

---

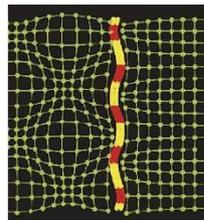
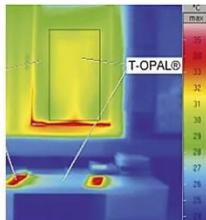
# Fensteröffnung und Raumklima

Matthias Winkler

Fachgespräch „Wirkung der Wohnraumlüftung“, München 19.11.2015

---

Auf Wissen bauen



---

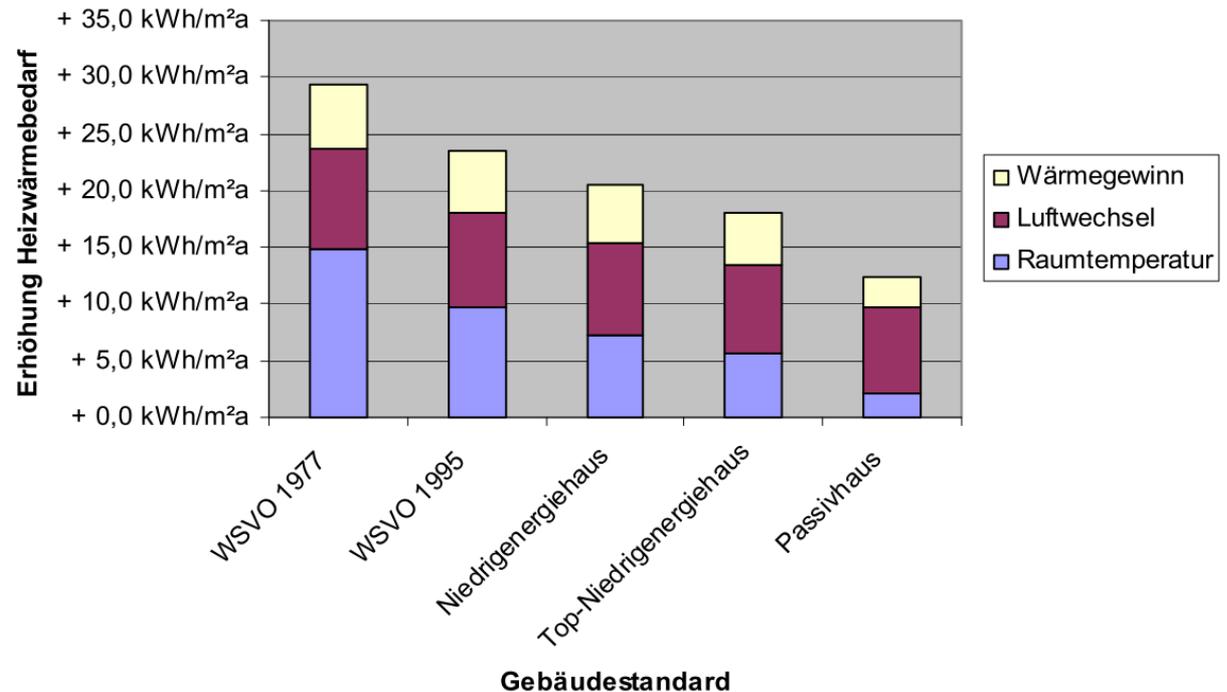
# Inhalt

---

- Hintergrund
- Messprojekte zur Fensteröffnung
- Einflussfaktoren auf die Fensteröffnung
- Raumklima und Auswirkungen mangelhafter Lüftung
- Möglichkeiten der Schadensvermeidung

# Hintergrund

- Hohe Lüftungswärmeverluste
- Anteil höher bei besserem Gebäudestandard
- Einfluss auf das Raumklima



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

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



# Einflussfaktoren auf das Fensteröffnungsverhalten

## Äußere Einflüsse:

- Außentemperatur
- Windgeschwindigkeit
- Regen
- Noch nicht bestätigt: Solarstrahlung



## Innere Einflüsse:

- Innentemperatur
- CO<sub>2</sub> Konzentration (gezeigt für Schulen)
- Raumart
- Lüftungssystem



