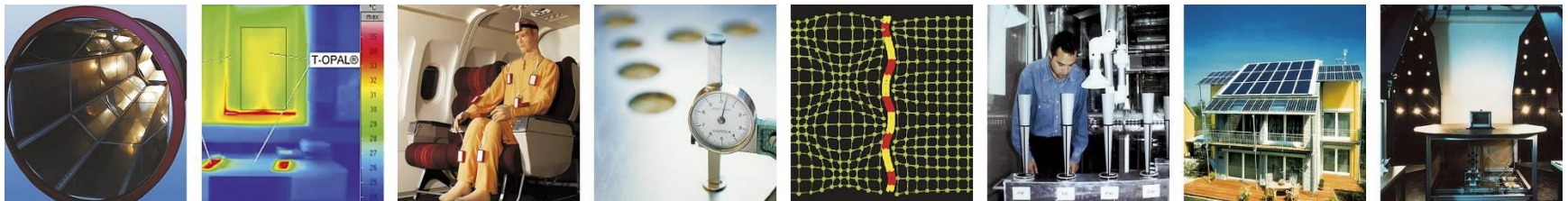

Lüftungsverhalten und Feuchte-Pufferung

Florian Antretter (Matthias Pazold)

Fachtag Schimmel & Feuchtigkeit, 12. November 2016

Auf Wissen bauen



Inhalt

- Hintergrund
- Fensteröffnungsverhalten – Einflussfaktoren
- Feuchtepufferung – Was ist das?
- Experimente, Auswirkung
- Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

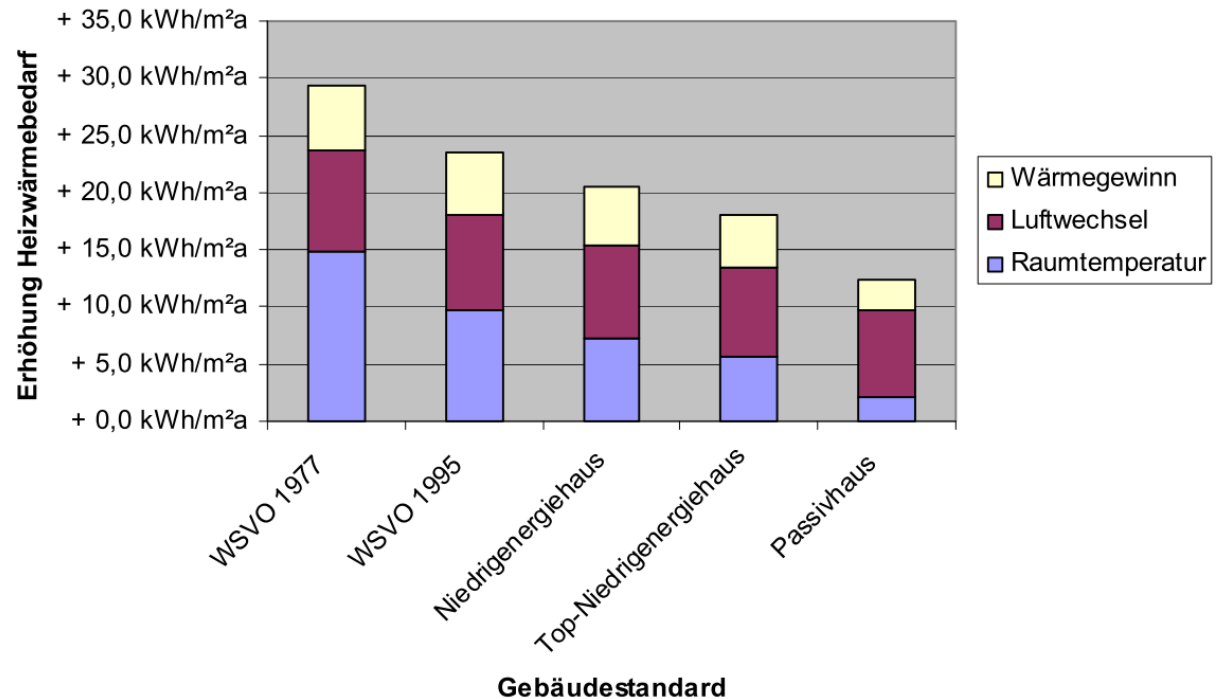
Hintergrund = Wohnungslüftung

Hintergrund

Einfluss Nutzerverhalten auf Energiebedarf

- Hohe Lüftungswärmeverluste
- Anteil höher bei besserem Gebäudestandard

- Modellierung „realistisches“ Nutzerverhalten
- Implementierung in Gebäudesimulation



Quelle: T.Ender, T.Hartmann, A.Kremonke, B.Oschatz, J.Seifert, W.Richter:

Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch in Niedrigenergie- und Passivhäusern. 2002.

Hintergrund

Raumklima und Feuchteschutz

- Schimmelpilzwachstum



Aufgaben der Wohnungslüftung

Lufterneuerung:

- Menschliche Ausdünstungen
- Geruchsstoffe
- Schadstoff-Belastungen
- Allergene Belastungen

Begrenzung der Raumlufffeuchte:

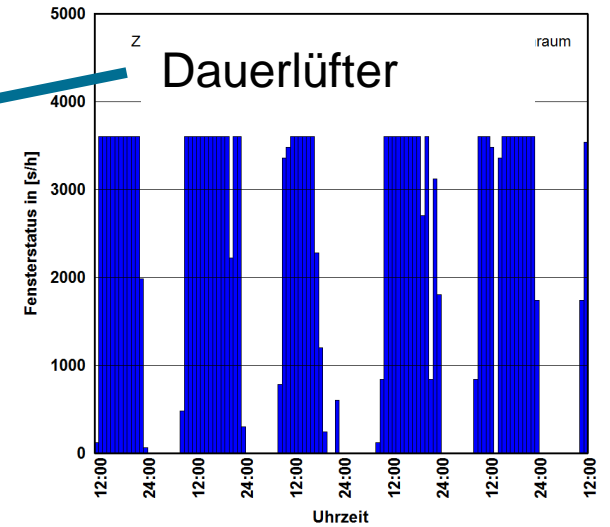
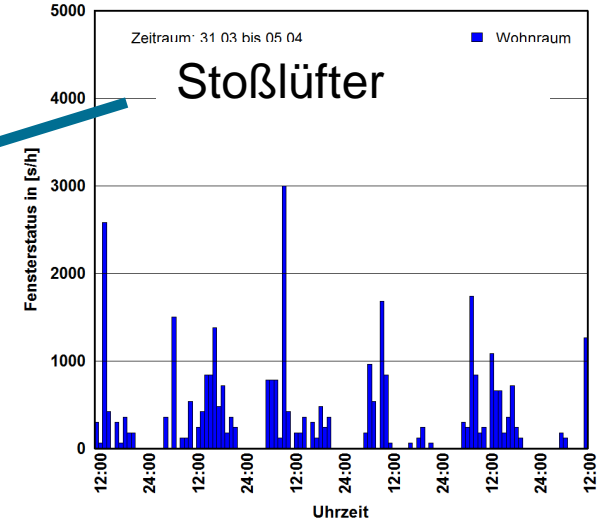
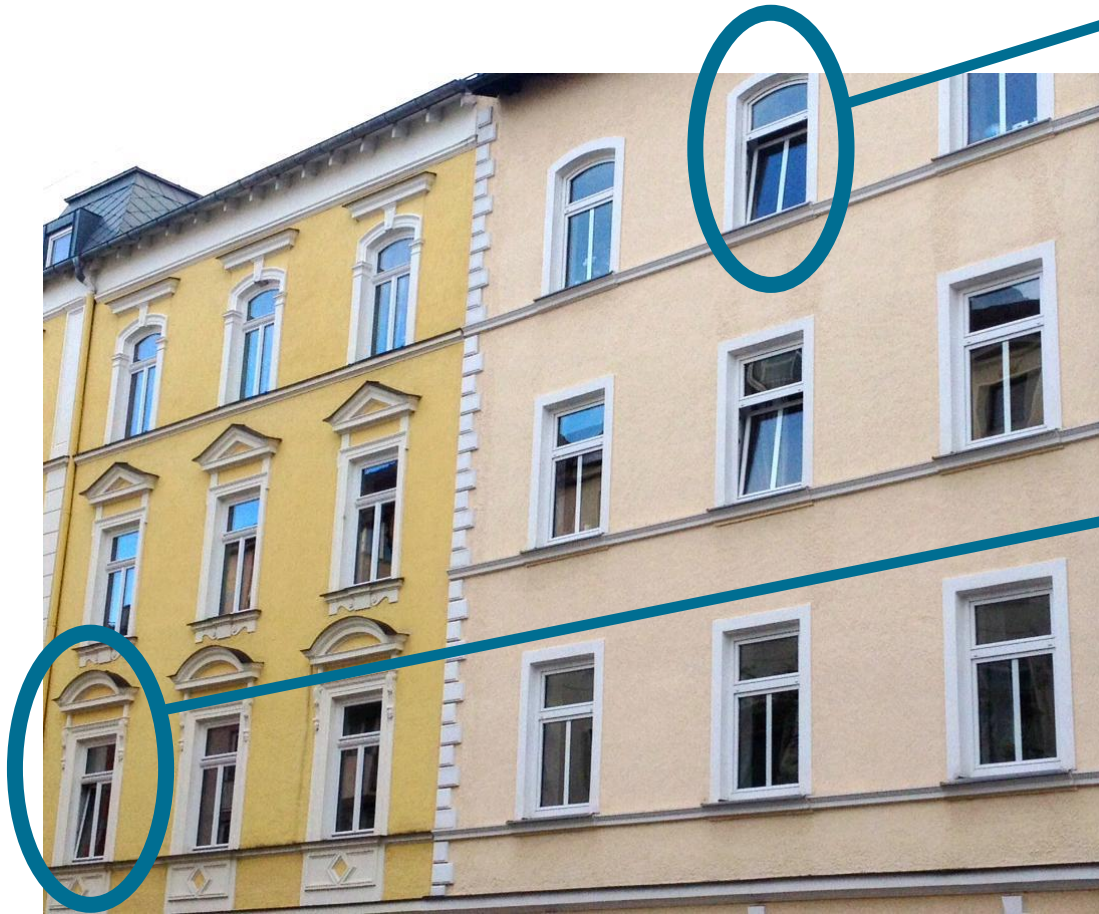
- Innere Feuchtequellen (Menschen, Kochen, Waschen, etc.)
- Mögliche Schädigungen durch hohe Feuchte (Tauwasser, Schimmelpilz, etc.)
- Gesundheitliche Beeinträchtigung durch niedrige Feuchte

Sommerliche Wärmeabfuhr:

- Verringerung von Übertemperatur-Ereignissen

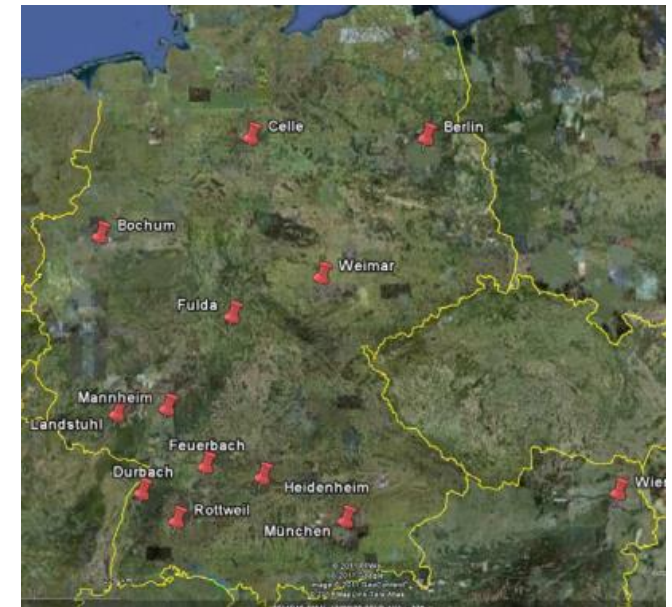
Fensteröffnungsverhalten

Allein Nutzerabhängiges Lüftungsverhalten?



