

**Fachtag Schimmel & Feuchtigkeit
München, 12. November 2016**

Wachstumsbedingungen und Kriterien zur Bewertung von Schimmelpilzen

Daniel Zirkelbach

Fraunhofer IBP

Schimmelpilzschäden

Wachstumsvoraussetzungen

Isoplethenmodell und WUFI Bio

Bewertungsbeispiel

Zusammenfassung

Praxis-Hinweise

Einführung – Fraunhofer IBP



IBP
Freiland-
versuchs-
gelände
1951



Einführung – Fraunhofer IBP



Freilandversuchsgelände zwischen Holzkirchen und Valley auf einer Hochebene vor den Alpen (680 m)

Bedingungen kritisch-repräsentativ für Deutschland!

Einleitung



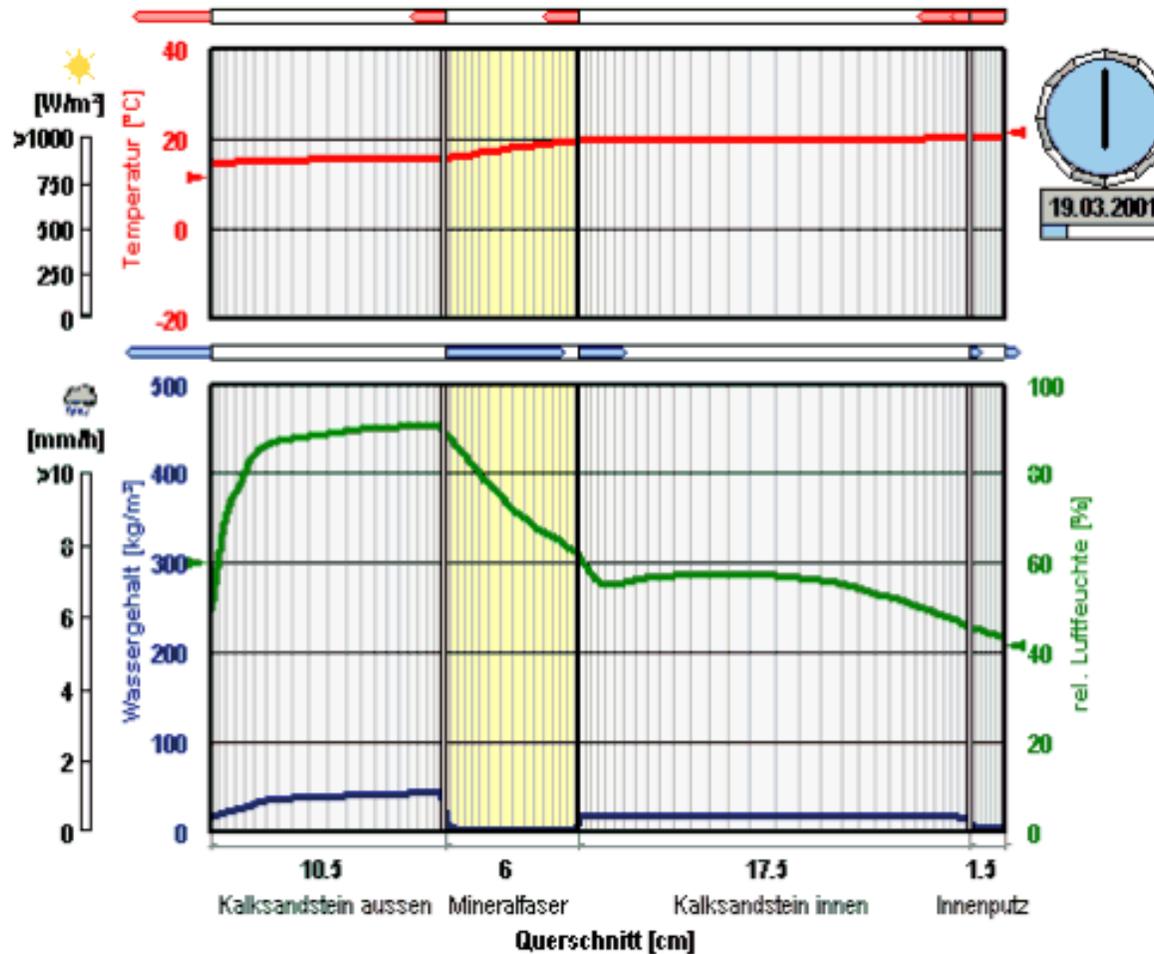
Langzeitbeobachtung und Analyse von Bauschäden