# Messprojekte in Wohngebäuden - Datengrundlage

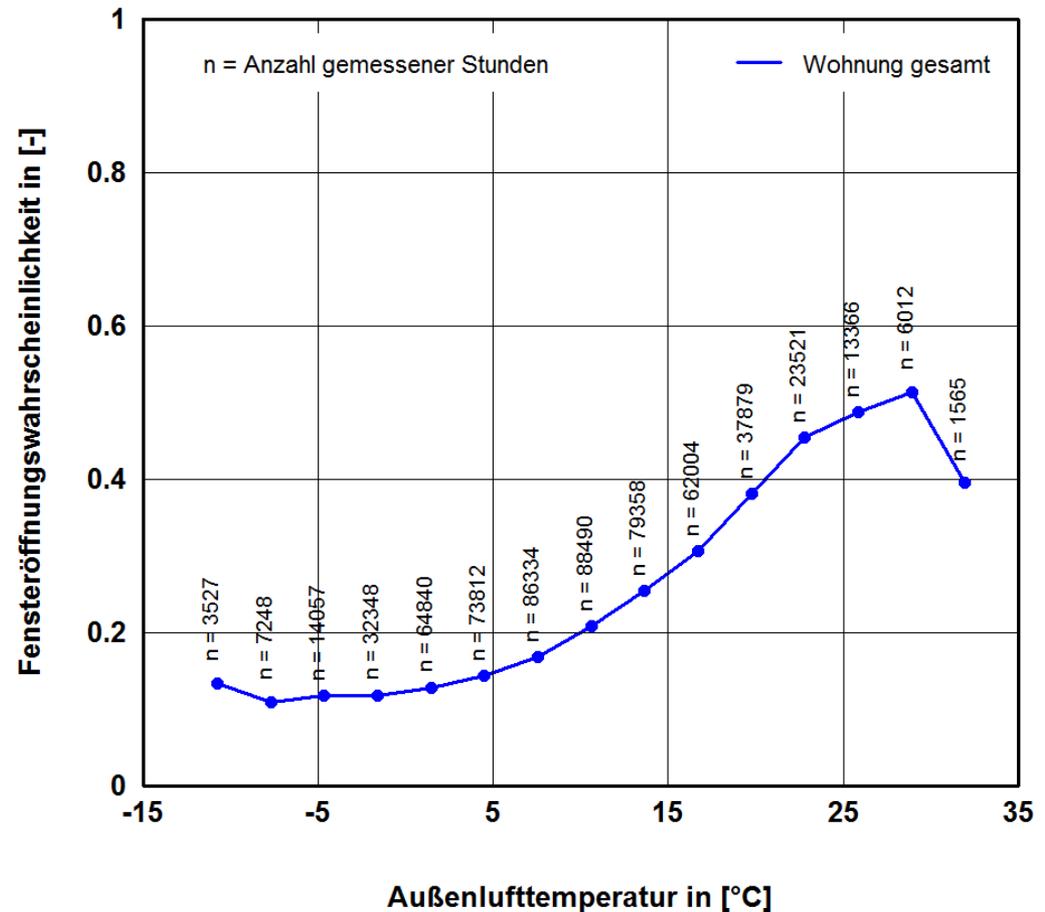
- Wohngebäude / versch. Forschungsproj.
  - Messdauer 2 bis 3,5 Jahre
  - Stündliche Messwerte für
    - Außenklima  
(Temperatur, Feuchte, Strahlung, ...)
    - Raumklima (Temperatur, Feuchte, ...)
    - Fensterstatus
  - Generelle Information über
    - Raumart
    - Lüftungssystem
    - Gebäudedichtheit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



# Einfluss des Außenklimas

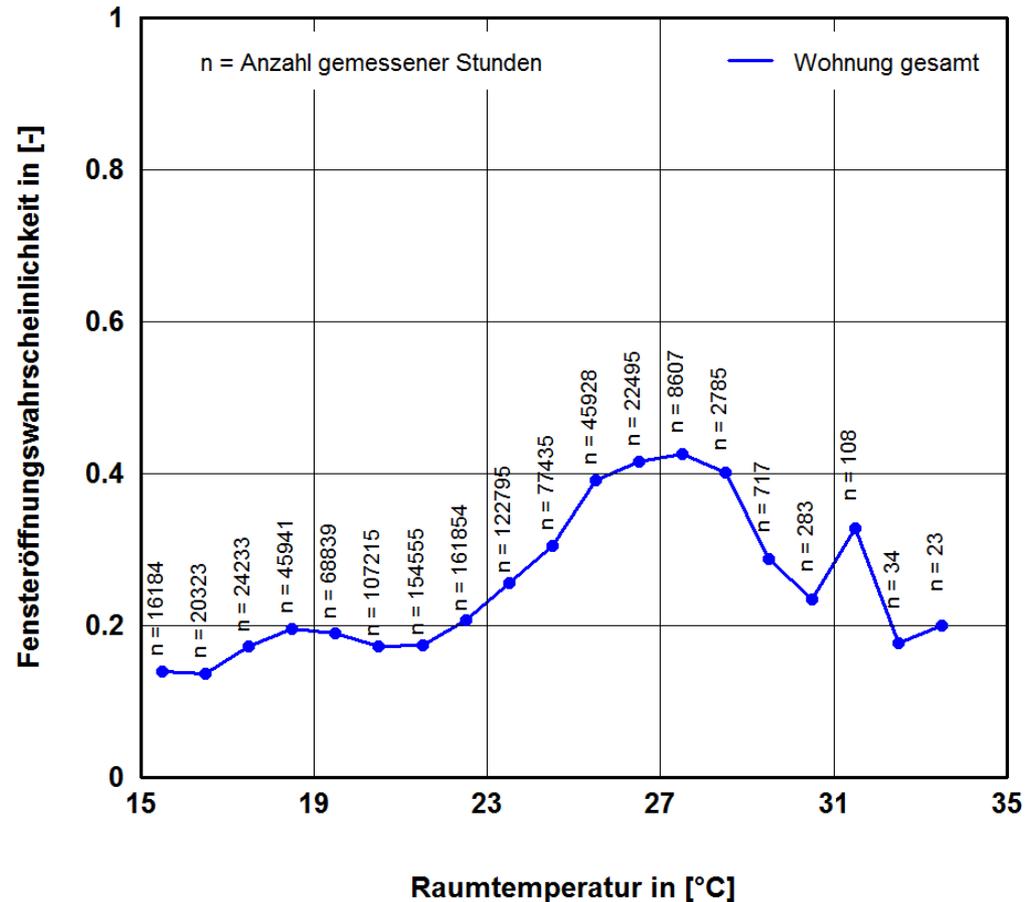
- Erhöhte Öffnungswahrscheinlichkeit mit steigender Temperatur
- Abfall der Öffnungswahrscheinlichkeit über 27 °C Außentemperatur