Messprojekte in Wohngebäuden - Datengrundlage

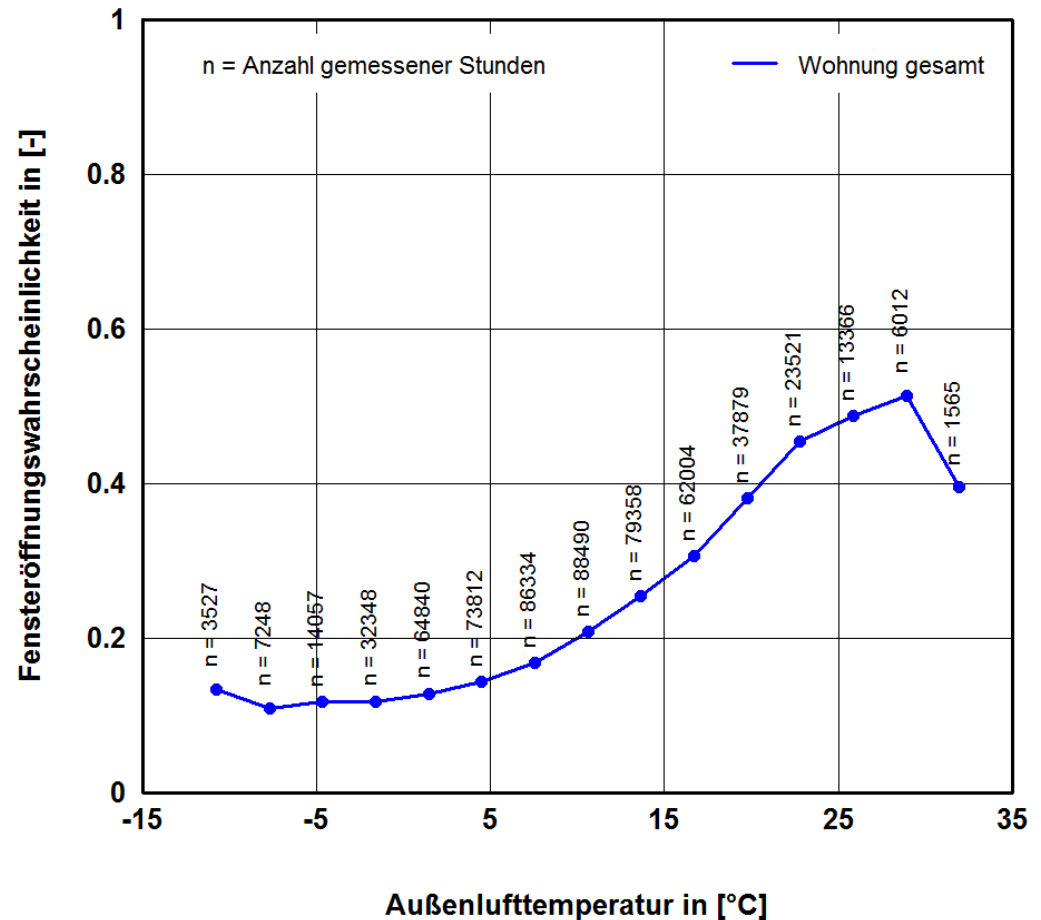
- Wohngebäude / versch. Forschungsproj.
- Messdauer 2 bis 3,5 Jahre
- Stündliche Messwerte für
 - Außenklima
(Temperatur, Feuchte, Strahlung, ...)
 - Raumklima (Temperatur, Feuchte, ...)
 - Fensterstatus
- Generelle Information über
 - Raumart
 - Lüftungssystem
 - Gebäudedichtheit



Einfluss des Außenklimas

- Erhöhte Öffnungswahrscheinlichkeit mit steigender Temperatur
- Abfall der Öffnungswahrscheinlichkeit über 27 °C Außentemperatur

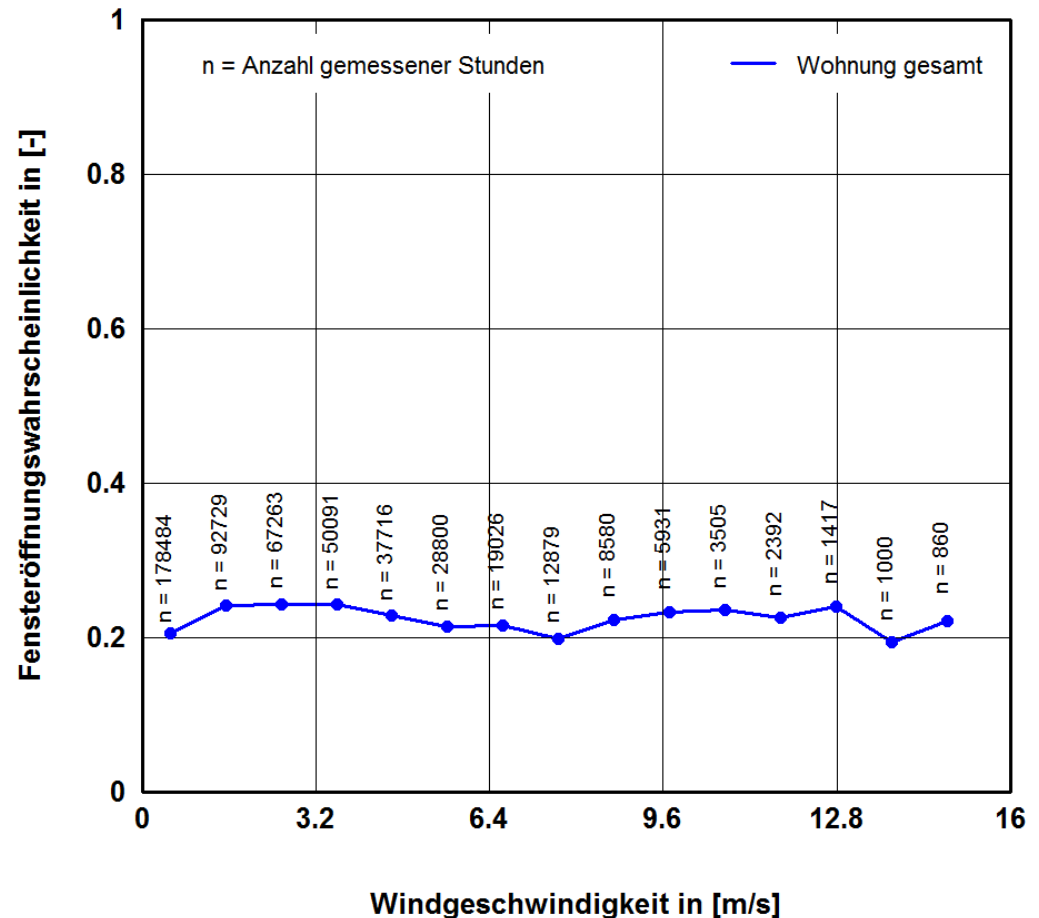
→ Außentemperaturabhängigkeit hoch



Einfluss der Windgeschwindigkeit

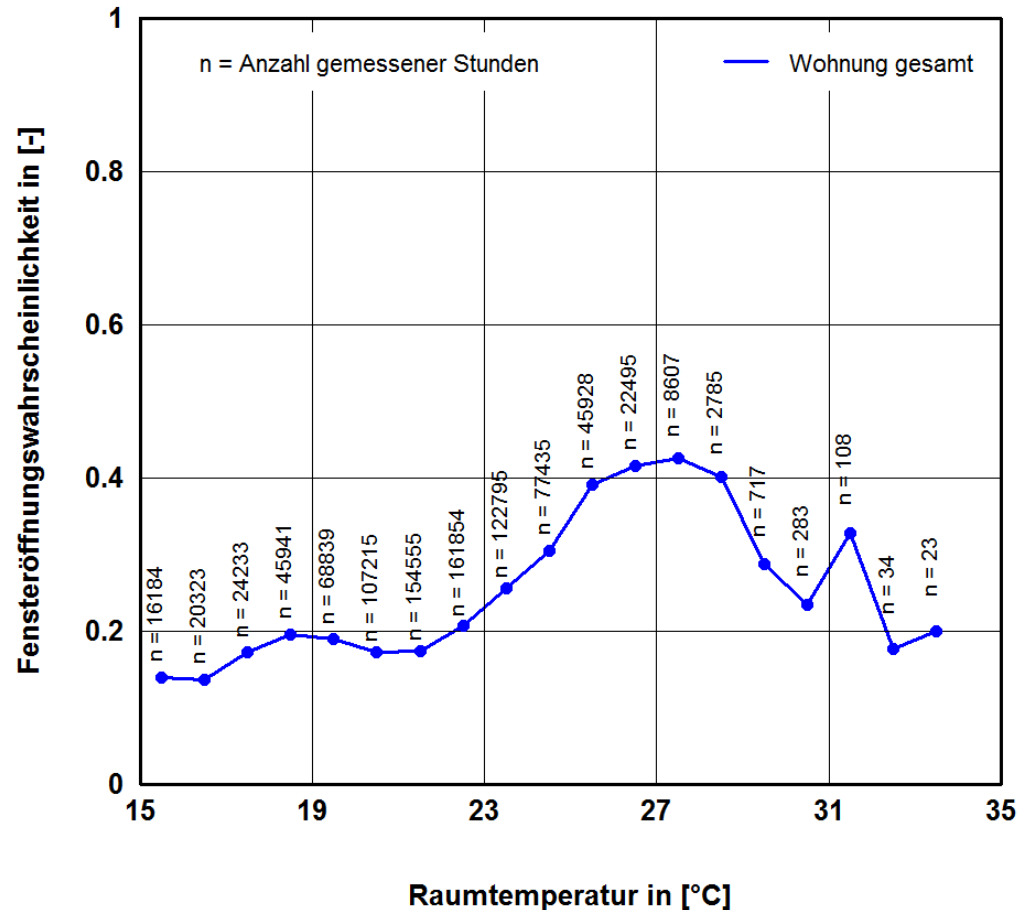
- Kaum Einfluss der Windgeschwindigkeit
- Auch bei hohen Windgeschwindigkeiten gleiche Öffnungswahrscheinlichkeit

→ Windabhängigkeit unbedeutend



Einfluss des Raumklimas

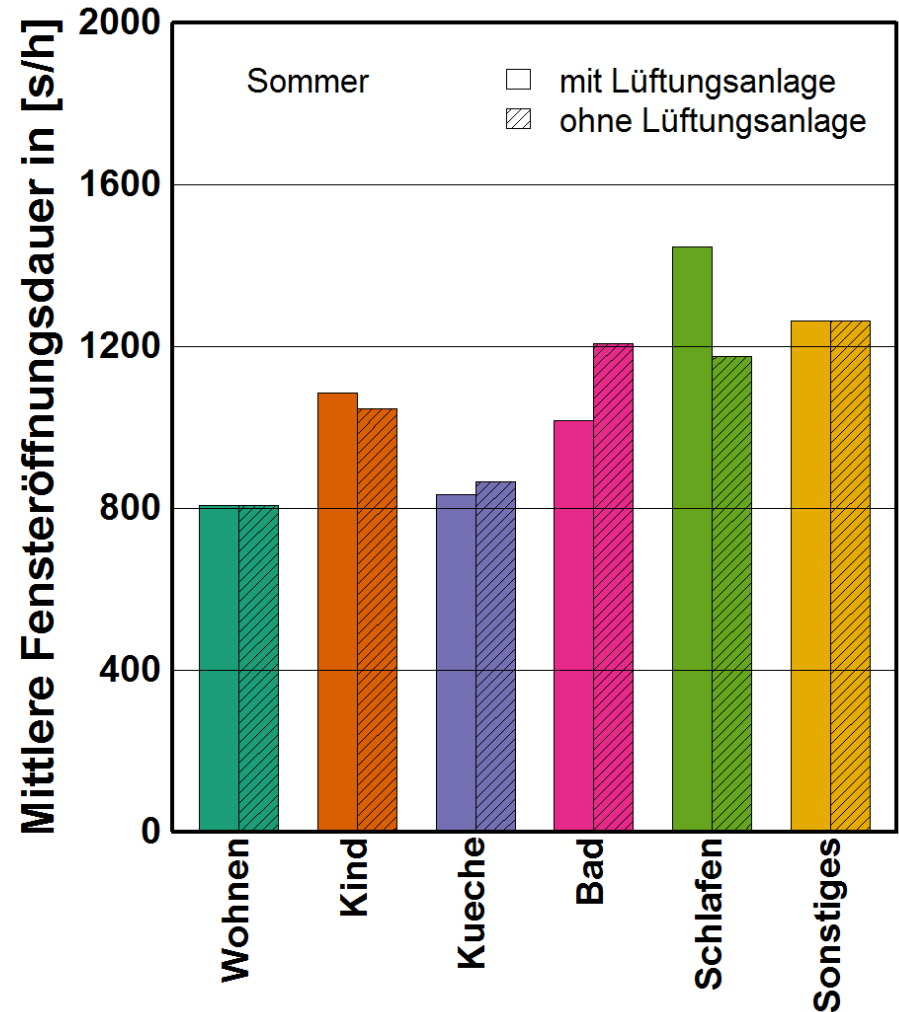
- Unter 22 °C Raumtemperatur gleiche Öffnungswahrscheinlichkeit
- Bei 28 °C Raumtemperatur höchste Öffnungswahrscheinlichkeit
- Bei höheren Temperaturen geringere Öffnungswahrscheinlichkeit



