

Hilfe ich ersticke, mein Haus schwitzt!

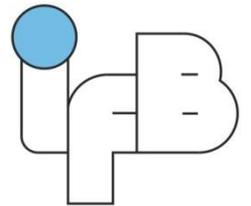
Sanierungstreff im Bürgerhaus



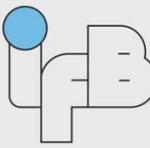
Neumarkt i.d.OPf.

WOLFGANG SORGE
INGENIEURBÜRO
FÜR BAUPHYSIK

Beratende Ingenieure VBI



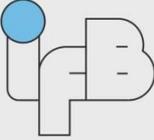
beraten
planen
prüfen



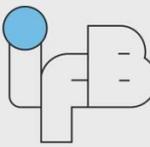
- Hilfe ich ersticke
 - Lüftung von Wohnungen
 - Richtiges Heiz- und Lüftungsverhalten
 - Muss mein Haus atmen?
- Mein Haus schwitzt
 - Schimmelpilzgefahr
 - Wärmebrücken
- Widerlegung von Unwahrheiten
 - Energieeinsparung vs. solare Gewinne
 - Algenwachstum auf Fassaden
 - Polystyrol die einzige Wärmedämmung?
 - Unzutreffende Berichterstattung in den Medien



Hilfe ich ersticke, mein Haus schwitzt!



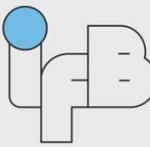
Hilfe ich ersticke!



Luftdichtheit der Gebäudehülle - Mindestluftwechsel

Eine ausreichende Lüftung von Räumen (dauerhafte Nutzung von Menschen), ist aus folgenden Gründen dringend notwendig:

- Geruchsstoffe und CO₂-Konzentration
die Lüftung muss ausreichend saubere Atemluft zur Verfügung stellen
- Feuchtigkeit
die Lüftung ist verantwortlich für das Abführen der in den Räumen anfallenden Feuchte bei ihrer Benutzung
- Verbrennungsluft
die Lüftung muss bei raumluftabhängigen Feuerstätten die notwendige Verbrennungsluft zur Verfügung stellen



Luftdichtheit der Gebäudehülle - Mindestluftwechsel

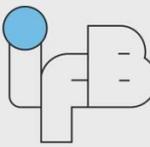
Mindestluftwechsel zur Gewährleistung hygienischer Bedingungen:

Sauerstoff

- Deckung des Sauerstoffbedarfes ca. $1 - 3 \text{ m}^3/(\text{Stunde Person})$

Geruchsstoffe und CO₂-Konzentration

- physiologische erforderliche Frischluftmenge zur Begrenzung der Kohlendioxid-Konzentration und anderer gasförmiger Stoffwechselprodukte
 $10 - 30 \text{ m}^3/(\text{Stunde Person})$
- Als Leitwert zur Festlegung der Luftwechselrate eignet sich der CO₂-Gehalt, weil er durch die Nutzer verursacht und nicht veränderbar ist. Hygienischer Grenzwert von 1.500 ppm wird bei der Zufuhr von $20 \text{ m}^3/(\text{Stunde Person})$ eingehalten.

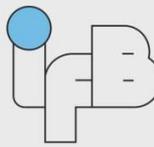


Luftdichtheit der Gebäudehülle - Mindestluftwechsel

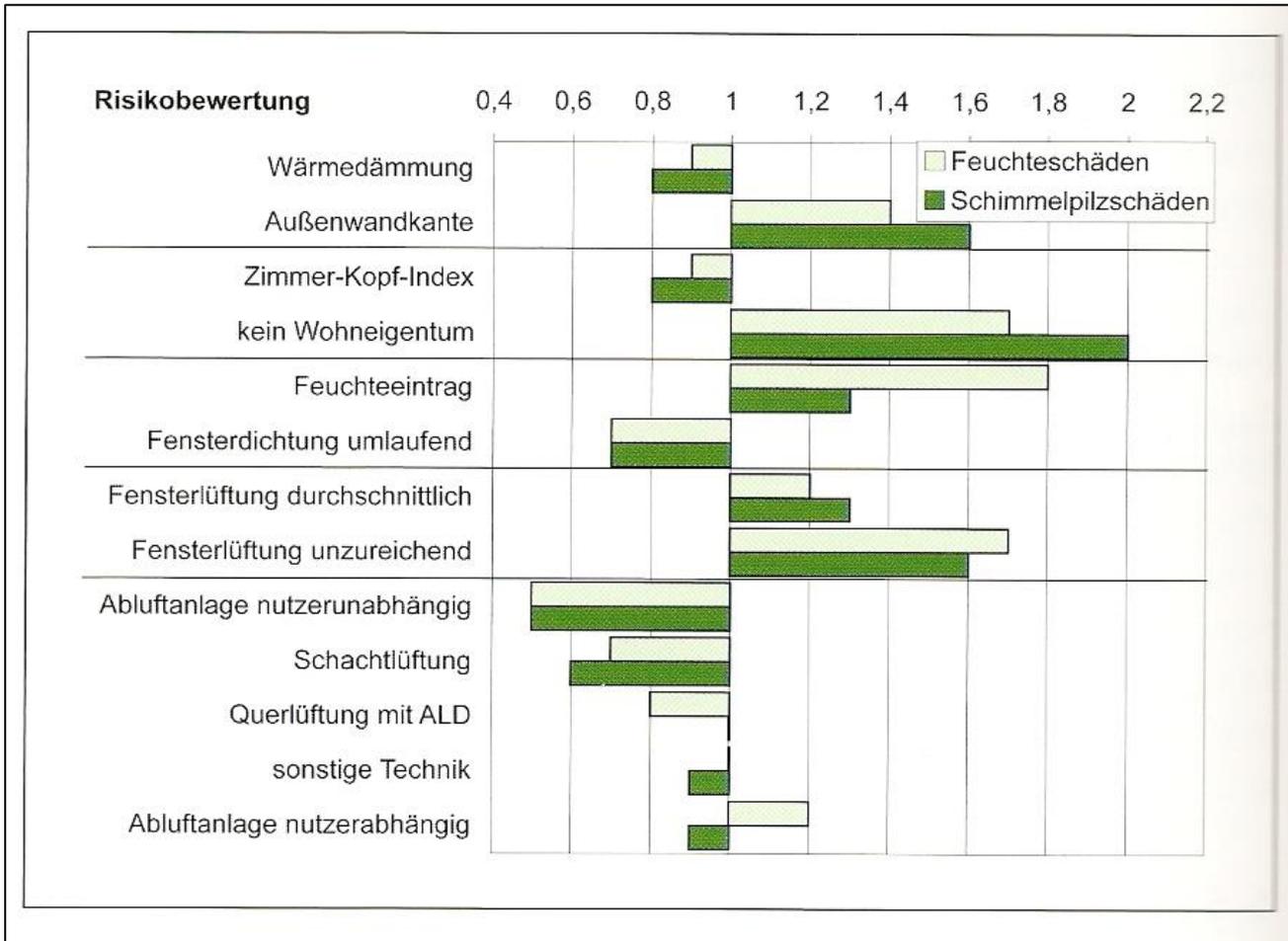
Mindestluftwechsel zur Gewährleistung hygienischer Bedingungen:

Feuchtigkeit

- In einem 3 – 4- Personen-Haushalt verdunsten nach neuesten Erkenntnissen täglich 8 – 10 Liter Wasser.
- Ein gewisser Teil des verdunsteten Wassers kann in der Baukonstruktion gespeichert werden.
- Insgesamt muss so gelüftet werden, dass der entstehende Luftwechsel die gesamte Feuchte abtransportieren kann.
- Die Abfuhr der in den Räumen freigesetzten Feuchte ist von besonderer Bedeutung, da die Luftfeuchtigkeit vorzugsweise in der Heizperiode ansteigt und an kälteren Oberflächen zu Tauwasserbildung führen kann.
- Der erforderliche Luftaustausch ist von folgenden Faktoren abhängig:
 - Außenlufttemperatur, kritisch ist insbesondere die Übergangszeit
 - Feuchteproduktion



Fensterlüftung – Risikopotential Schimmelbildung

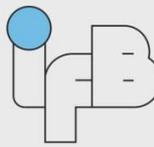


Risikofaktoren für Feuchte- bzw. Schimmelpilzschäden:

Referenzfall mit Risiko = 1:

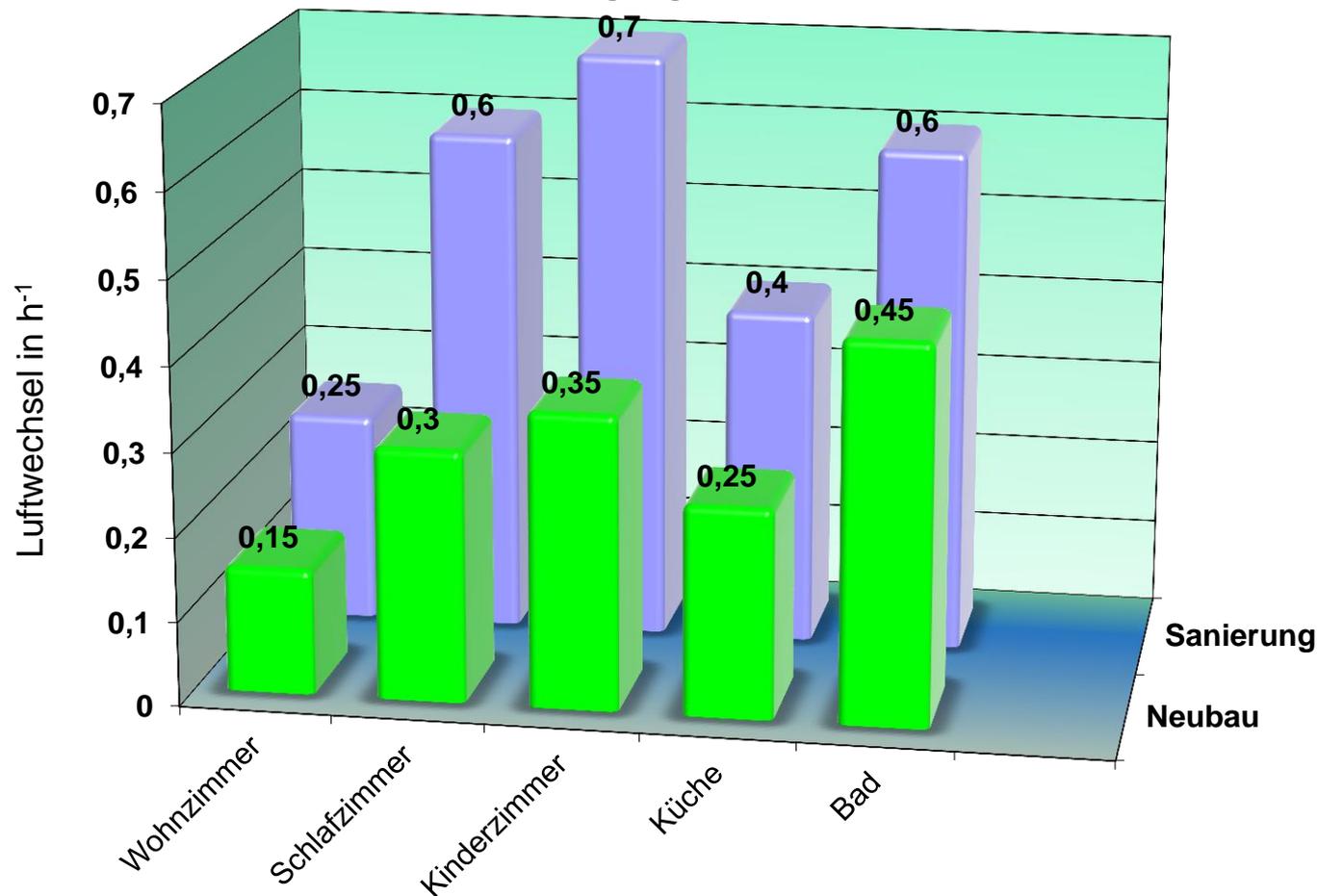
- gute Fensterlüftung,
- ohne Lüftungsanlage,

Quelle: Vorkommen, Ursachen und gesundheitliche Aspekte von Feuchteschäden in Wohnungen von S. Brasche und W. Bischof, 2003



Mindestluftwechsel n [h^{-1} oder $1/\text{h}$]

Mindestluftwechsel in h^{-1} zur Vermeidung von Schimmelpilzbefall unter Annahme von Standardbedingungen im Mehrfamilienhaus



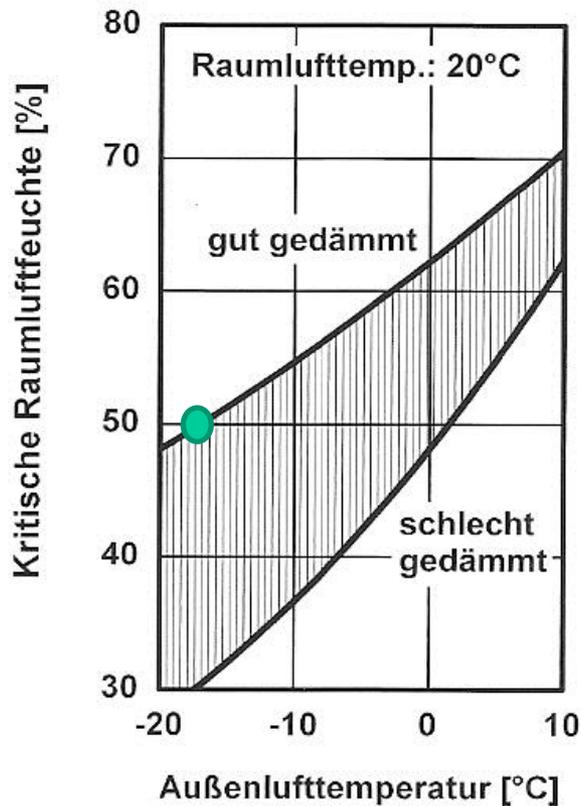
Empfehlung: Luftwechsel ca. $n = 0,5 - 0,8 \text{ h}^{-1}$

Hilfe ich ersticke, mein Haus schwitzt!

Lüftung- warum?

Relative Luftfeuchte

Die kritische Luftfeuchte hängt vom Dämmstandard und den Außenklimabedingungen ab!



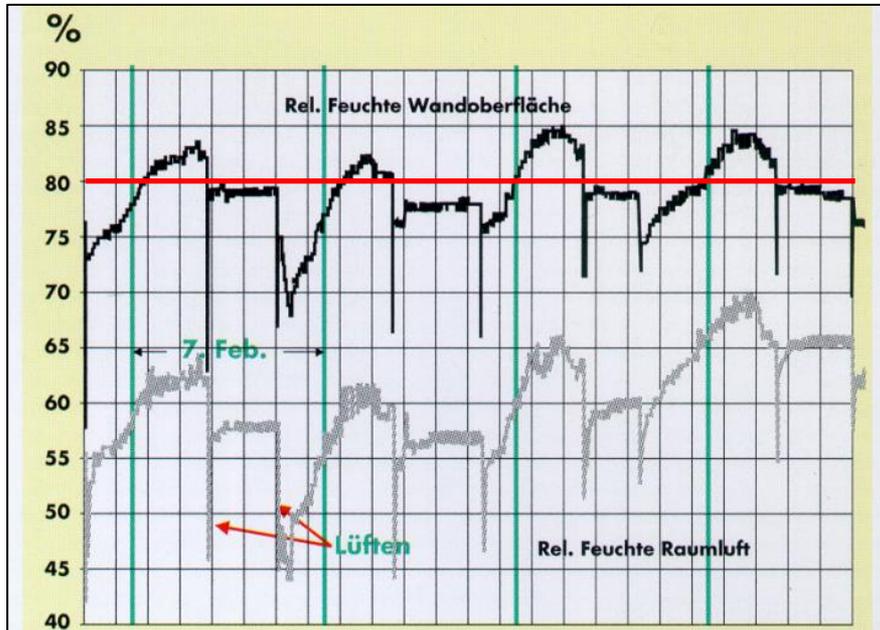
Bei geringen Außentemperaturen gilt:

- Neubaustandard:
Normklimabedingungen:
20° C, rF: 50 %
- Altbau:
rF: 30 – 40 %

Hilfe ich ersticke, mein Haus schwitzt! Lüftung- warum?

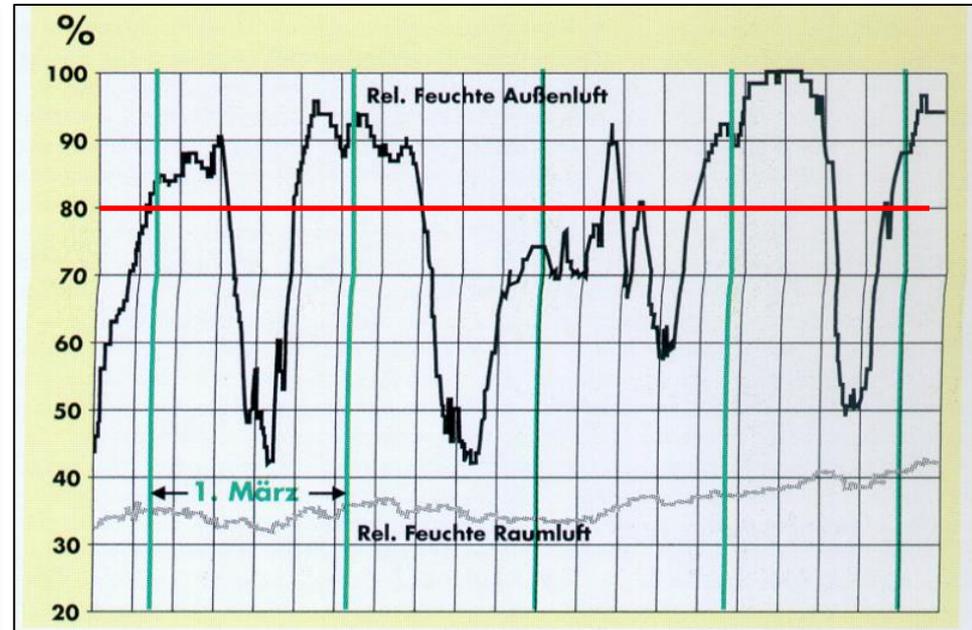
Lüftungsverhalten

Ungünstige Fensterlüftung

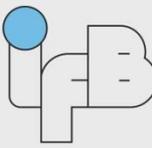


Standardgebäude (Wand mit 6 cm Wärmedämmverbundsystem) bei zweimal täglicher Fensterlüftung:
Die Raumluftfeuchte sinkt nur kurz nach dem Lüften

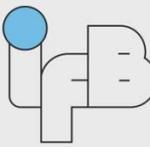
Abluftanlage



Gebäude mit Abluftwärmerückgewinnung: gleichmäßig gute Luftqualität und Raumluftfeuchte bei gleicher Wettersituation wie in der Abbildung oben

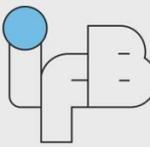


Richtiges Heiz- und Lüftungsverhalten!