→ Außentemperaturabhängigkeit hoch



# Einfluss des Raumklimas

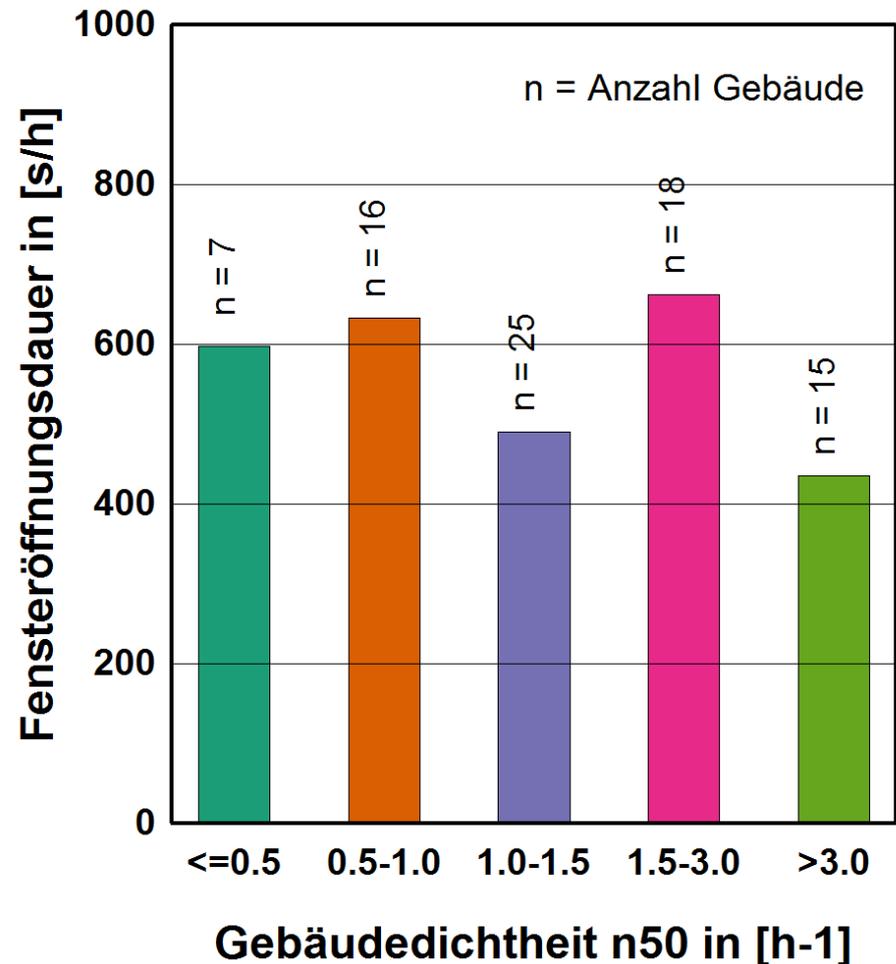
- Unter 22 °C Raumtemperatur gleiche Öffnungswahrscheinlichkeit
- Bei 28 °C Raumtemperatur höchste Öffnungswahrscheinlichkeit
- Bei höheren Temperaturen geringere Öffnungswahrscheinlichkeit



# Einfluss der Gebäudedichtheit

- Keine Unterschiede bei unterschiedlich dichten Gebäuden

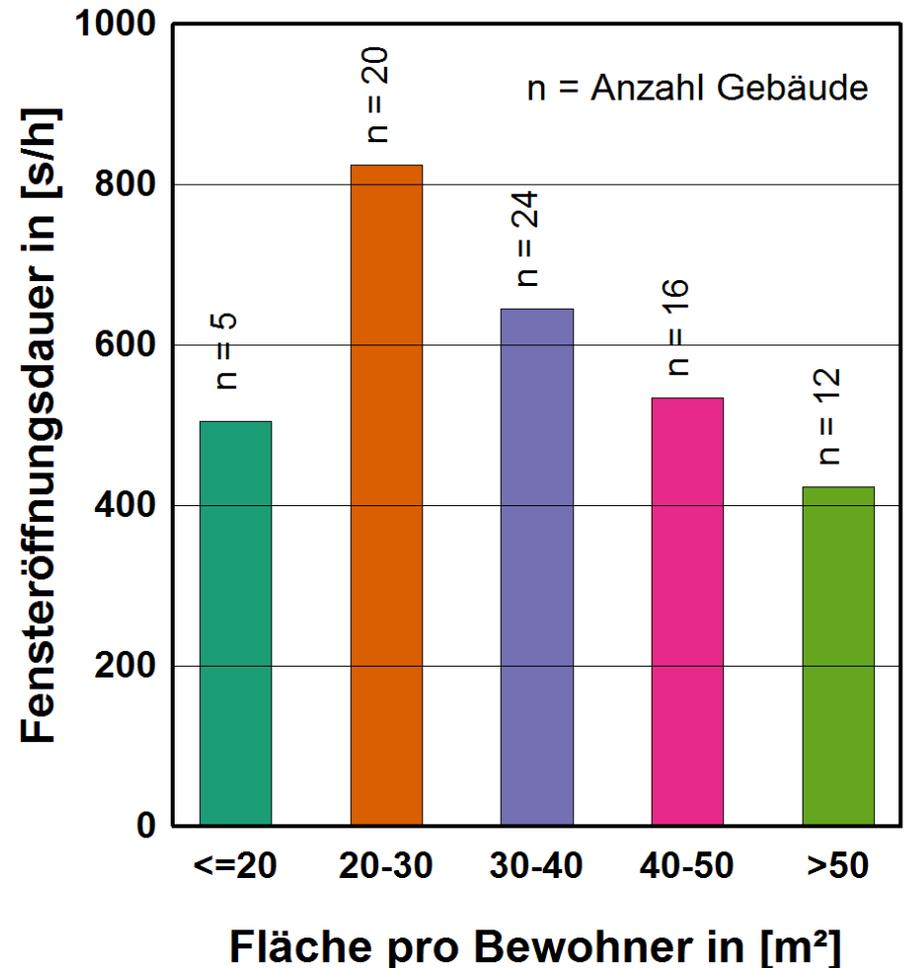
→ Gebäudedichtheit hat wenig Einfluss



# Einfluss der Wohnfläche

- Kürzere Öffnungsdauern mit steigender Wohnfläche
- Kann auf höhere Anzahl öffentlicher Fenster zurückgeführt werden

