

RESSOURCEN- UND DENKMALGERECHTER UMGANG MIT VERNAKULÄREN BAUTEN

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019

M. Krus, St. Bichlmair; W. Theuerkorn; R. Kilian

Auf Wissen bauen



1
© Fraunhofer

Fraunhofer
IBP

Was bedeutet vernakulär?

„Eine der Schwierigkeitenbesteht darin, dass das Konzept der vernakulären Architektur ein breites Spektrum von Bauten in völlig unterschiedlichen Gesellschaften sowie von unterschiedlichen Baumeistern umfasst.“

„Sie zeichnet sich durch das aus, was der *vernakulären* Landschaft fehlt: die Idee einer politischen Ordnung, ein geschichtliches Verhältnis zur kulturellen Überlieferung, Zielgerichtetheit.“

<https://www.wortbedeutung.info/vernakul%C3%A4r/>

Schwarzwaldhöfe sind beeindruckende Beispiele vernakulärer Architektur.

2
© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019

Fraunhofer
IBP

Was bedeutet vernakulär?

Dies deckt sich am ehesten mit dem Begriff „**traditionelle Architektur**“

Baukonstruktionen und Bauverfahren mit

- lokale Materialien und Bautraditionen, für konkrete Bauaufgaben
- in ihrer Gesamtheit wiedererkennbarer regionaler Architektursprache mit typischen Bauformen. Oft auch nach einer Region benannt, wie zum Beispiel das Schwarzwaldhaus.“
- keine akademische Architekturströmung mit dem Ziel neuer Wege
- eher konservativ nachdem Prinzip des Bewährten
- Entwicklung über viele Jahre in kleinen Schritten und Anpassung an die lokalen Gegebenheiten

3

© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019


Fraunhofer
IBP

Beispiele vernakulärer Bauten

Im hiesigen Raum:



Schwarzwaldhaus

<https://pixabay.com/photos/black-forest-view-landscape-526212/>



Fachwerk

<https://pixabay.com/photos/black-forest-view-landscape-526212/>



Ziegelbau Norddeutschland

<https://pixabay.com/photos/flensburg-ship-s-bridge-road-facades-2380565/>

In anderen Klima- und Kulturkreisen:



Earth Building Fujian

<https://pixabay.com/photos/fujian-earth-building-2556376/>

Mischung aus Erde,
Sand, Kalk, **Klebreis**,
Bambus und Holzpartikel



Lehmbauten Marokko

<https://pixabay.com/photos/morocco-city-historic-village-clay-2349647/>

4

© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019


Fraunhofer
IBP

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Gründe für die Erhaltung vernakulärer Bauten:

- Prägen das Gesamtbild der Umgebung
- Erhalt des kulturellen Erbes
- wichtig für das Selbstverständnis der Bevölkerung / identitätsstiftend
- Bestandteil der Erhaltung von Lebensqualität
- Hohes wirtschaftliches Potential durch Tourismus

Nicht auf unter Denkmalschutz stehende Gebäude begrenzen

Nur genutzte Gebäude können dauerhaft erhalten werden

→ Erfordernis zur Anpassung an aktuelle Nutzungsanforderungen und Energieeinsparmaßnahmen

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

3 Grundprinzipien

- Vorhandene Bauten/Bauteile nutzen/erhalten => Graue Energie
- Möglichst geringer Eingriff in die Originalsubstanz
- Möglichst Einsatz kompatibler Materialien / nachwachsender bzw. mineralische Materialien

Typisches Erscheinungsbild möglichst wenig verändern, aber Nutzung sicher stellen

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Beispiel energetische Sanierung der Bestandsfenster

- Eine Weiternutzung existierender (Profan-)Verglasung **schützt natürliche Ressourcen**, da
 - Kein erneuter Abbau von **Primärrohstoffen**
 - Kein(erneuter) Energieeinsatz zum Einschmelzen der Ausgangsrohstoffe
- Reduktion des produzierten **Abfalls**
- Durch sinnvolle und intelligente Aufwertung der Fenster kann dennoch die **Energieeffizienz** gesteigert werden.
- Das originäre Erscheinungsbild der Fassade bleibt bestehen. Das Gebäude **behält seinen Charakter**.