Einführung – Fraunhofer IBP

Klimaort Holzkirchen

WUFI®

berechnetes zweischaliges Mauerwerk aus Kalksandstein



Hygrothermische
Simulation mit
WUFI®:
Berechnete
Außenwand mit
Kerndämmung

Schimmelpilzschäden

Schimmelpilze auf Wärmebrücken



Schimmelpilzschäden

Schimmelpilze in Gebäudeecken



Schimmelpilzschäden

Schimmelpilze hinter Schränken



Schimmelpilzschäden

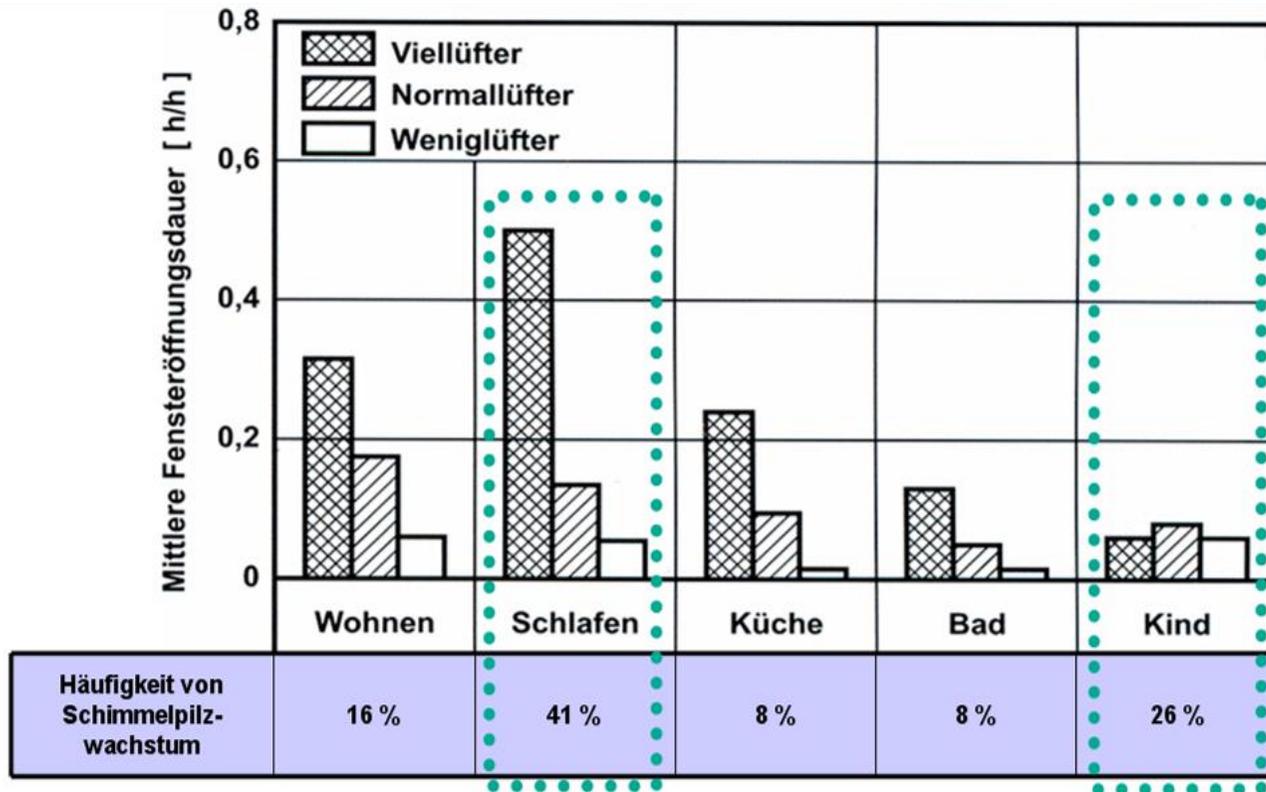
Schimmelpilze hinter Innendämmungen



**Im Innenraum immer dort, wo es kalt
und in der Folge davon auch feucht wird!**

Schimmelpilzschäden – Häufigkeit und Verteilung

Häufigkeit von Schimmelpilzschäden



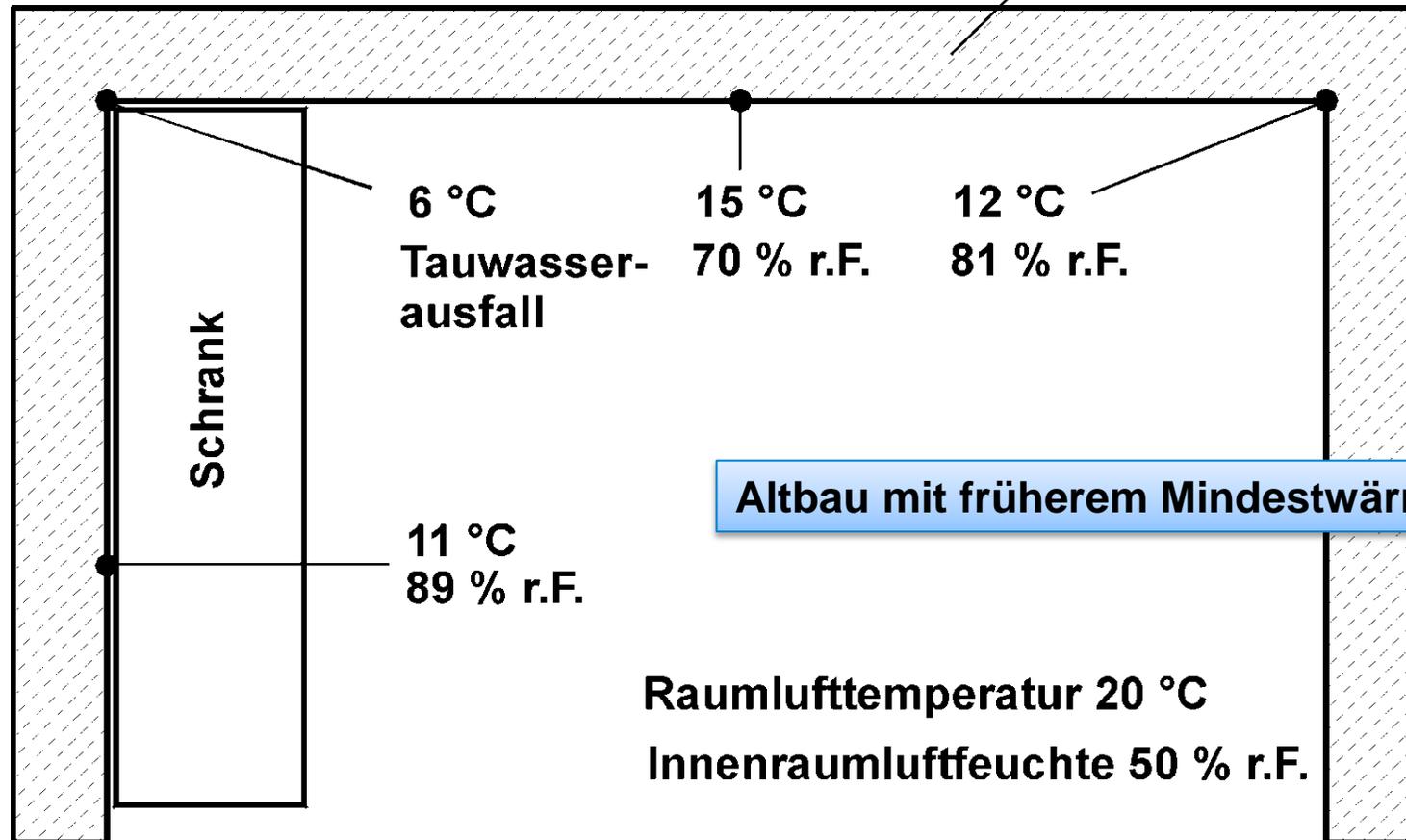
Kurzfristige Feuchtespitzen in Bad und Küche sind weniger kritisch!

Schimmel ist vor allem dort ein Problem, wo längerfristig hohe Feuchten herrschen!!

Schimmelpilzschäden – Häufigkeit und Verteilung

Außenlufttemperatur: -5°C

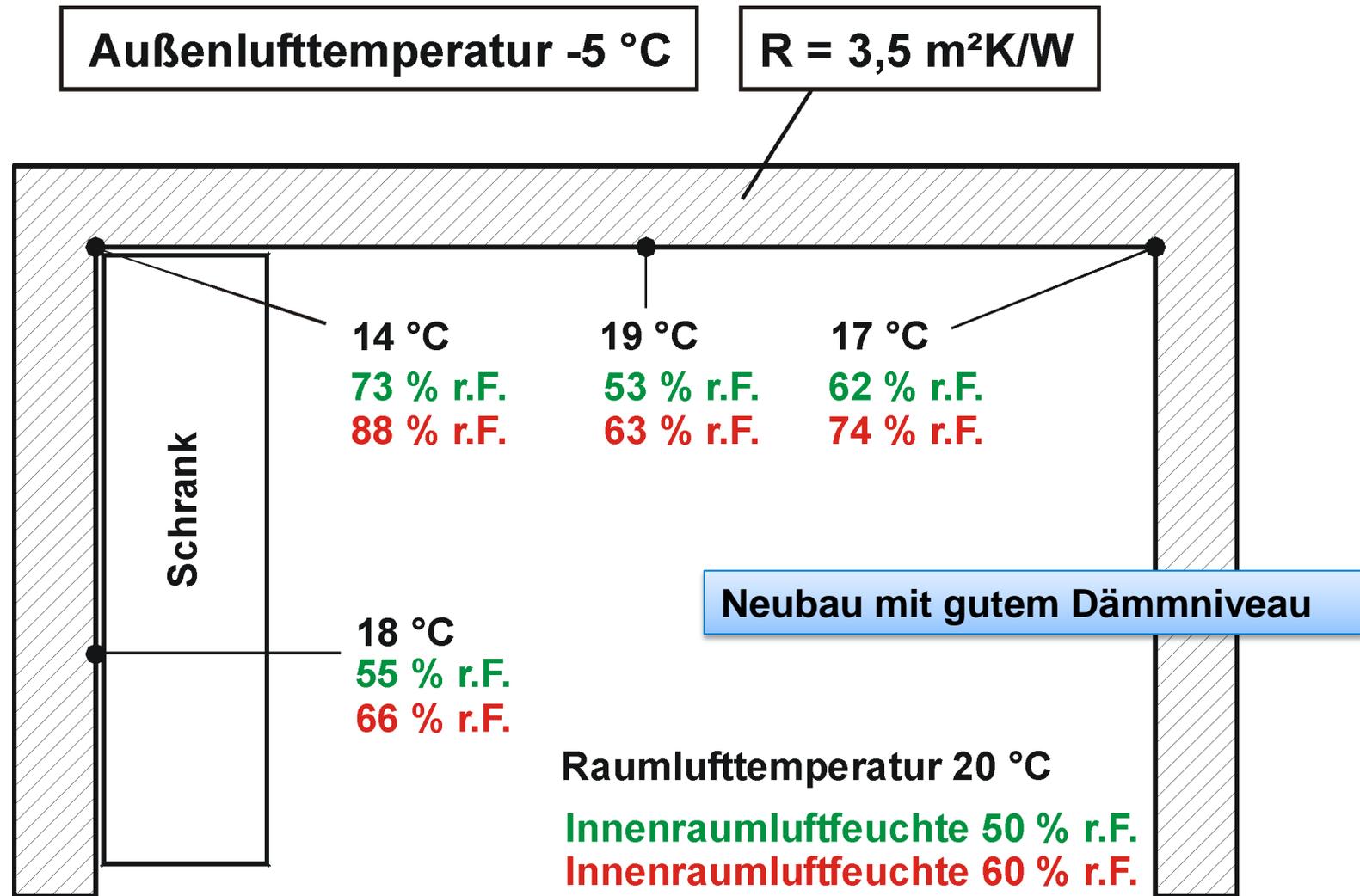
R-Wert: $0,55 \text{ m}^2\text{K/W}$



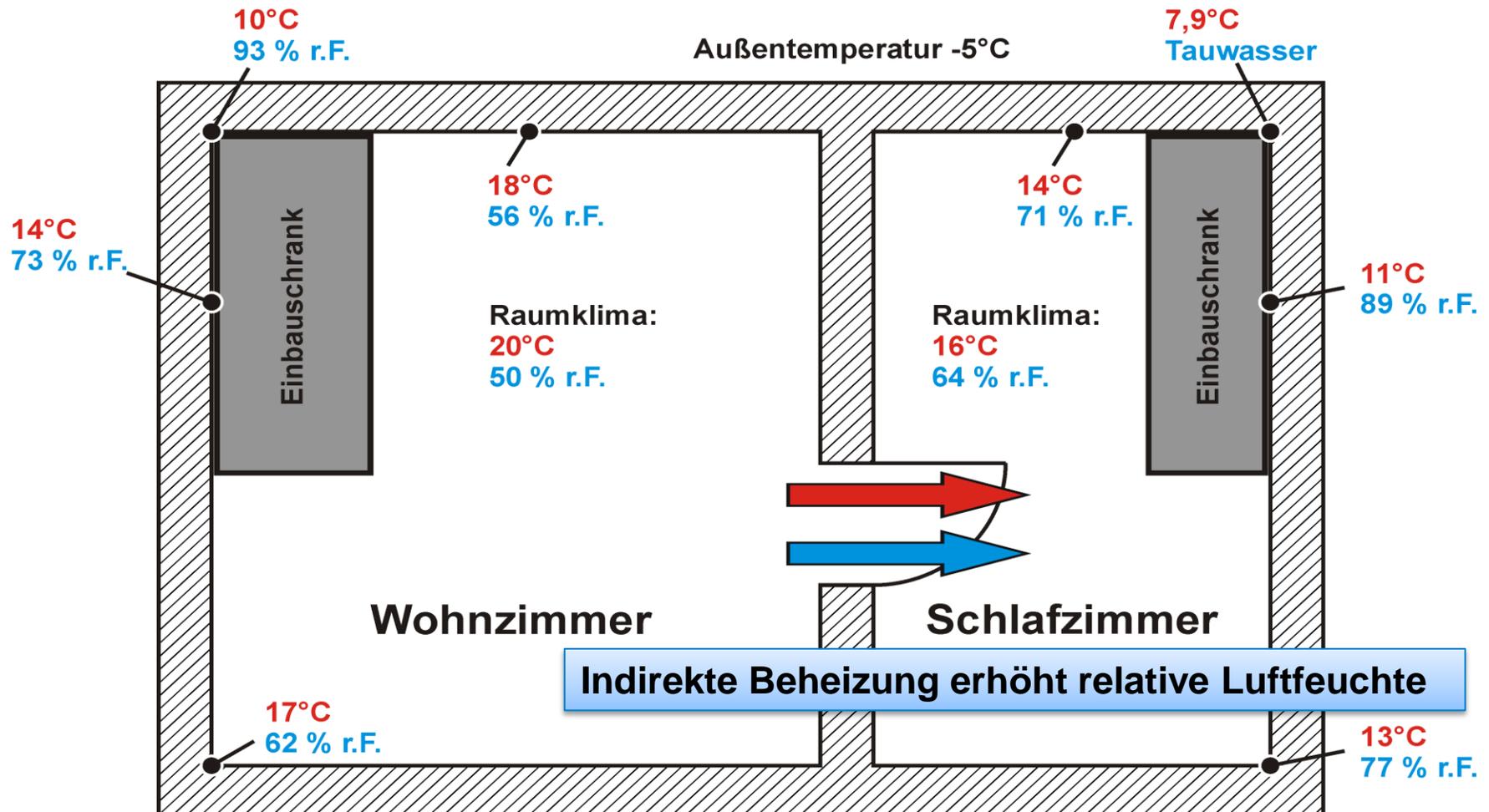
Altbau mit früherem Mindestwärmeschutz

Raumlufttemperatur 20°C
Innenraumluftfeuchte 50 % r.F.