→ Jedes einzelne Fenster wird mit steigender Wohnfläche weniger oft geöffnet

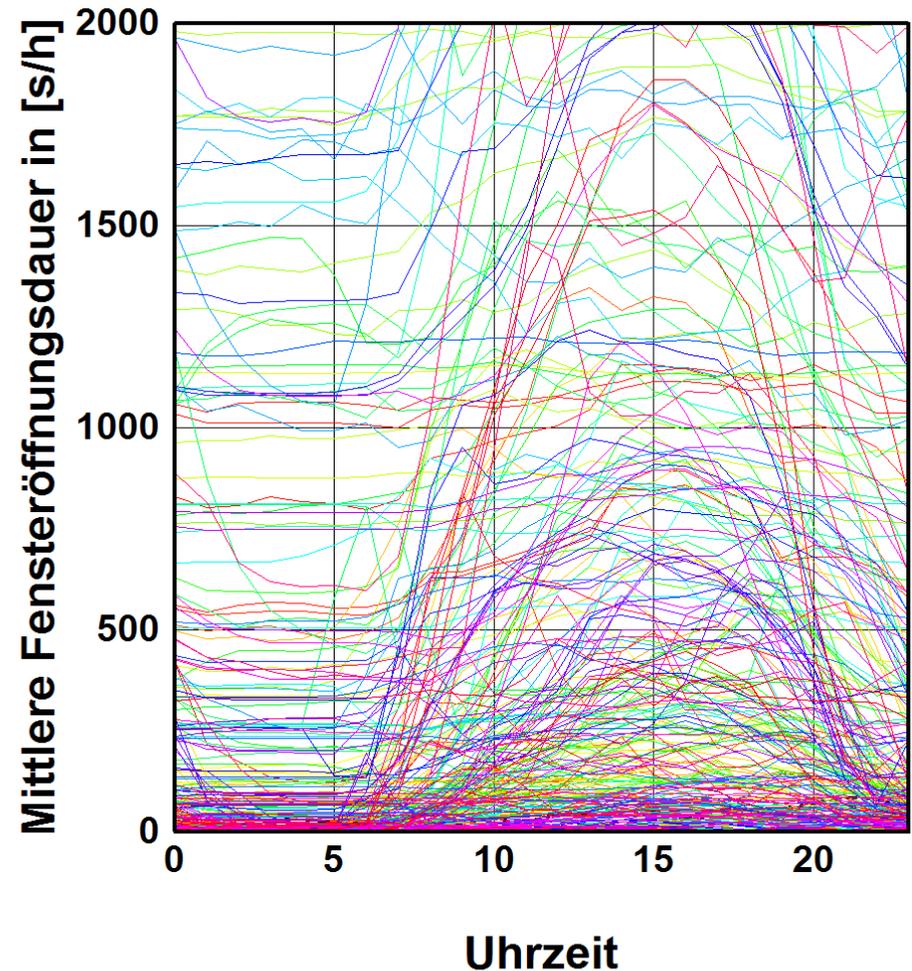


# Verhalten einzelner Nutzer

- Sehr unterschiedliches Verhalten je Wohnzimmer
- Sehr unterschiedliche Öffnungsdauern

→ Nutzerkategorisierung notwendig

→ Nutzerkategorisierung möglich und sinnvoll



# Zusammenfassung Fensteröffnungsverhalten

- Lüftungsverhalten in deutschen Wohngebäuden von vielen Einflussparametern abhängig
- Nutzereinfluss ist eine der unsichersten Eingangsgrößen, das Nutzerverhalten lässt sich jedoch kategorisieren und modellieren.
- Besseres Verständnis ist essentiell um
  - Den Nutzereinfluss abzuschätzen auf Energiebedarf, Luftqualität, feuchtebedingte Schäden
  - Bedingungen zu schaffen, die "negative" Nutzerinteraktion zu vermeiden
  - Den Nutzereinfluss während der Planung von Neubau- und Sanierungsmaßnahmen realistisch abzubilden

# Aufgaben der Wohnungslüftung

## Lufterneuerung:

- Menschl. Ausdünstungen
- Geruchsstoffe
- Schadstoff-Belastungen
- Allergene Belastungen