Die Fenster sind die Augen des Gebäudes und prägen in entscheidendem Maße das Erscheinungsbild

7

© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019


Fraunhofer
IBP

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Beispiel energetische Sanierung der Bestandsfenster



Kopfbau der Alten Schäfllerei

8

© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019


Fraunhofer
IBP

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Beispiel energetische Sanierung der Bestandsfenster

Außenansicht



Innenansicht



Eine geeignete Möglichkeit besteht im Einsatz von Kastenfenstern oder innenseitigen Vorfenstern

Alte Schäfflerei OG Fenster 1.26: Außen- und Innenansicht, Vorzustand. Stockaußenmaß 1,14 m x 1,40 m (1,60 m²)

9
© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019

Fraunhofer
IBP

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Beispiel energetische Sanierung der Bestandsfenster

Erfahrungen mit Kastenfenstern / Vorfenster innen

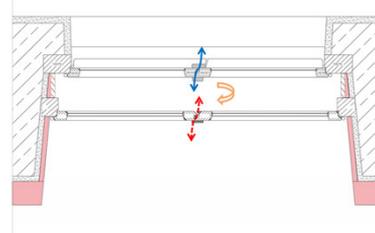
- vielfach positive Erfahrungen
- ab und zu negative Erfahrungen

Probleme :

- Innenseitige Betauung der Außenscheibe
- Auffeuchtung des Holzrahmens, Holzfäule
- Schimmelpilzbildung

Einflussfaktoren :

- Außen- und Innenklima
- Dichtheit des Bestandsfensters und des Zusatzfenster



Klima zwischen den Fenstern und Situation an den Scheiben und am Rahmen

→ Ableitung des optimalen Verhältnisses:

Dichtheit des Zusatzfensters
Dichtheit des Bestandsfensters

10
© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019

Fraunhofer
IBP

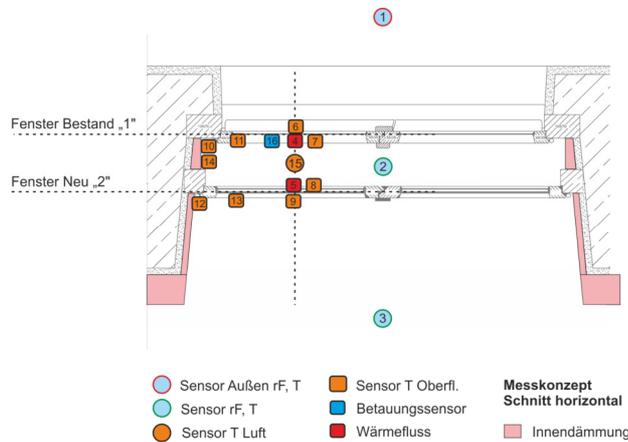
Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Beispiel energetische Sanierung der Bestandsfenster



Energetisch saniert zum Kastenfenster

Erfassung von Temperatur, rel. Feuchte, Wärmestrom und Luftaustausch



11
© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019

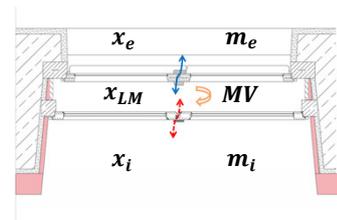
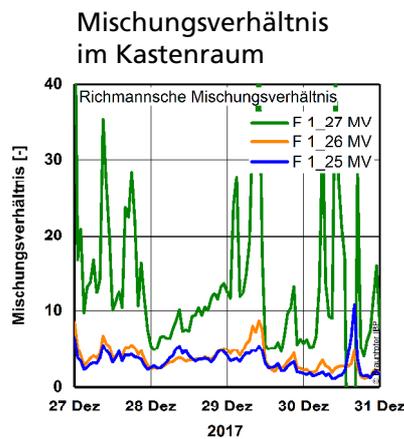


Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Beispiel energetische Sanierung der Bestandsfenster