Einfluss der Raumart, Jahreszeit, Lüftungsanlage

- Keine Unterscheidung ob mit oder ohne Lüftungsanlage möglich

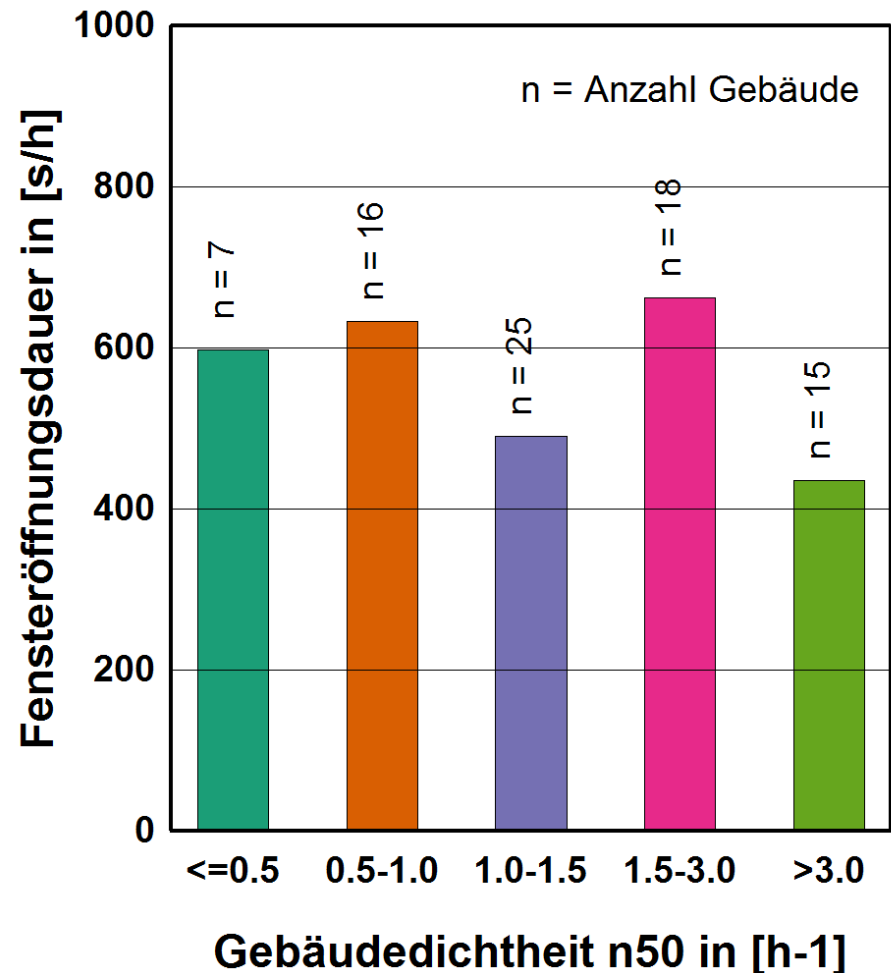
→ Zimmerart hat Einfluss



Einfluss der Gebäudedichtheit

- Keine Unterschiede bei unterschiedlich dichten Gebäuden

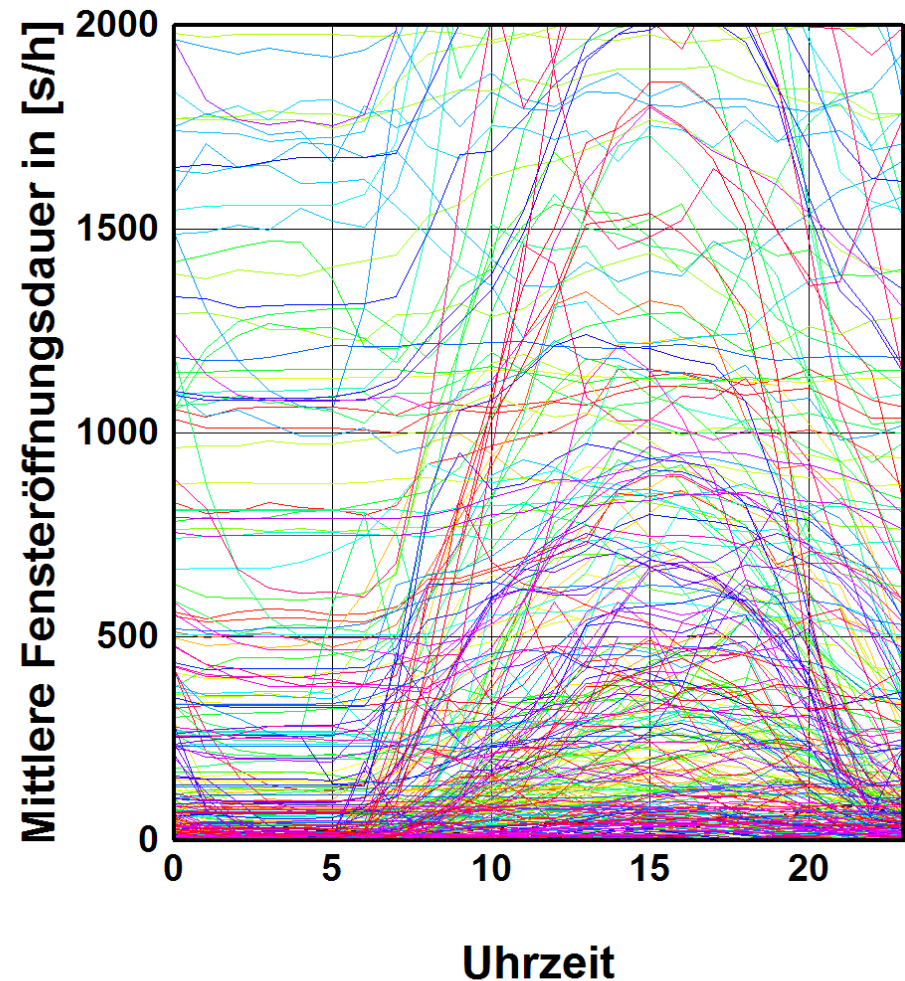
→ Gebäudedichtheit hat wenig Einfluss



Einfluss - Verhalten einzelner Nutzer

- Sehr unterschiedliches Verhalten je Wohnzimmer
- Sehr unterschiedliche Öffnungsdauern

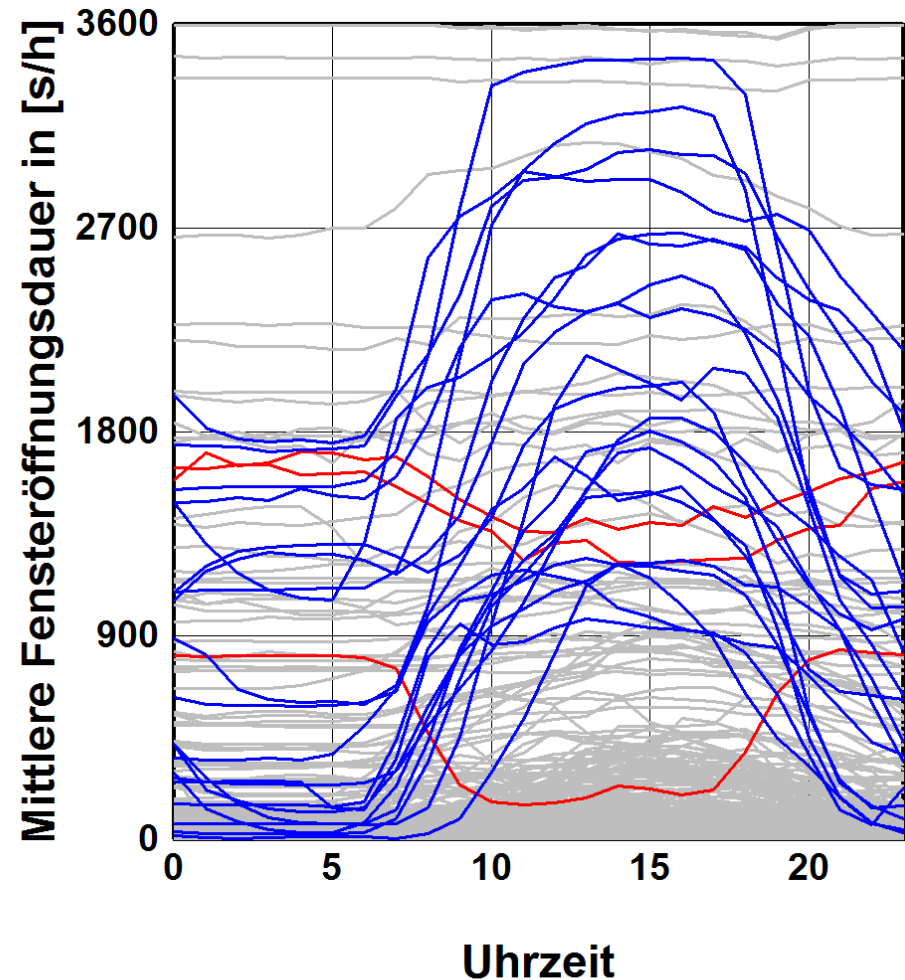
→ Nutzerkategorisierung notwendig



Ableitung von Nutzerprofilen

- Unterscheidung in **Tag-**, **Nacht-** und **Kontinuierlichlüfter**
- Kontinuierlichlüfter in **Viel-** und **Weniglüfter** einteilbar

→ Nutzerkategorisierung möglich und sinnvoll



Zusammenfassung Fensteröffnungsverhalten

Nutzereinfluss ist eine der unsichersten Eingangsgrößen bei der **energetisch-hygrischen Gebäudebewertung**,
das Nutzerverhalten läßt sich jedoch modellieren.

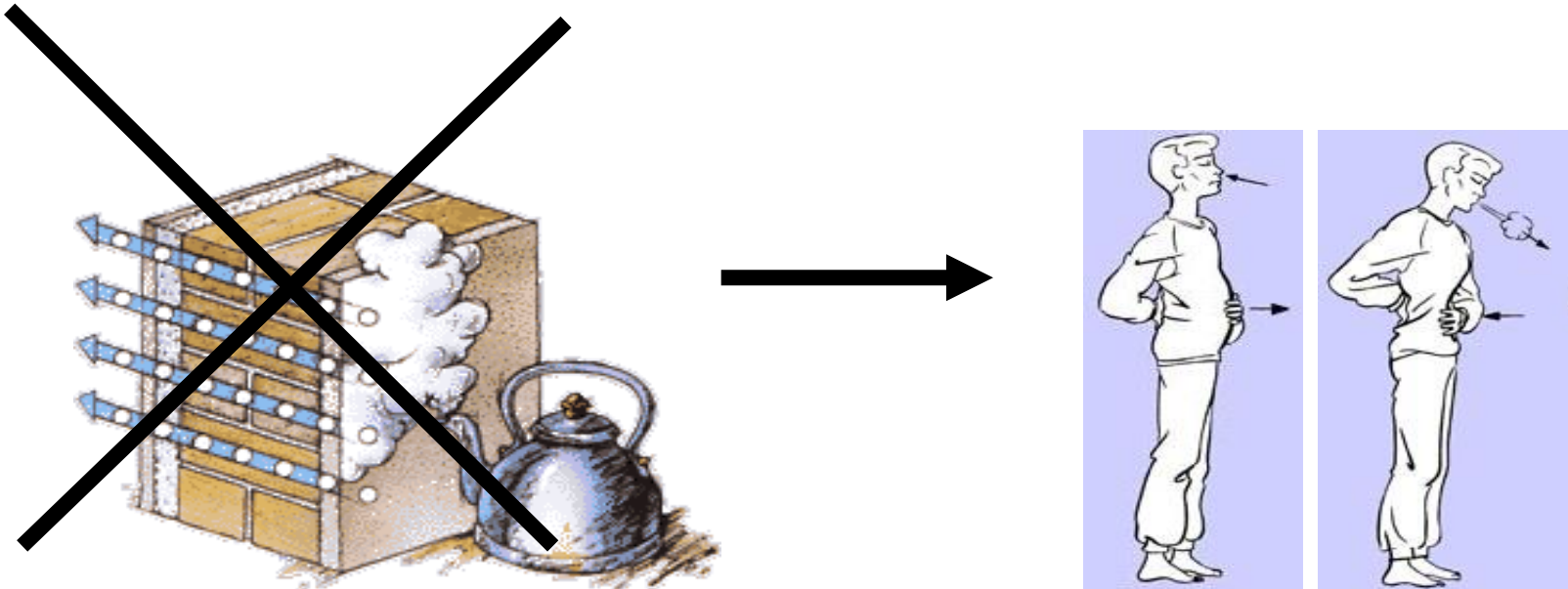
Besseres Verständnis ist essentiell um

- Realistische hygrothermische Bedingungen in Gebäuden zu simulieren
- Den Nutzereinfluss abzuschätzen auf
 - Energiebedarf
 - Luftqualität
 - Feuchtebedingte Schäden
- Die Veränderung im Nutzerverhalten nach Sanierungsmaßnahmen zu bewerten
- **Bedingungen zu schaffen, um “negative” Nutzerinteraktion zu vermeiden**