## Begrenzung der Raumluftheuchte:

- 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

# Raumklima – Feuchteschutz

## ➤ Schimmelpilzwachstum



# Raumklima – Feuchteschutz

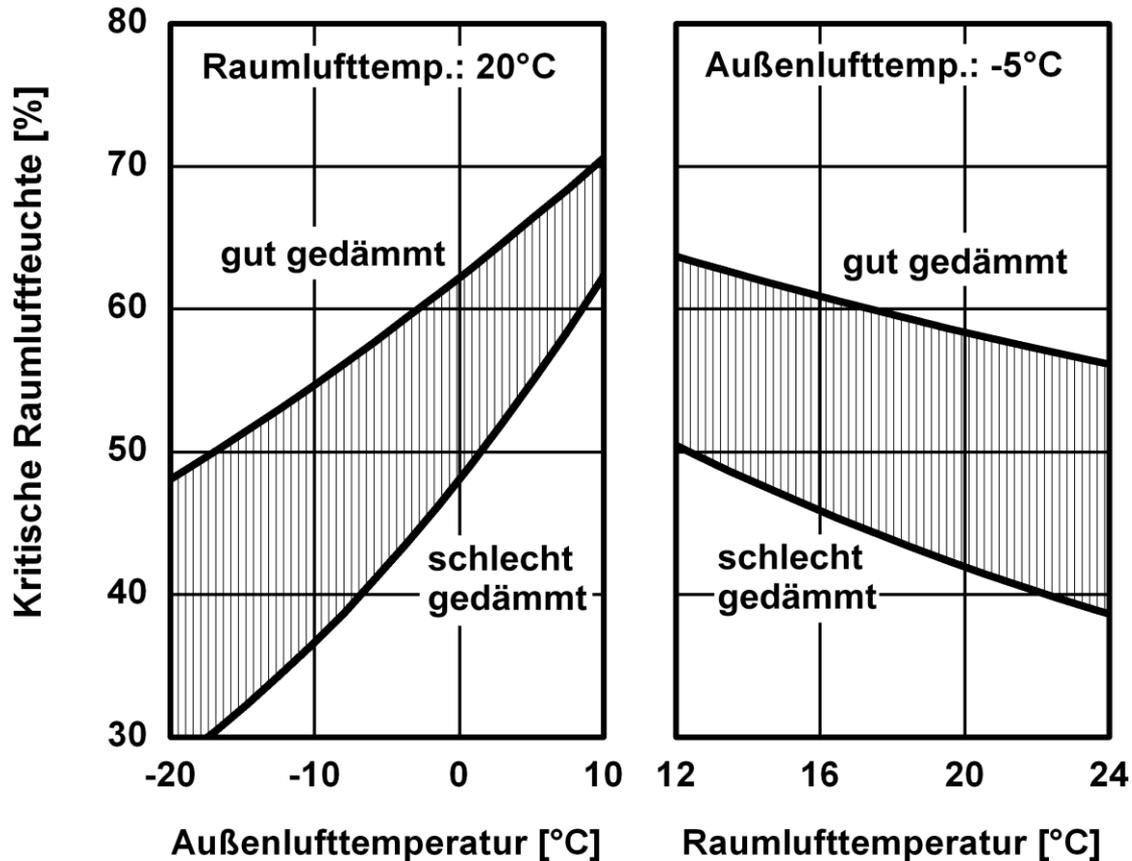
Hygienischer Mindestwärmeschutz DIN 4108-2:

- Kriterium: max. 80 % Oberflächenfeuchte (Schimmelpilzprophylaxe)
- Wärmedurchlasswiderstand:  $R \geq 1,2 \text{ m}^2\text{K/W}$  (Außenwände)
- Wärmebrücken:
  - Temperaturfaktor  $f_{Rsi} \geq 0,70$

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

- d.h.  $\theta_{si} = 12,6^\circ\text{C}$  bei  $\theta_i / \theta_e = 20^\circ / -5^\circ\text{C}$  bei einer rel. Feuchte von 50 %