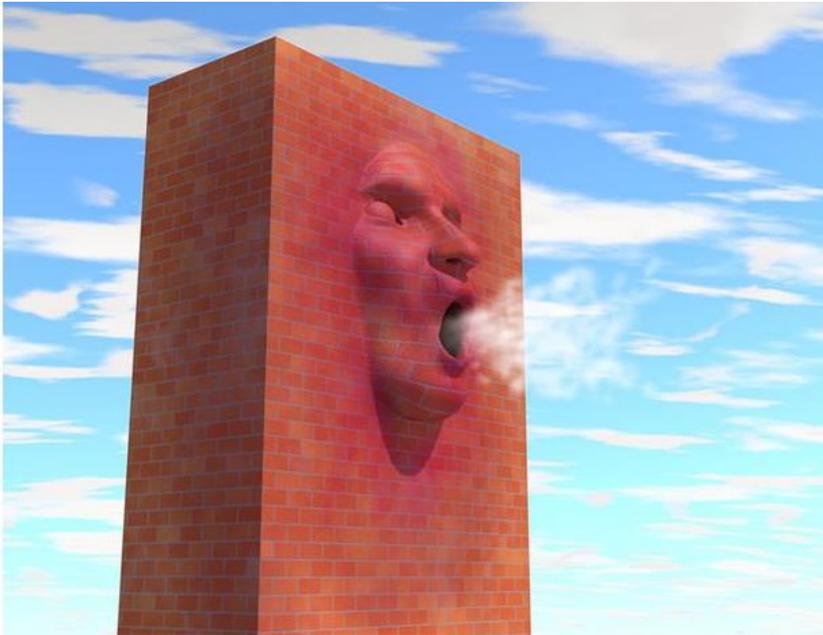
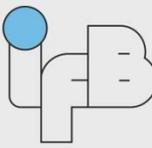
Richtiges Heiz- und Lüftungsverhalten

- Alle Räume der Wohnung müssen ausreichend beheizt werden. Die Raumtemperatur sollte 17 °C nicht unterschreiten.
- Die relative Luftfeuchte darf nur kurzfristig 70 % überschreiten, was z.B. in Bad und Küche zeitweise unvermeidbar ist.
 - Die überhöhte Feuchtigkeit muss durch das Fenster desjenigen Raumes abgeführt werden, in dem sie entstanden ist. Ein deutliches Zeichen, dass dringend gelüftet werden muss, ist das Beschlagen der Fensterscheiben.
- Räume, die deutlich kälter sind als der Rest der Wohnung (z.B. Schlafzimmer oder ungenutzte Gästezimmer):
 - dürfen nicht durch die offene Tür durch andere Räume mit beheizt werden.
 - Die Tür ist geschlossen zu halten.
 - Die erforderliche Beheizung muss über den entsprechenden Raumheizkörper vorgenommen werden.



Richtiges Heiz- und Lüftungsverhalten

- Bei Räumen die zeitweilig deutlich feuchter sind,
 - muss die Tür geschlossen gehalten werden. Die Feuchtigkeit darf sich nicht über offene Zimmertüren in der ganzen Wohnung verteilen.
 - muss das Trocknen durch Lüften durch das entsprechende Raumfenster erfolgen.
 - Müssen kurzzeitig erzeugte große Wasserdampfmengen, wie sie z.B. beim Kochen und Duschen entstehen, sofort nach außen abgeführt werden.
- Stoßlüftung
 - die Energieverluste werden gegenüber der Kipplüftung eingeschränkt.
 - die Raumluft wird möglichst schnell und vollständig gegen die Außenluft ausgetauscht, ohne dass sich dabei die in Wänden, Decken und Böden gespeicherte Wärme deutlich verringert.
 - kurzfristig (10 Minuten) werden die Fenster weit geöffnet, wenn möglich mit Querlüftung, eine derartige Stoßlüftung muss zeitnah nach der Feuchteproduktion erfolgen, ca. 3 - 5 mal am Tag.
 - das sog. "Dauerlüften" durch Kippen der Fenster führt zu einer stärkeren Abkühlung des Raumes.
- Optimal: konstanter Luftwechsel der an den Bedarf angepasst ist!



Muss mein Haus atmen?

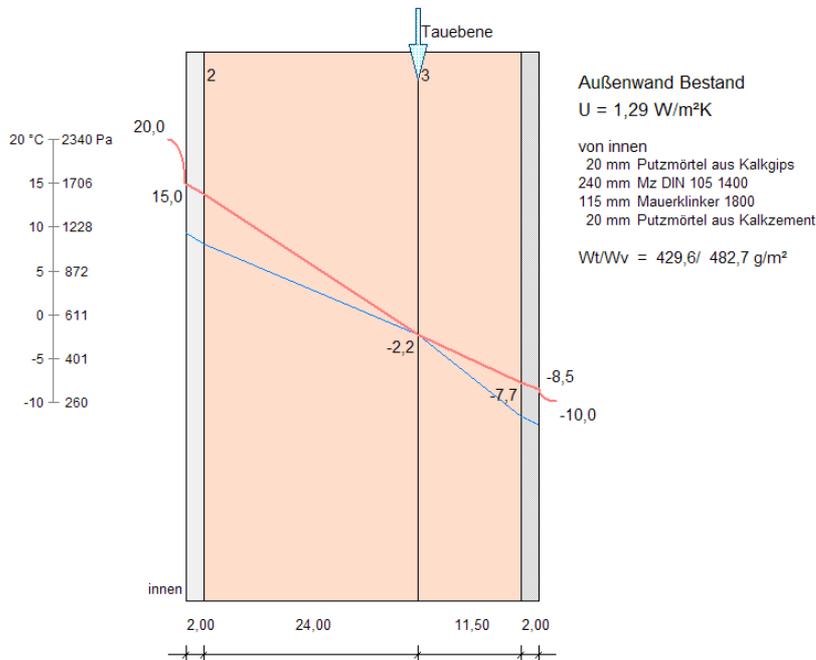
Hilfe ich ersticke, mein Haus schwitzt!

Benötigen wir atmende Wände?

Wärmedämmverbundsystem im Bestand

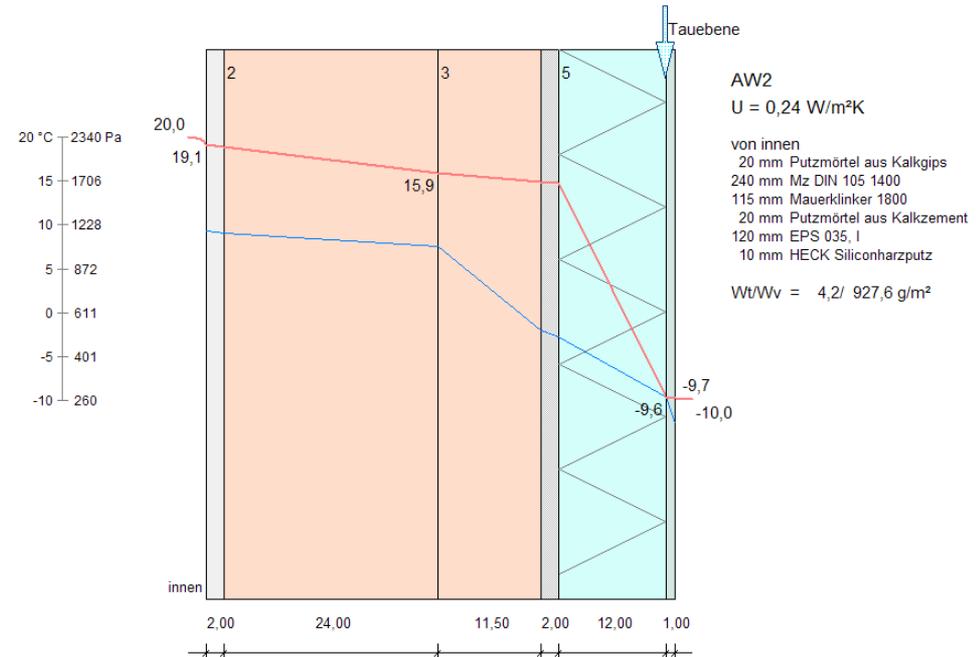
Diffusionsfähigkeit, Berechnung nach Glaser-Verfahren (DIN 4108-3)

Bestandswand



Diffusionsstrom: $1 \text{ g/m}^2\text{d}$

Bestandswand mit WDVS

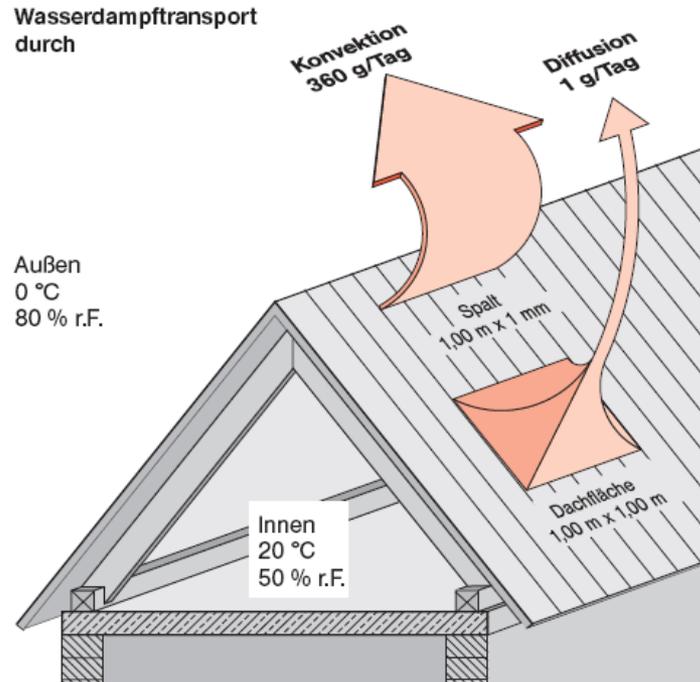


Diffusionsstrom: $0,8 \text{ g/m}^2\text{d}$

Durch die außenseitige Wärmedämmung wird die Diffusionsfähigkeit nicht beeinträchtigt.