Feuchtepufferung

Prinzip der Feuchtepufferung

Puffer = Zwischenspeicher

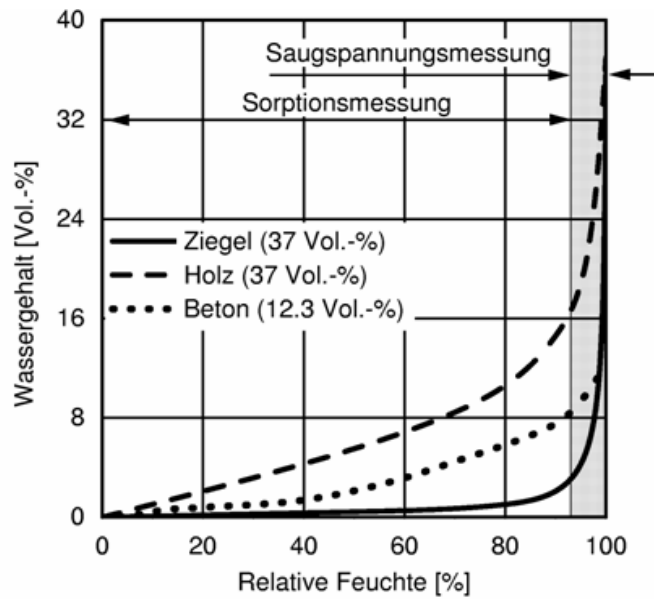
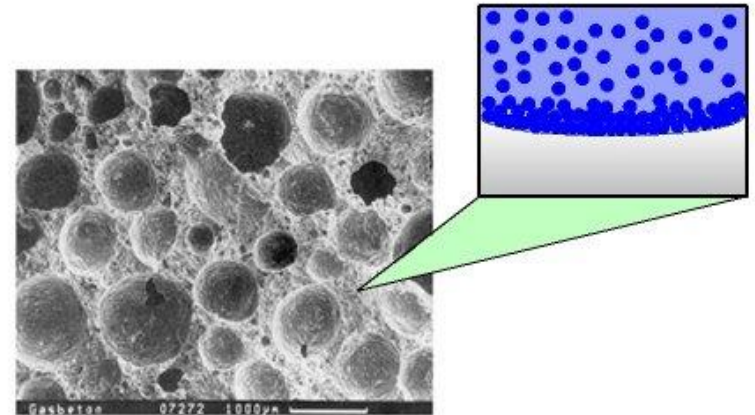


Die Feuchtepufferung der Gebäudehülle ist ein **instationärer Vorgang** der sowohl von den **Feuchtespeicher-** als auch von den **Feuchtetransport-**eigenschaften der inneren Oberflächenschichten abhängt

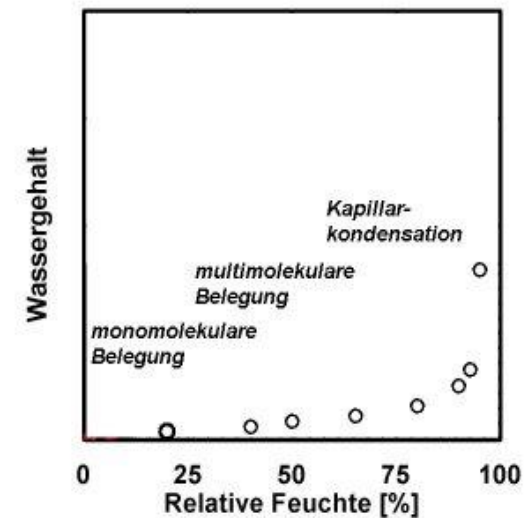
Prinzip der Feuchtepufferung

Feuchtespeicherung

- Wassermoleküle lagern sich an inneren Oberflächen von porösen Stoffen an
- Sorptionsisotherme beschreibt den Gleichgewichtszustand der Anreicherung von Wassermolekülen bei konstanter Temperatur



Sorptionsisotherme

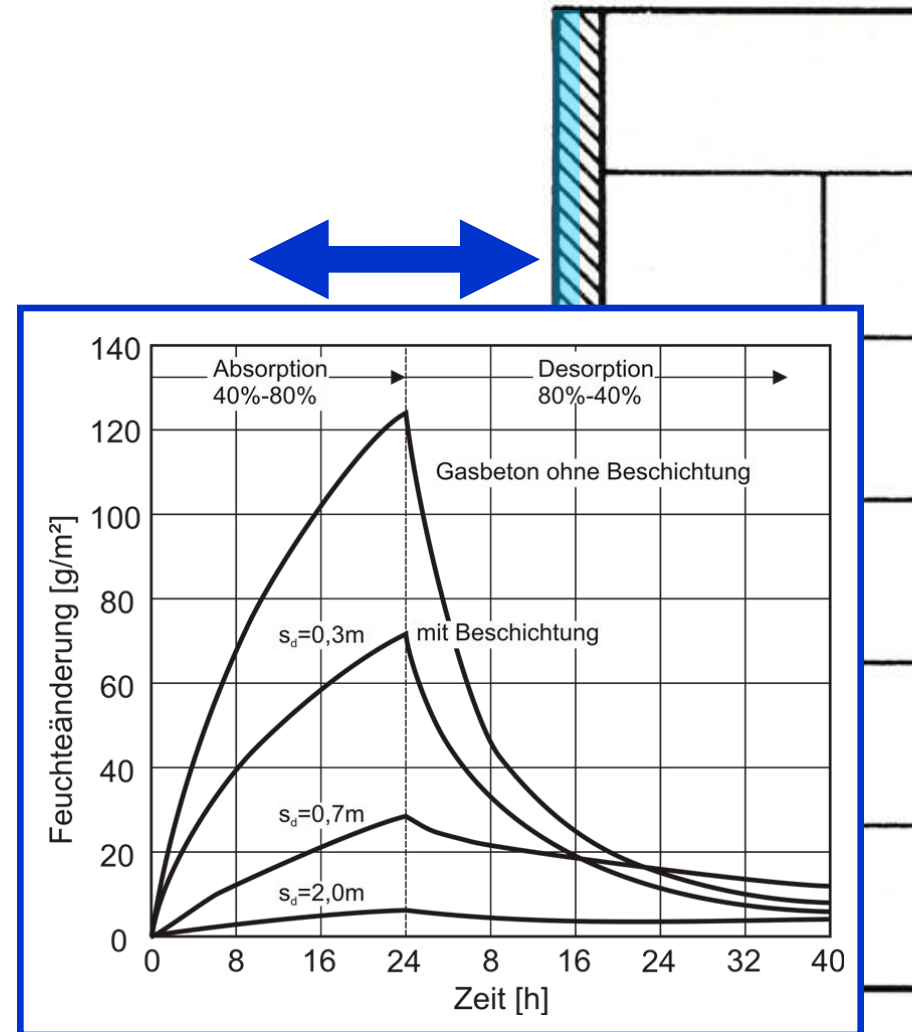


Prinzip der Feuchtepufferung

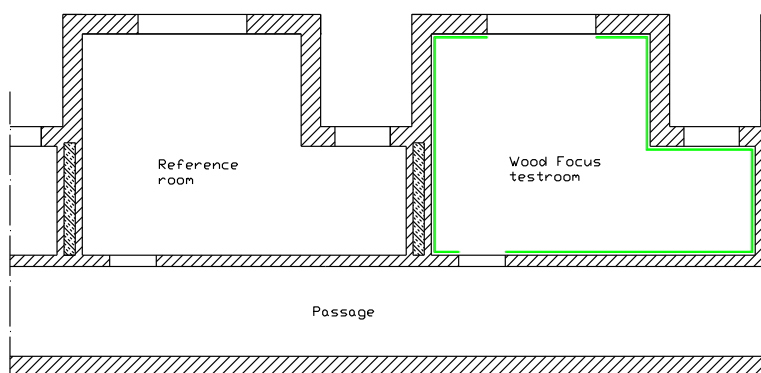
Einflussfaktoren

- (Raumluft-) Feuchtebereich
- Flächenanteile in Kontakt mit der Raumluft
- Oberflächenübergangsbedingungen
- Beschichtungen

Zur Beurteilung des Einflusses feuchtepuffernder Materialien in der Praxis sind neben Laborversuchen vergleichende Freilanduntersuchungen erforderlich



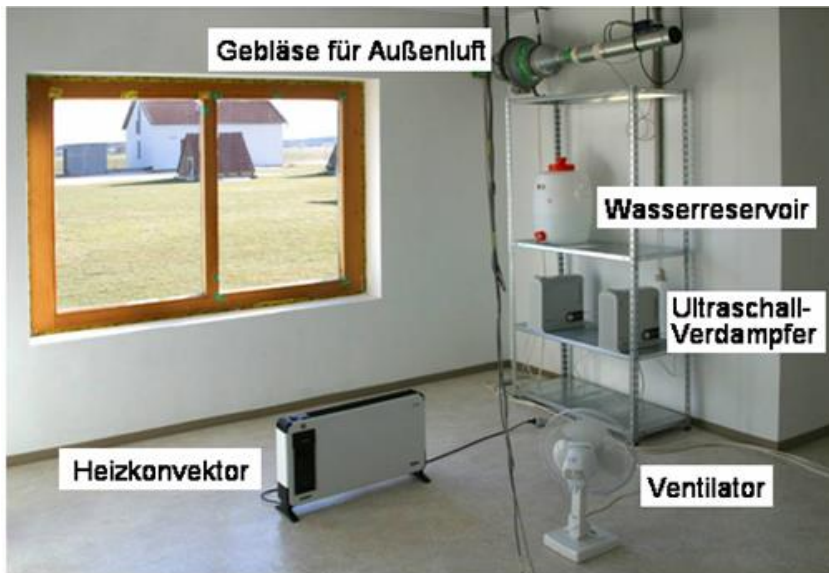
Experimentelle Untersuchungen am IBP Freigelände



- Zwei identische Testräume
- Gut gedämmt
- Südorientierte Außenwand mit Fenster
- Angrenzende Räume beheizt

Experimentelle Untersuchungen zur Feuchtepufferung

Innenansicht der Versuchsräume



Referenzraum
mit Kalk-Gipsputz und Anstrich



Testraum
mit Aluminium ausgekleidet

Beide Versuchsräume mit PVC-Boden und kalibrierten Lüftungsanlagen

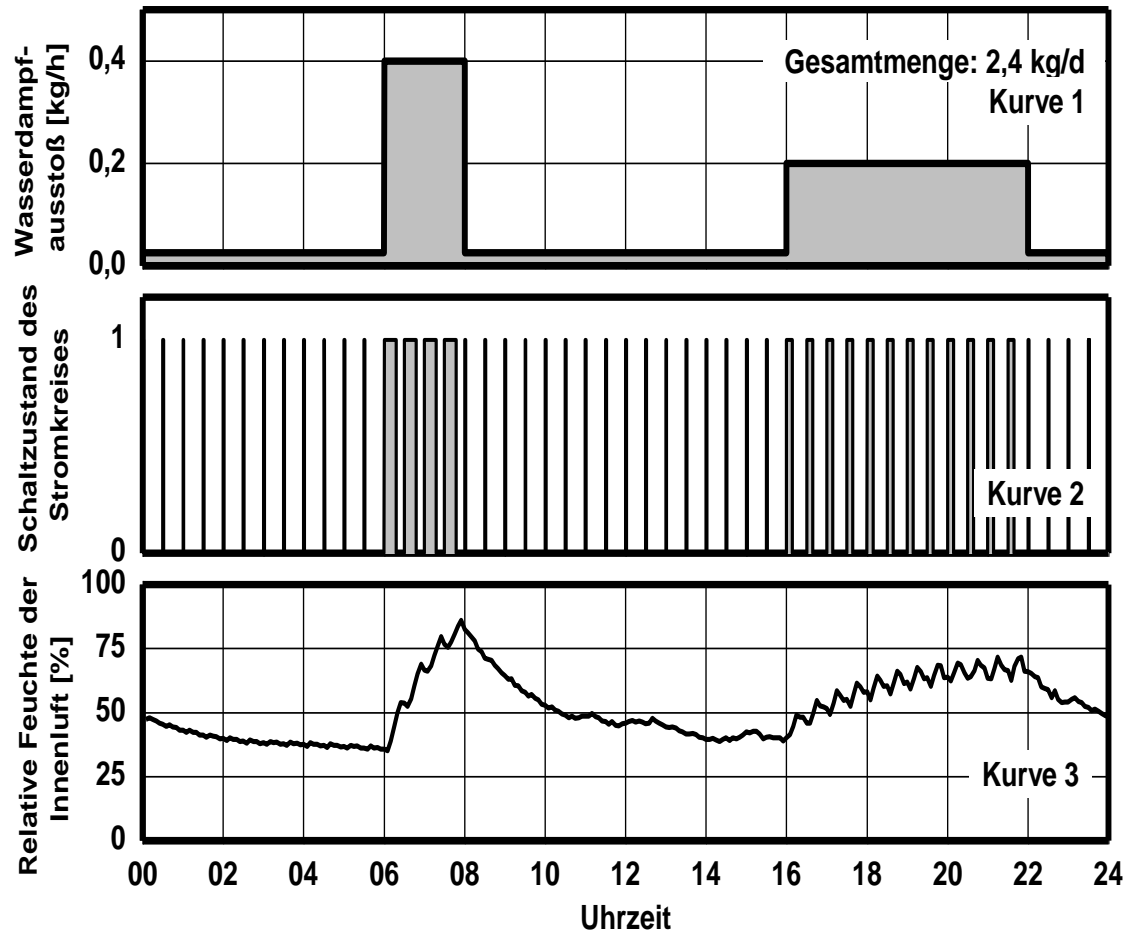
Experimentelle Untersuchungen zur Feuchtepufferung