# Raumklima – Feuchteschutz

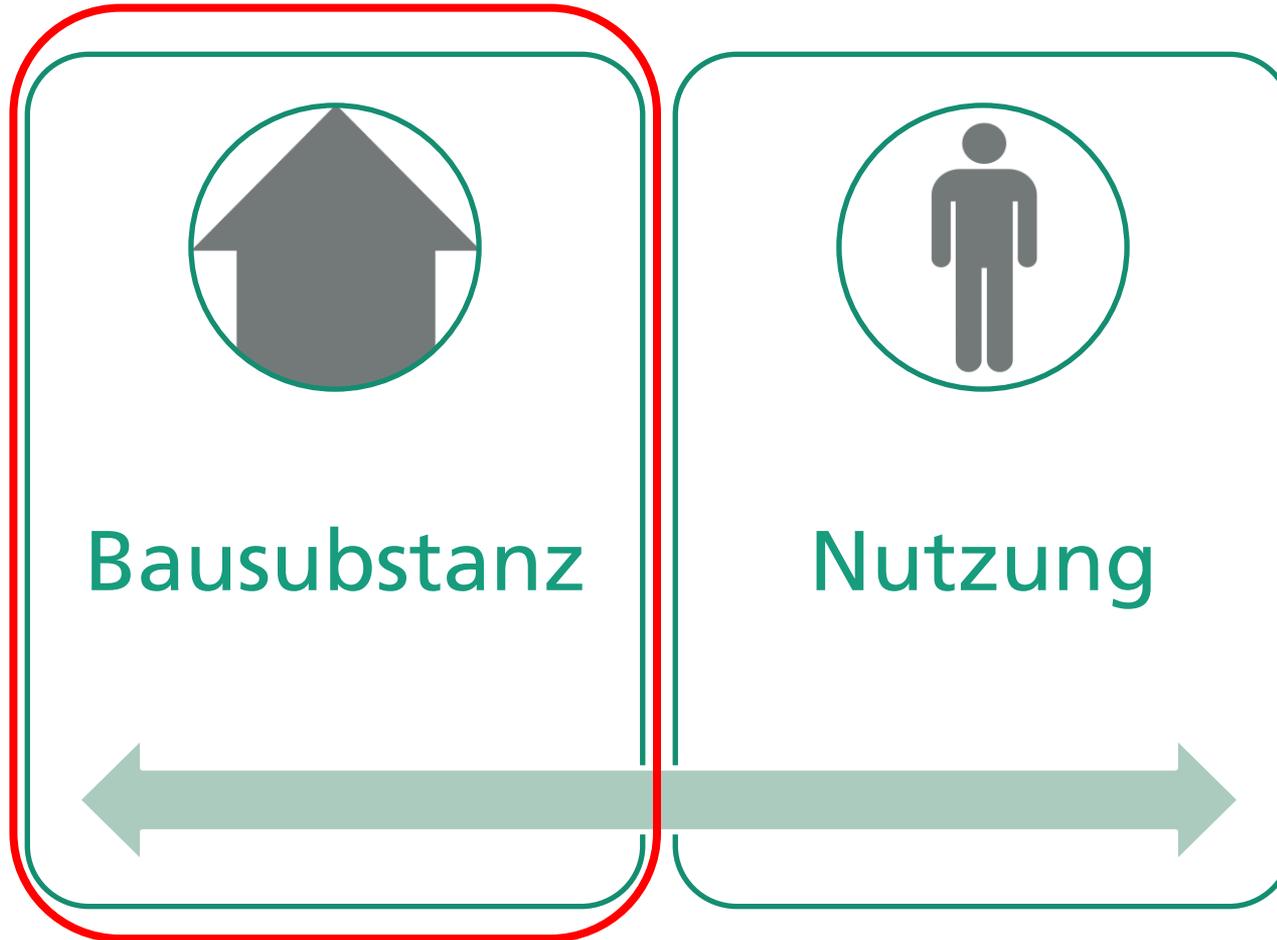


Kritische Raumlufffeuchte an Wärmebrücken:

- Altbau:  $f_{Rsi} = 0.60$
- Neubau:  $f_{Rsi} = 0.80$

Kritische Oberflächenfeuchte:  
80 % r.F.

# Schadensvermeidung



# Schadensvermeidung: Bausubstanz

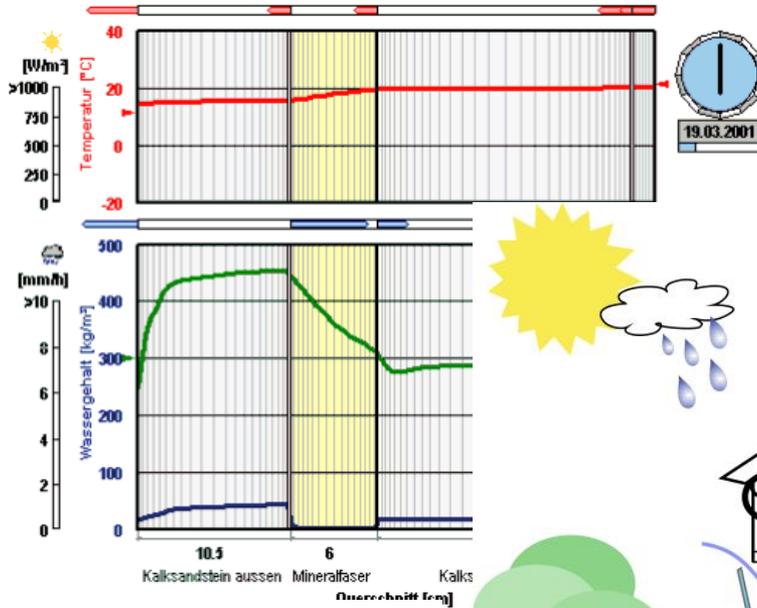
- Änderungen i.d.R. nur während der Bauphase möglich  
→ Bereits in der Planung muss die spätere Nutzung berücksichtigt werden
- Umsetzung der normativen Vorgaben sichern Mindeststandard
- Bewertung des Raumklimas möglich, erfordert jedoch instationäre Betrachtung:
  - Berücksichtigung des baulichen Standards
  - Lüftung & Anlagentechnik
  - Berücksichtigung des Nutzerverhaltens & interner Lasten
  - Wärme- und Feuchtebilanzen für Raum & Bauteile

# Hygrothermische Gebäudesimulation WUFI® Plus

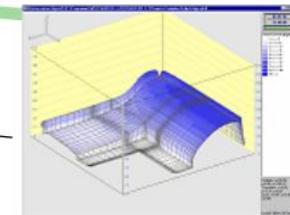
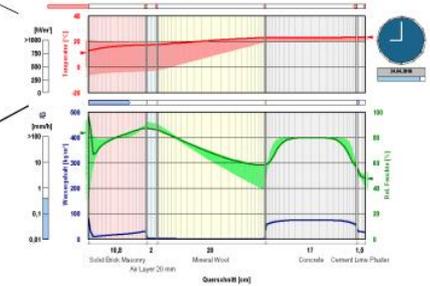
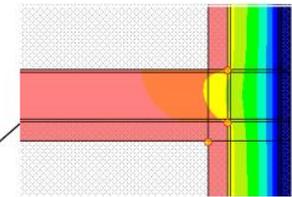
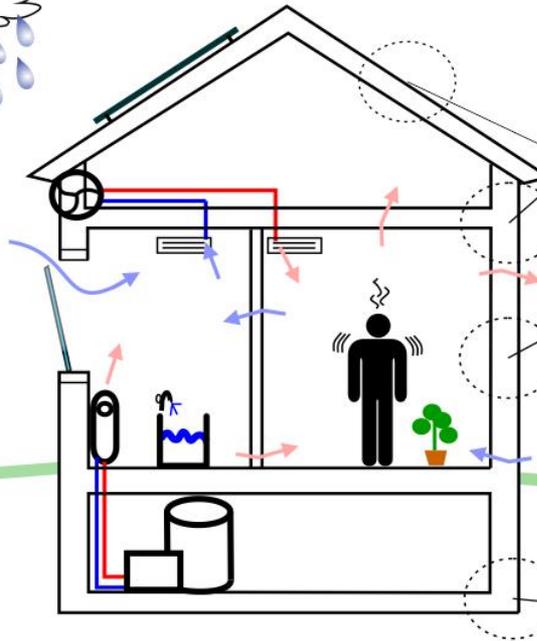
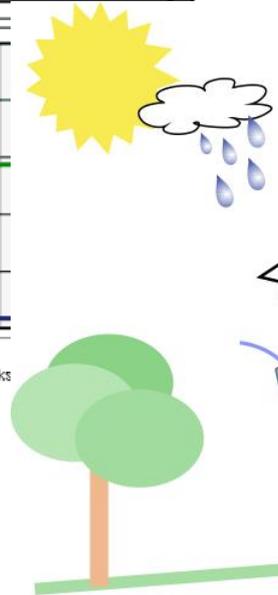
Klimaort: Holzkirchen