Wärmedämmverbundsystem im Bestand

Feuchtetransportvorgänge über Bauteile, Lüftung und Undichtheiten

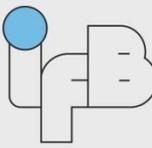


9-3 Vergleich des Wasserdampftransports durch Leckageluftstrom und Diffusion am Beispiel einer Dachhaut (diffusionsäquivalente Luftschichtdicke 10 m, Druckdifferenz 2 Pa [4])

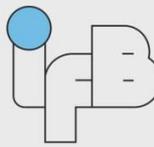
Vergleich des Feuchtetransportes:

- Bestandswand mit WDVS (100 m²)
Diffusion: 80 g/d
- Undichtheiten/Leckagen:
Konvektion: 2.200 g/d
- Lüftung in typischer Wohnung
Konvektion 9.000 g/d
- Bezogen auf den Feuchtetransport über Lüftung sind sämtliche andere Transportvorgänge unerheblich.

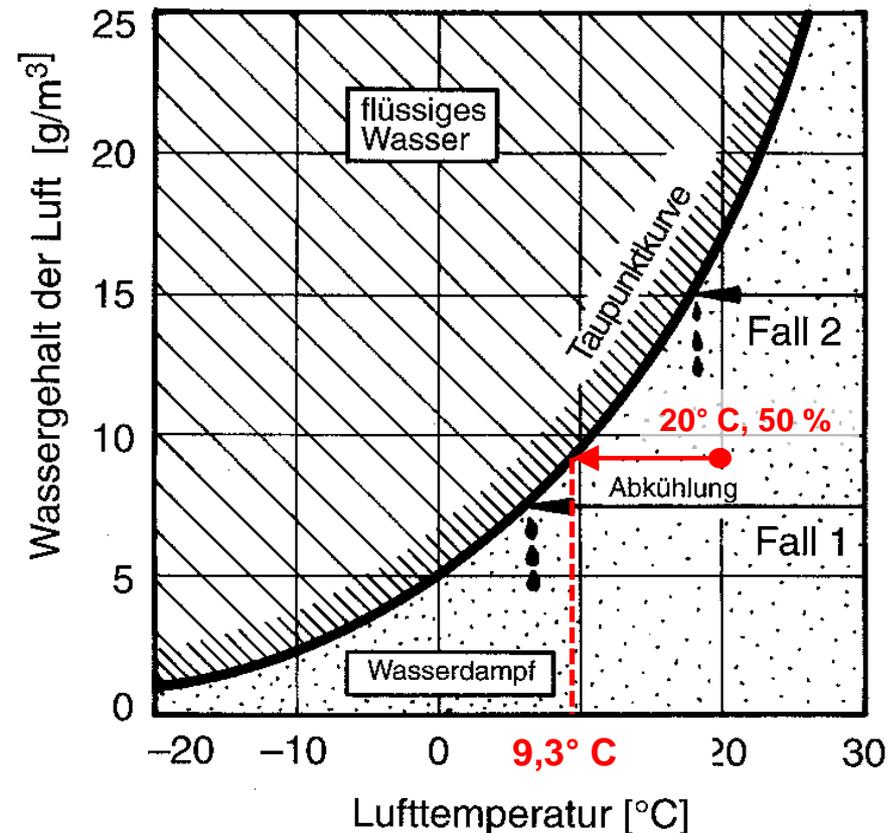
Diffusionsfähigkeit einer Wand hat keinen wirklichen Einfluss auf den Feuchtehaushalt!
Feuchteausgleich zwischen der Raumluft und den Bauteiloberflächen erfolgt durch Sorption!



Mein Haus schwitzt

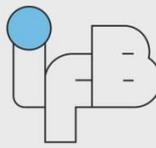


Tauwasserbildung

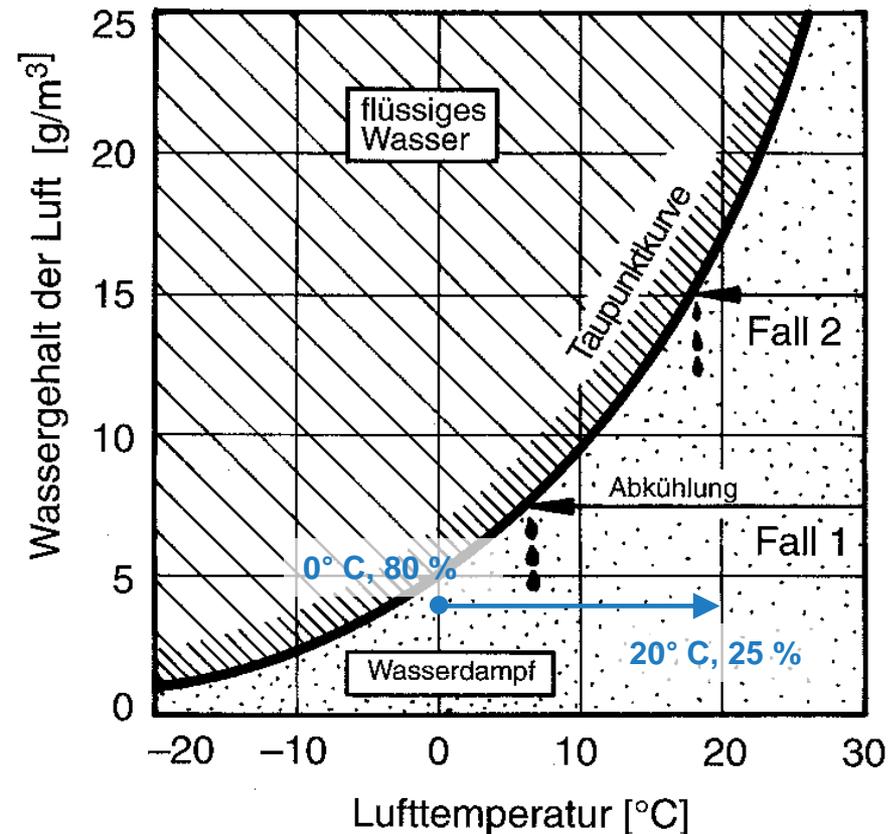


- Beim Abkühlen feuchter Luft erhöht sich die relative Feuchte.
- Wird die Temperatur so weit erniedrigt, bis die relative Feuchte den Wert 100 % erreicht, so muss bei weiterer Abkühlung Wasserdampf aus der Luft abscheiden.
- Der Wasserdampf schlägt sich auf festen Gegenständen als Tauwasser nieder.
- Die Temperatur, bei der dies geschieht, wird als Taupunkttemperatur bezeichnet.
- Spezialfall:
Kapillarkondensation

Abkühlung warmer Luft an Wärmebrücken!



Tauwasserbildung

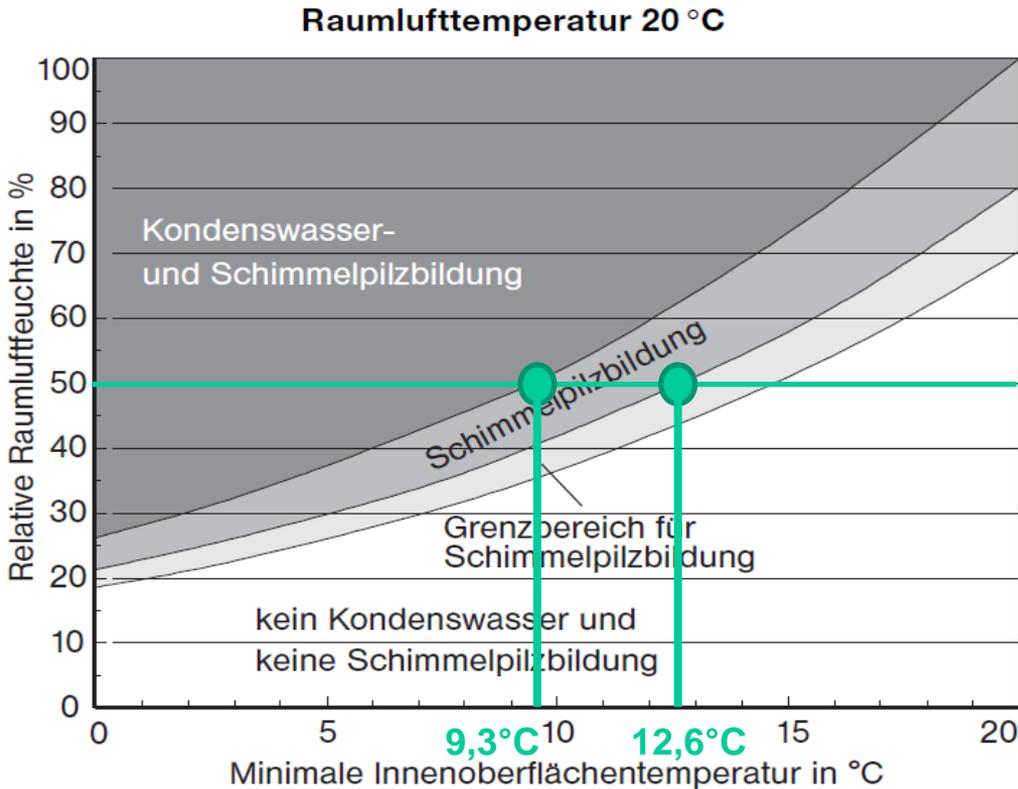


- Beim Abkühlen feuchter Luft erhöht sich die relative Feuchte.
- Wird die Temperatur so weit erniedrigt, bis die relative Feuchte den Wert 100 % erreicht, so muss bei weiterer Abkühlung Wasserdampf aus der Luft abscheiden.
- Der Wasserdampf schlägt sich auf festen Gegenständen als Tauwasser nieder.
- Die Temperatur, bei der dies geschieht, wird als Taupunkttemperatur bezeichnet.
- Spezialfall:
Kapillarkondensation

Lüftung mit nasskalter Außenluft!

