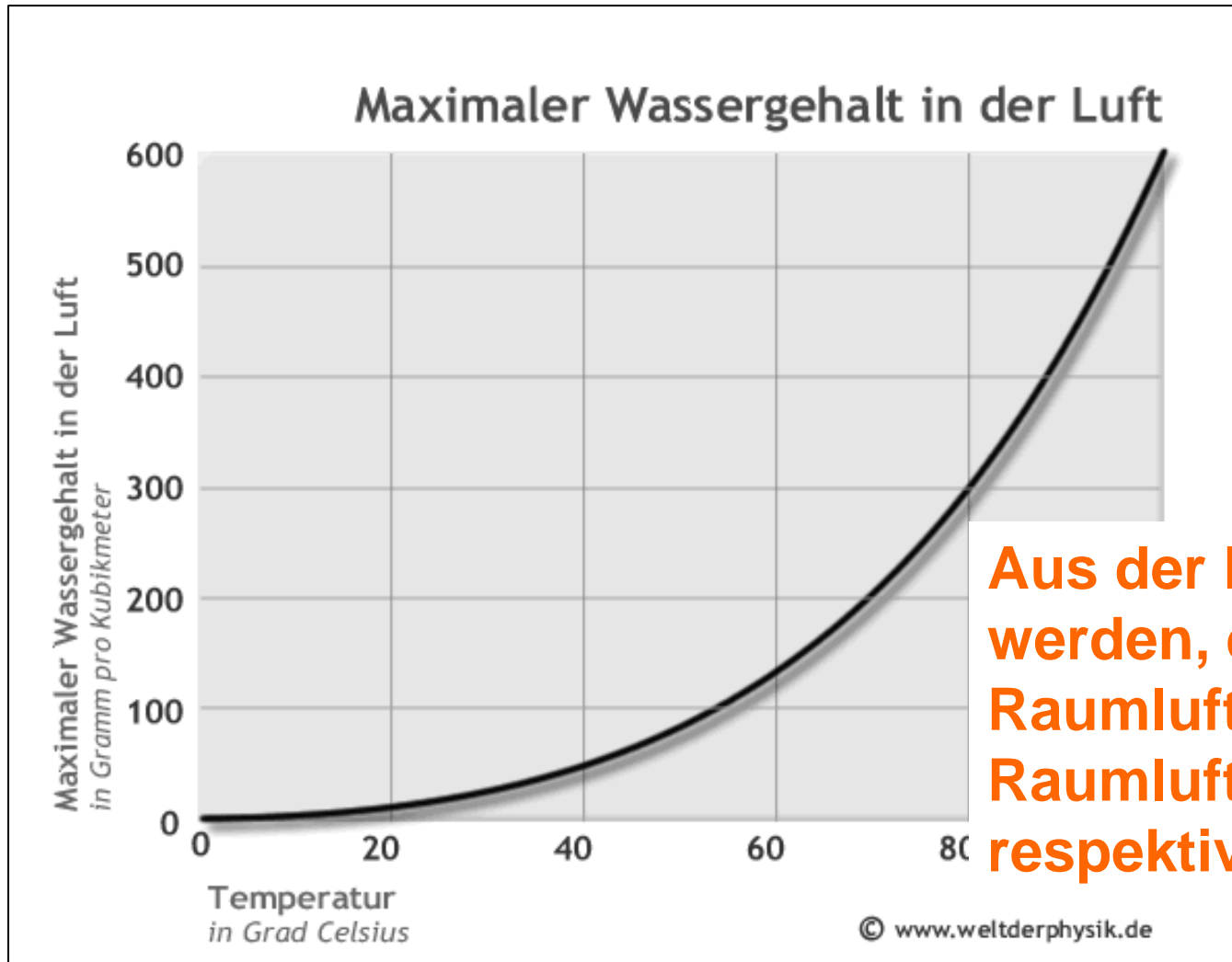


Was lernen wir daraus?



Die maximal zulässige relative Raumlftfeuchte steht in einem direkten Zusammenhang zur Raumlfttemperatur und zur Aussenlufttemperatur.

Was lernen wir daraus?



Aus der Physik kann abgeleitet werden, dass mit steigender Raumlufttemperatur die relative Raumluftfeuchte sinkt respektive sinken muss.