bereignetes zweischaliges Mauerwerk aus Kalksandstein

WUFI®

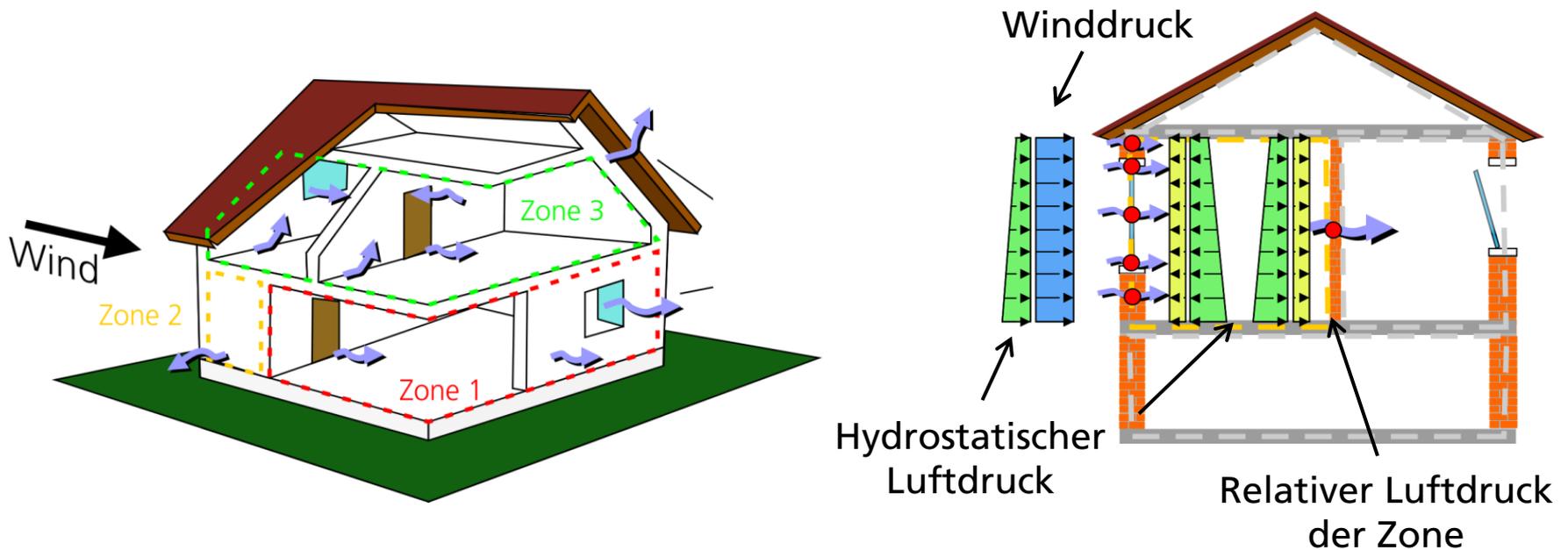


- Wetter
- Innere Lasten
- Sollwerte
- Anlagentechnik
- Lüftung



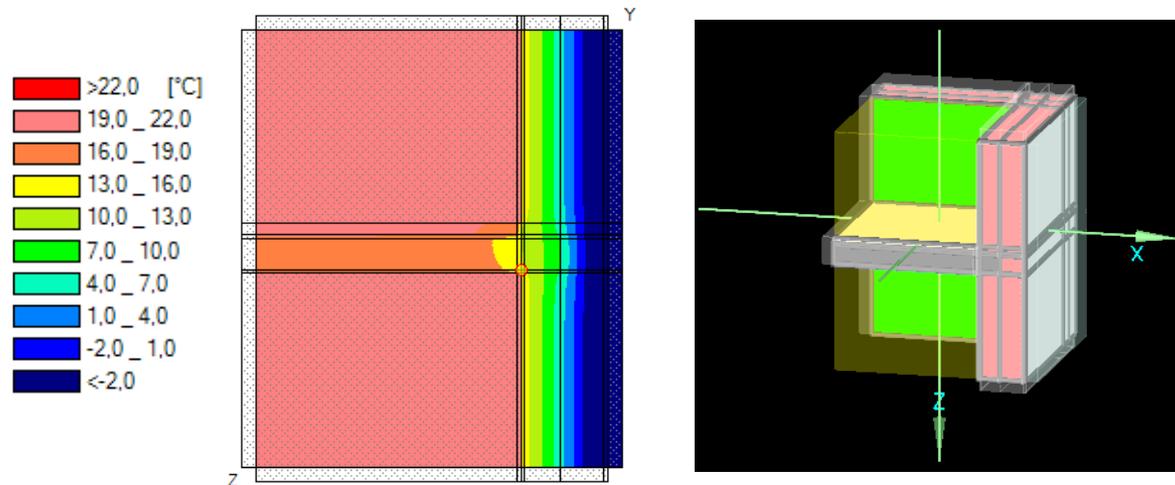
# Multi-Zonen Gebäudedurchströmungsmodell

- Kopplung dynamischer Gebäudesimulation mit einem Mehrzonen-Strömungsmodell
- Ermittlung des Luftaustauschs zwischen den Zonen