Im Testraum untersuchte Bekleidungen



Experimentelle Untersuchungen zur Feuchtepufferung

Versuchsdurchführung

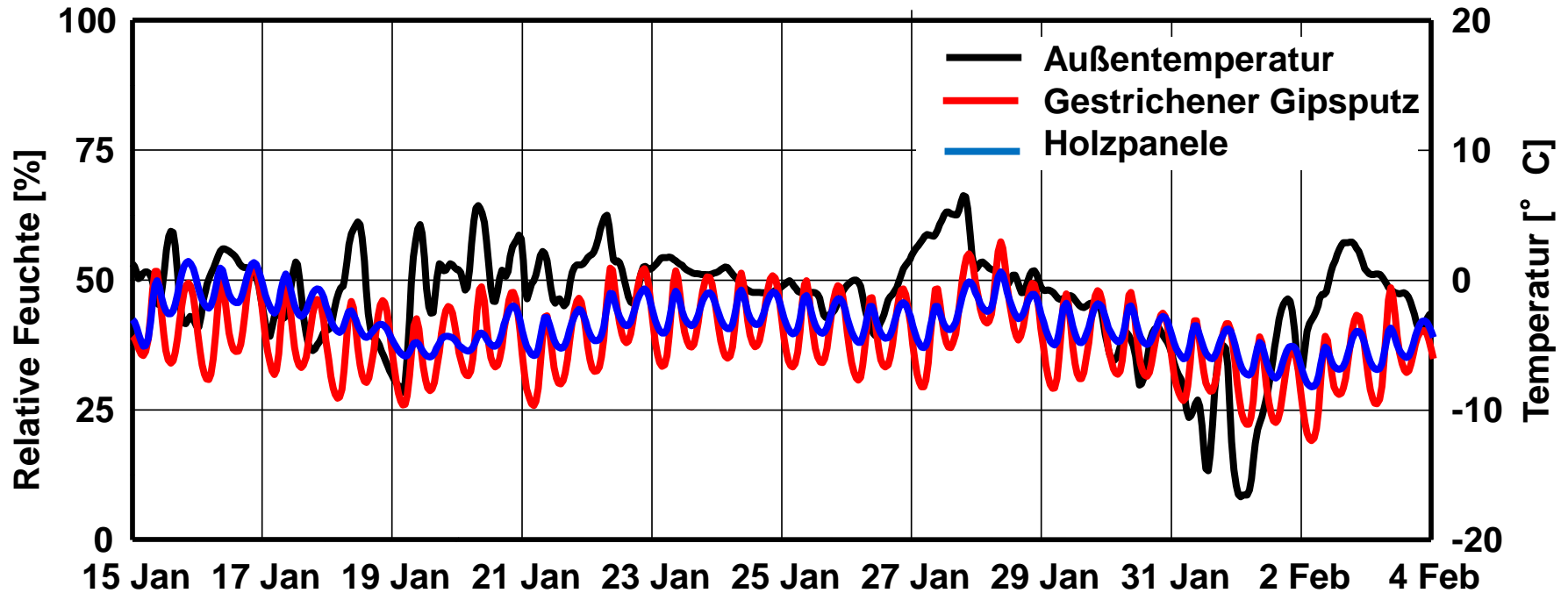


Steuerung der Feuchteproduktion mit Hilfe einer Zeitschaltuhr

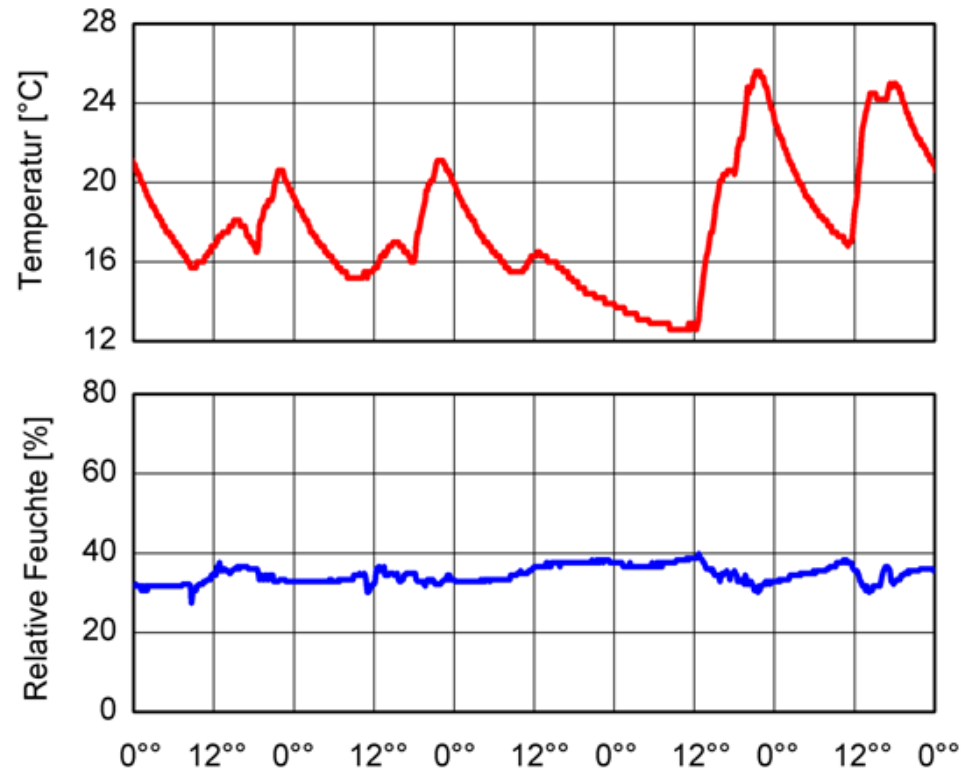
Mittlere Feuchteproduktion: $2 \text{ g/m}^3\text{h}$

Experimentelle Ergebnisse

Zeitverlauf der Raumlufffeuchte



Auswirkung auf den realen Gebäudebetrieb



Trotz großer Raumtemperaturschwankungen verändert sich die relative Feuchte kaum

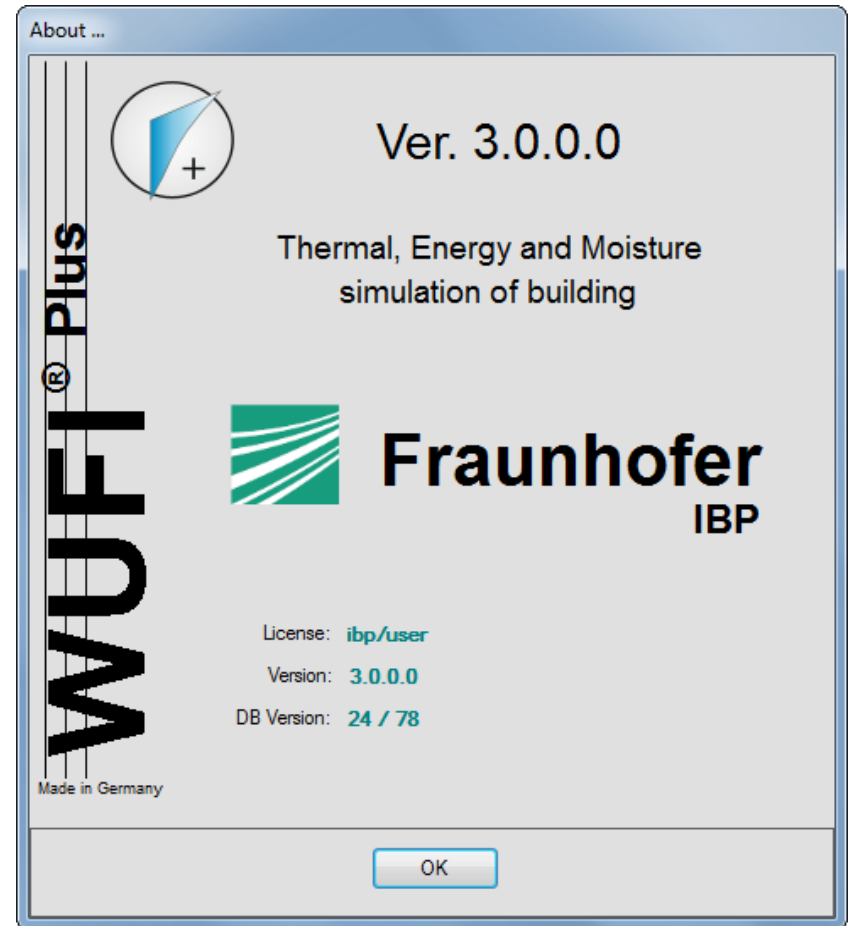
Hygrothermische Gebäudesimulation

WUFI Plus

Hygrothermische
Gebäudesimulation:

WUFI Plus

WUFI
= Wärme und Feuchte instationär

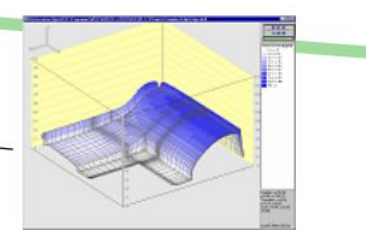
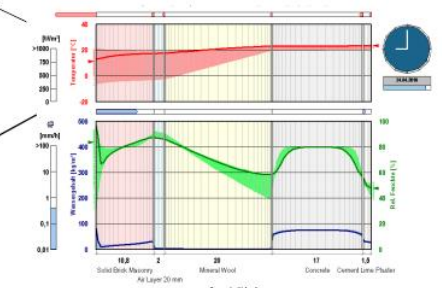
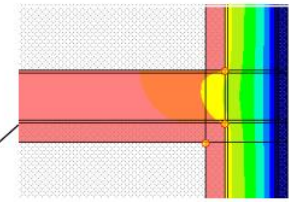
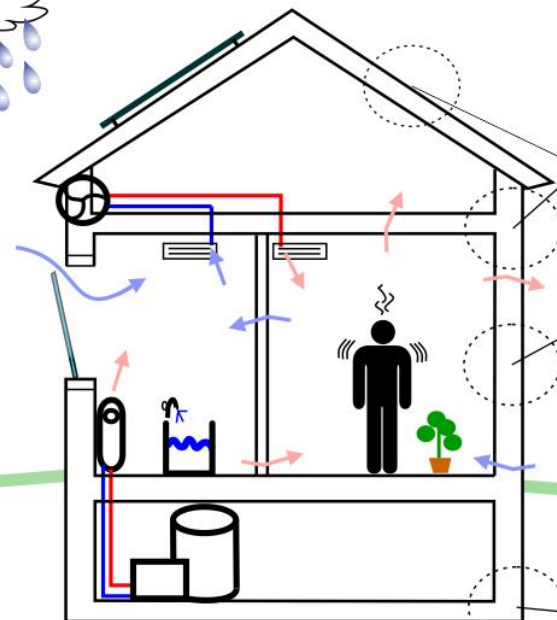
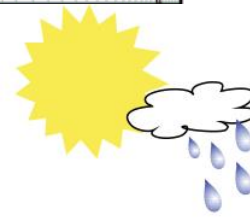
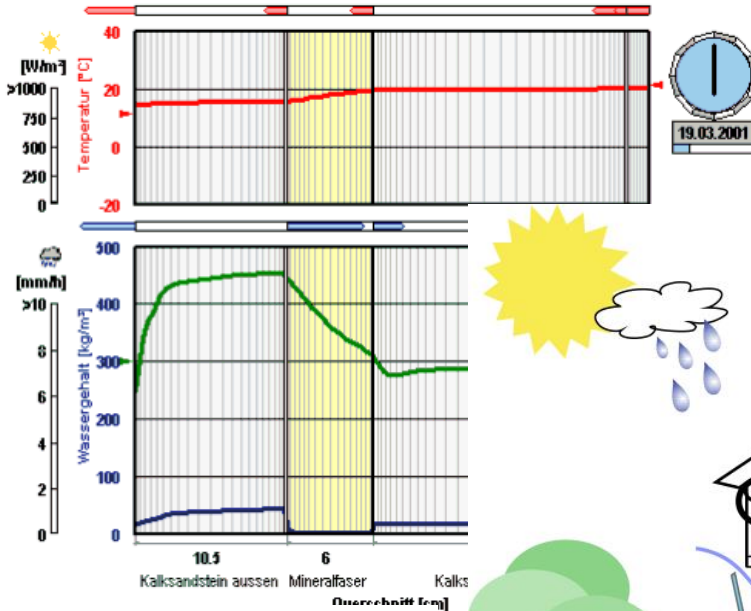