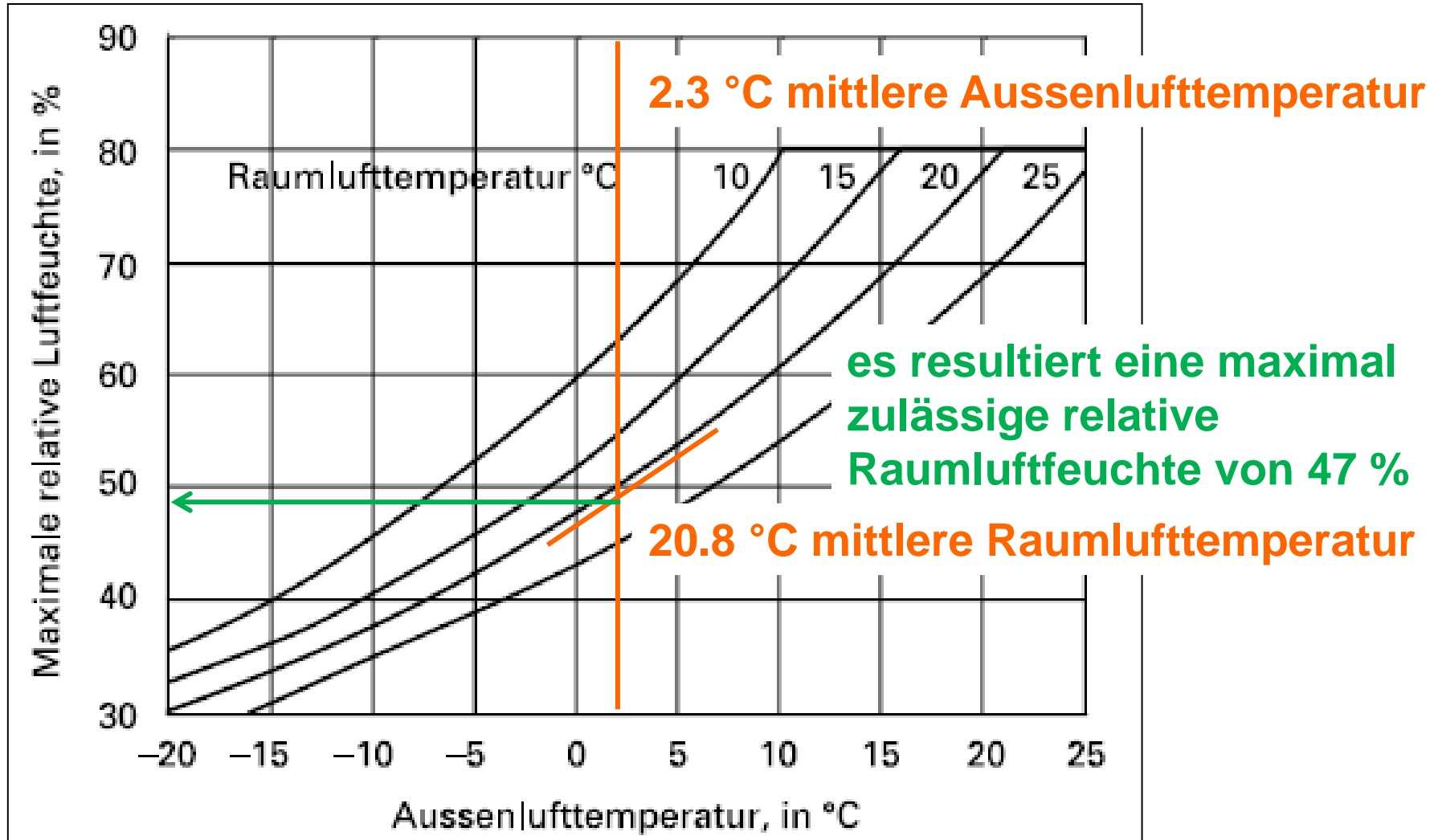
Praxisbeispiel: Wohnliegenschaft in Thun

$$\varphi_{i,max} = \frac{0.2 * p_{v,e} + 0.8 * Z * p_{v,sat}(\theta_{si})}{p_{v,sat}(\theta_i)} = \frac{0.2 * 536.6 Pa + 0.8 * 1312 Pa}{2455 Pa} = 47.1 \%$$



gemessen wurde eine mittlere relative Raumlufffeuchte von 35.4 %, somit liegt kein zu feuchtes Raumklima vor

Praxisbeispiel: Wohnliegenschaft in Thun



Was lernen wir daraus?