Energetisch saniert zum Kastenfenster



■ Mischungsverhältnis (MV) im Kastenzwischenraum

➤ m_e Massestrom Luft von außen

➤ m_i Massestrom Luft von innen

$$MV = \frac{m_e}{m_i} = \frac{x_i - x_{LM}}{x_{LM} - x_e}$$

12
© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019



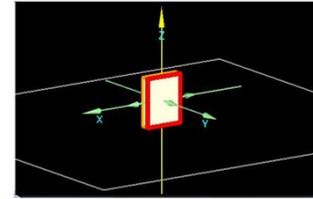
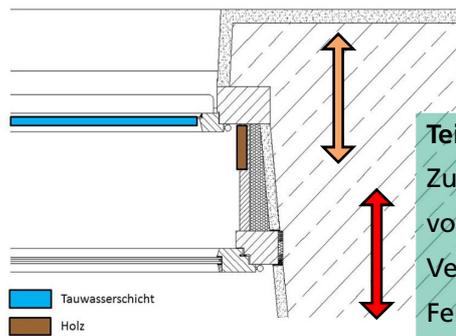
Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Beispiel energetische Sanierung der Bestandsfenster



Energetisch saniert zum Kastenfenster

hygrothermische Berechnung mit WUFI®-2D – instationäre Betrachtung



Teilergebnis:

Zulässiges Mischungsverhältnis vor allem abhängig vom Verhältnis der R-Werte Fenster innen/Fenster außen

13

© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019

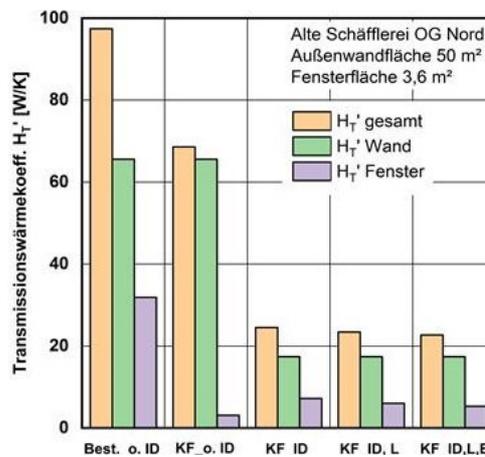
Fraunhofer IBP

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Beispiel energetische Sanierung der Bestandsfenster



Energetisch saniert zum Kastenfenster



14

© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019

Fraunhofer IBP

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Beheizung mit geringem Eingriff in Bausubstanz und Erscheinungsbild



Feuchtwangen, Fränkische Museum, ältester Gebäudeteil 16. Jhdt.



Einsatz der Bauteiltemperierung

Vorteile: erhöhter Feuchteschutz

Verbesserung des Raumklimas

15

© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019

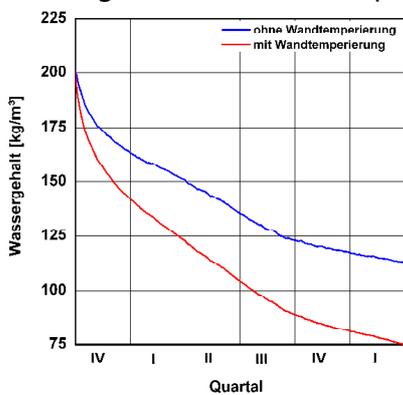
Fraunhofer
IBP

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

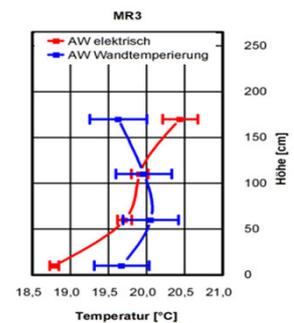
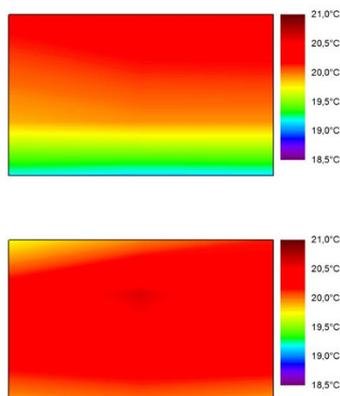
Einsatz der Bauteiltemperierung

Feuchteschutz:

Trocknung der Außenwand
Erhöhung der Oberflächentemperatur



Behaglichkeit: Vertikale Temperaturschichtung



16

© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019

Fraunhofer
IBP

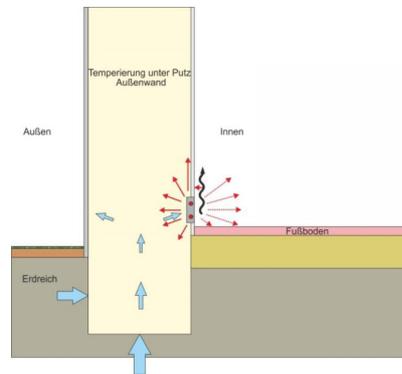
Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Einsatz der Bauteiltemperierung

