

Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Bautechnische Aspekte

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz
Bausubstanz in Deutschland / Wohngebäudebestand

Energieeinsparung

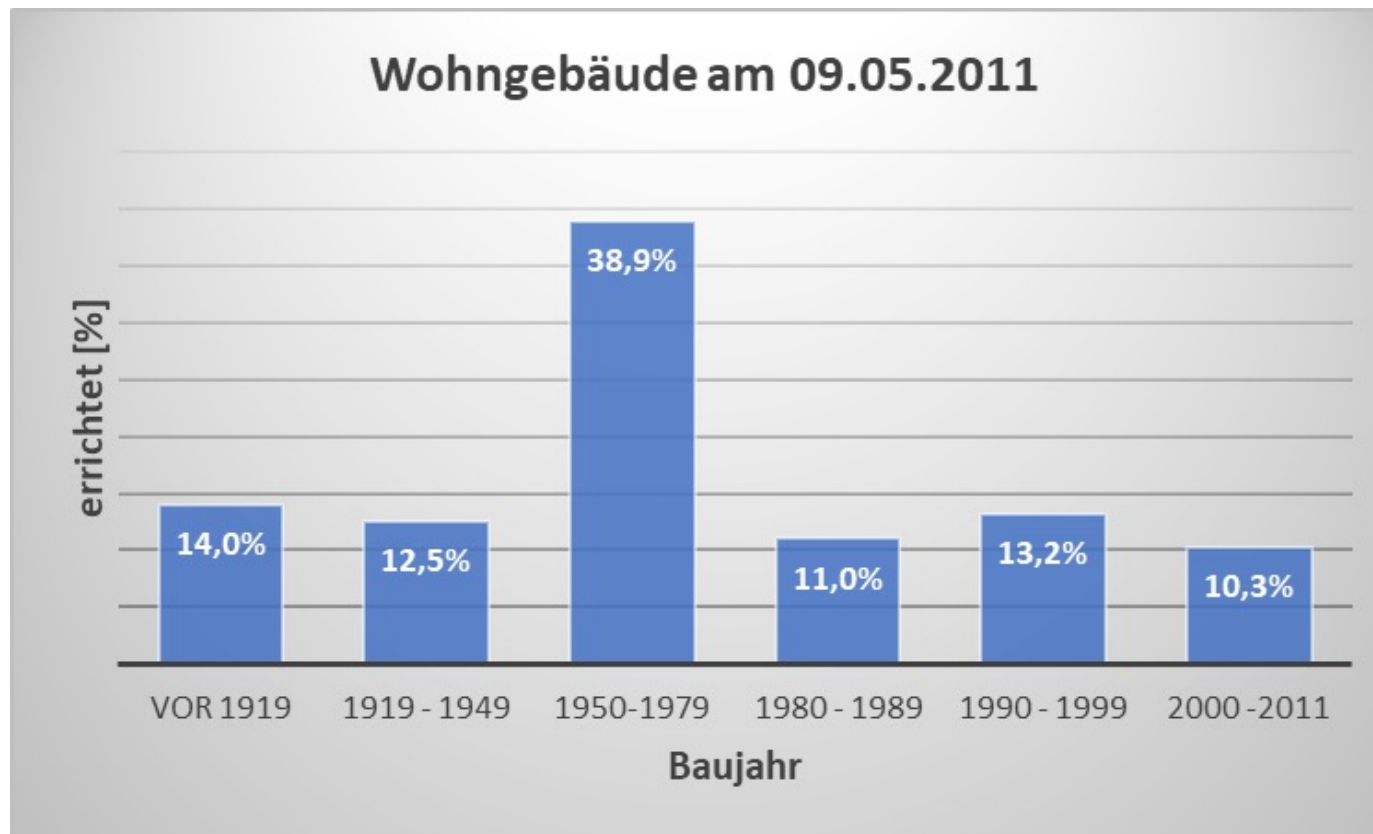
Wohnungsbestand in Deutschland

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Bausubstanz in Deutschland / Wohngebäudebestand

Wohngebäudebestand in Deutschland nach Baujahr

Quelle: statistikportal.de, Wohngebäude am 09.05.2011



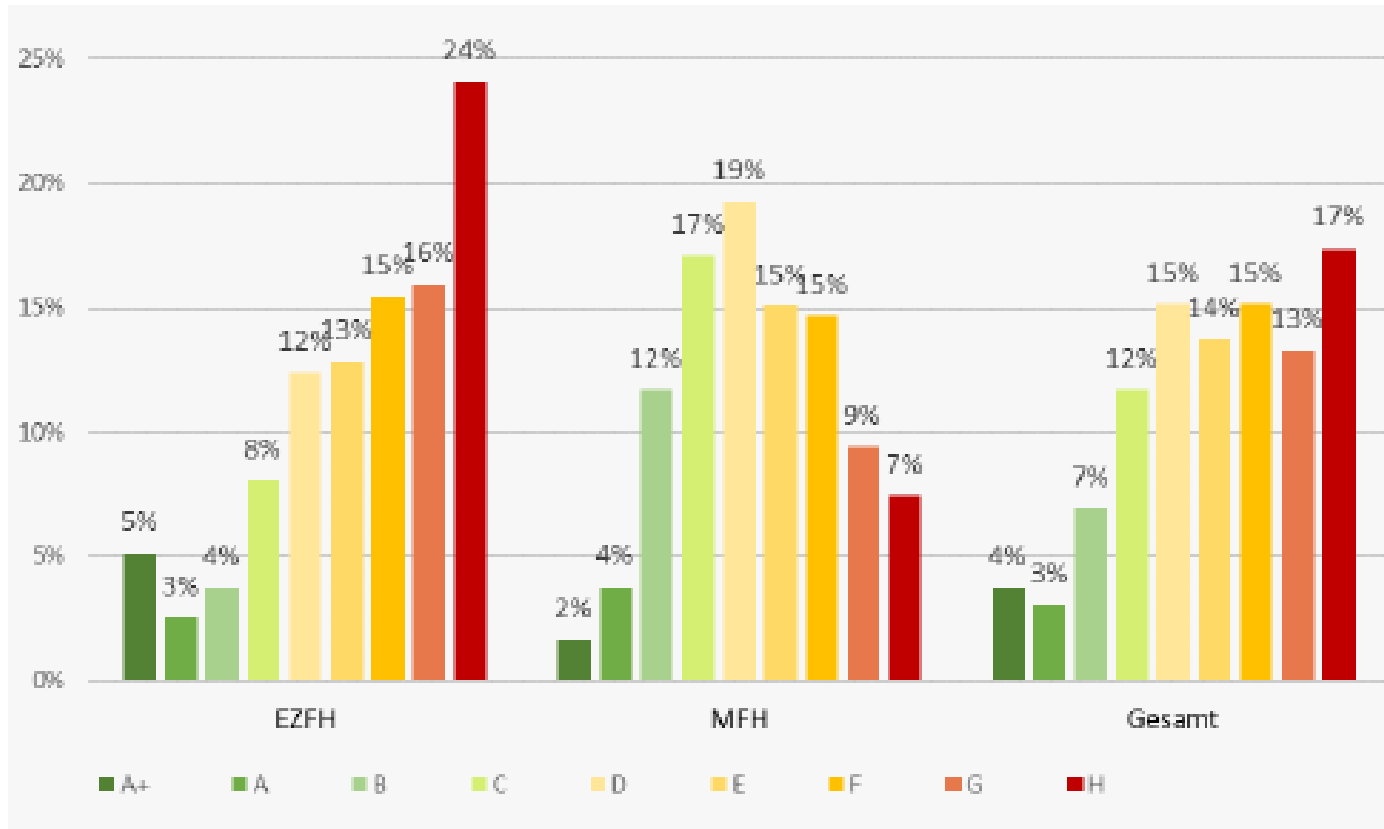
65,4 % - älter als 40 Jahre
26,5 % - älter als 70 Jahre

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Bausubstanz in Deutschland / Wohngebäudebestand

Endenergiebedarf des deutschen Wohngebäudebestands

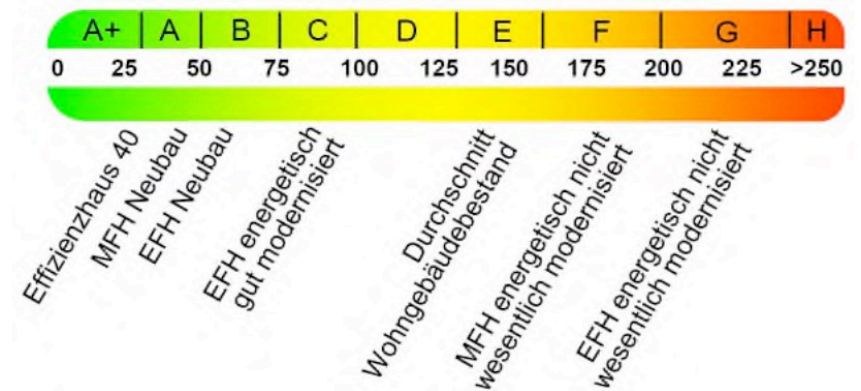
Quelle: dena/ifeu/prognos et al. 2019



In der Abbildung wird die flächengewichtete Häufigkeitsverteilung der Effizienzklassen für EZFH und MFH sowie für den Gesamtbestand dargestellt.