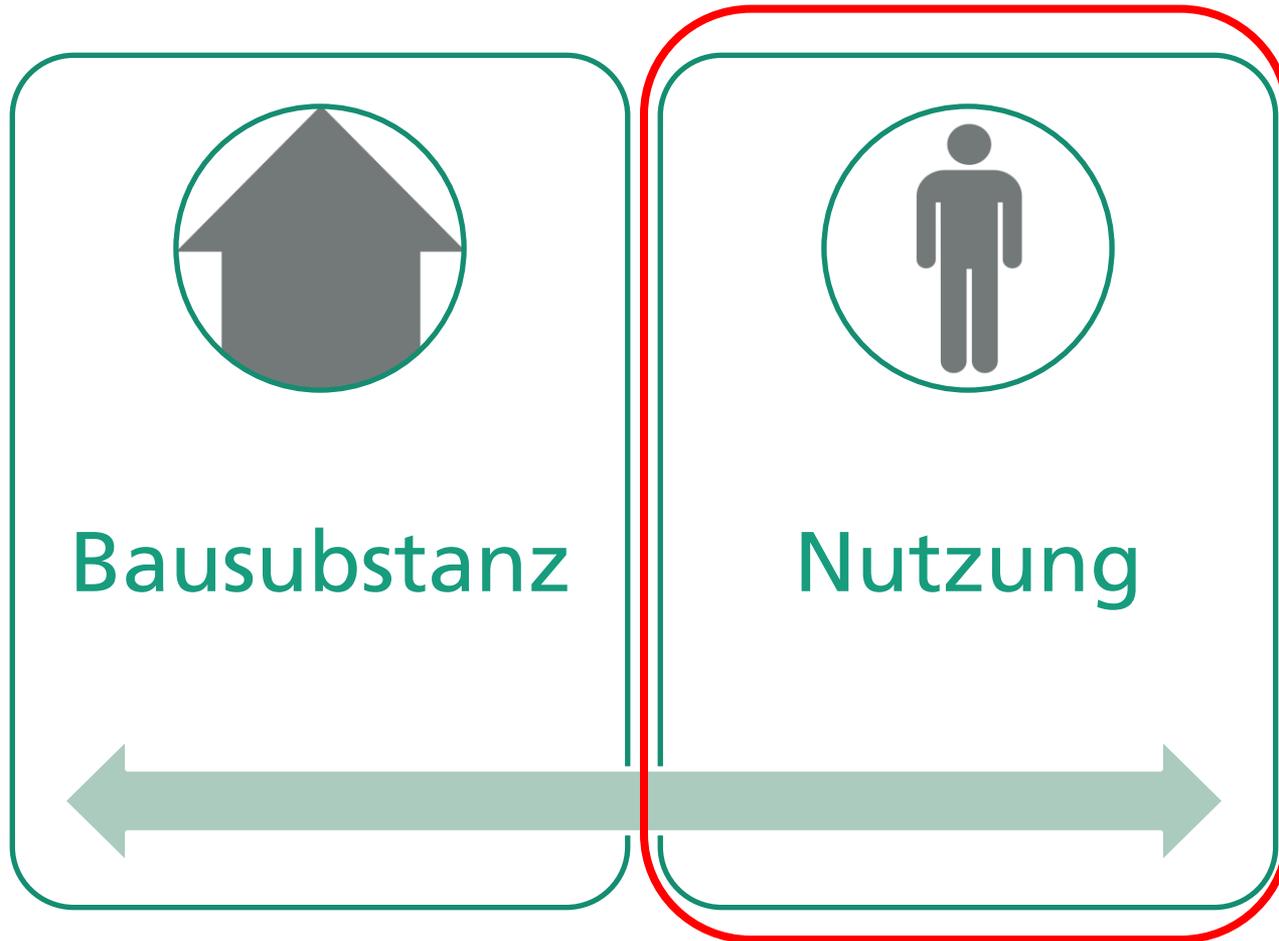


# Dynamische Wärmebrückensimulation

- Kopplung dynamischer Gebäudesimulation mit Wärmebrückensimulation
- Dynamische Berechnung des Temperaturverlaufs in 3D-Bauteilen und an den Oberflächen
- Interaktion der Wärmebrücken mit dem Raum



# Schadensvermeidung



# Schadensvermeidung: Nutzung

- Hoher Einfluss der Nutzer auf das Raumklima, bspw. durch
  - Anwesenheit
  - Fensterlüftung
  - Möblierung
  - ...
- Rückmeldung oft erst durch eingetretene Schädigung

→ Frühzeitige Hinweise und Warnungen sinnvoll

→ Hilfestellung für Nutzer

# Schadensvermeidung: Nutzung

Anforderungen an eine Hilfestellung für den Nutzer:

- Dauerhafte Messung des Raumklimas und des Außenklimas
- Leicht verständliche Aufbereitung der Messdaten
- Berücksichtigung der baulichen Substanz
- Warnhinweise bei dauerhaft ungünstigem Raumklima
- Vorschlag von Maßnahmen zur Verbesserung inklusive Unterstützung des Nutzers bei der Umsetzung



# Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- Fensterlüftung von einer Vielzahl von Einflussgrößen abhängig
- Falsches Wohn- und Lüftungsverhalten kann zu Feuchteschäden führen
- Hygrothermische Gebäudesimulationen ermöglichen die Untersuchung und Bewertung des Bauzustands, des Raumklimas und des Nutzereinflusses bereits während der Planungsphase
- Begleitende Messungen und Bewertungen während des Betriebs können den Nutzer dabei unterstützen ein hygienisches und komfortables Raumklima aufrecht zu erhalten und Schädigungen bereits im Vorfeld zu vermeiden

---

# Fensteröffnung und Raumklima

Matthias Winkler

Fachgespräch „Wirkung der Wohnraumlüftung“, München 19.11.2015

---

## Vielen Dank!

Auf Wissen bauen