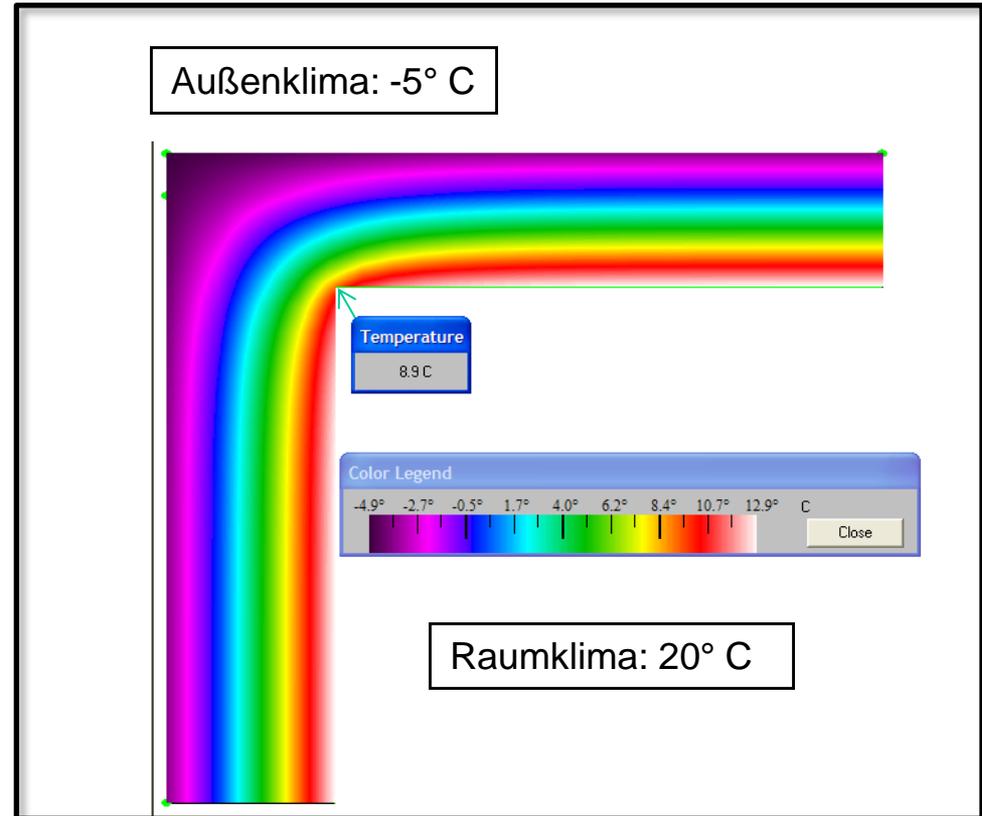
Hilfe ich ersticke, mein Haus schwitzt!

Tauwasserbildung/Schimmelpilz



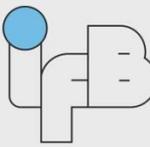
- In der Luft vorhandener Staub sammelt sich an feuchten Stellen
- Staub mit Tapetenklebern, Emulsions- und Dispersionsanstrichen bilden Nährboden für Sporen der Schimmelpilze
- Aufgrund der Kapillarkondensation bildet sich im bauüblichen Temperaturbereich bei einer rel. Feuchte von 80 % vor den Bauteiloberflächen Schimmelpilz.

Risikopotential Fenstertausch

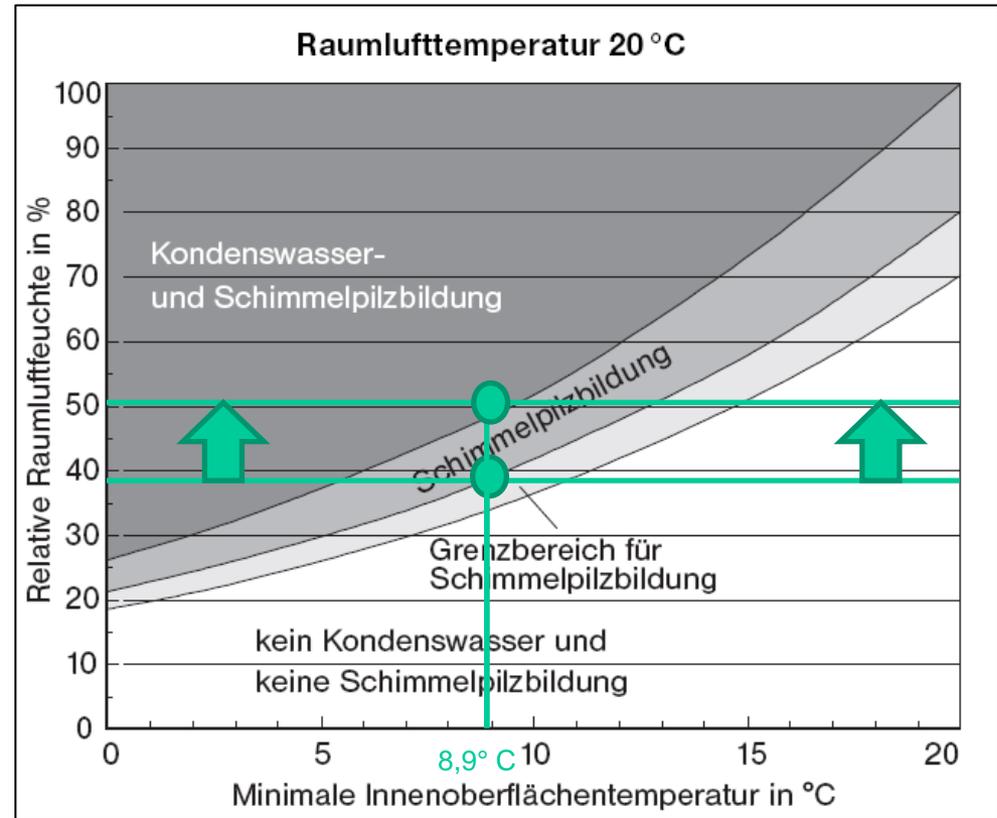


Temperaturverlauf in einer Außenecke bei ungedämmtem Mauerwerk.

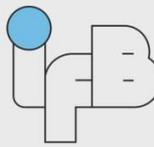
minimale Oberflächentemperatur $\theta_{\text{si,min}} = 8,9^{\circ}\text{C}$



Risikopotential Fenstertausch



Durch wärmedämmende und luftdichte Fenster wird der Feuchtehaushalt verändert, Risiko Schimmelpilzbildung!
Es ist eine erhöhte Lüftungsinitiative erforderlich!



Risikopotential Fenstertausch



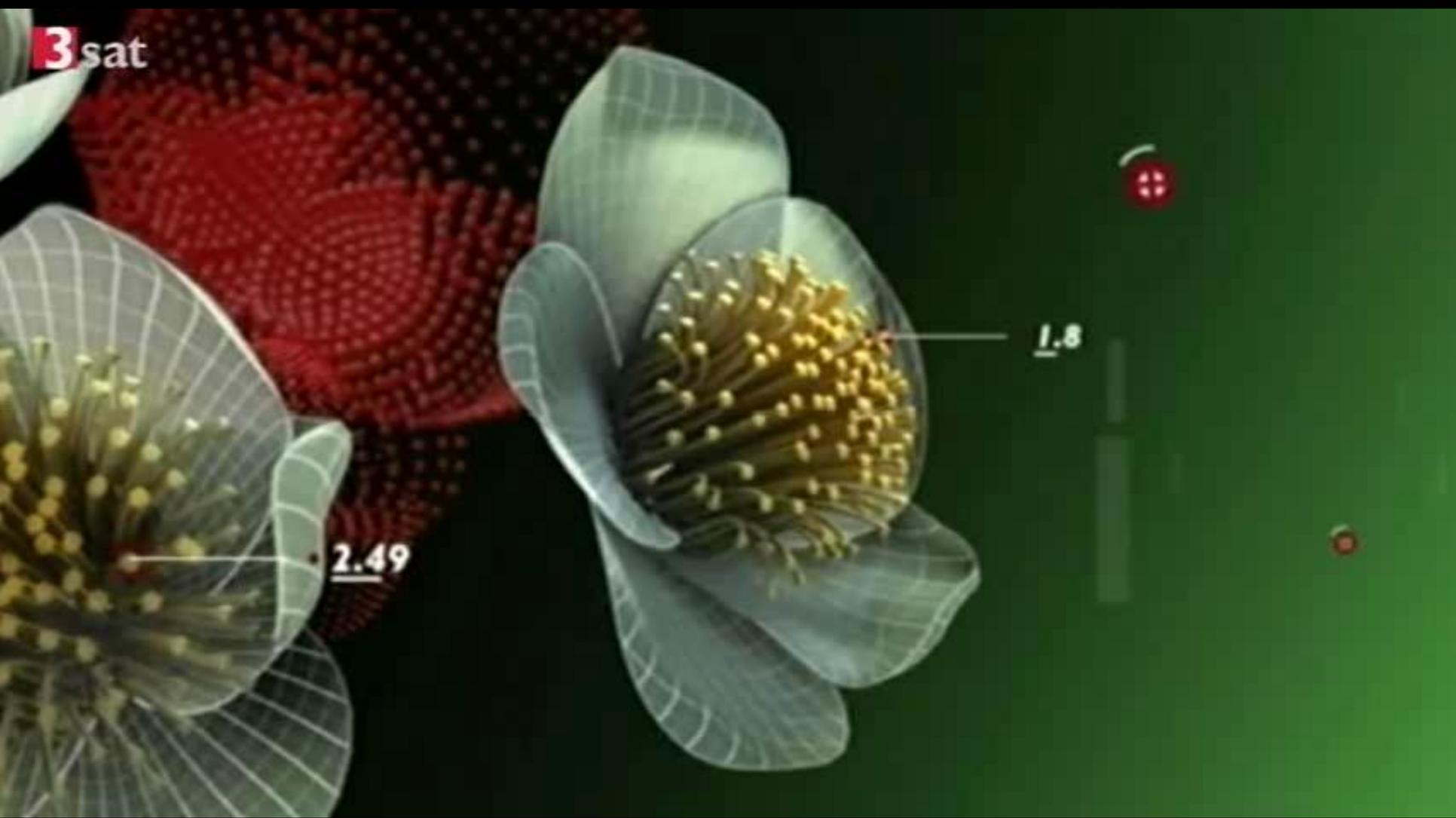
■ Einbau dichter Fenster

- Risiko für Feuchteschäden und Schimmelpilz steigt erheblich, wenn der Feuchteausgleich mit dem Außenklima verändert wird.