Im Gesamtbestand haben:

- 30 % der Gebäude die Effizienzklassen G und H,
- 26 % der Gebäude die Effizienzklassen A+ bis C



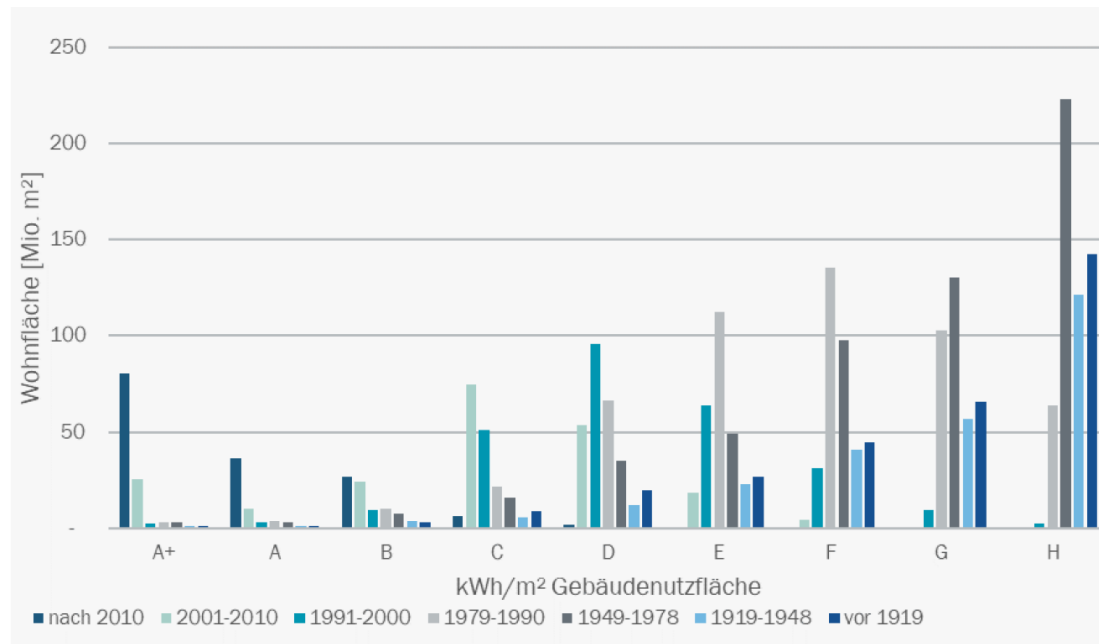
Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Bausubstanz in Deutschland / Wohngebäudebestand

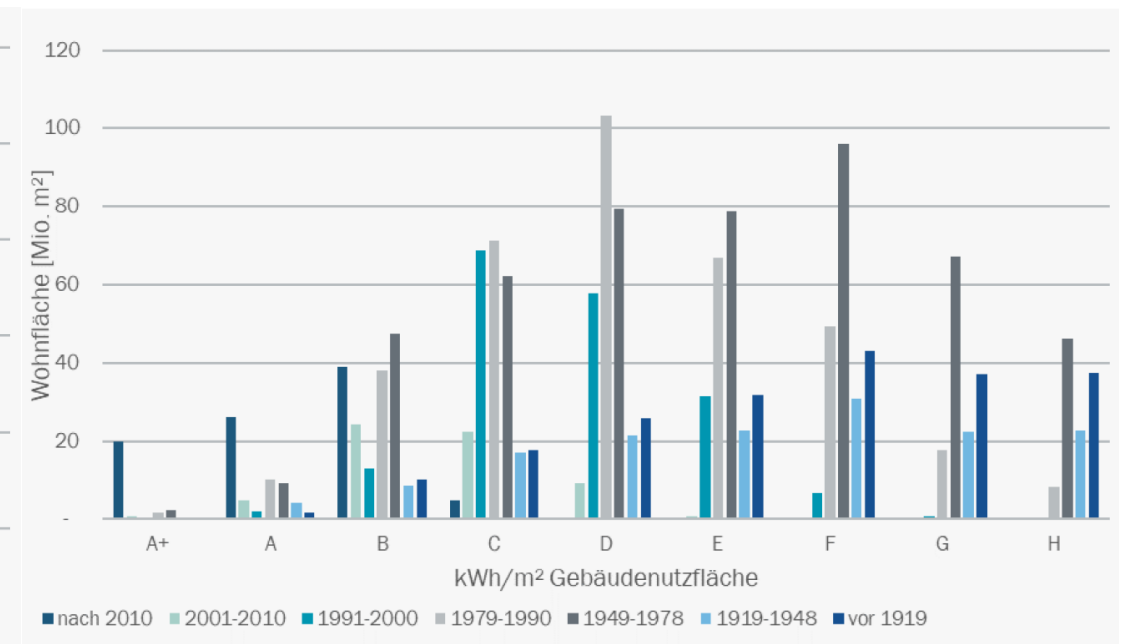
Häufigkeitsverteilung des Endenergiebedarfs nach dem Baujahr

Quelle: dena/ifeu/prognos et al. 2019

Ein- und Zweifamilienhäuser



Mehrfamilienhäuser



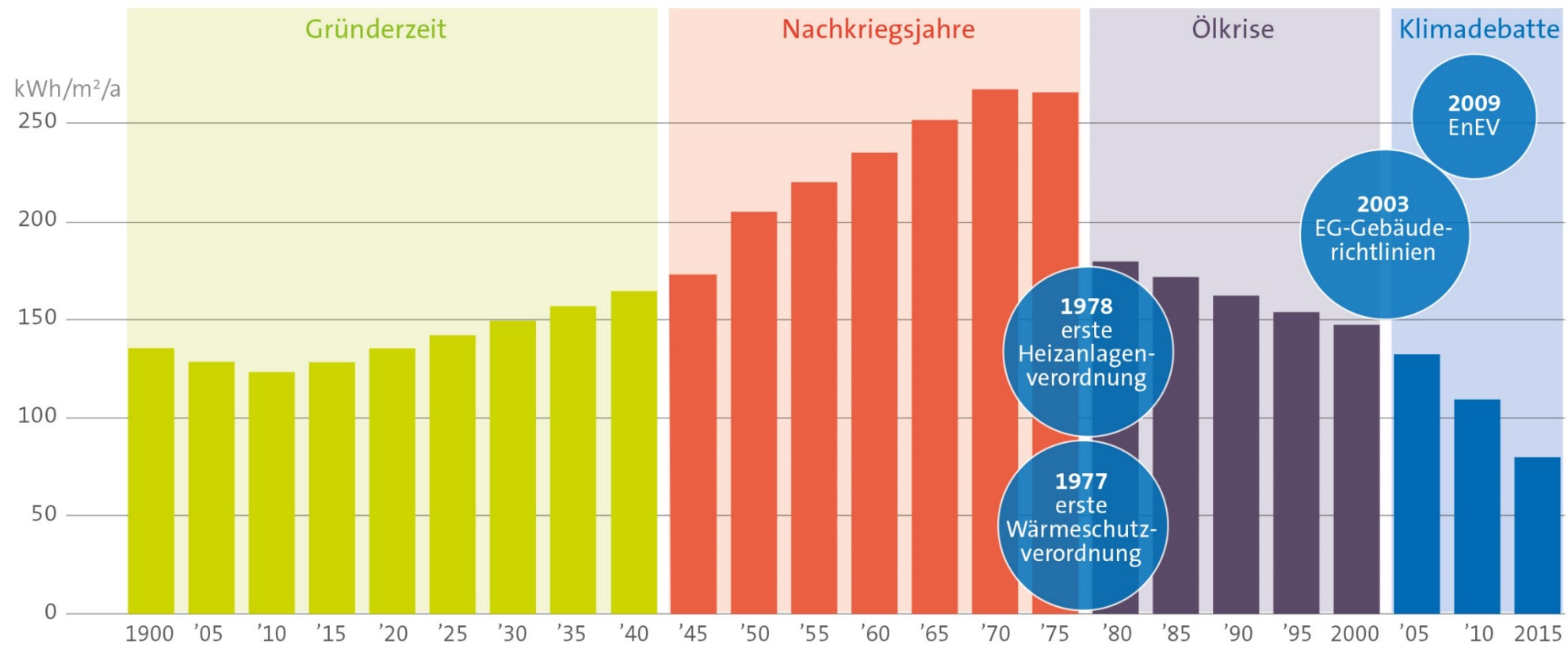
Nach 2010 gebaute Gebäude (>98 %) und viele zwischen 2001 und 2010 gebauten Gebäude (65% - 79%) haben eine Effizienzklasse A+ bis C

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Beheizung von Gebäuden, Wärmebedarf