Somit gibt es keine Pauschalaussagen:

- zur Feuchteproduktion (z.B. aufgrund von Pflanzen, Tieren)**
- zur relativen Raumluftheuchte (ohne Temperatur innen und aussen)**
- zur Raumtemperatur (ohne Kenntnis der rel. Luftfeuchte)**

2. Schimmelpilztagung (2016)

Bauphysik, was passiert im Raum, auf den Bauteilen?





Inhalt

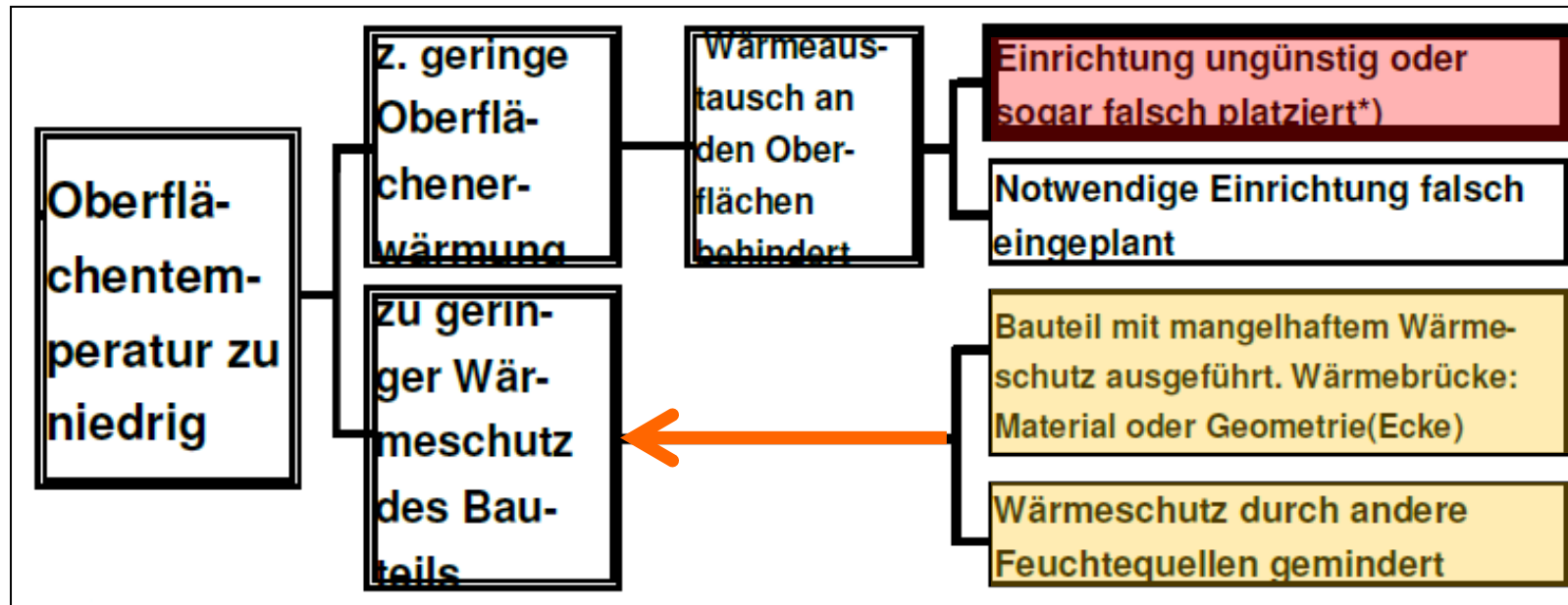
- nutzungsbedingte Ursachen
- baubedingte Ursachen

Was lernten wir heute Morgen?

Es gibt keine Pauschalaussagen:

- zur Feuchteproduktion (z.B. aufgrund von Pflanzen, Tieren)**
- zur relativen Raumluftheuchte (ohne Temperatur innen und ausen)**
- zur Raumtemperatur (ohne Kenntnisse der rel. Luftfeuchte)**

Baubedingte Ursachen



Teilauszug
Ursachenbaum
nach Prof. Oswald

Wie kann nun beurteilt werden, ob der gegebene Wärmeschutz der Gebäudehülle ausreichend gut ist?

Bauphysik – was passiert auf den Bauteiloberflächen?

Welches sind die normativen Anforderungen?