Hygrothermische Gebäudesimulation

Klimaort: Holzkirchen

beregnetes zweischaliges Mauerwerk aus Kalksandstein

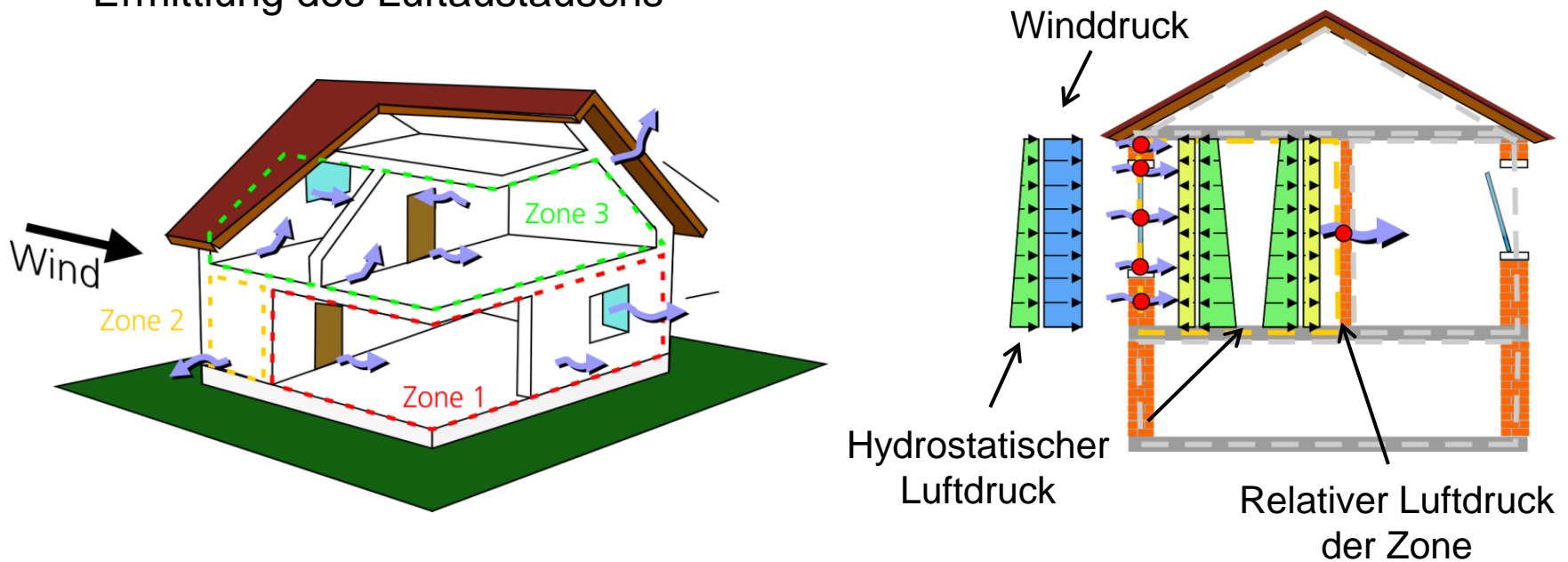
WUFI®



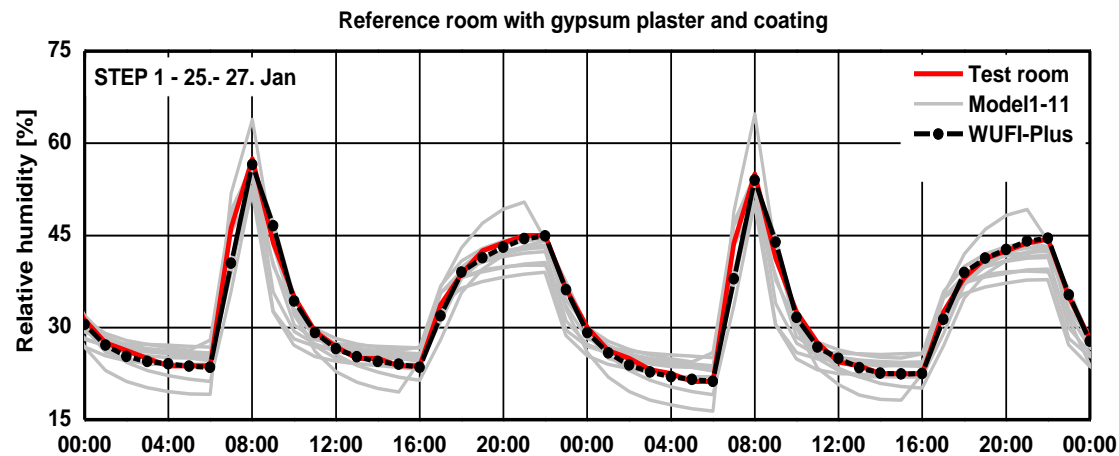
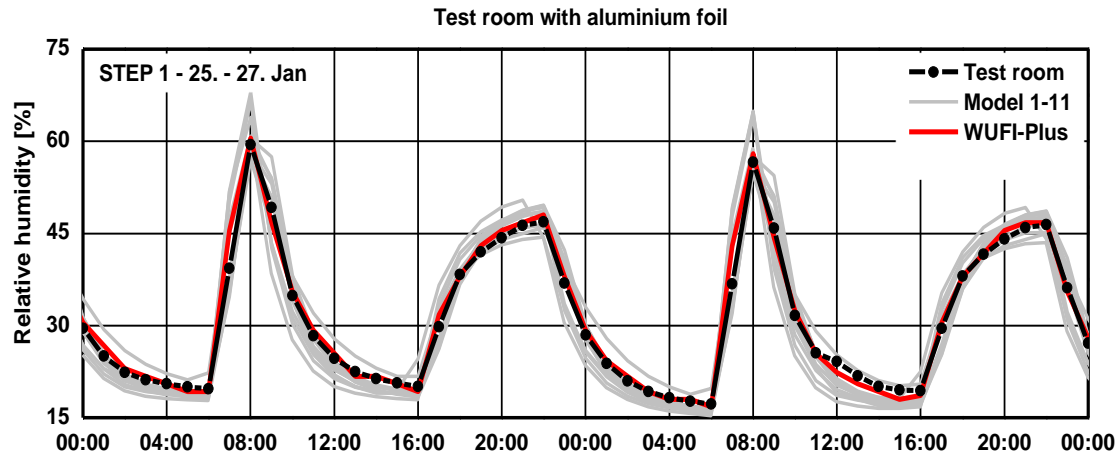
- Wetter
- Innere Lasten
- Sollwerte
- Anlagentechnik
- Lüftung

Fensteröffnungsverhalten abgebildet mit Gebäudedurchströmungsmodell

- Kopplung dynamischer Gebäudesimulation mit einem Mehrzonen-Strömungsmodell
- **Fensteröffnungsverhalten** als Input
- Ermittlung des Luftaustauschs



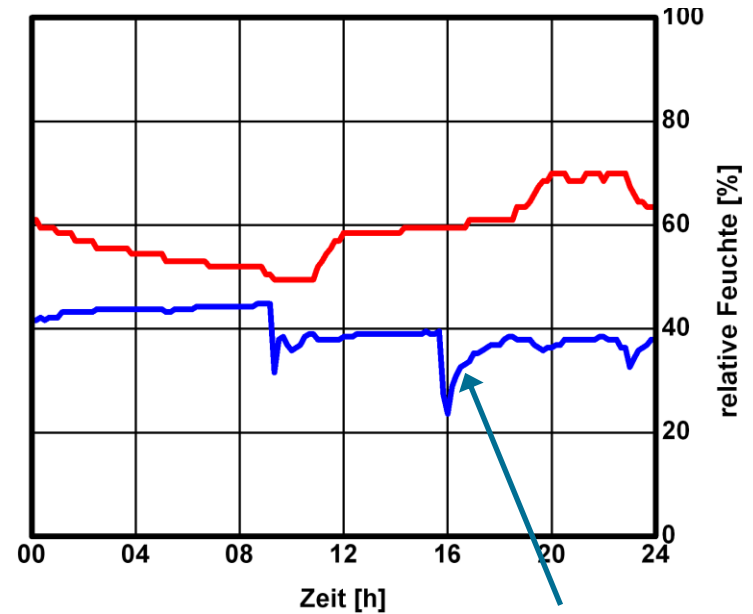
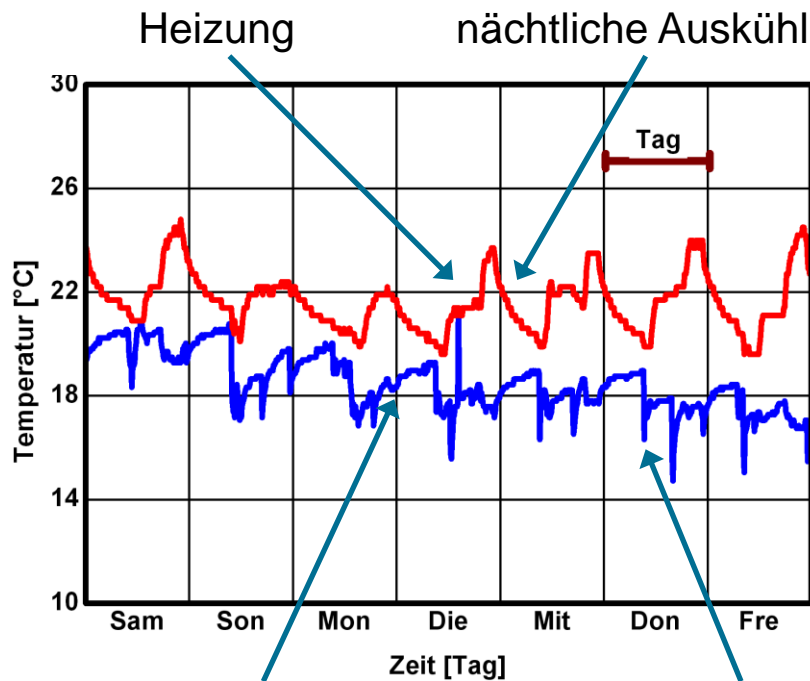
Hygrothermische Gebäudesimulation - Validierung



Stoßlüftung

Fensteröffnung und Feuchtepufferung

Messung Stoßlüftung

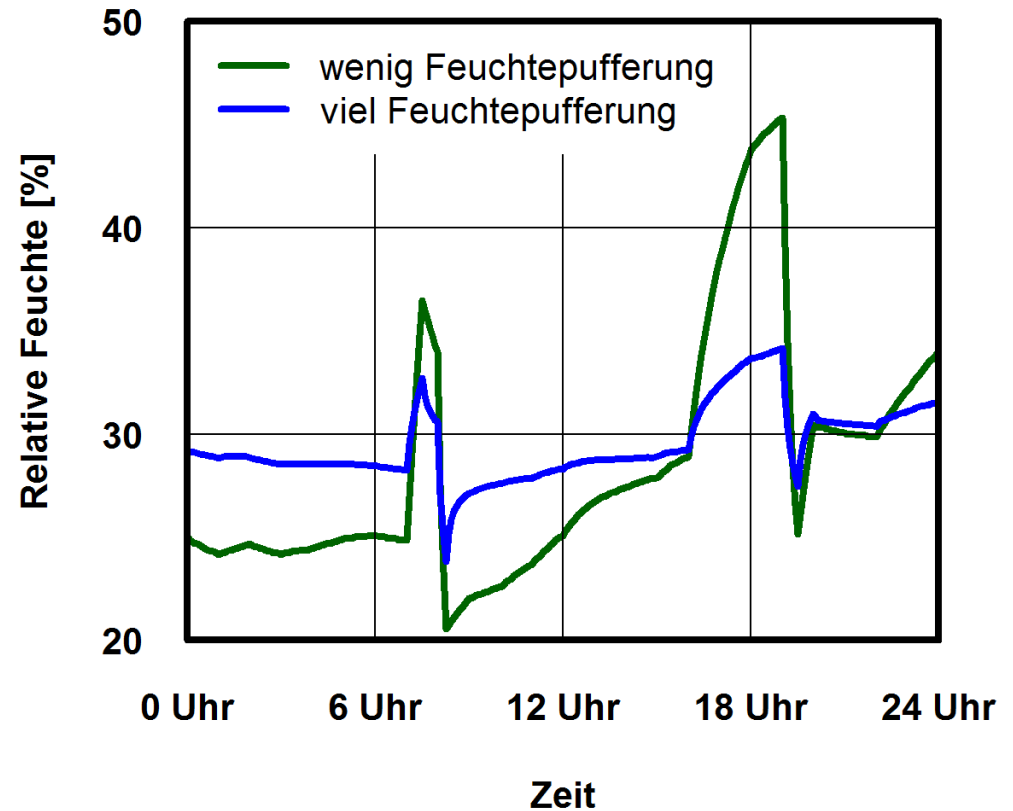
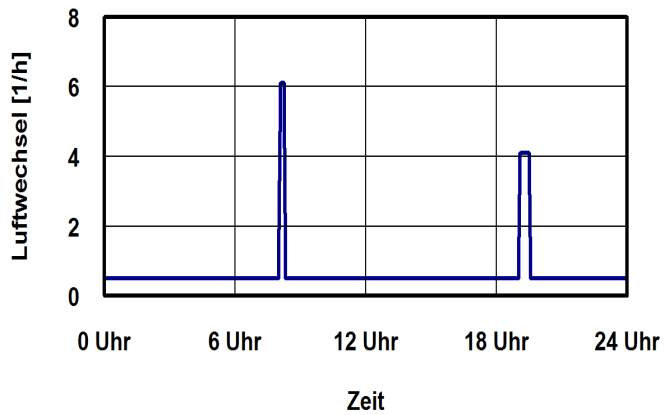
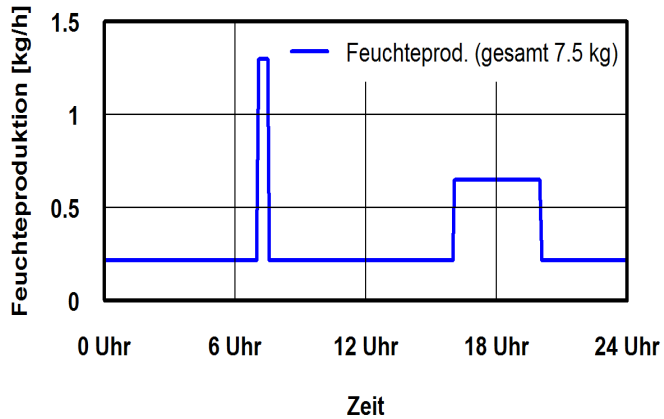
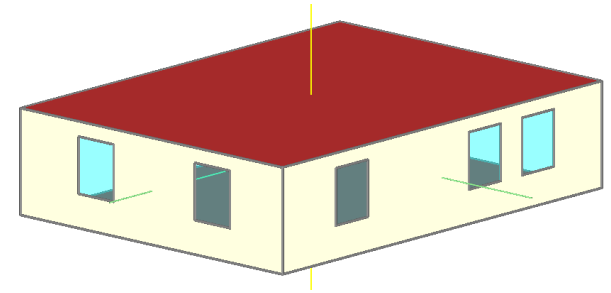


kontinuierliche Feuchteprod.