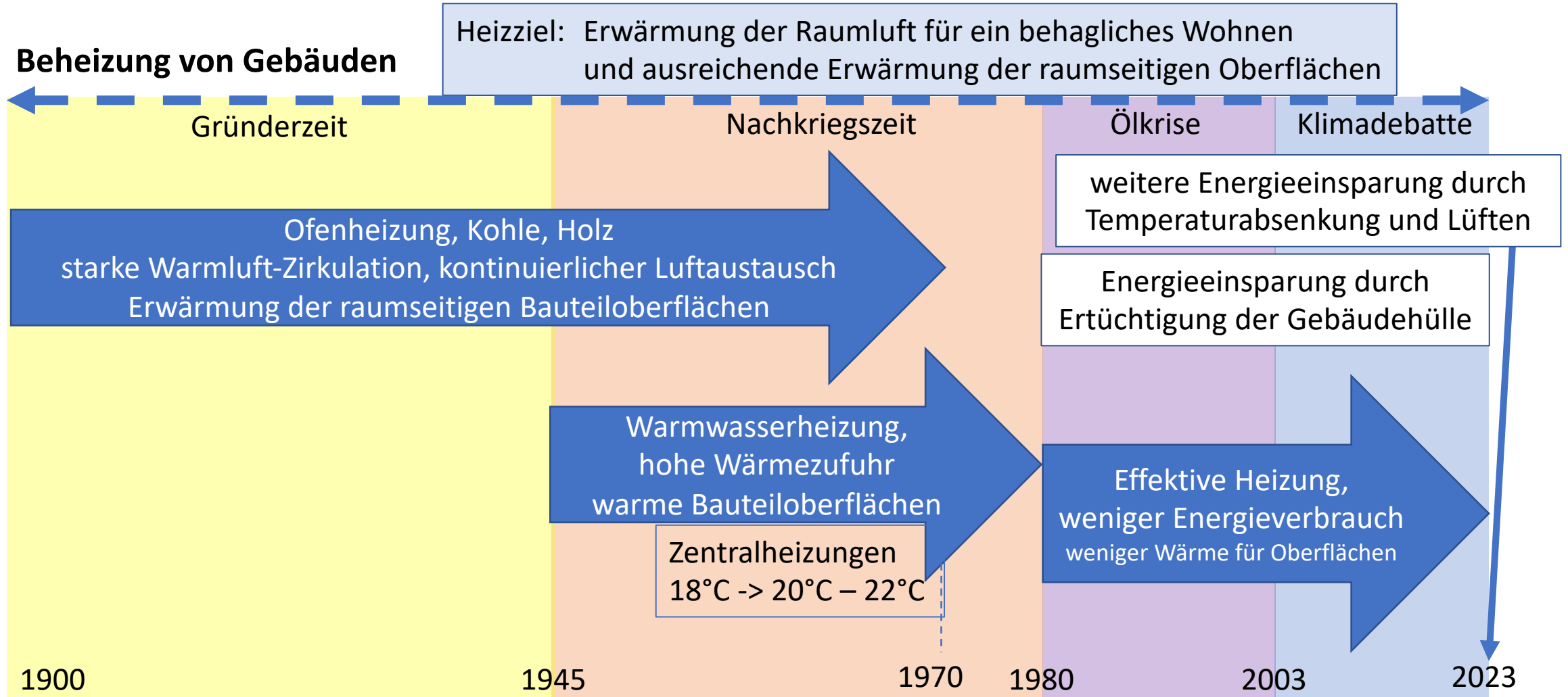
Spezifischer Wärmebedarf nach dem Baujahr

Quelle: ASUE e.V., Energiewende anders



Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Beheizung von Gebäuden



Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz
Behaglichkeit

Energieeinsparung
Einfluss auf die Behaglichkeit

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz Behaglichkeit

Einflussfaktoren der thermischen Behaglichkeit:

- Luft (Raumtemperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte)
- Strahlung (Oberflächentemperaturen, Wärmestrahlung, kurzwellige Strahlung)
- Bekleidung
- Aktivität

Zentrale Bewertungsgröße ist hierbei die empfundene Raumtemperatur

Die **Behaglichkeit** ist ein Gefühl, die Zufriedenheit mit dem Umgebungsklima, eine persönliche Empfindung.

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz Behaglichkeit

Anhaltswerte der Raumlufthtemperatur für zeitgemäße Wohngebäude

Quelle: Kai Schild, Wolfgang M. Willems, „Wärmeschutz“, Vieweg+Teubner Verlag

	1	2
1	Nutzung	Raumlufthtemperatur
2	Wohn- und Esszimmer	
3	Kinderzimmer	20 °C bis 22 °C
4	Arbeitszimmer	
5	Schlafzimmer	16 °C bis 18 °C
6	Badezimmer	22 °C bis 24 °C
7	Küche	18 °C bis 20 °C
8	Flur, Diele	15 °C bis 19 °C
9	Treppenhaus	12 °C bis 15 °C
10	Abstellraum	15 °C bis 17 °C

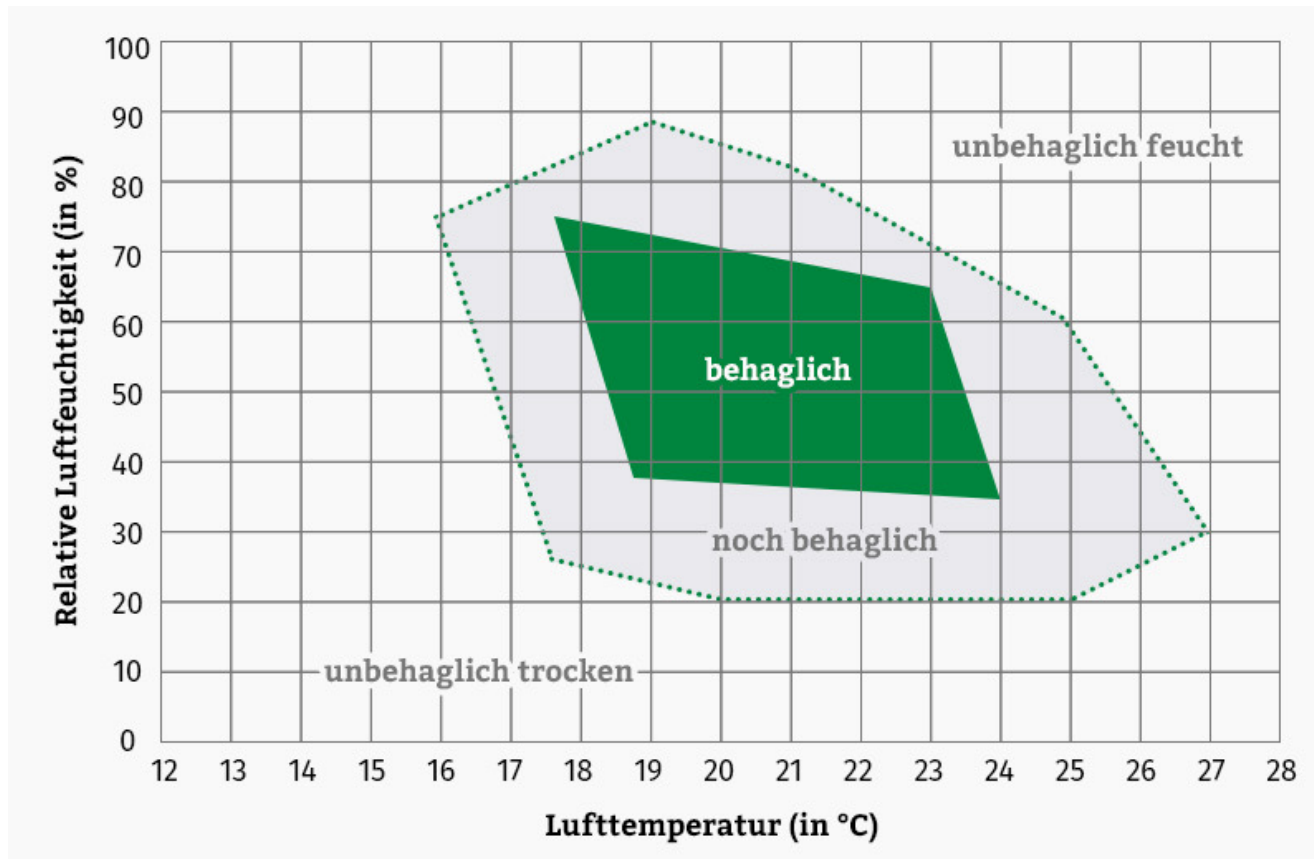
In ungedämmten oder schlecht gedämmten Altbauten sind die Raumlufthtemperaturen (in Aufenthaltsräumen) zur Kompensation der geringen Oberflächentemperaturen in der Regel um etwa 2 °C höher einzustellen, damit ein behagliches Raumklima erreicht werden kann.