■ Maßnahmen

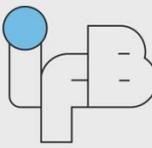
- Wärmebrücken konsequent optimieren
- Lüftungsinitiative der Bewohner verbessern
- Abluftanlage mit Außenluftdurchlässen
- Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

3 sat



2.49

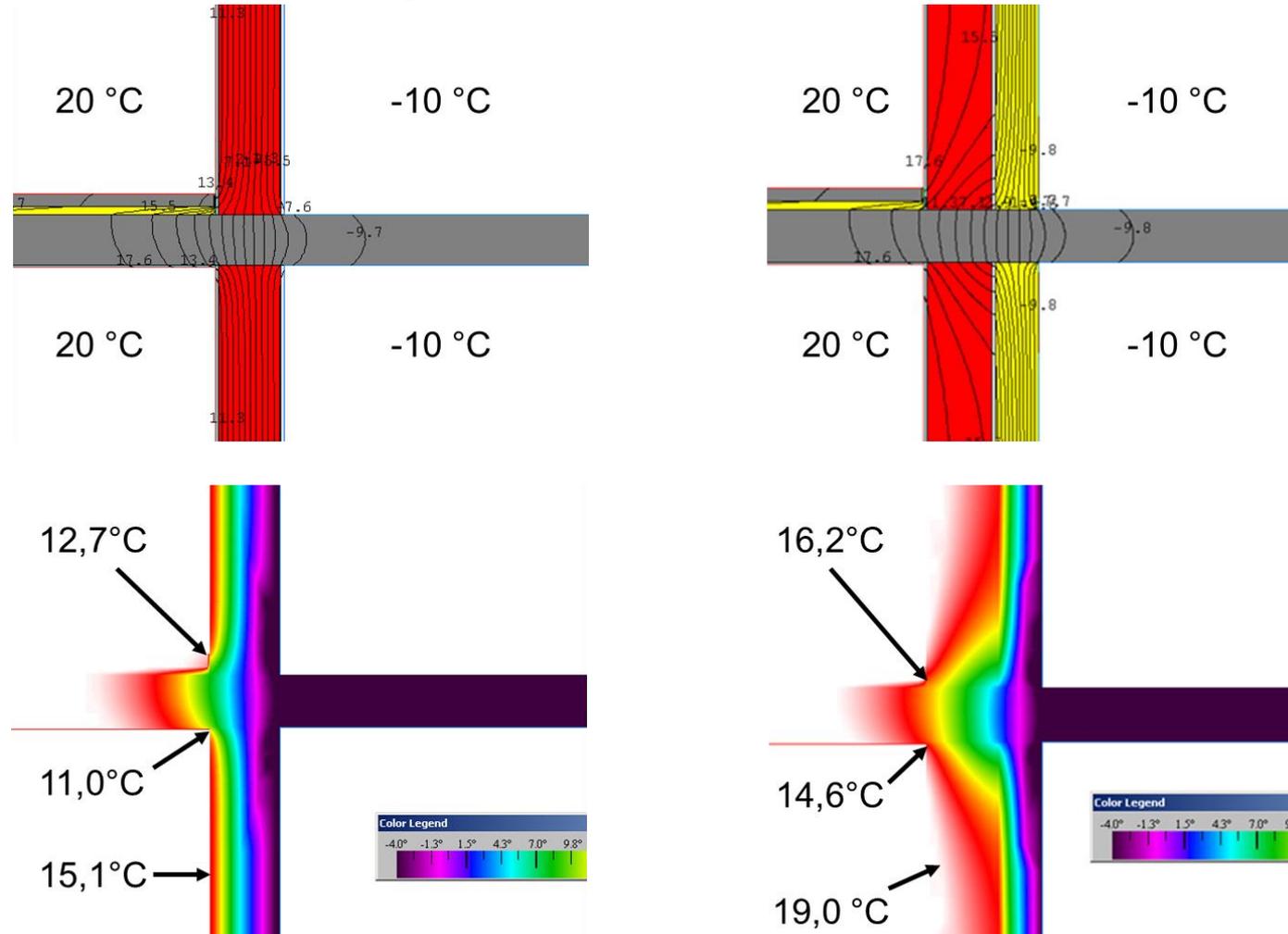
1.8



Schlampige Arbeit um die Fenster?



Wärmedämmung als Schimmelrisiko?



Wärmedämmung reduziert das Risiko für Schimmelpilzbildung!

typische Schäden

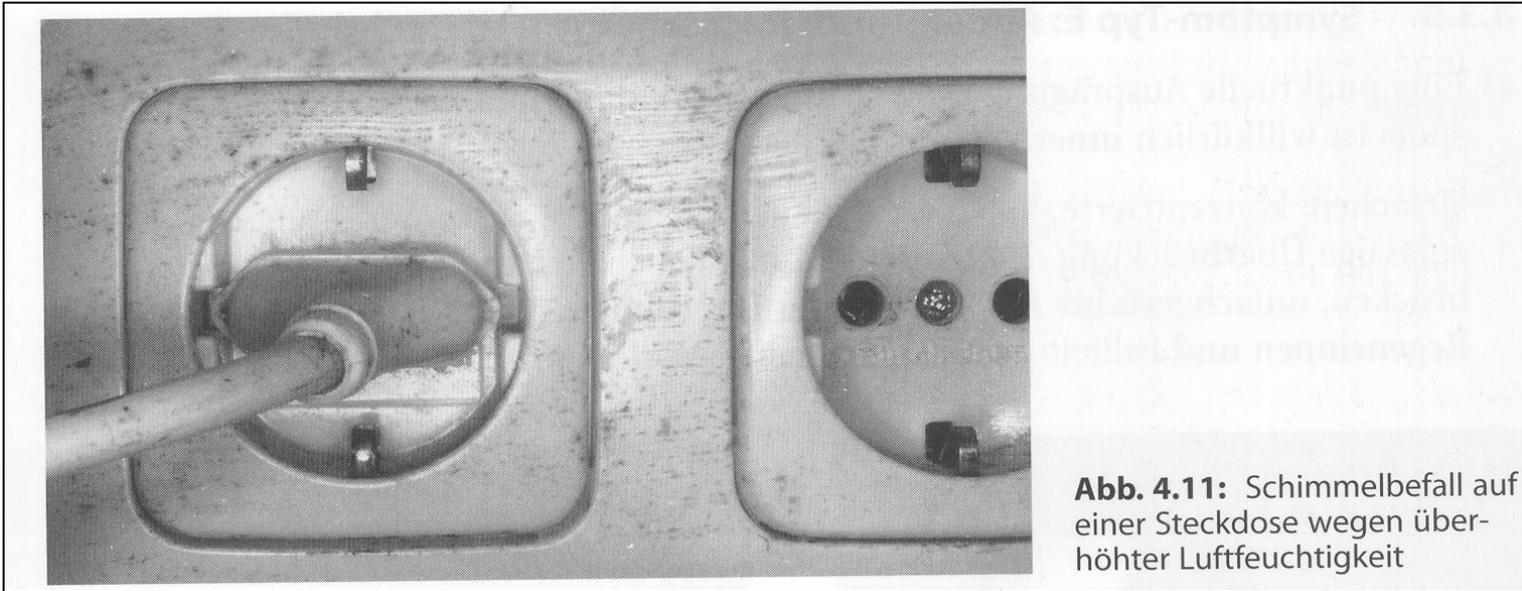
- Tauwasserausfall durch unzureichende Beheizung:



Abb. 4.7 a und b: Dominante Schimmelpilzrasenbildung im unteren Leibungsdreieck und neben dem Heizkörper sind Indiz für einen Tauwasserausfall aufgrund zu geringer Beheizung.