Schimmelpilzschäden – Häufigkeit und Verteilung

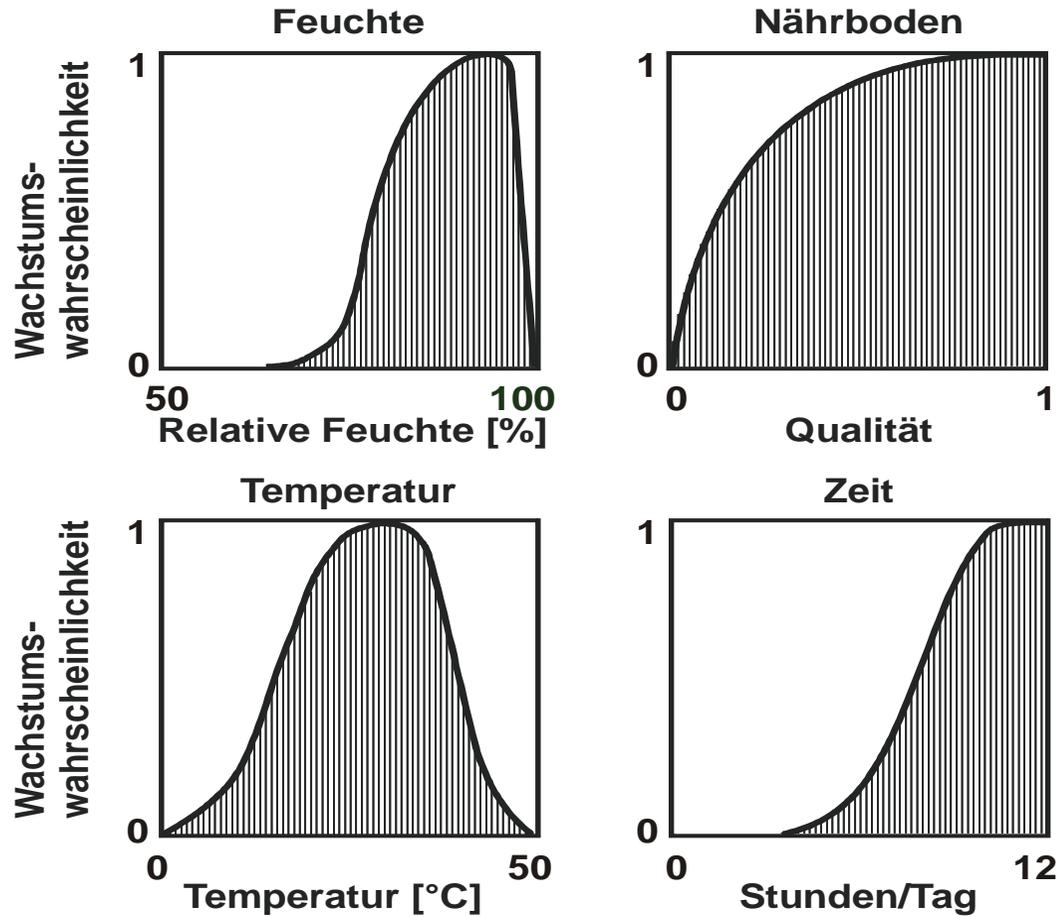


Schimmelpilzschäden – Häufigkeit und Verteilung



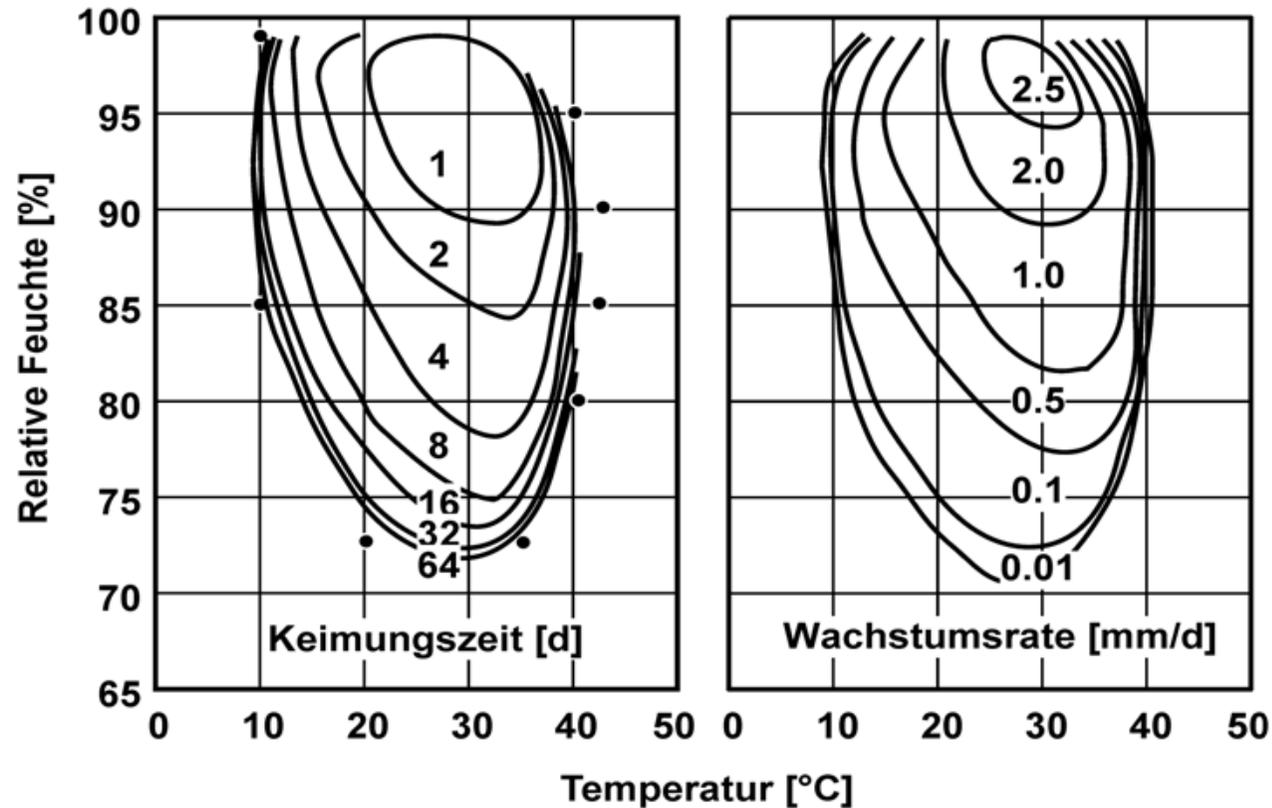
Wachstumsvoraussetzungen

„Bauphysikalisch“ plan- bzw. erfassbare Wachstumsvoraussetzungen



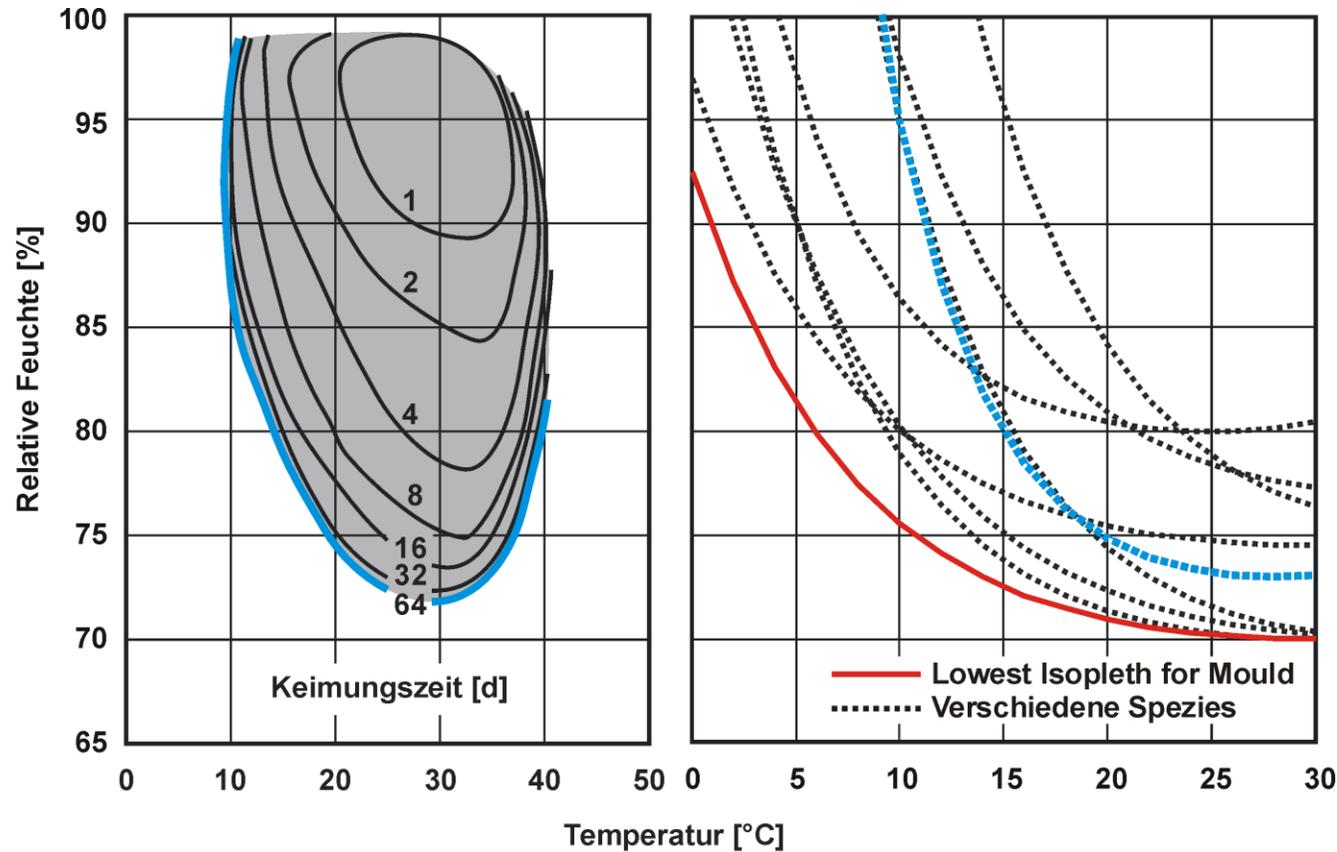
Isoplethen zur Bewertung von Schimmelpilzbildung