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Behaglichkeit

Behaglichkeitsfeld nach Frank

Quelle: Frank W. (1975), Berichte aus der Bauforschung – Raumklima und Thermische Behaglichkeit

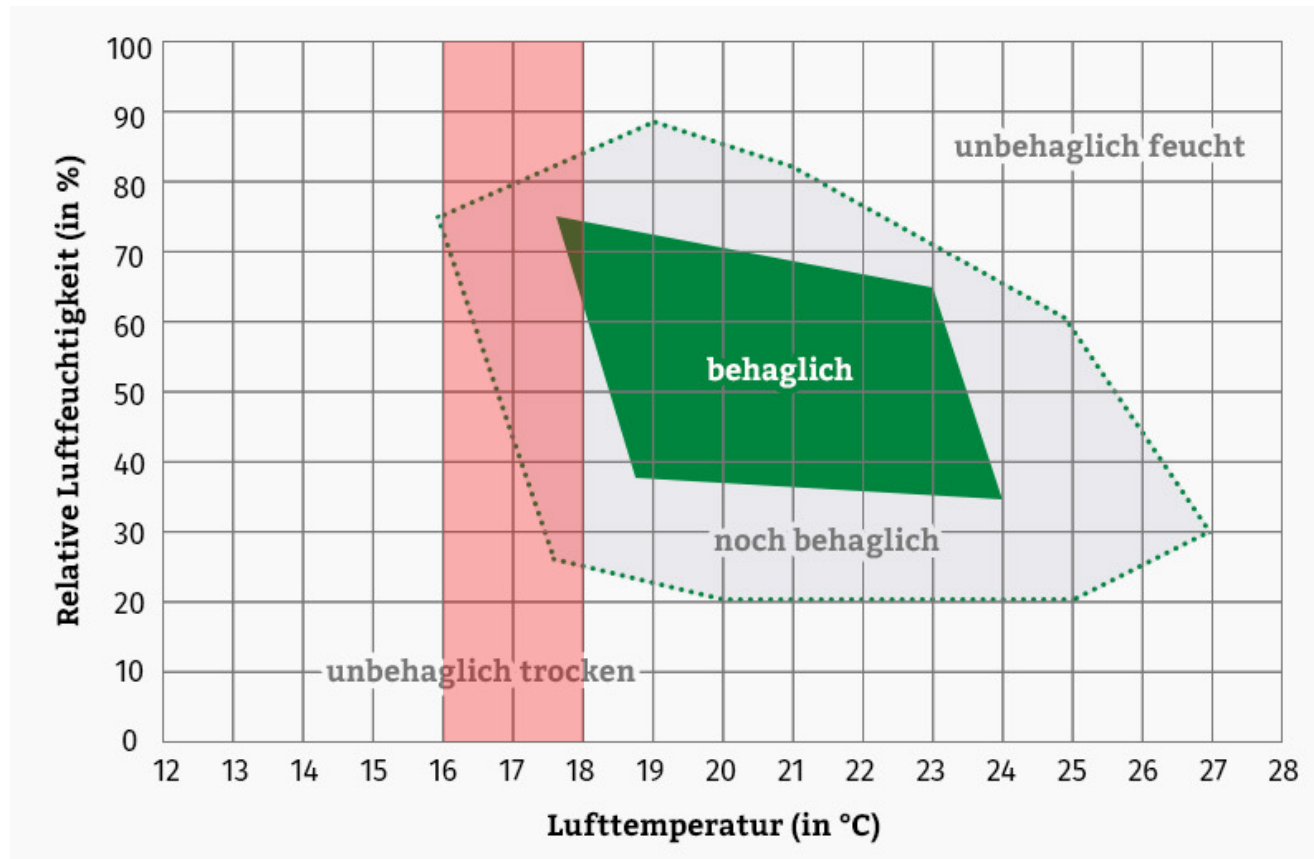


Im Bereich der als behaglich empfundenen Raumlufttemperaturen zwischen 19 °C und 23 °C kann die Luftfeuchte in einem relativ weiten Bereich von etwa 35 % bis etwa 70 % schwanken, und trotzdem als behaglich empfunden werden.

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz Behaglichkeit

Einfluss der Temperaturabsenkung auf die Behaglichkeit

Quelle: Frank W. (1975), Berichte aus der Bauforschung – Raumklima und Thermische Behaglichkeit



Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz
Gefahren für die Bausubstanz - Schimmelpilzbildung

Energieeinsparung

Welche Gefahren bestehen für die Bausubstanz?

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Gefahren für die Bausubstanz - Schimmelpilzbildung

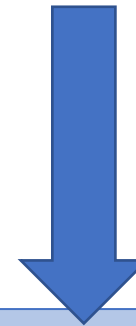
Welche Gefahren bestehen für die Bausubstanz?

Die Energieeinsparung stellt **keine** direkte Gefahr für die Bausubstanz dar.



Einfluss auf die Wohnqualität und Behaglichkeit
Stellt höhere Anforderungen an die Bewohner

Die Energieeinsparung / die Raumtemperaturabsenkung auf z. B. 16 °C – 18 °C stellt ein höheres Risiko für die Schimmelpilzbildung in Wohngebäuden dar.



Unbewohnbarkeit, Leerstand:
„Gefahr“ für die Bausubstanz

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz
Gefahren für die Bausubstanz - Schimmelpilzbildung

Wann entsteht Schimmel?

Schimmelpilzsporen sind ein natürlicher Bestandteil der Luft.

Das Schimmelpilzwachstum wird hauptsächlich durch **drei** (wesentliche) Faktoren bestimmt:

- Nährstoffangebot
- Temperatur
- **Feuchtigkeit**

Die entscheidende Voraussetzung für das Schimmelpilzwachstum ist eine ausreichende Feuchtigkeit auf der Bauteiloberfläche.

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz
Gefahren für die Bausubstanz - Schimmelpilzbildung

Typische Ursachen für Schimmelpilzschäden in Wohngebäuden

- Wasserschäden
- nicht ausreichend warme Bauteiloberflächen

```
graph TD; A["• Wasserschäden  
• nicht ausreichend warme Bauteiloberflächen"] --> B["→ Unterschreitung der kritischen Oberflächentemperatur ←  
→ Überschreitung der zulässigen Oberflächenfeuchte"]; B --> C["Typische Ursachen für die Unterschreitung der kritischen Oberflächentemperatur sind:  
• Wärmebrücken  
• unzureichende Beheizung  
• eingeschränkte Luftzirkulation"]; style A fill:#d9e1f2; style B fill:#d9e1f2; style C fill:#d9e1f2;
```

→ **Unterschreitung der kritischen Oberflächentemperatur** ←
→ Überschreitung der zulässigen Oberflächenfeuchte

Typische Ursachen für die **Unterschreitung der kritischen Oberflächentemperatur** sind:

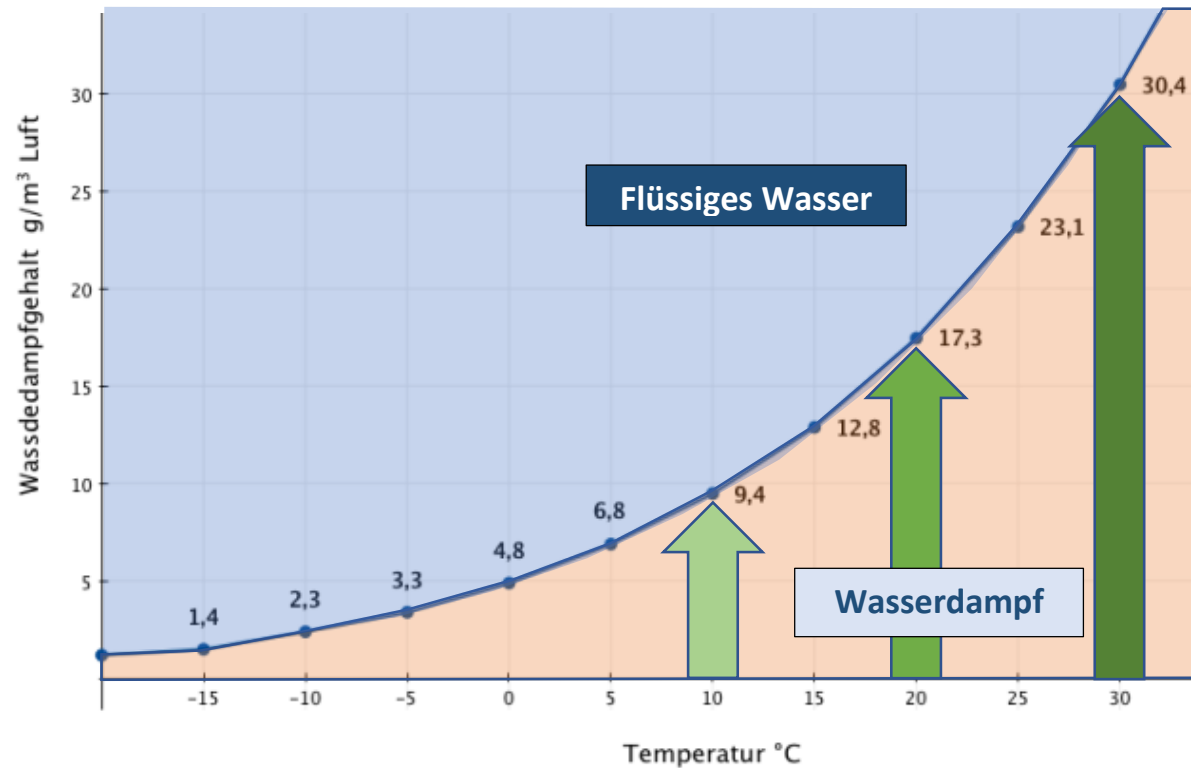
- Wärmebrücken
- unzureichende Beheizung
- eingeschränkte Luftzirkulation

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Gefahren für die Bausubstanz - Schimmelpilzbildung

→ kalte Luft kann weniger Feuchtigkeit binden als warme Luft.