[SIA 180:2014]

Die Wärmedämmung der Gebäudehülle muss durchgehend ausreichend sein, um eine Einschränkung der Behaglichkeit sowie Kondensattrisiken und Schimmelpilzbefall zu verhindern.

Alle beheizten Räume müssen innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen.

Welches sind die normativen Anforderungen?

[SIA 180:2014]

**Das Gebäude ist im Detail so zu projektieren und ausführen,
dass im bewohnten Raum**

- an keiner Stelle Oberflächenkondensat auftritt**
- an keiner Stelle die Gefahr von Schimmelpilzbefall besteht**

Welches sind die normativen Anforderungen?

[SIA 180:1999]

Die wärmedämmenden Bauteile der Gebäudehülle müssen das beheizte Volumen vollständig umschliessen.

Die Baukonstruktion muss so geplant werden, dass Wärmebrücken bestmöglich vermieden werden.

Die Konstruktion muss so bemessen sein, dass

- an keiner Stelle Oberflächenkondensat auftritt**
- an keiner Stelle die Gefahr von Schimmelpilzbefall besteht**

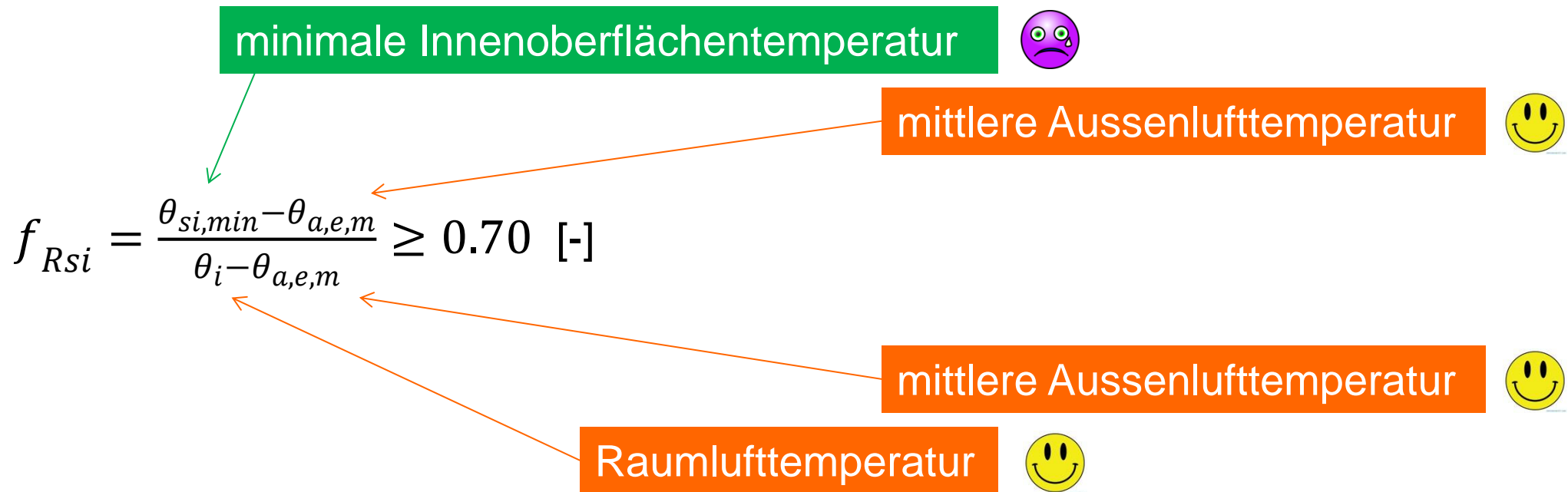
Welches sind die normativen Anforderungen?

[SIA 180:1988]

Welches sind die normativen Anforderungen an die Oberflächentemperatur?

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_{a,e,m}}{\theta_i - \theta_{a,e,m}} \quad [-] \quad \text{😞}$$

Welches sind die normativen Anforderungen an die Oberflächentemperatur?



minimale Innenoberflächentemperatur?

$$\theta_{si,min} = 1.25 * p_{v,i,max}^+ \text{ [}^\circ\text{C]} \quad \text{😓}$$

minimale Innenoberflächentemperatur?