Aspergillus restrictus (Smith)



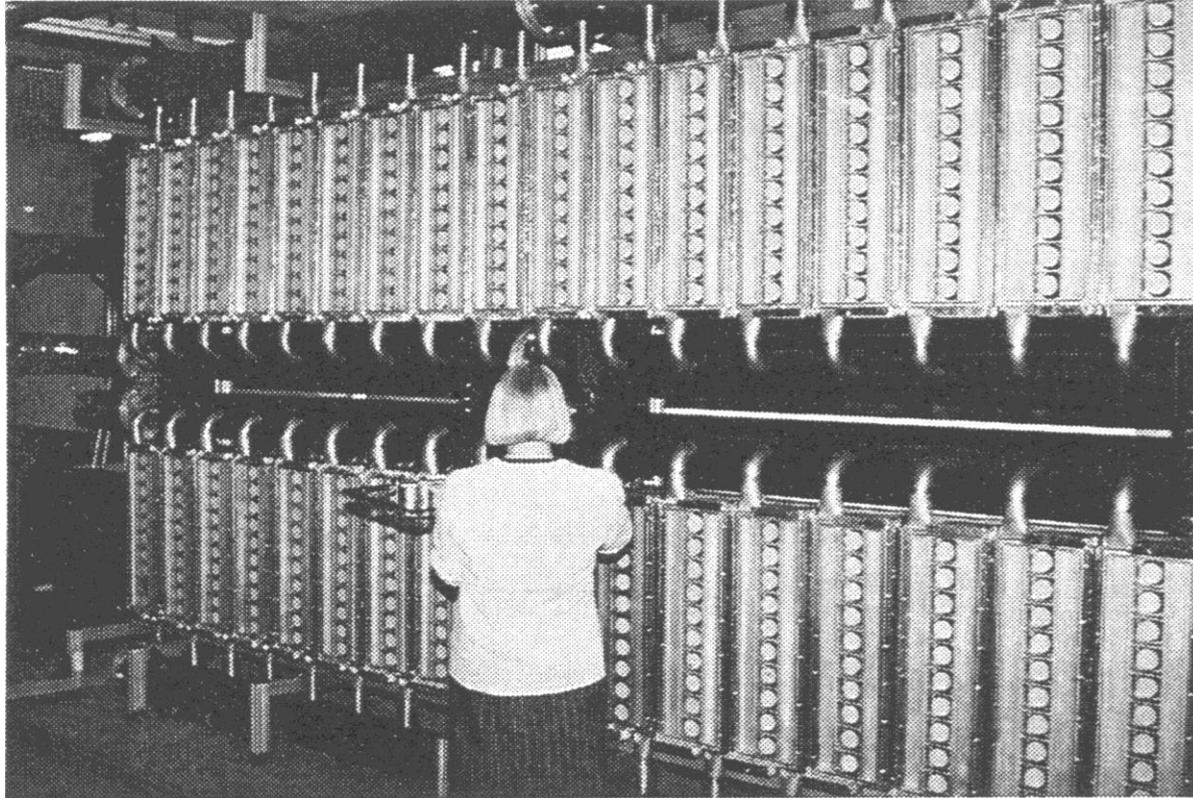
Isoplethen zur Bewertung von Schimmelpilzbildung

Verallgemeinerung



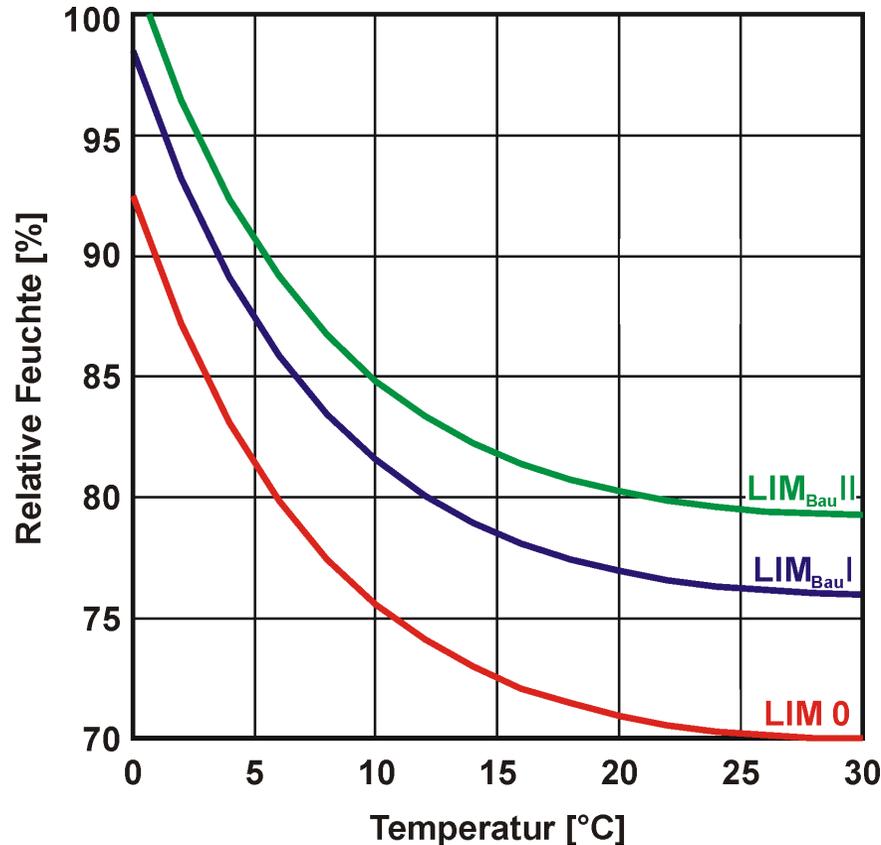
Substrat:
Optimales
Nährmedium

Schimmelpilzversuchsstand IBP Stuttgart



**Reales Substrat:
Baustoffe**

Isoplethenmodell



Substratgruppen

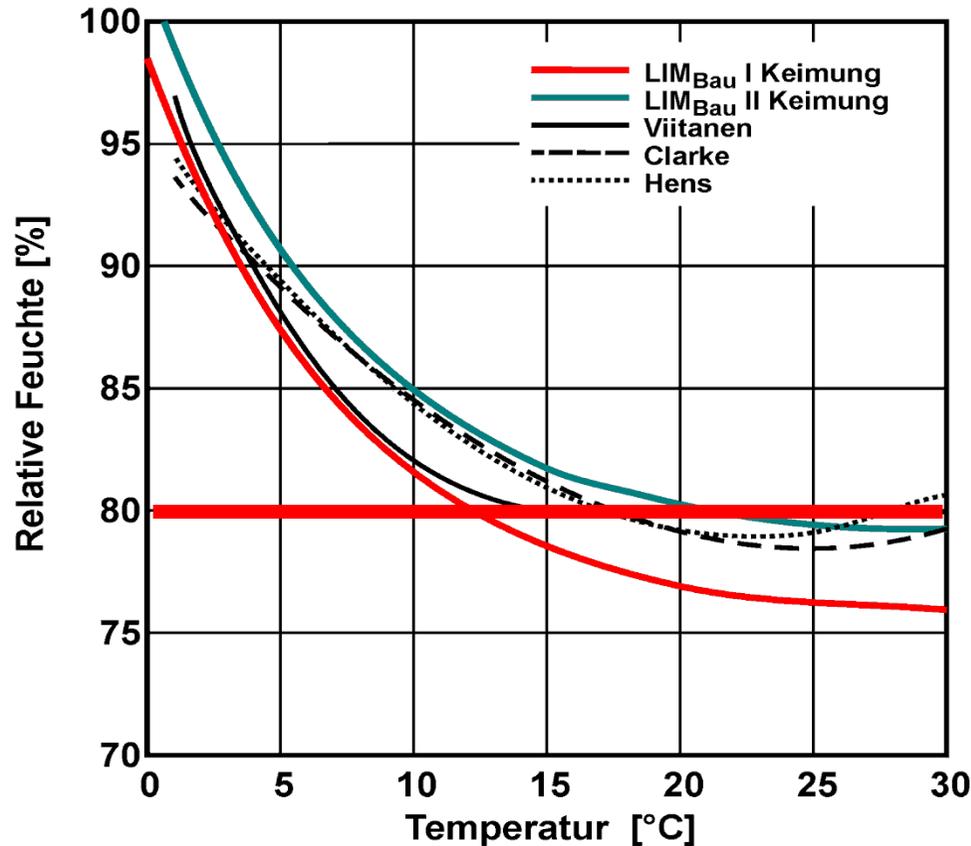
II biologisch kaum verwertbare Substrate
(z.B. mineralische Baustoffe)

I biologisch gut verwertbare Substrate
(z.B. Tapeten, Verschmutzung)

0 optimales Substrat
(biologische Vollmedien)