Sättigungskurve



Bei 30°C beträgt die Wassermenge 30,4 g/m³
Bei 20°C beträgt die Wassermenge 17,3 g/m³
Bei 10°C beträgt die Wassermenge 9,4 g/m³

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Gefahren für die Bausubstanz - Schimmelpilzbildung

Prinzip der Entstehung von Oberflächenfeuchte

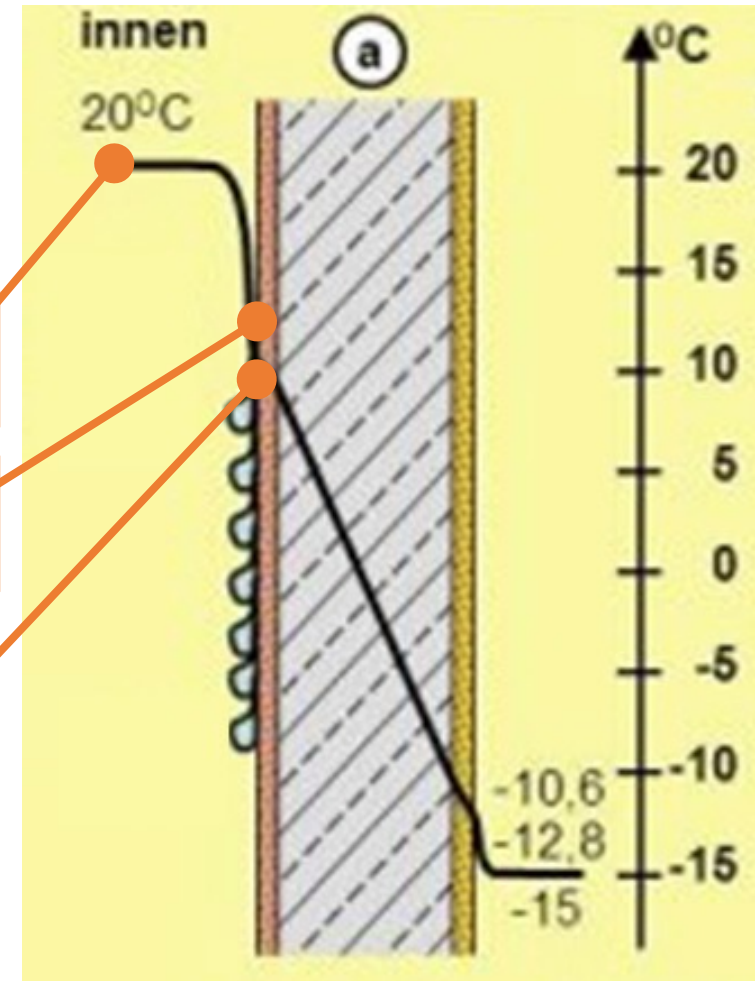
→ kalte Luft kann weniger Feuchtigkeit binden als warme Luft.

Raumklima
20°C / 50% r.F.

Wandoberfläche
12,6°C / 80% r.F.

Wandoberfläche 9,3°C / 100% r.F.
(Tauwasserbildung)

In Wohnräumen kann an kalten Bauteiloberflächen eine zu hohe Oberflächenfeuchte entstehen.



Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz
Gefahren für die Bausubstanz - Schimmelpilzbildung

Beispiel für eine Tauwasserbildung an kalten Oberflächen

z. B. an Fensterglasscheiben oder zu kalten Außenwänden.



Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz
Gefahren für die Bausubstanz - Schimmelpilzbildung

Beispiel für eine Tauwasserbildung an kalten Oberflächen



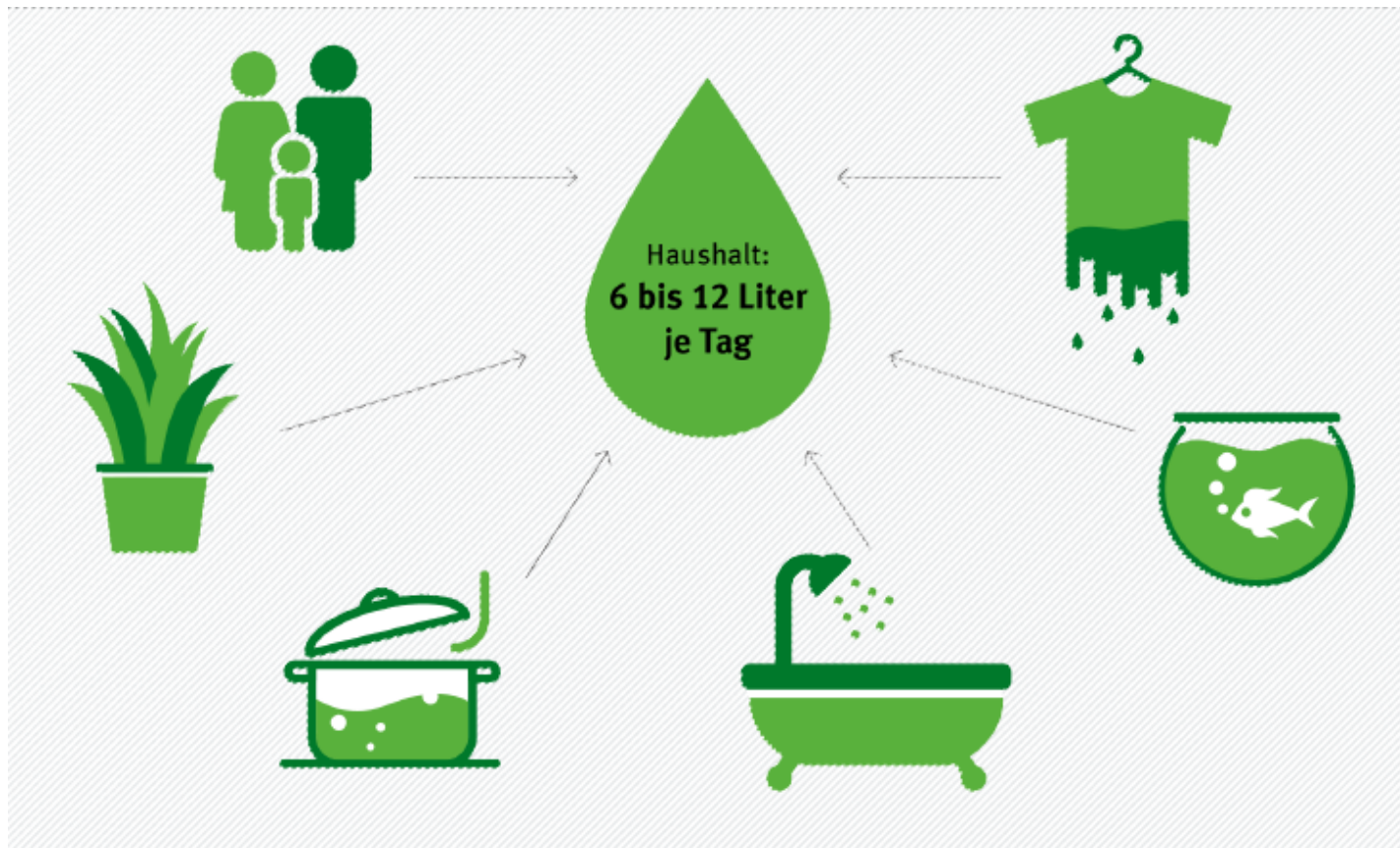
Tautropfen an Blättern und Gräsern
nach einer nächtlichen Abkühlung
oder
auf einer kalten Wasserflasche im
Sommer.

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Gefahren für die Bausubstanz - Schimmelpilzbildung

Feuchtequellen in der Wohnung, Beispiel: 3-Personen-Haushalt

Quelle: Leitfaden des Bundes Umweltamt



Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz
Gefahren für die Bausubstanz - Schimmelpilzbildung

Niedrigste zulässige Oberflächentemperatur

80%-Kriterium

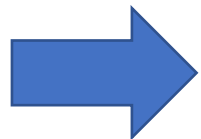
Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Gefahren für die Bausubstanz - Schimmelpilzbildung

Schimmelpilzbildung in Wohngebäuden

Das Vorliegen von Wasser, wie z. B. Tauwasser, ist nicht erforderlich, sondern **80 %** relative Luftfeuchte sind ausreichend!