Sicherheitszuschlag von 1.25



$$\theta_{si,min} = 1.25 * p_{v,i,max}^+ [^{\circ}C]$$

kritische Oberflächenfeuchte



kritische Oberflächenfeuchte?

$$p_{v,i,max}^+ = p_{e,m} + 1.25(p_{v,i,max} - p_{e,m}) [Pa] \text{ 😞}$$

kritische Oberflächenfeuchte?



mittlerer Wasserdampfdruck
der Aussenluft

maximal zulässiger Wasserdampfdruck in der
Raumluft (siehe Vormittag)



$$p_{v,i,max}^+ = p_{e,m} + 1.25(p_{v,i,max} - p_{e,m}) [Pa]$$

Sicherheitszuschlag von 1.25



minimale Innenoberflächentemperatur?

$$\theta_{si,min} = \theta_{a,e} + f_{Rsi}(\theta_{a,i} - \theta_{a,e}) [^{\circ}C], \text{ Planungswert} \text{ 😞}$$

$$\theta_{si,min} = 1.25 * p_{v,i,max}^+ [^{\circ}C], \text{ Messbeurteilung} \text{ 😞}$$

$$\theta_{si,min} = \theta_{a,e,m} + f_{Rsi,min}(\theta_{a,i,m} - \theta_{a,e,m}) [^{\circ}C], \text{ Messbeurteilung} \text{ 😞}$$

minimale Innenoberflächentemperatur?

$$\theta_{si,min} = \theta_{a,e} + f_{Rsi}(\theta_{a,i} - \theta_{a,e}) [^{\circ}C], \text{ Planungswert}$$

$$\theta_{si,min} = 1.25 * p_{v,i,max}^+ [^{\circ}C], \text{ Messbeurteilung}$$

$$\theta_{si,min} = \theta_{a,e,m} + f_{Rsi,min}(\theta_{a,i,m} - \theta_{a,e,m}) [^{\circ}C], \text{ Messbeurteilung}$$



mittlere Aussenlufttemperatur

mittlere Raumlufthtemperatur

min. Oberflächentemperaturfaktor ≥ 0.70



Praxisbeispiel: Wohnliegenschaft in Thun

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_{a,e,m}}{\theta_i - \theta_{a,e,m}} = \frac{11.0\text{ °C} - 2.3\text{ °C}}{20.8\text{ °C} - 2.3\text{ °C}} = 0.47$$

< 0.70, somit ist der Mindestwärmeschutz der Gebäudehülle nicht erfüllt

$$\begin{aligned} \theta_{si,min} &= \theta_{a,e,m} + f_{Rsi,min}(\theta_{a,i,m} - \theta_{a,e,m}) \\ &= 2.3\text{ °C} + 0.70(20.8\text{ °C} - 2.3\text{ °C}) = 15.25\text{ °C} \end{aligned}$$

Temperaturdifferenz von 4.25 K

Welches sind die normativen Anforderungen?

[SIA 180:2014]

Der f_{Rsi} bezieht sich auf den stationären Zustand, der jedoch praktisch nie erreicht wird. Deshalb muss eine Messung unter möglichst stabilen Temperaturbedingungen und ohne Sonneneinstrahlung auf das gemessene Bauteil über eine längere Messdauer durchgeführt werden, woraus der tatsächliche Wert des f_{Rsi} aus dem Mittelwert der Temperaturmessungen bestimmt wird.

Welches sind die normativen Anforderungen?

[SIA 180:2014]

Bauart	Messintervall	Dauer der Messung
Leichte Bauteile (Holzkonstruktion oder Leichtbauplatten)	5 Minuten	1 bis 2 Tage
Schwere Bauteile (Mauerwerk) mit stabiler Raumtemperatur	15 Minuten	2 bis 5 Tage
Schwere Bauteile mit instabiler Raumtemperatur	30 Minuten	4 bis 10 Tage

Was lernen wir daraus?

Es gibt:

- keine Beurteilung der Gebäudehülle mit Vor-Ort-Messungen**
- keine Beurteilung der Gebäudehülle ohne Berücksichtigung der Raumnutzung**

Ich bedanke mich für Ihre Aufmerksamkeit und stehe für ergänzende Fragen gerne zur Verfügung.

Meine Kontaktdaten:

- Institut Energie am Bau der FHNW

061 467 43 43 oder roger.blaser@fhnw.ch

- ingBP Ingenieurgesellschaft für Bauschadensanalytik und Bauphysik mbH

031 550 01 90 oder r.blaser@ingBP.ch

- SPR Schweiz

840 00 44 99