Isoplethenmodell

Vergleich der Angaben von Wachstumsvoraussetzungen

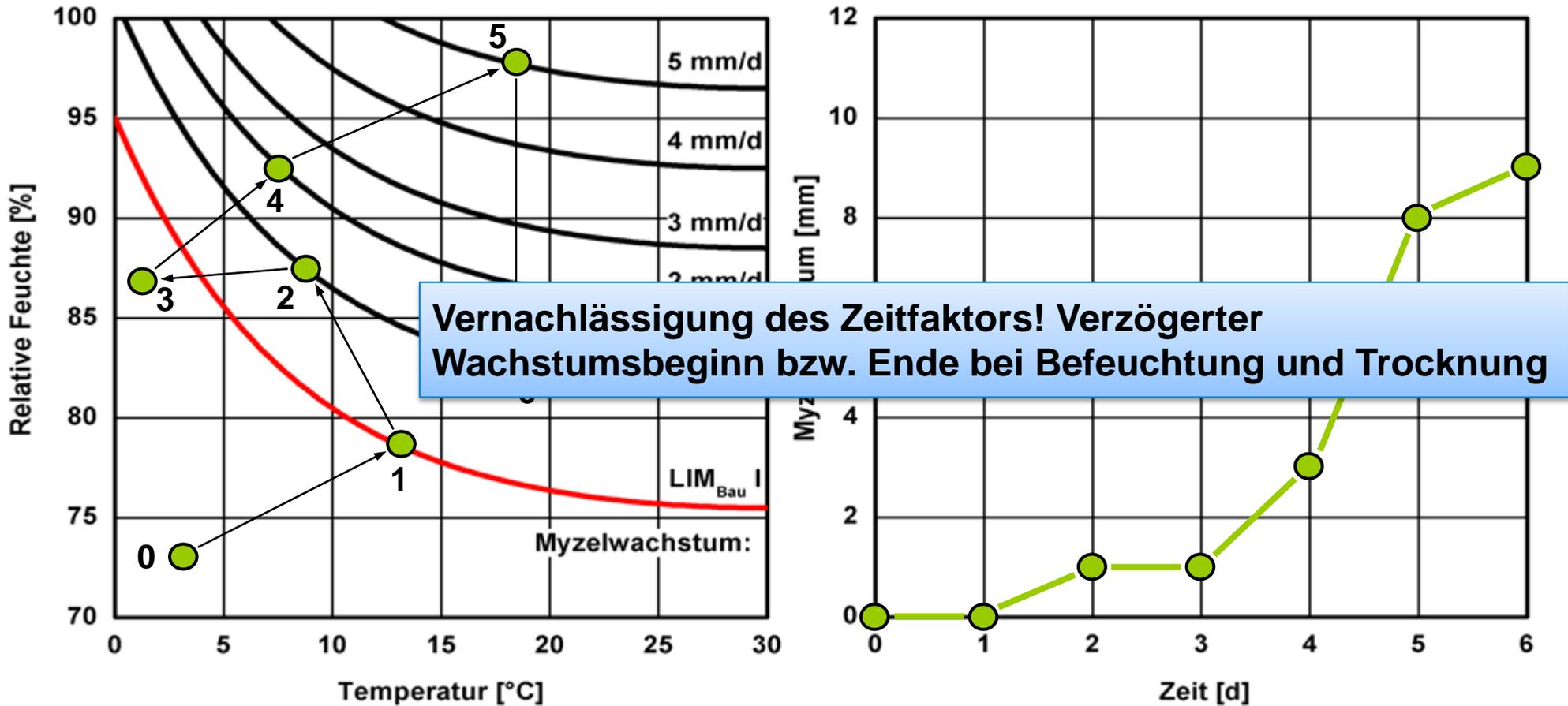


**In Deutschland:
DIN 4108: 80 %**

**Gilt nur für die
im Winter an Wärme-
brückenoberflächen
herrschenden
Temperaturen!**

Isoplethenmodell

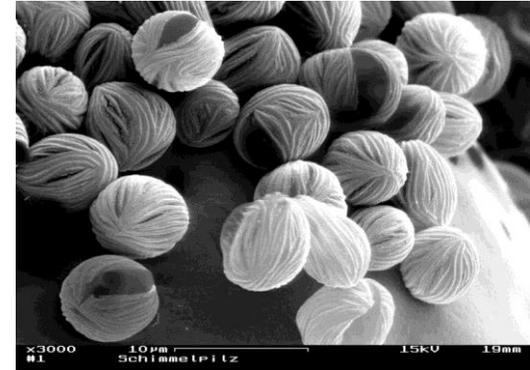
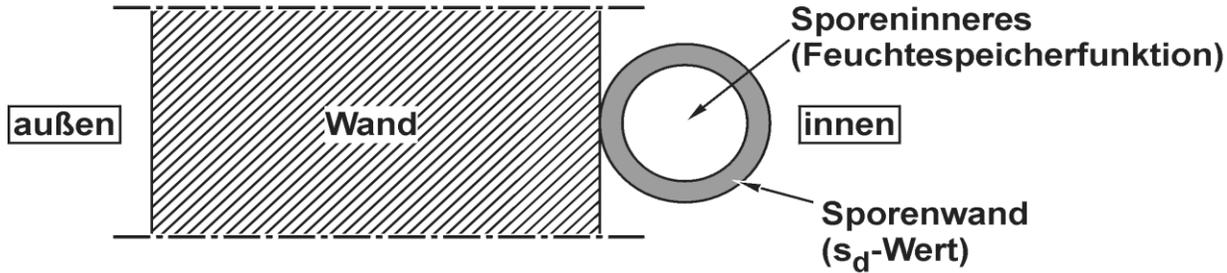
Stationäre Anwendung des Isoplethensystems



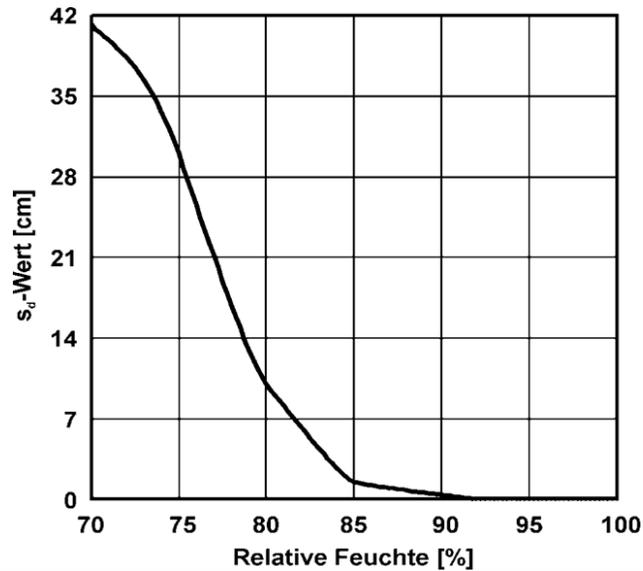
Biohygrothermisches Modell

Instationäres biohygrothermisches Modell

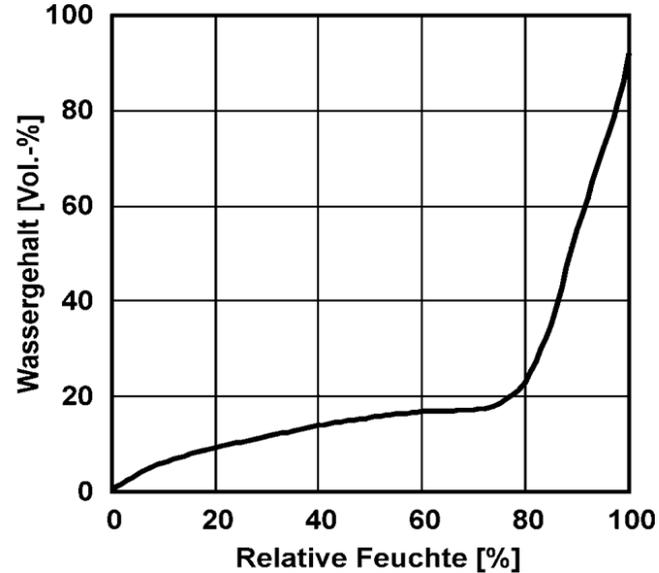
Modellspore



Diffusionswiderstand Sporenwand

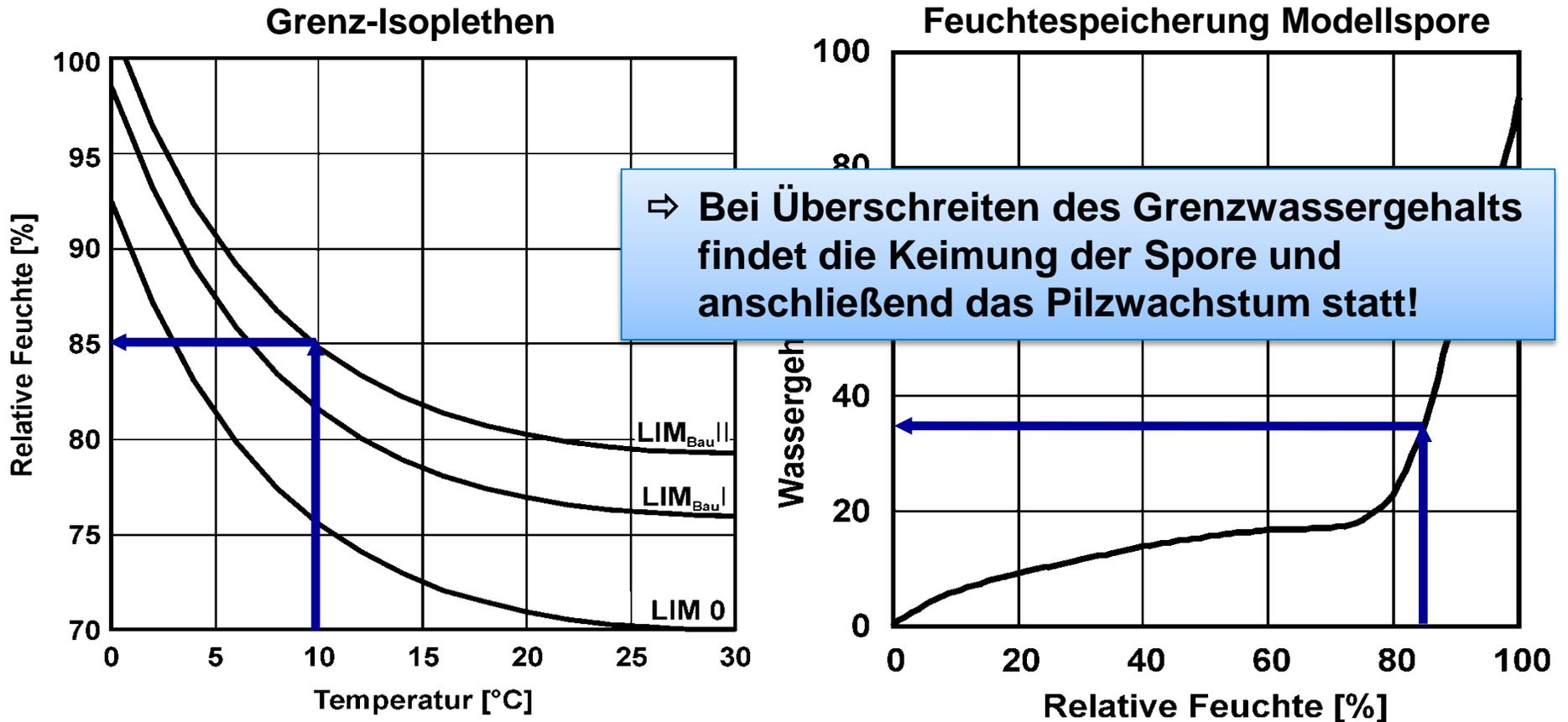


Feuchtespeicherung Modellspore



Biohygrothermisches Modell

Ermittlung des Grenzwassergehalts in Abhängigkeit von der Temperatur



Bewertungsgröße Mould-Index nach Viitanen

Mould Index

Index: Beschreibung:

- 0: kein Wachstum
- 1: ein wenig Wachstum unter dem Mikroskop erkennbar
- 2: mäßiges Wachstum unter dem Mikroskop erkennbar, Bedeckung mehr als 10%
- 3: ein wenig mit bloßem Auge sichtbares Wachstum, dünne Hyphen sind zusätzlich mikroskopisch erkennbar
- 4: sichtbares Wachstum, Bedeckung mehr als 10%
- 5: Bedeckung mehr als 50%
- 6: dichte Bedeckung, 100%

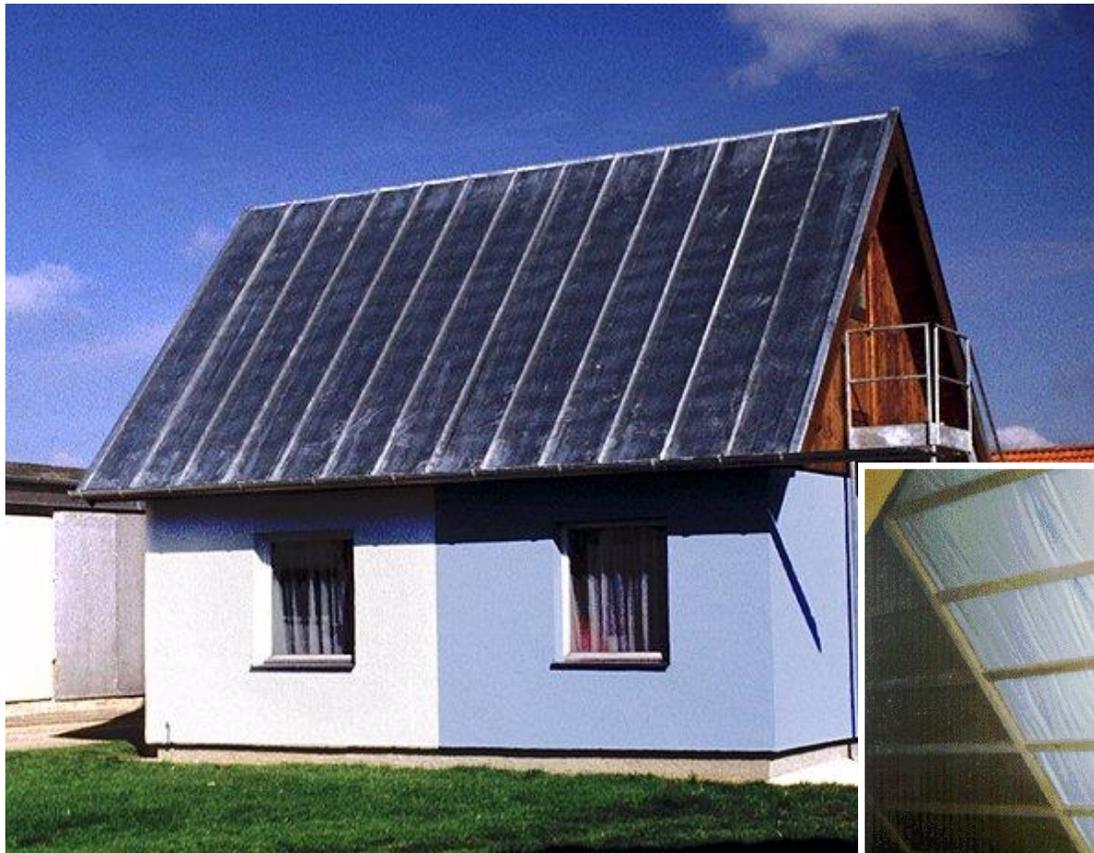
**Einfache und intuitive
Bewertungsskala**

Biohygrothermisches Modell

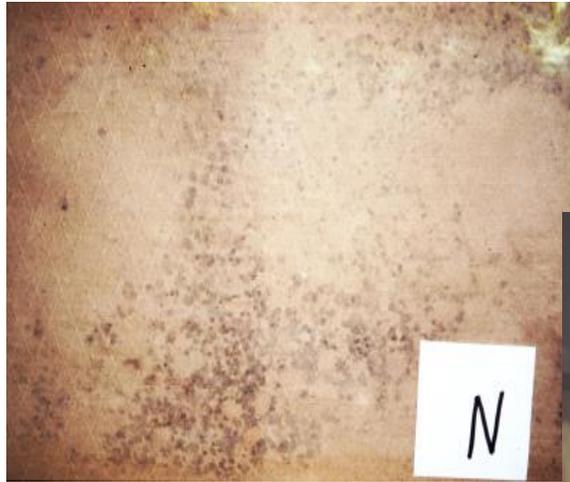
Ampelschema zur Bewertung des Schimmelpilzrisikos

	Innenoberfläche / direkter Kontakt zum Innenraum	Oberflächen innerhalb der Konstruktion ohne Kontakt zum Innenraum	Kontakt mit Nutzer ausgeschlossen
	MI < 1: kein oder gerade startender Bewuchs auch in Wohnräumen normal und akzeptabel (z.B. Pflanzen)	MI < 2: kein oder nicht sichtbarer, nur mikroskopisch erkennbarer Bewuchs	MI < 3: kein oder beginnender, mit bloßem Auge gerade erkennbarer Bewuchs
	1 ≤ MI < 2: Nicht sichtbarer, nur mikroskopisch erkennbarer Bewuchs	2 ≤ MI < 3: beginnender, mit bloßem Auge gerade erkennbarer Bewuchs	Meist unproblematisch ↓ keine Bewertung erforderlich!
	MI ≥ 2: beginnender, mit bloßem Auge gerade erkennbarer Bewuchs	MI ≥ 3: Mit bloßem Auge erkennbarer Bewuchs mit geringer Ausbreitung	In der Regel keine Schädigung des Materials!

Schimmelpilzbildung in einem dampfdichten Blechdach



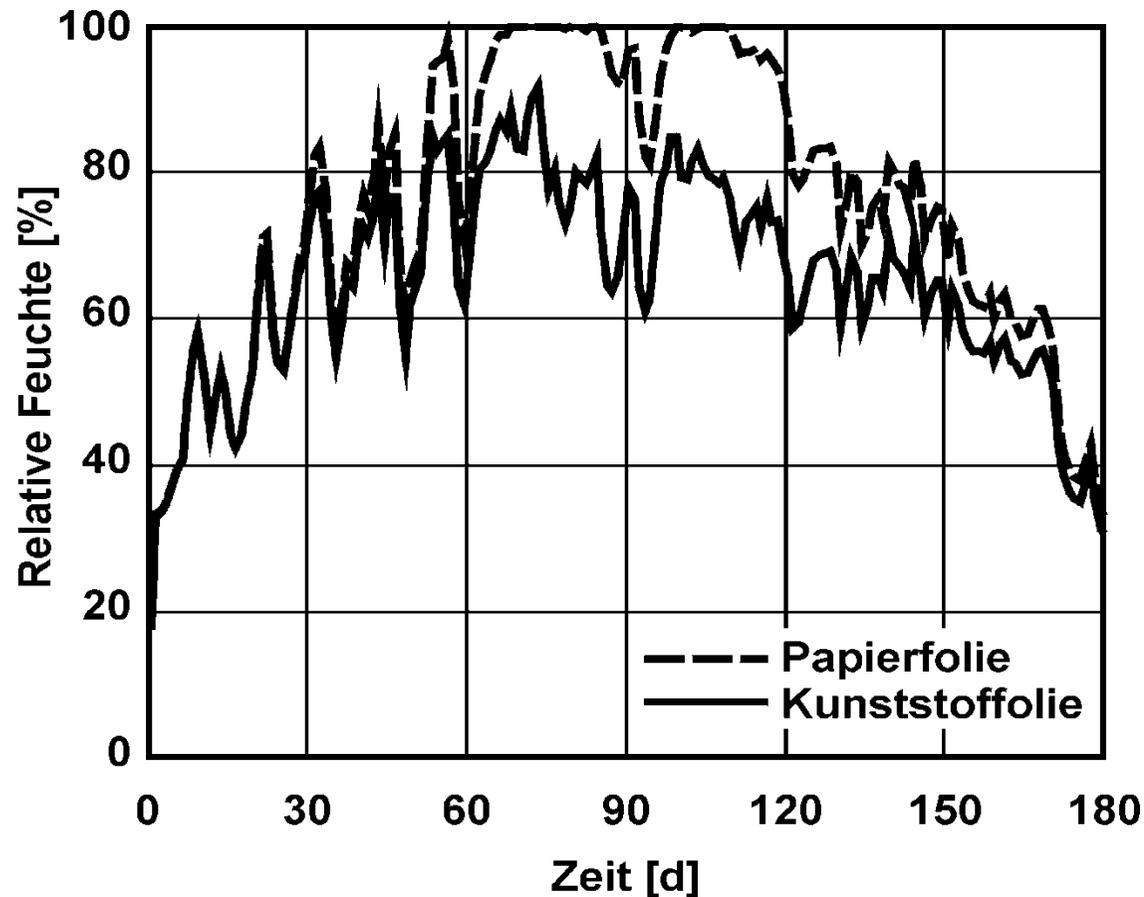
Schimmelpilzbildung in einem dampfdichten Blechdach