In der Praxis kann eine Schimmelpilzbildung auftreten, wenn auf der Bauteiloberfläche über einen Zeitraum von mehr als **12 Stunden** an **5 aufeinanderfolgenden Tagen** der Wert von mehr als **80 % relativer Luftfeuchte** überschritten wird.

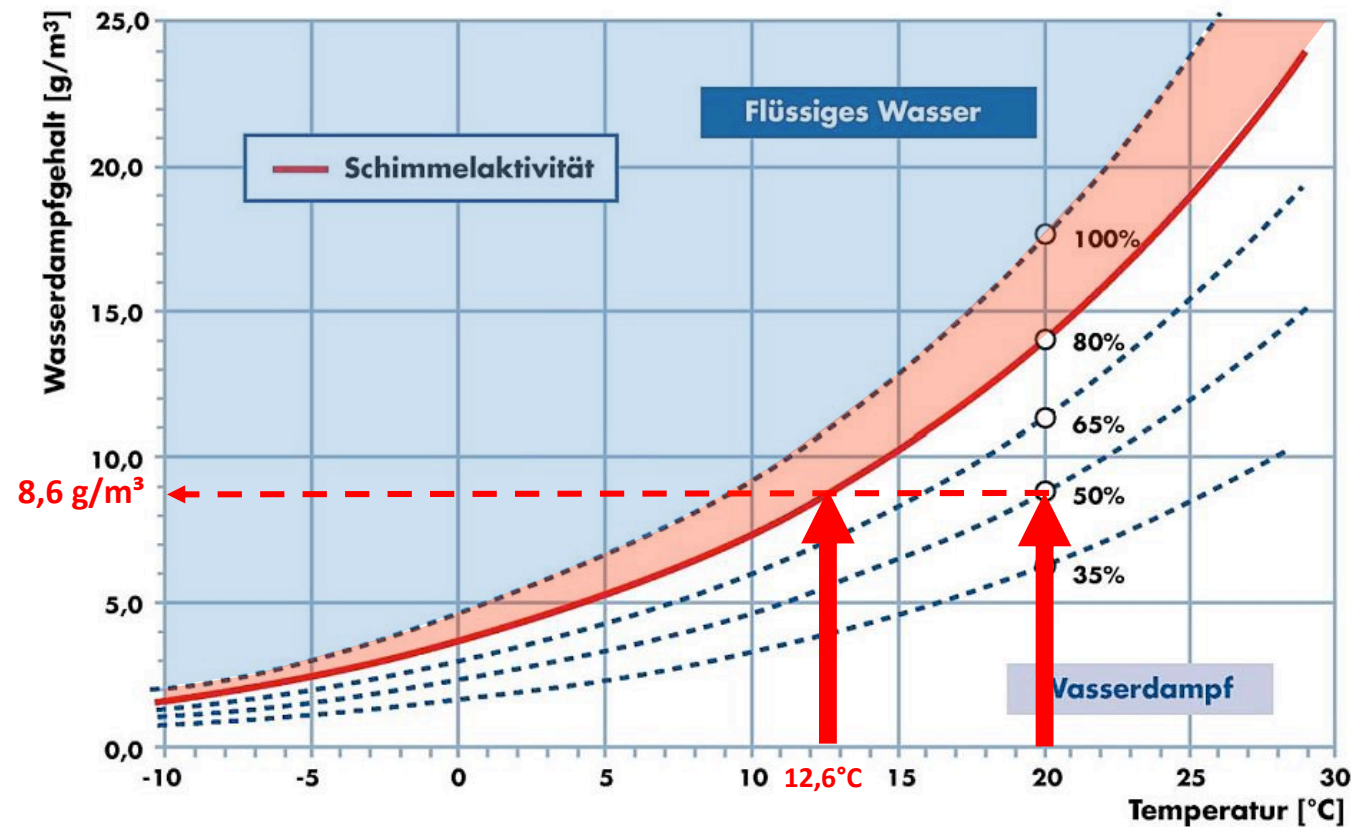


80%-Kriterium nach DIN 4108: Zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum darf eine Oberflächentemperatur von 12,6 °C (bei Normklima) nicht unterschritten werden

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Gefahren für die Bausubstanz - Schimmelpilzbildung

80% Kriterium - Vermeidung von Schimmelpilzwachstum nach DIN 4108



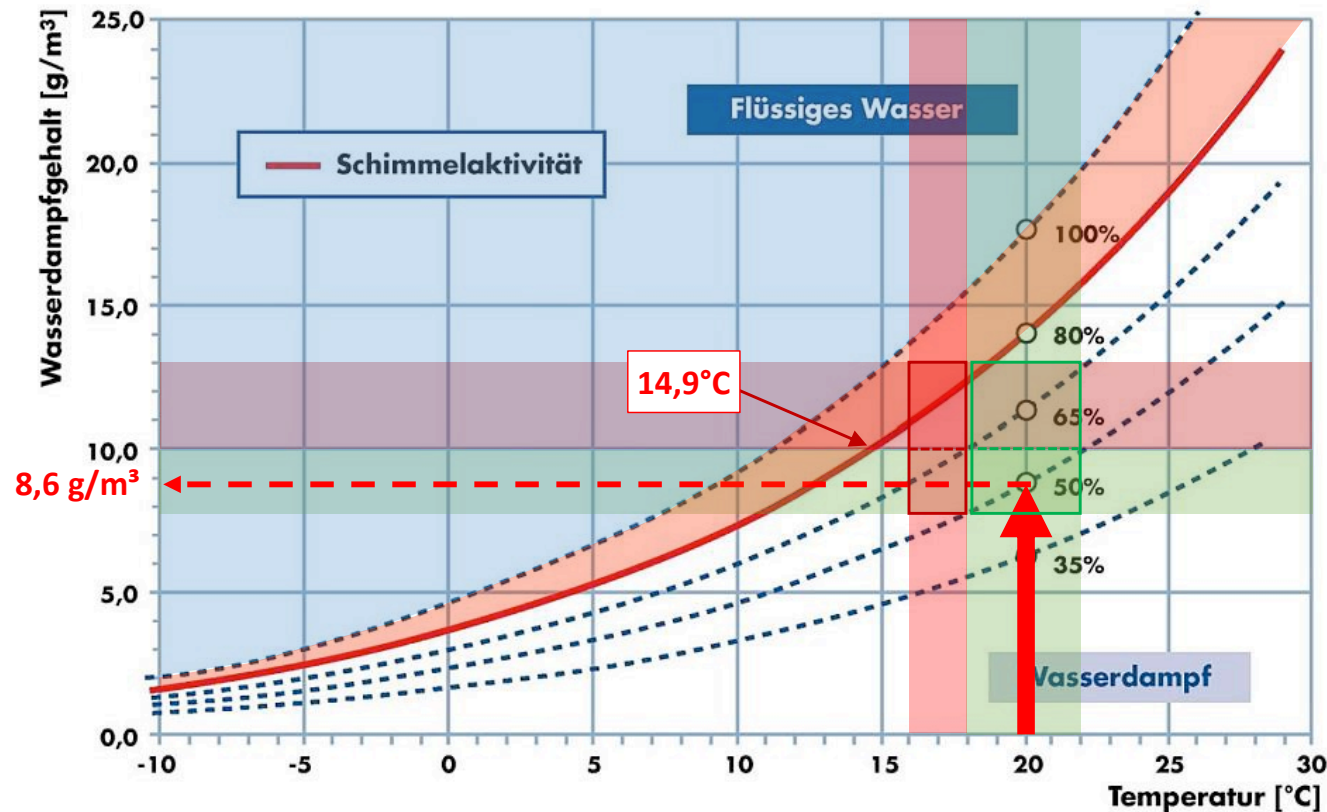
Wird die Raumlufttemperatur verringert, steigt die relative Luftfeuchte und das Risiko des Schimmelpilzwachstums erhöht sich

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Gefahren für die Bausubstanz - Schimmelpilzbildung

Auswirkungen der Energieeinsparung / Temperaturabsenkung

In der Praxis liegt das Raumklima nicht immer genau bei 20 °C und 50 % r.F., sondern in einem Bereich, dem Behaglichkeitsfeld.



Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Schimmelpilzbildung, Beispiele

Schimmel im Gebäude

Beispiele für Schimmelpilzschäden



Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz Schimmelpilzbildung, Beispiele

Kalte Außenwandoberflächen in einer „normal“ beheizten Wohnung



Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz Schimmelpilzbildung, Beispiele

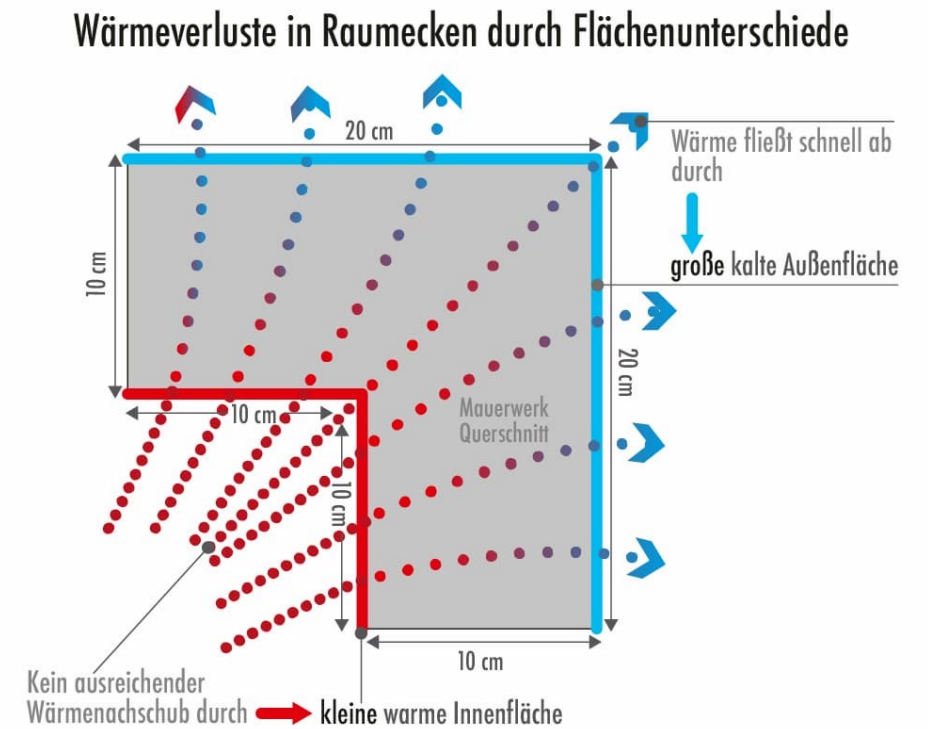
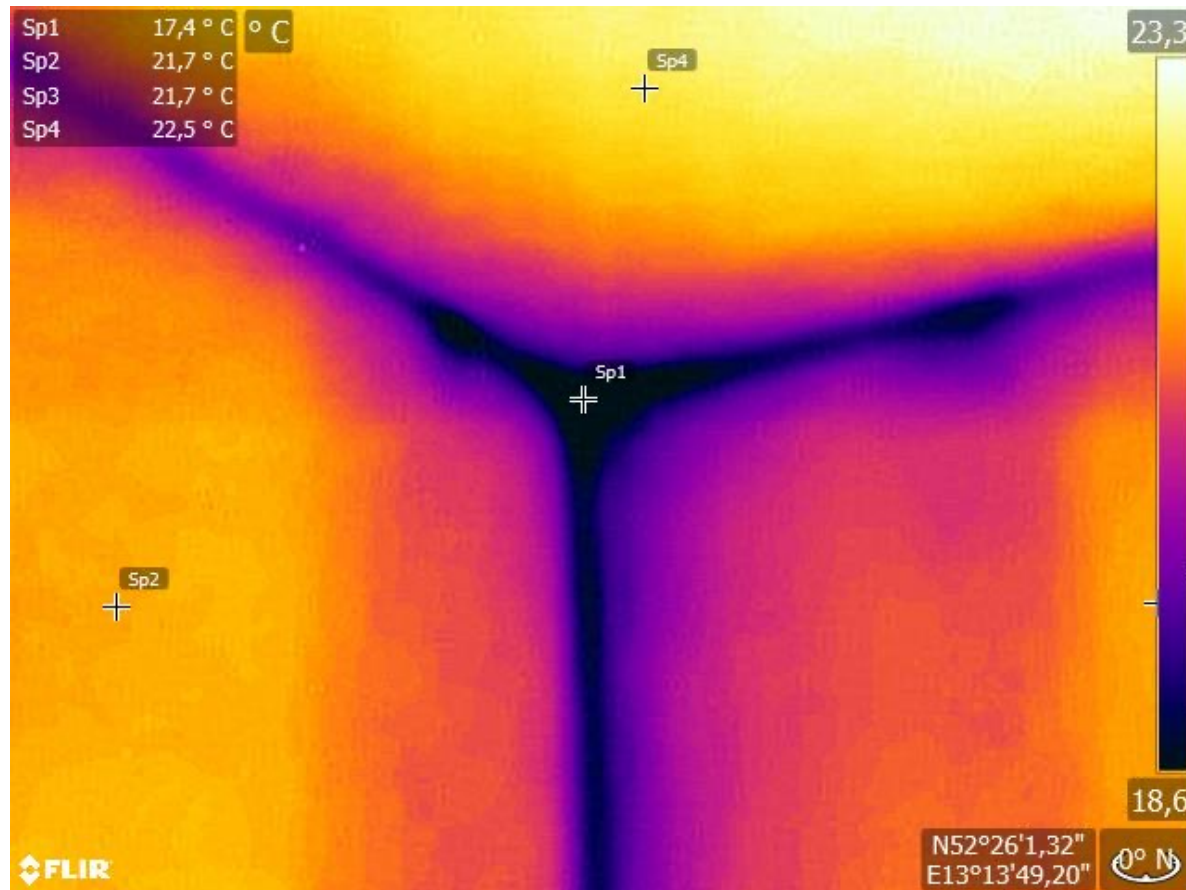
Eingeschränkte Luftzirkulation



Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

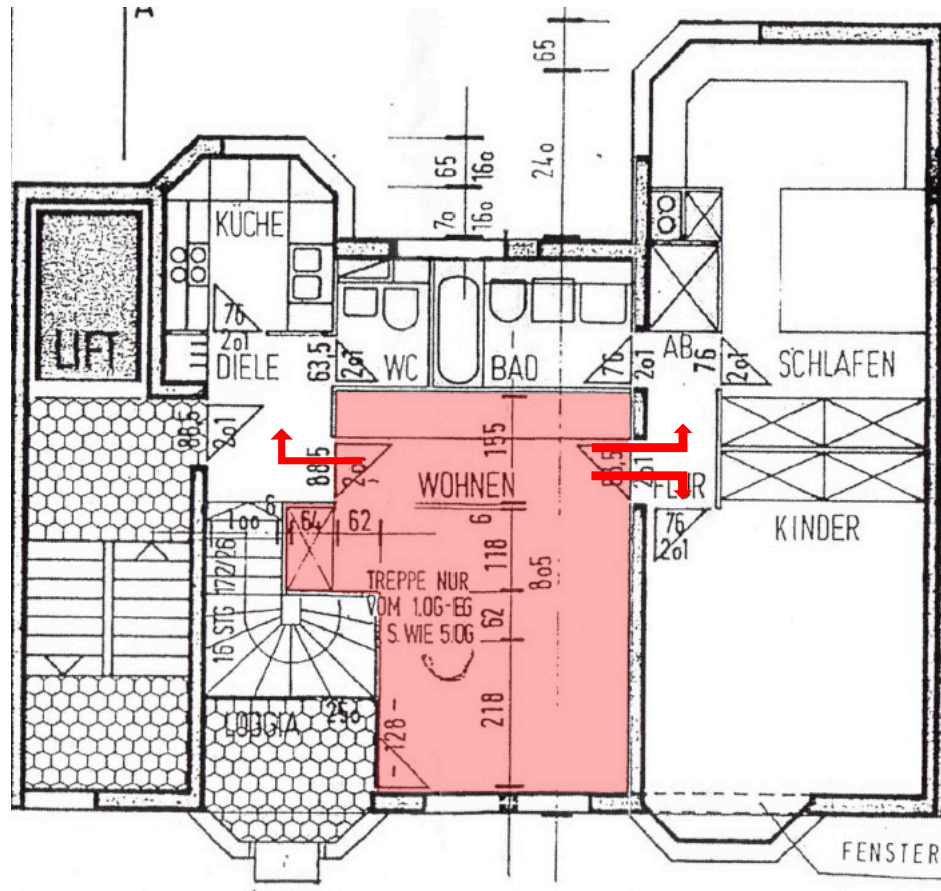
Schimmelpilzbildung, Beispiele

Wärmebrücken



Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz Schimmelpilzbildung, Beispiele

Unzureichendes und unsachgemäßes Beheizen der Wohnung / Raumverbund



Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz
Mindestwärmeschutz

Energieeinsparung

Voraussetzung an die Baukonstruktion

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz
Gefahren für die Bausubstanz - Schimmelpilzbildung

Voraussetzungen an die Baukonstruktion für die Vermeidung von Schimmelpilzwachstum

Nach DIN 4108 muss die Baukonstruktion die Voraussetzung schaffen,
dass bei üblicher Nutzung der Räume
ausreichend hohe innere Oberflächentemperaturen
zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum auftreten.

„Ältere“ Wohngebäude besitzen die baulichen Voraussetzungen
für Energieeinsparungsmaßnahmen in der Regel aber nicht.