typische Schäden

- Tauwasserausfall durch überhöhte Luftfeuchtigkeit:
z.B. auch Schimmelbildung an Innenbauteilen



typische Schäden

- Schimmelbildung am Sturzbereich entsteht durch Dauer-Kipplüftung

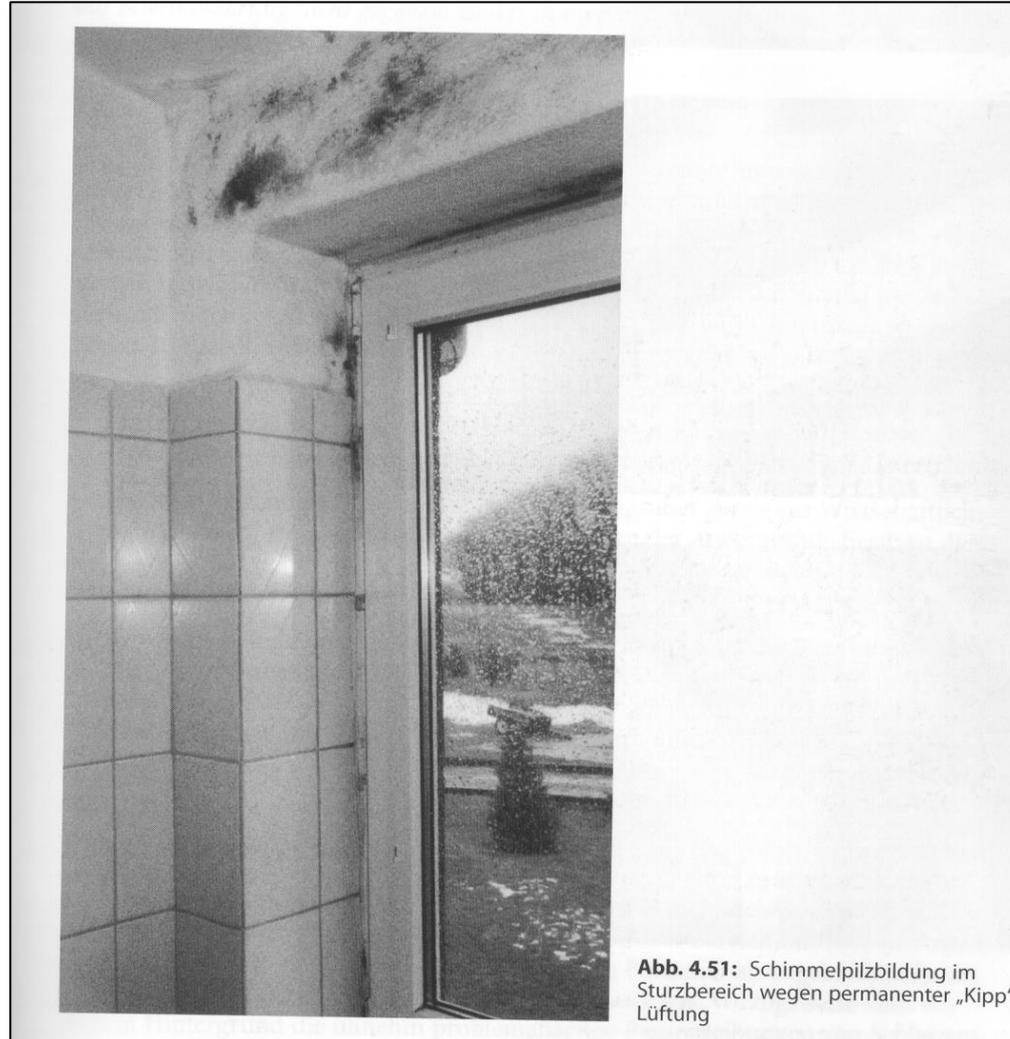


Abb. 4.51: Schimmelpilzbildung im Sturzbereich wegen permanenter „Kipp“-Lüftung

typische Schäden

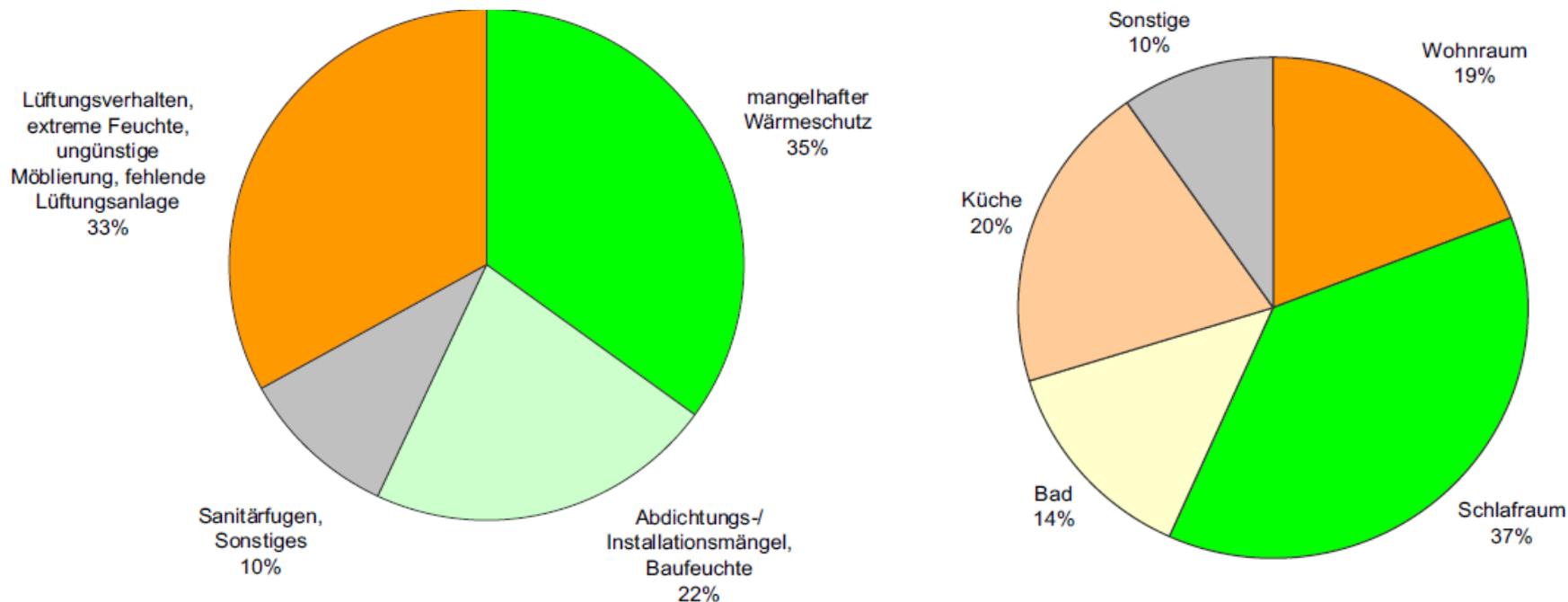
- Tauwasser auf Wärmeschutzverglasungen lassen auf überhöhte Luftfeuchtigkeit schließen.



Abb. 4.45 a-e: Tauwasserausfall auf der raumseitigen Scheibenoberfläche von isolierverglasten Fenstern weist auf eine überhöhte Raumluftfeuchtigkeit hin.

Ergebnisse eines Forschungsberichtes (Juli 2007):

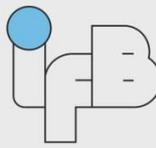
- 33 % der Schimmelpilzschäden sind auf das Lüftungsverhalten, extreme Feuchte, ungünstige Möblierung und fehlende Lüftungsanlagen zurückzuführen.
- 37 % der Schimmelpilzschäden treten in Schlafräumen auf.



Ursachen für Schimmelpilzschäden bei hochwärmegedämmten Gebäuden (Datenbank mit 145 Fallbeschreibungen von ö.b.u.v. Sachverständigen)

Verteilung der Schimmelpilzschäden auf die Räume (Datenbank mit 145 Fallbeschreibungen von ö.b.u.v. Sachverständigen beschriebene Fälle, Mehrfachnennungen möglich)

Quelle: Forschungsbericht AIBau



Widerlegung von Unwahrheiten!

BR


Geld und Leben

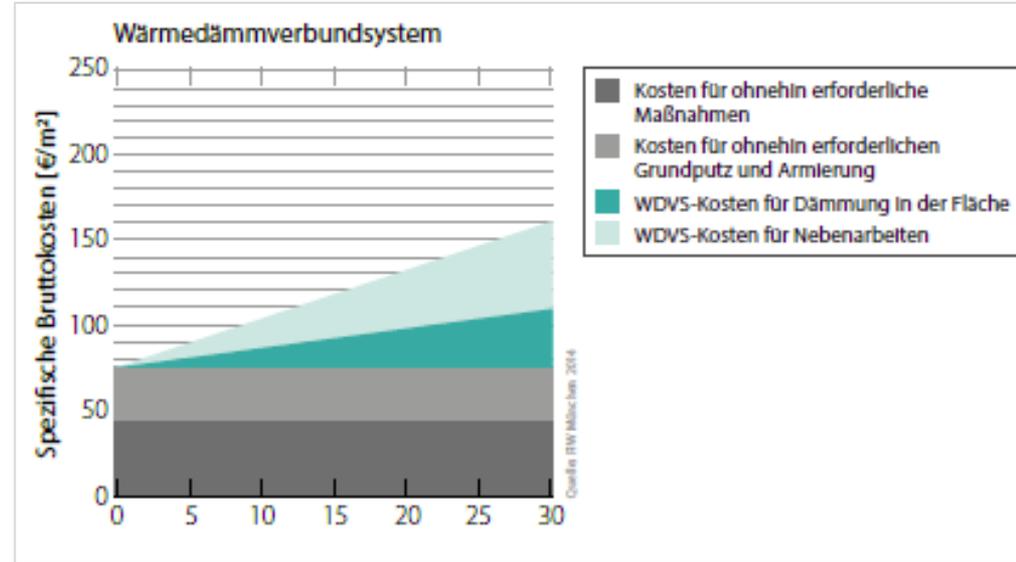
Beispielberechnung

Südfassade im Januar

| | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| U-Wert Ziegelmauerwerk | 1,40 W/(m ² K) |
| U-Wert Ziegelmauerwerk mit 16 cm WDVS | 0,24 W/(m ² K) |
| Wärmeverlust ohne WDVS | 716 Wh/m ² d |
| Wärmeverlust mit WDVS | <u>123 Wh/m²d</u> |
| Einsparung | 593 Wh/m ² d |
| Solarer Gewinn Fenster | 564 Wh/m ² d |
| Solarer Gewinn weiße Wand | -0,13 Wh/m ² d |
| Solarer Gewinn schwarze Wand | 30 Wh/m ² d |

Wirtschaftlichkeit Wärmedämmverbundsystem

- Baupreise einer nachträglichen Dämmung der Außenwand mit WDVS, $U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 - WDVS mit EPS: 90 – 150 €/m²
 - WDVS mit MF: 100 – 160 €/m²