Bei Versuchen Schimmel bei Papier-Dampfbremse (s_d -Wert: 3 m) aber nicht bei feuchtevariabler Dampfbremse (s_d -Wert: 0,1 bis 4 m)

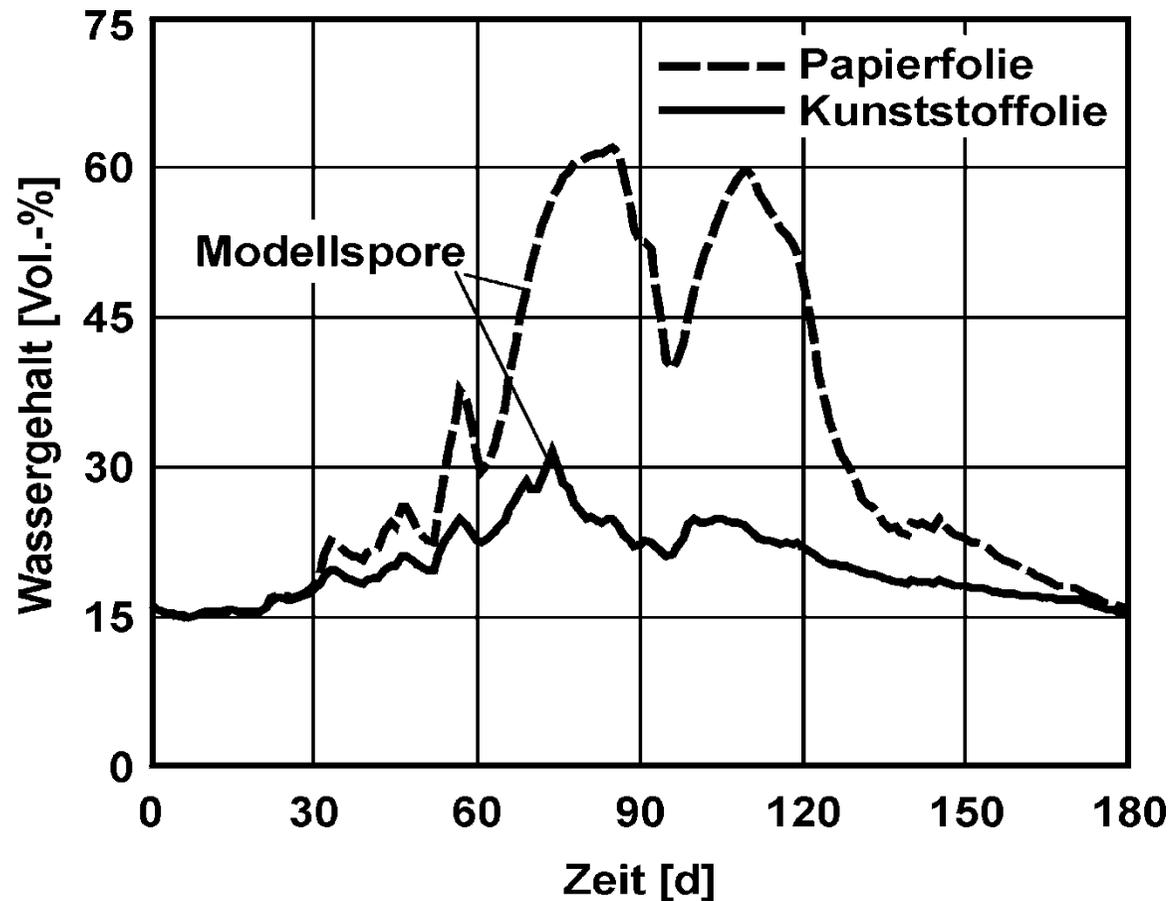
Schimmelpilzbildung in einem dampfdichten Blechdach

Mit WUFI® berechnete relative Feuchte an der Außenseite der Dampfbremse



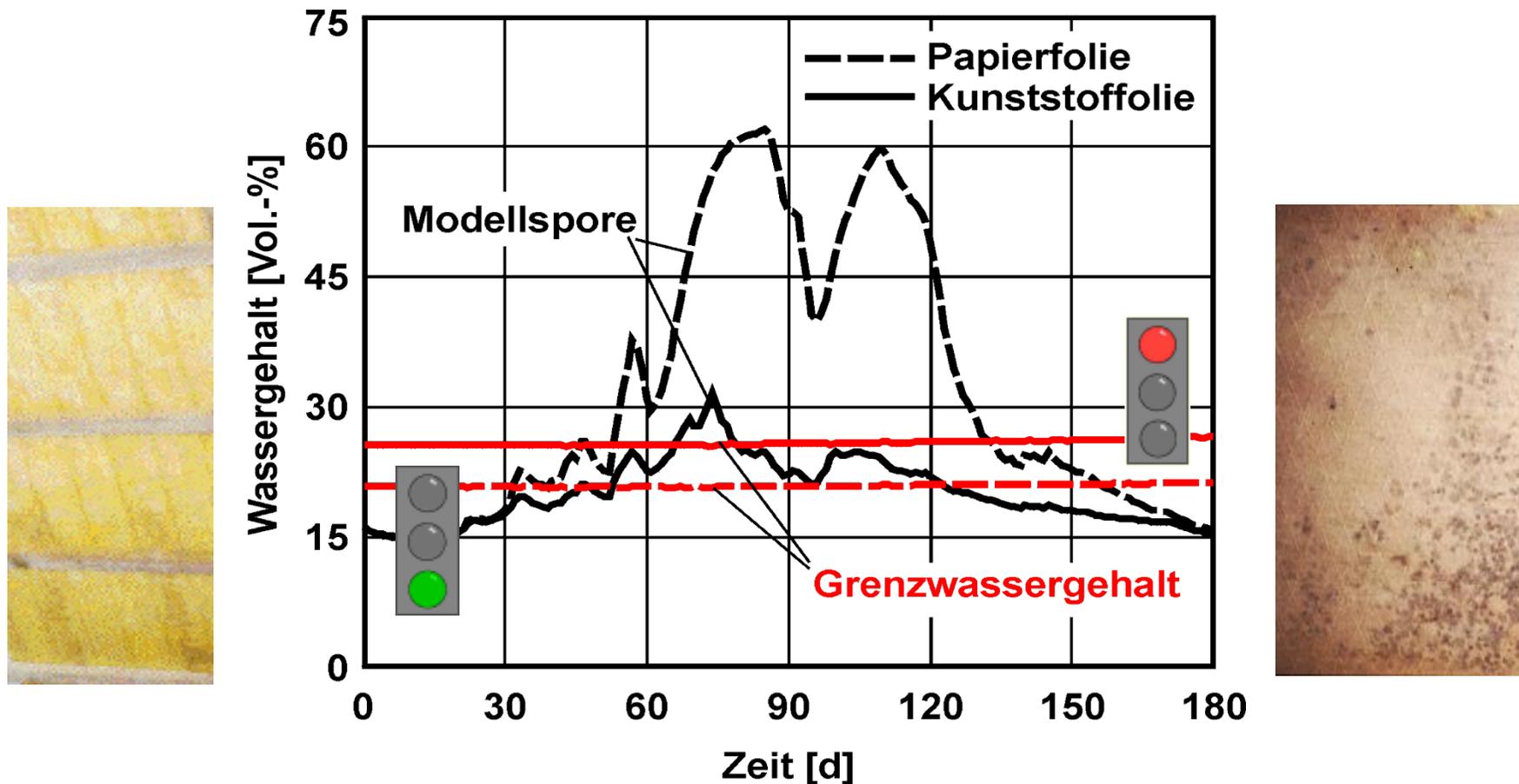
Schimmelpilzbildung in einem dampfdichten Blechdach

Mit WUFI®-Bio berechneter Wassergehalt der Modellspore bei diesen Randbedingungen



Schimmelpilzbildung in einem dampfdichten Blechdach

Mit WUFI®-Bio berechneter Wassergehalt der Modellspore bei diesen Randbedingungen



Zusammenfassung Biohygrothermisches Modell

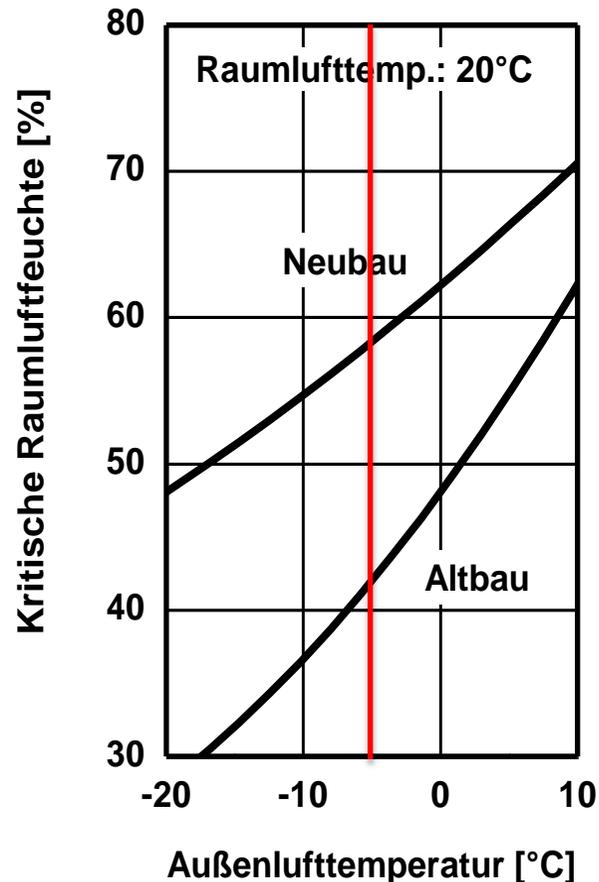
Hohe Feuchten können bei entsprechenden Temperaturen zu Schimmelpilzwachstum in und auf Baukonstruktionen führen