Stoßlüftung

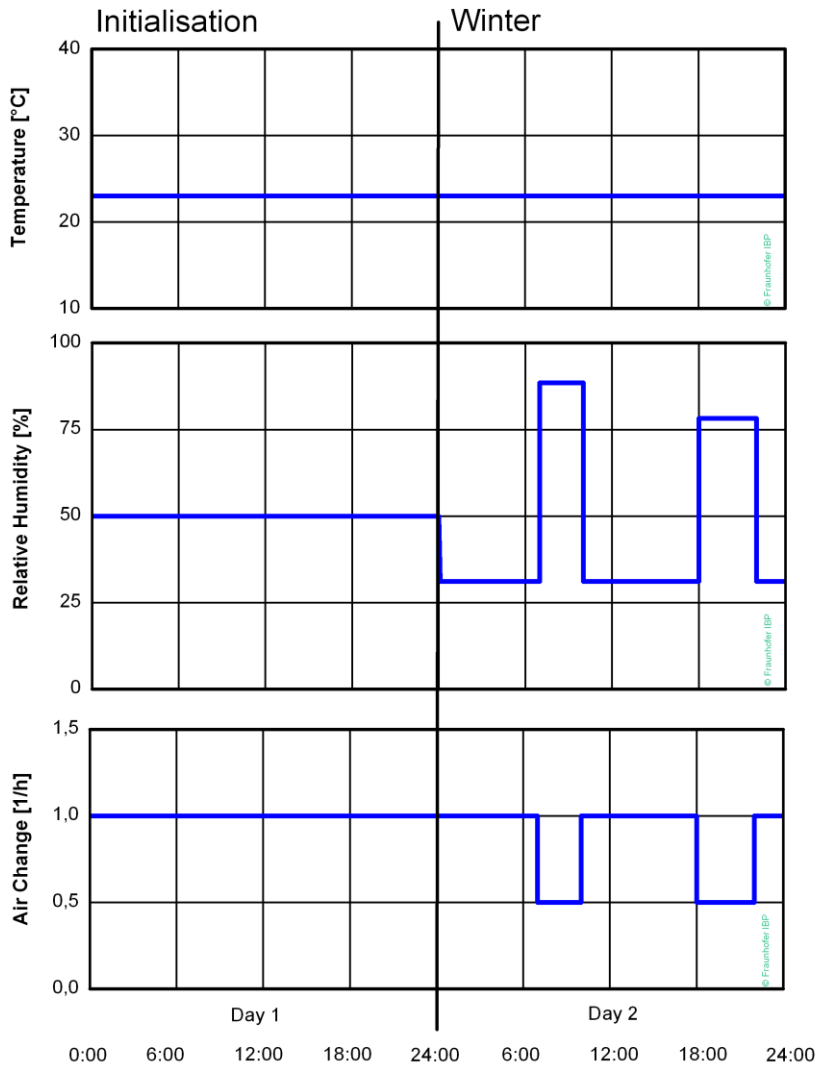
Schnelles wieder Ansteigen

Simulation Stoßlüftung



Laborexperiment und Simulationsstudie

Laborexperiment zur Bewertung der Feuchtepufferung



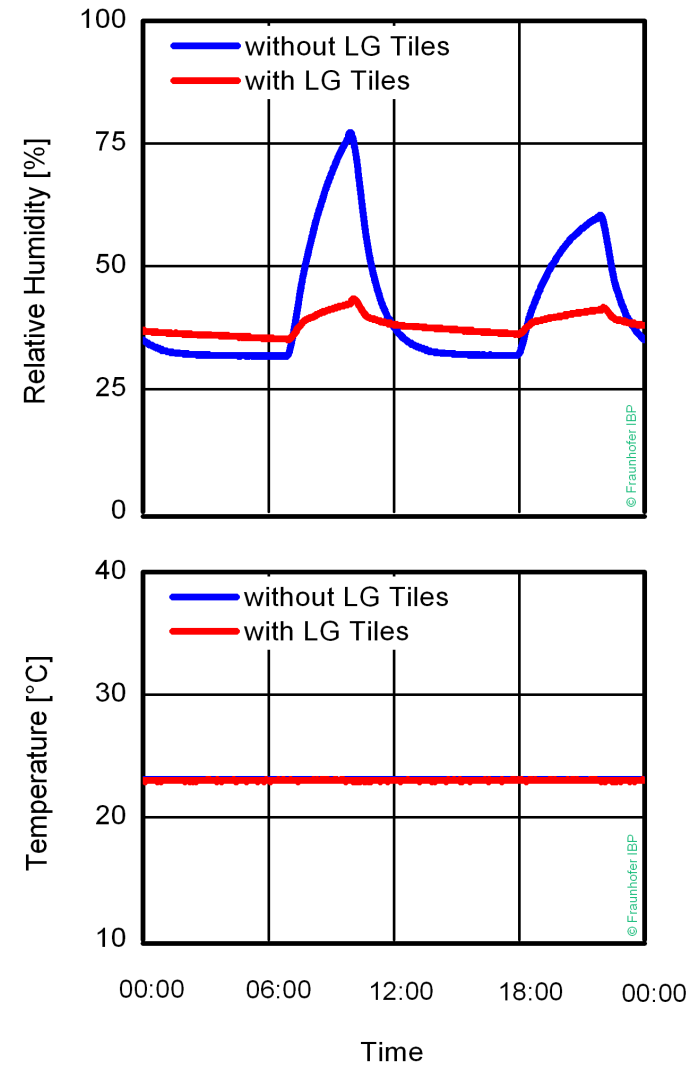
Feuchtepuffernde Fliesen in kontrollierter Klimakammer



Ergebnisvergleich - Winter

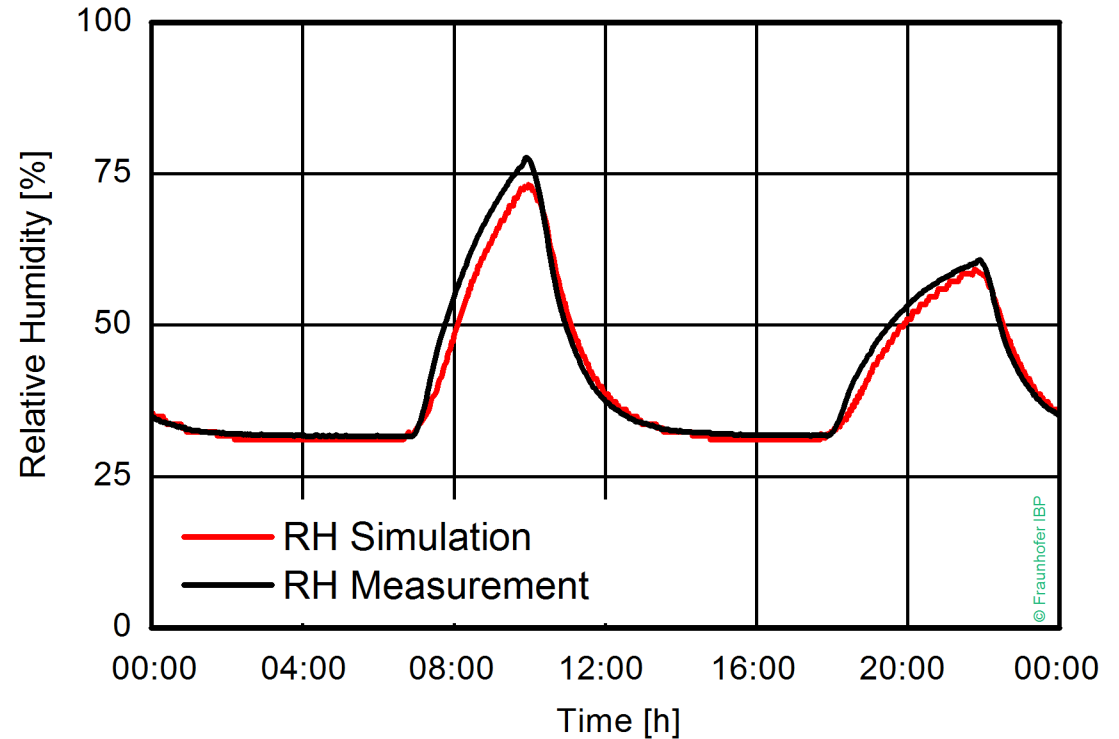
Ergebnisse „Winter“ Fall

- Konstante Temperatur 23 °C
- Relative Feuchte Schwankungen
 - Ohne Fliesen: 45 %
 - Mit Fliesen: 7 %
- Länge des Feuchteproduktionszyklus beeinflusst die Feuchtepufferung nicht



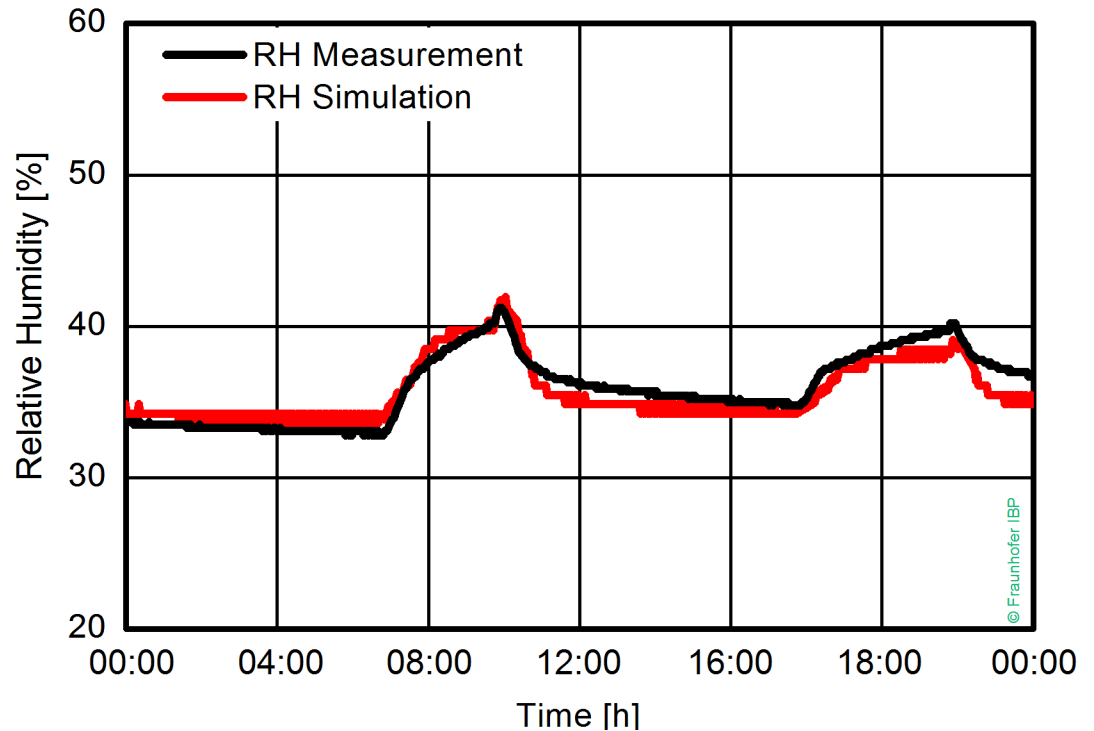
Ergebnisse Winter-Tag – ohne Fliesen

- Sehr gute Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung



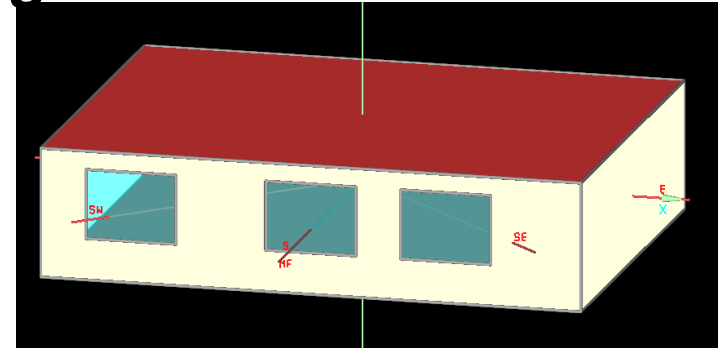
Ergebnisse Winter-Tag – mit Fliesen

- Sehr gute Übereinstimmung für Befeuchtungs- und Abklingbereich
- Höhe der Feuchteschwankungen gut wiedergegeben