Durch Energieeinsparung verringern sich die inneren Oberflächentemperaturen
und das Risiko für Schimmelpilzbildung / Schimmelpilzschäden steigt

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz
Mindestwärmeschutz

Voraussetzung an die Baukonstruktion

Mindestwärmeschutz

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz Mindestwärmeschutz

Betrachtung des Mindestwärmeschutzes im Bereich von Wärmebrücken

Nach **DIN 4108** ist zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum der **Mindestwärmeschutz** an der ungünstigsten Stelle (Wärmebrücken), **mindestens ein Temperaturfaktor von 0,70 nach DIN EN ISO 10211** / eine Oberflächentemperatur von 12,6 °C (bei Normklima) **einzuhalten**.

Fenster sind davon ausgenommen.

→ In der alten Fassung der DIN 4108-2 waren Wärmebrücken (z. B. Raumecken) ausgenommen.

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

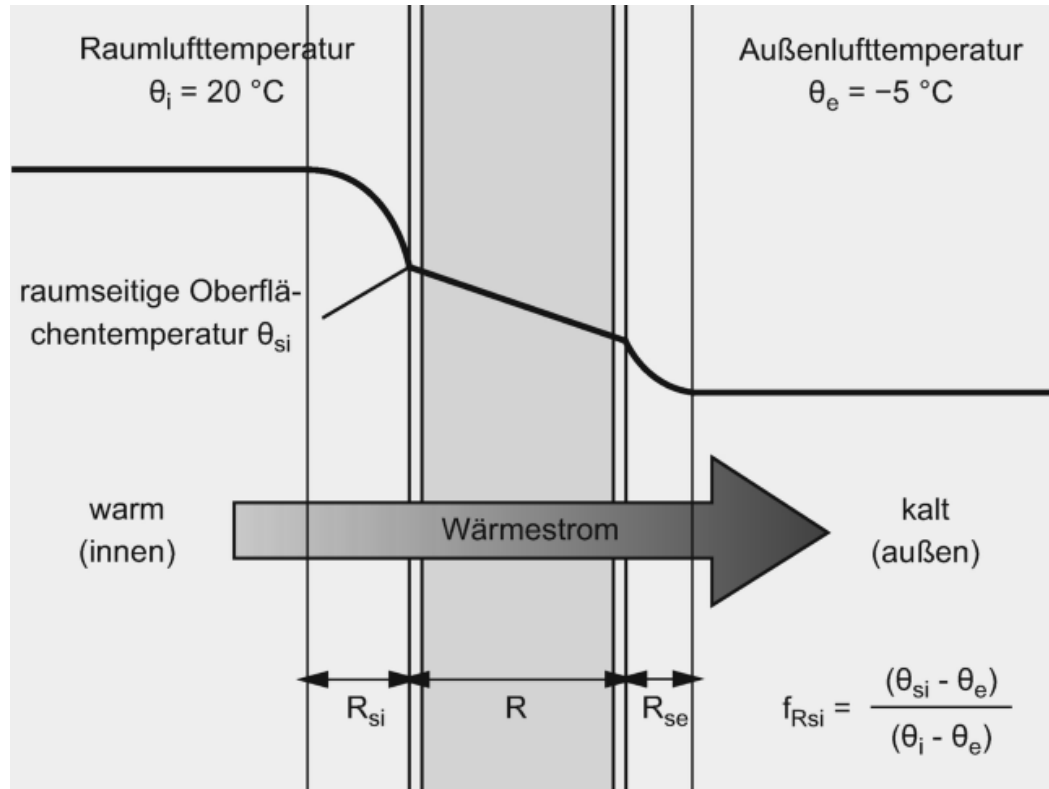
Mindestwärmeschutz

Betrachtung des Mindestwärmeschutzes im Bereich von Wärmebrücken

Temperaturfaktor f_{Rsi} :

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \geq 0,7$$

- f_{Rsi} - dimensionsloser Temperaturfaktor in [-]
- θ_{si} - Oberflächentemperatur in [°C]
- θ_e - Außentemperatur der Luft in [°C]
- θ_i - Innentemperatur der Luft in [°C]

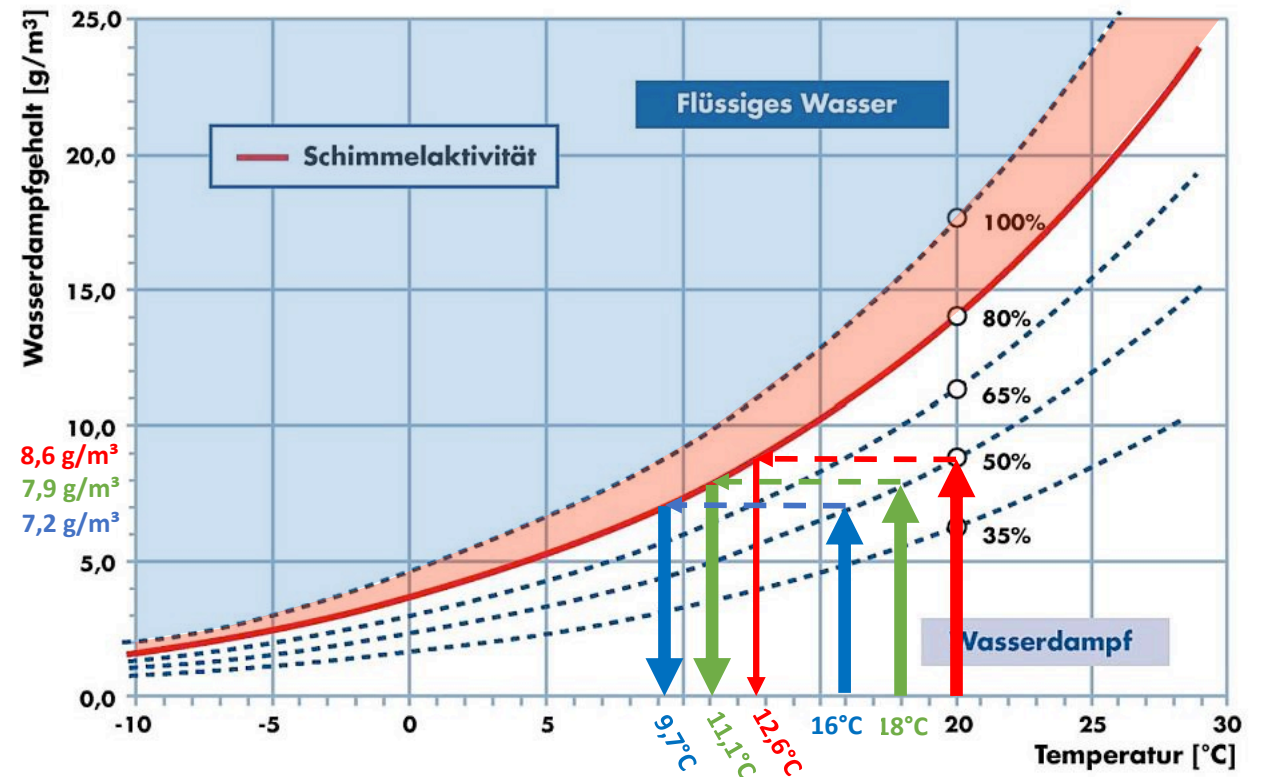


Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Mindestwärmeschutz

Betrachtung des Mindestwärmeschutzes im Bereich von Wärmebrücken

Um das **Kriterium des Mindestwärmeschutzes** und das **80%-Kriterium** in Einklang zu bringen, muss bei einer Temperaturabsenkung der Raumluft auch der Wasserdampfgehalt der Raumluft abgesenkt werden.



Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz
Schimmelpilzbildung, Lüftungsverhalten

Minimierung des Risikos von Schimmelpilzbildung durch Lüften

Kann durch ein sorgfältiges und verstärktes Lüftungsverhalten das erhöhte Risiko von Schimmelpilzbildung bei einer Temperaturabsenkung ausgeglichen werden?

Die Antwort ist:

In der Theorie: Ja, durch die **Abminderung des Wasserdampfgehaltes**.

In der Praxis: (eher) Nein, da viele Nutzer mit dem Lüften **überfordert** sein werden.

Bautechnische Aspekte - Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung und Ausblick

```
graph TD; A[Energieeinsparung erhöht das Risiko für Schimmelpilzbildung] --> B[Eine Vielzahl von Schimmelpilzschäden sind bereits heutzutage auf das Nutzerverhalten (Energieeinsparung und ein zu hoher Wasserdampfgehalt in der Raumluft) zurückzuführen.]; B --> C[Durch Energieeinsparung in weiteren Wohngebäuden wird sich (ohne Anpassung des Nutzerverhaltens) die Anzahl von Schimmelpilzschäden noch erhöhen.];
```

Energieeinsparung erhöht das Risiko für Schimmelpilzbildung

Eine Vielzahl von Schimmelpilzschäden sind bereits heutzutage auf das Nutzerverhalten (Energieeinsparung und ein zu hoher Wasserdampfgehalt in der Raumluft) zurückzuführen.

Durch Energieeinsparung in weiteren Wohngebäuden wird sich (ohne Anpassung des Nutzerverhaltens) die Anzahl von Schimmelpilzschäden noch erhöhen.

Energieeinsparung und Gefahren für die Bausubstanz

Bautechnische Aspekte

Vielen Dank!