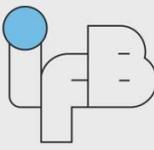
Quelle: FIW, Wirtschaftlichkeit von wärmedämmenden Maßnahmen, April 2015

| Investitionskosten | Amortisationszeit (Mittelwert) der energiebedingten Mehrkosten |
|----------------------|--|
| 90 €/m ² | 4,8 a |
| 120 €/m ² | 6,1 a |
| 150 €/m ² | 7,4 a |

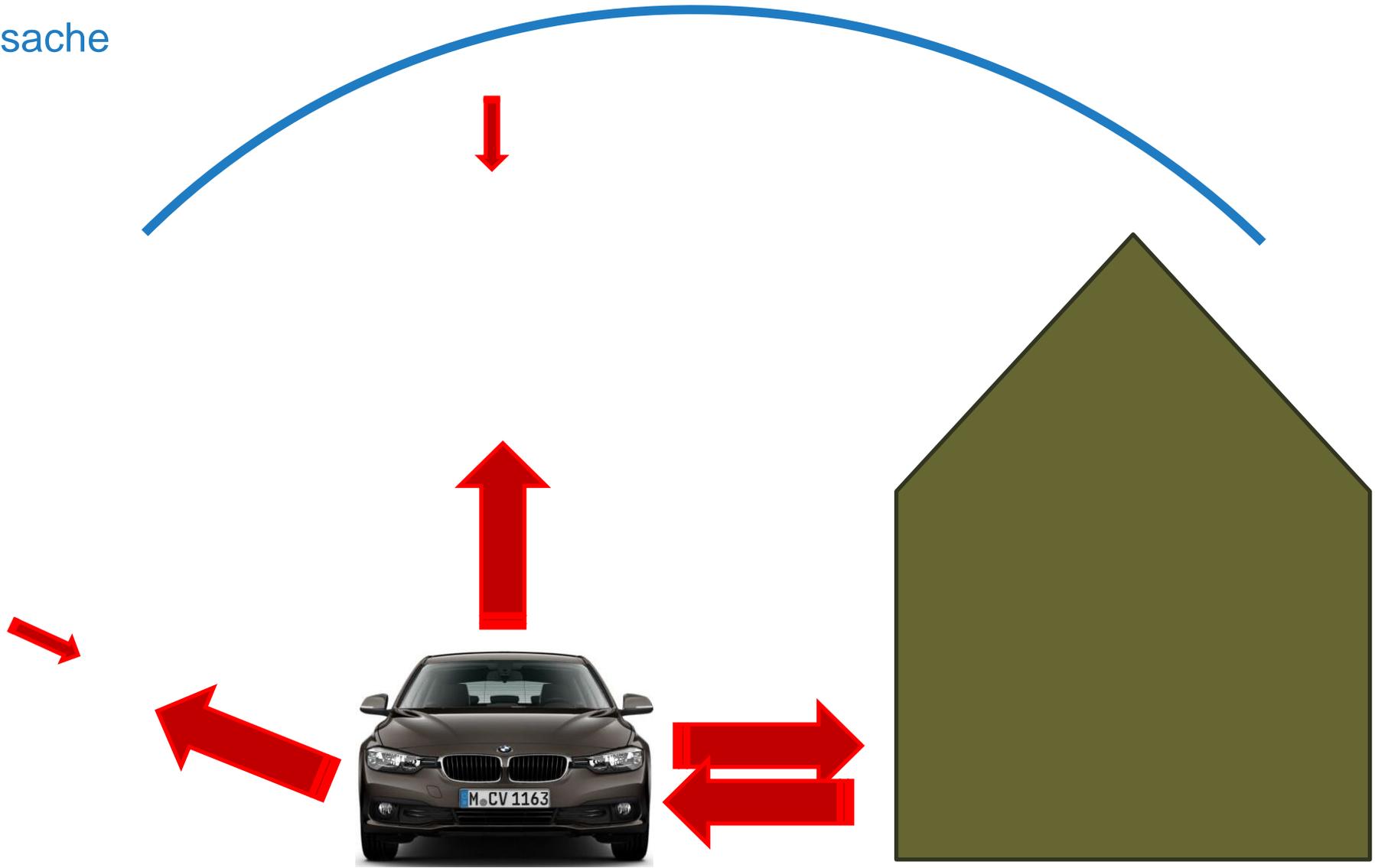
BR

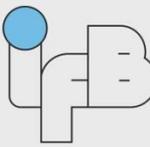

Geld und Leben

Hilfe ich ersticke, mein Haus schwitzt! Algenwachstum



Ursache





Ursachen

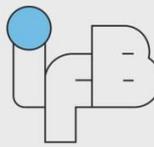
- Fassadendämmungen minimieren den Wärmestrom nach außen
- Temperatur der Putzoberfläche sinkt unter Außenlufttemperatur
- Tauwasser fällt auf der Putzoberfläche aus
- Tauwasser trocknet insbesondere an Nordfassaden langsam ab
- Feuchtigkeit und Verunreinigungen bilden Algen-Nährboden

Lösungsansätze

- Algizide und Fungizide (Grundwasserbelastung)
- Hydrophobe Putze (Witterungsbeständigkeit)
- Hydrophile Putz (Witterungsbeständigkeit)
- IR-aktive Putze mit verringerter Abstrahlung (Witterungsbeständigkeit)
- Putze mit PCM (Funktion vom Außenklima abhängig)
- Lösung durch dicke mineralische Putze

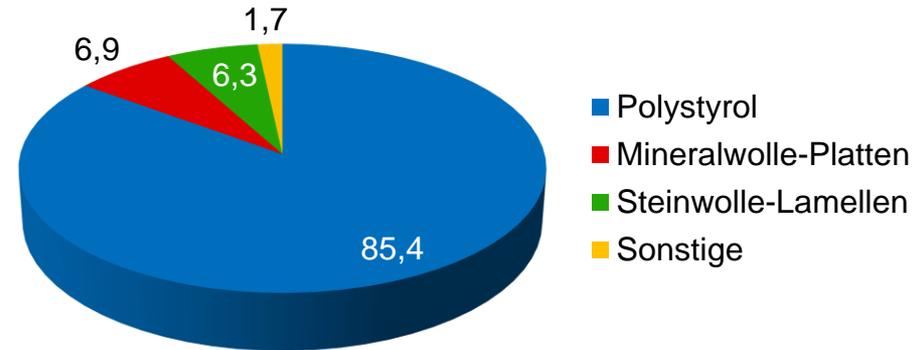
BR


Geld und Leben



Alternativen zum Polystyrol-WDVS in der Bestandssanierung

- Wärmedämmverbundsystem
 - Mineralfaser
 - Mineraldämmplatten
 - Polyurethan
 - Schaumglas
 - Holzfaser



Marktanteile der Dämmstoffe von WDVS im Gebäudebestand

- Hinterlüftete Fassaden



Vorsicht:

Bei Brandschutzanforderungen, z.B. Haustrennwände bzw. bei Grenzbebauung, ist ein nicht brennbarer Dämmstoff erforderlich.

Seit 2016 müssen Schaumstoffabfälle mit dem Flammschutzmittel HBCD (Hexabromcyclododecan) als Sondermüll verbrannt werden.



Das Fraunhofer Institut für Bauphysik arbeitet an einer Aufbereitungsmethode. Für neue EPS-Platten spielt dies in Deutschland keine Rolle mehr, da seit 2014 HBCD durch Poly-FR (Polymeres Flammschutzmittel) ersetzt wurde.

3sat



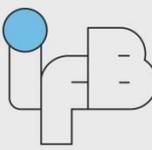
ThermoCAM

70 mm

FLIR
Systems

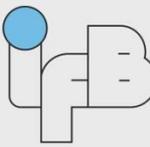
FLIR

Hilfe ich ersticke, mein Haus schwitzt! Falsche Berichterstattung



Dach ungedämmt?





Falsch:

Die mangelnde Luftdichtheit macht die Dämmung der Fassade und den Austausch der Fenster zunichte.

Richtig:

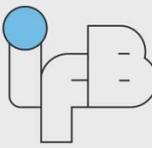
Ideal ist die Einbeziehung aller Bauteile und der Haustechnik in eine energetische Sanierung.

Aber lieber eine 80 %-Lösung als gar keine Energieeinsparung.



FAKT

Hilfe ich erstickte, mein Haus schwitzt! Falsche Berichterstattung



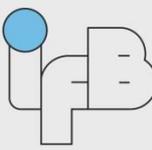
Tauwasser?



Tauwasser in einem Wohnzimmer im Bereich des Heizkörpers?

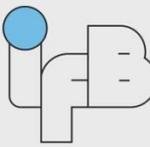


Hilfe ich erstickte, mein Haus schwitzt! Falsche Berichterstattung



Vermutung: Im Zuge der Sanierung nicht abgedichteter Balkon





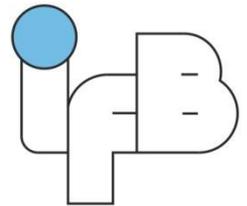
- Eine fachgerecht ausgeführte Wärmedämmung führt nie zu einer Schimmelpilzbildung.
- Schimmelpilzwachstum wird gefördert durch unzureichende Lüftung / Lüftungstechnik in Kombination mit immer dichteren Gebäuden (Energieeinsparung).
- Fehlstellen in der Wärmedämmung, unvollständige Dämmkonzepte und Mängel in der Ausführung fördern Schimmelpilzwachstum.
- Energetische Sanierungen sind mit Risiken verbunden, die mit einer sorgfältigen Planung und Ausführung vermieden werden können.
- Häuser atmen nicht!

Fragen



WOLFGANG SORGE
INGENIEURBÜRO
FÜR BAUPHYSIK

Beratende Ingenieure VBI



beraten
planen
prüfen