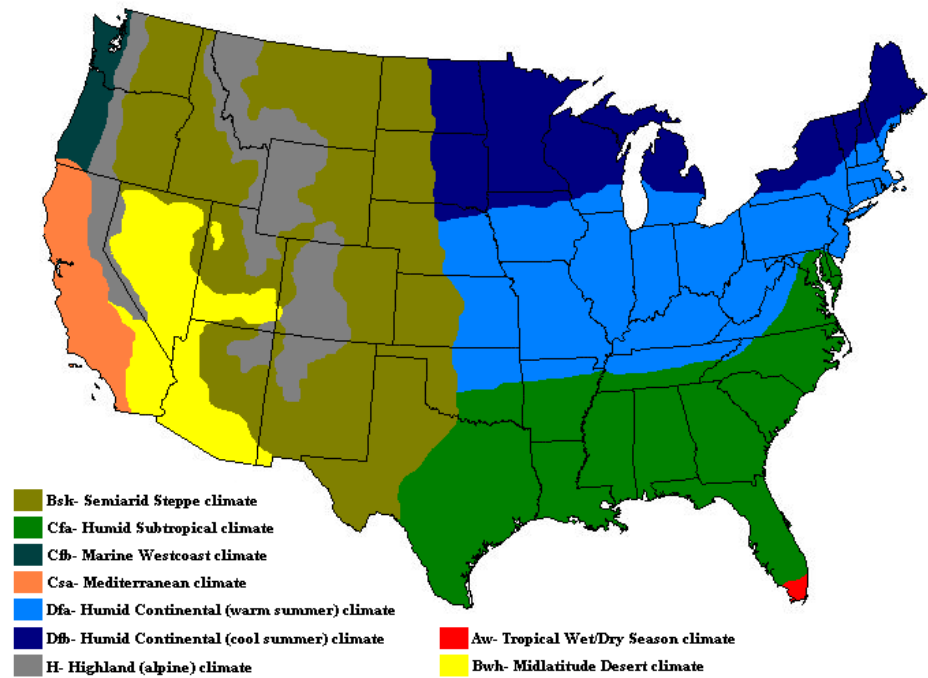


Realraum-Studie - Randbedingungen

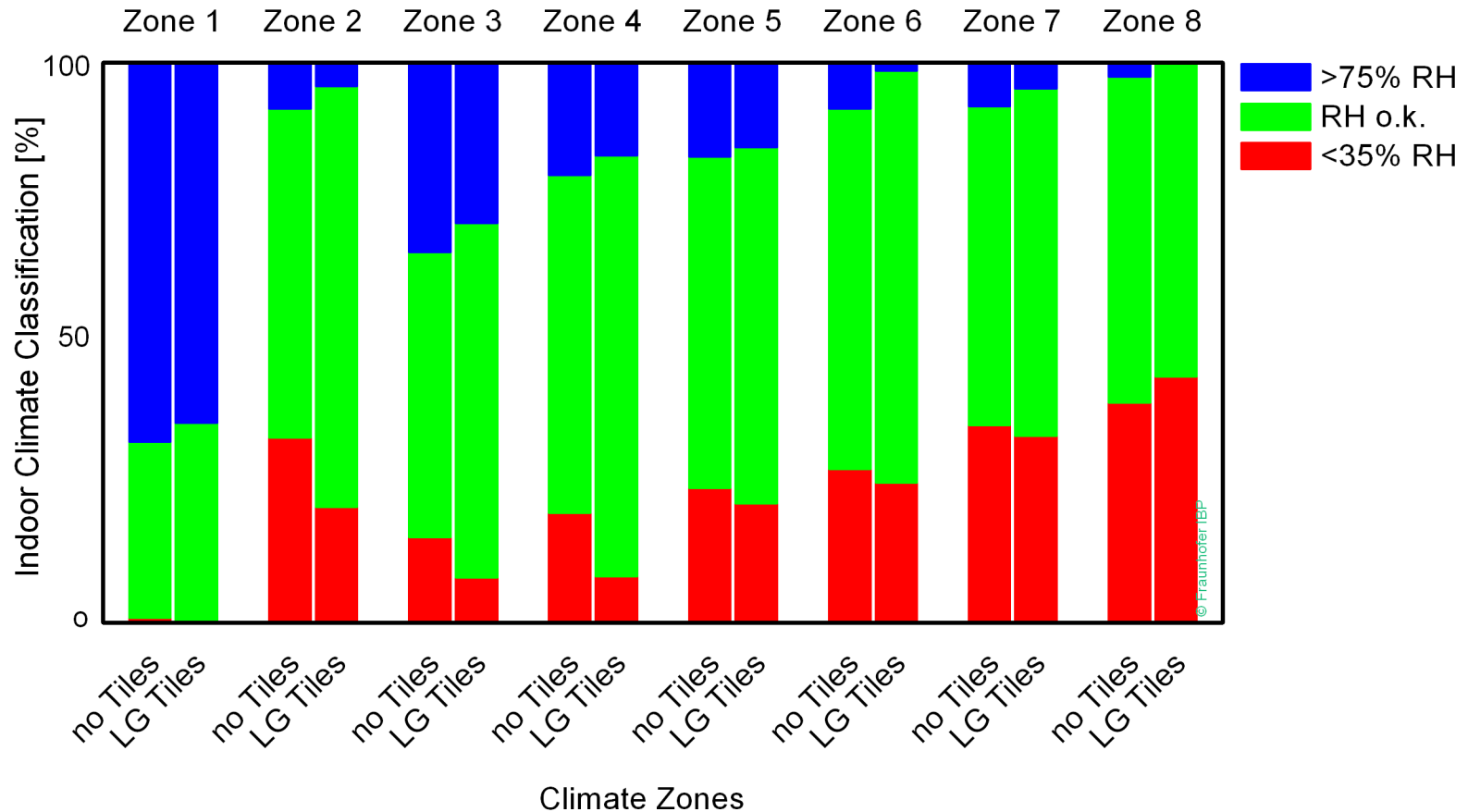
Standorte	Anchorage, Atlanta, Baltimore, Chicago, Fargo, Miami, Minneapolis, Phoenix
Innenoberflächen	Decken und eine Wand mit Fliesen
HVAC	Heizung / Kühlung Be- und Entfeuchtung
Sollwerte	Temp: max: 25° Temp: min: 20° Außenluftwechsel: 0,5 /h
Innere Lasten (Summe der Tageszyklen)	Heat konv. = 4589W Heat rad. = 1926W Feuchte = 7845g CO2 = 2151,9g



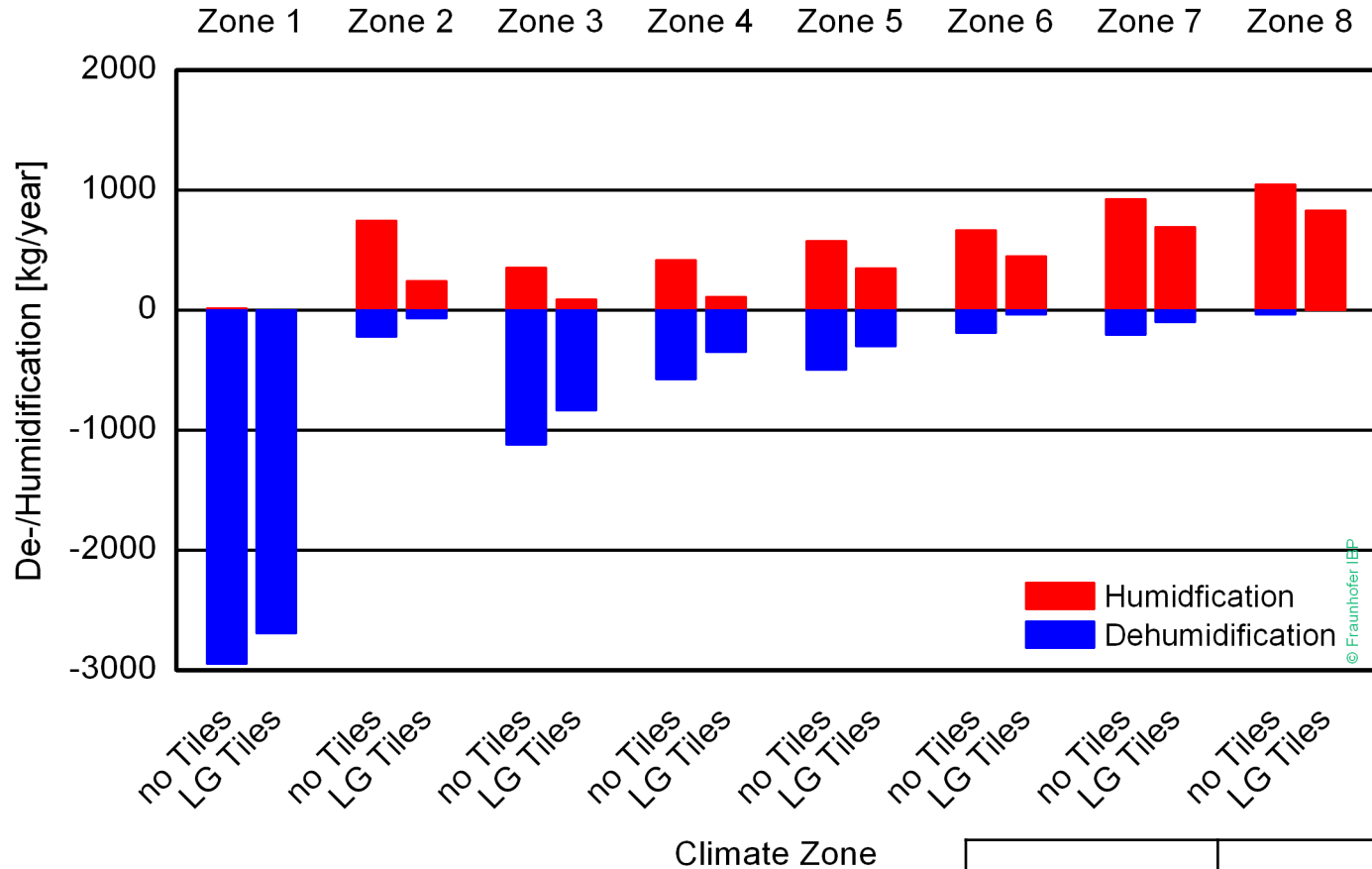
Climate Zones of the Continental United States



Raumluftfeuchtebedingungen je Klimazone



Klimazonen abhängige Be- und Entfeuchtung



Randbedingungen	RF: max: 75%
	RF: min : 35%

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Zusammenfassung

Fensteröffnungsverhalten

- Lüftungsverhalten in deutschen Wohngebäuden von vielen Einflussparametern abhängig
- Lüftungsverhalten kann modelliert werden um den Nutzereinfluss auf hygienische Bedingungen und Energiebedarf abzuschätzen

Feuchtepufferung

- Materialien die Feuchte instationär Zwischenspeichern
- Effekt kann zur passiven Stabilisierung des Raumklimas und zur Energieeinsparung verwendet werden
- Effektivität der Stoßlüftung wird vermindert

Schlussfolgerungen

Um Gebäude mit

- Niedrigstem **Energiebedarf**
 - Hohem **Komfort** und hoher **Raumluftqualität**
 - Einwandfreien **hygienischen Bedingungen** und **schadensfreier Gebäudehülle**
- zu planen, zu bauen und zu begleiten müssen auch alle relevanten
- **bauphysikalischen Effekte** und
 - **das Nutzerverhalten**
- verstanden und berücksichtigt werden.

Hygrothermische Gebäudesimulation ermöglicht **Produktentwicklungen, Übertragung in andere Klimazonen** und **integrale Gebäudebeurteilung**

Lüftungsverhalten und Feuchte-Pufferung

Florian Antretter (Matthias Pazold)

Fachtag Schimmel & Feuchtigkeit, 12. November 2016

Florian Antretter

florian.antretter@ibp.fraunhofer.de

<http://www.wufi.de/>

<http://www.ibp.fraunhofer.de/>

Matthias Pazold

matthias.pazold@ibp.fraunhofer.de

<http://www.wufi.de/>

<http://www.ibp.fraunhofer.de/>

Auf Wissen bauen