WUFI®-Bio erlaubt Vorhersage des Schimmelpilzwachstum unter instationären Bedingungen:

- **Modell berücksichtigt zeitlichen Verlauf der Feuchte in Spore und Myzel!**
- **Vorhersage von Keimung und Wachstum in Abhängigkeit von Temperatur, Feuchte und Nährstoffqualität der Oberfläche!**
- **Modell validiert für Innenoberfläche von Bauteilen – innerhalb der Konstruktion reduziert sich das Risiko aufgrund des geringeren Sporen- und Nährstoffangebots.**

**WUFI®-Bio als kostenloses Programm unter www.wufi.de verfügbar.
Auswertung von Messdaten oder WUFI®-Simulationsergebnissen möglich!**

Kritisches Raumklima in Neu- und Altbau

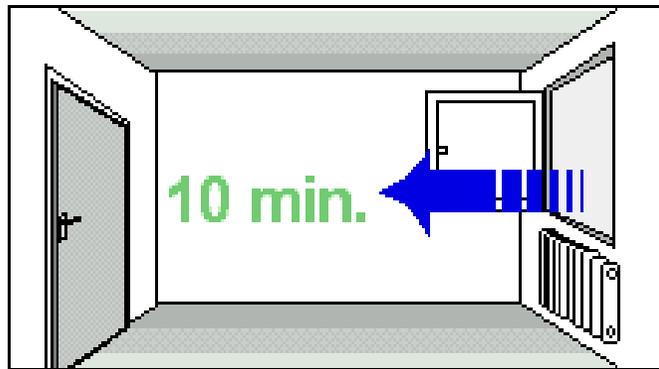
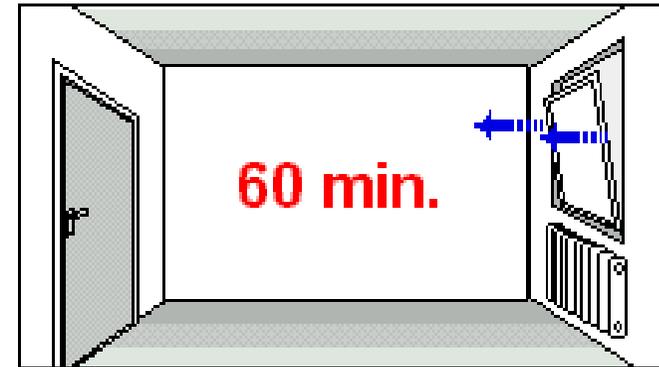
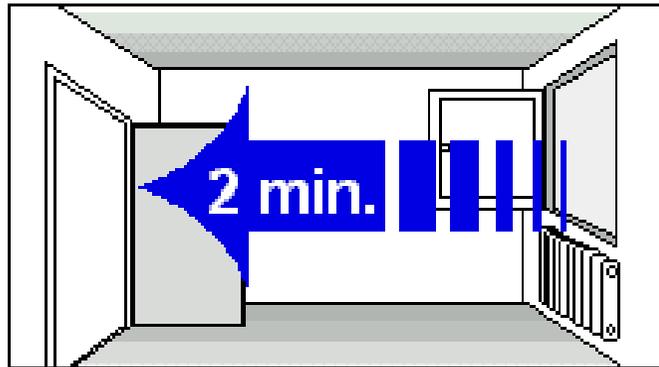


Kritische Raumluftfeuchte bezogen auf eine mögliche Schimmelpilzbildung in der Außenecke (geometrische Wärmebrücke)

Altbau: $R > 0,55 \text{ m}^2\text{K/W}$

Neubau: $R > 2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$

Gilt näherungsweise für stationäre Verhältnisse ohne Berücksichtigung von Möbeln oder konstruktiven Wärmebrücken!



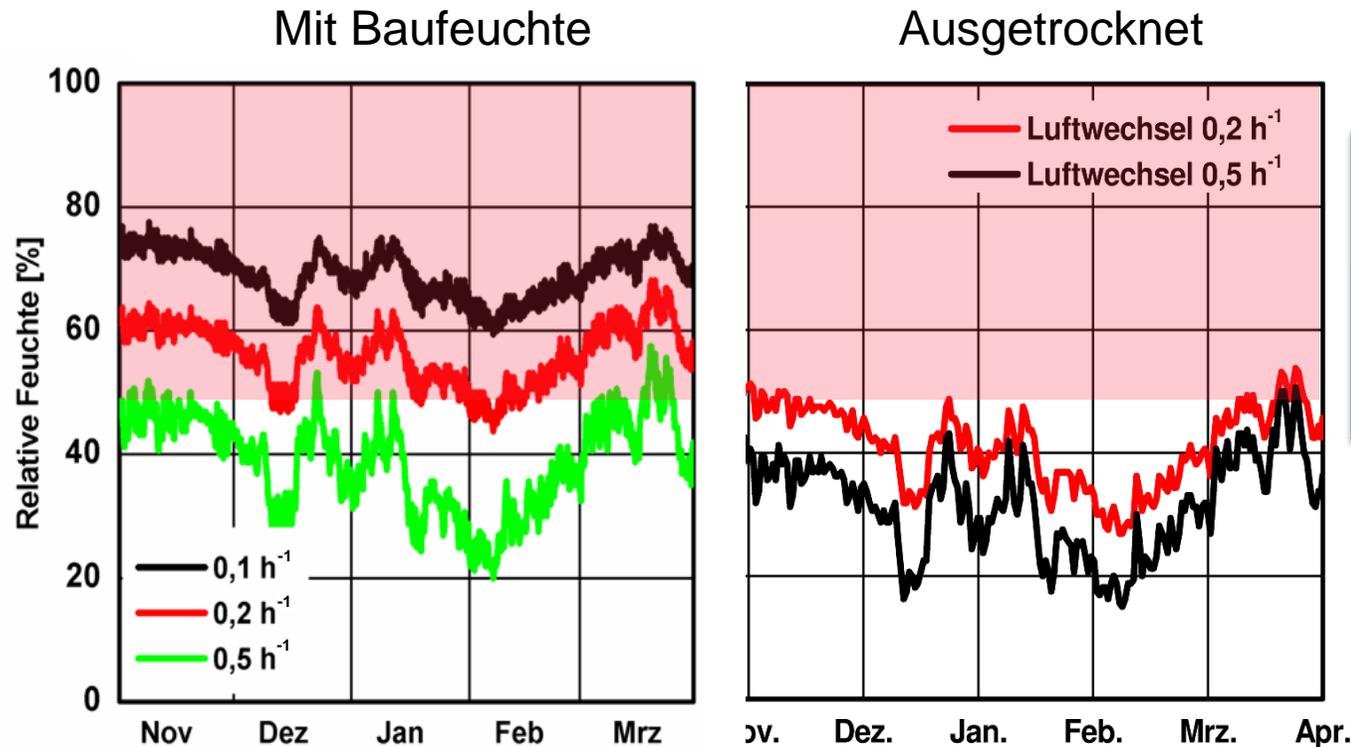
Ungefähre Dauer eines kompletten Luftaustausches je nach Fenster- und Türöffnung

Erforderliche Lüftungszeiten

Um unterhalb der kritischen Raumluftfeuchten zu bleiben, ist zusätzlich zum Infiltrationsluftwechsel folgender Luftaustausch durch Fensterlüftung (Durchschnittswerte) zu gewährleisten:

Fensterlüftung	Altbau	Neubau
Mittlerer Luftwechsel [h^{-1}]	0,4	0,2
Täglicher Luftaustausch	10 mal	5 mal
Fenster gekippt	5 h/d	2,5 h/d
Stoßlüftung	50 Min/d	25 Min/d

Einfluss der Baufeuchte auf das Raumklima: Niedrigenergiegebäude in Porenbetonbauweise

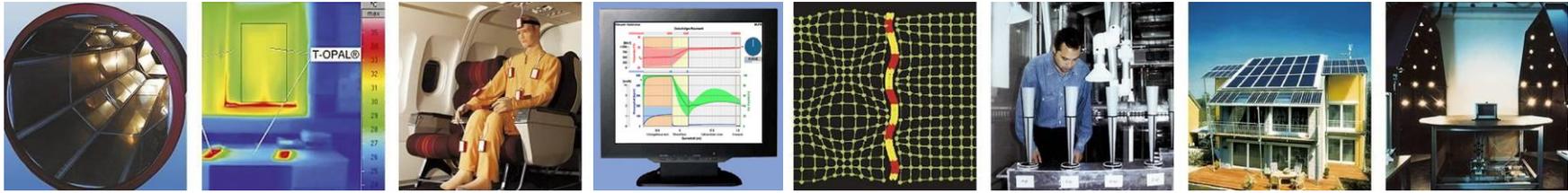


**Baufeuchte
erfordert Mehr-
lüftung von 0,3 h⁻¹
zumindest für die
erste Heizperiode**

**Schimmelprobleme im Neubau liegen nie an zu dicker Dämmung!
Aber ggf. sind hohe Luftdichtheit und unzureichende Lüftung ursächlich!**

Weitere Maßnahmen bei Schimmelproblemen neben der Gewährleistung einer ausreichenden Lüftung (spätestens, wenn Tauwasser an Fenstern).

- **Feuchteproduktion soweit möglich begrenzen (z.B. keine Wäsche in der Wohnung trocknen).**
- **Indirekte Beheizung von Räumen vermeiden.**
- **Schlafzimmer ausreichend lüften!
(entweder nachts gekippt, oder morgens lange Stoßlüften)**
- **Schränke und Vorhänge an Außenwänden vermeiden –
möglichst freie Luftanströmung gewährleisten.**
- **Ggf. elektrische Luftentfeuchter nutzen – ein Entfeuchter reicht meist
für mehrere zusammenhängende Räume (z.B. ganzer Keller)!**
- **Vermeidung von empfindlichen bzw. nährstoffhaltigen Materialien in**



**Fachtag Schimmel & Feuchtigkeit
München, 12. November 2016**

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Daniel Zirkelbach