Unterscheidungsmerkmale für Temperieranlagen

Hauptgruppe	Untergruppen
Heizleitung unter Putz	1
Heizleitung auf Putz	2
Heizleitung auf Putz	3

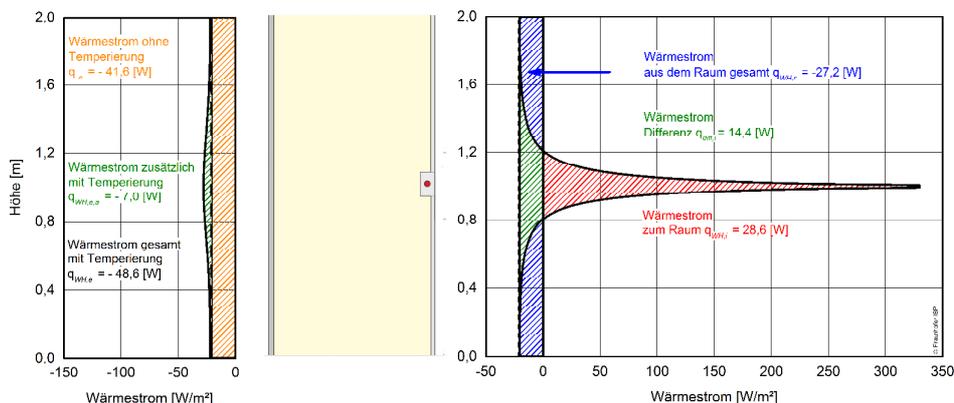
Mit Kontakt zur Wand	2
Mit Abstand zur Wand	3



Objektmessungen zeigen, dass Auslegung von Temperieranlagen unter Putz noch unklar

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

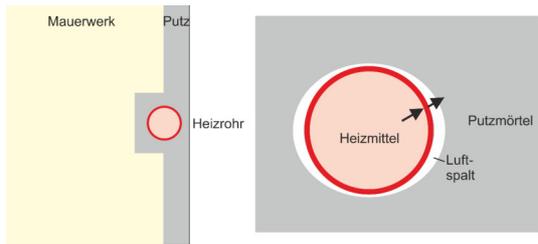
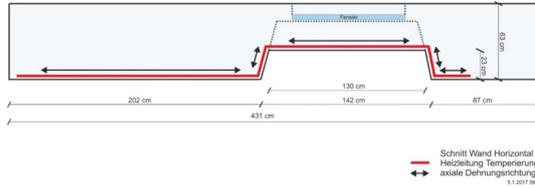
Einsatz der Bauteiltemperierung



Wärmestromanalyse der Außenwand, links Wärmestrom an der Außenoberfläche, rechter Graph mit Wärmestromanalyse auf der Rauminnenseite

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Einsatz der Bauteiltemperatur



Variable	Bezeichnung	Randbedingungen Basisgleichung	Anwendungsbereich	Einfluss
λ	Wärmeleitfähigkeit	variabel	0,13 – 2,3 W/mK	groß, nicht linear
s_w	Wanddicke	variabel	0,21 – 1,0 m	groß, nicht linear
$\Delta\theta$	Temperaturdifferenz innen - außen	25 K	0 - 40 K	gering, annähernd linear
ΔT	Übertemperatur	40 K	35 – 45 K	groß, annähernd linear
d	Durchmesser Heizrohr	15 mm	12-15-18-21 mm	groß, annähernd linear
s	Putzüberdeckung Heizrohr	5 mm	5 - 20 mm	gering, nicht linear
α_{HL}	Wärmeübergangskoeffizient gesamt	90 W/m²K	90 W/m²K	groß, nicht linear

19

© Fraunhofer

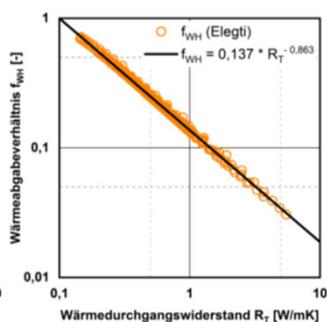
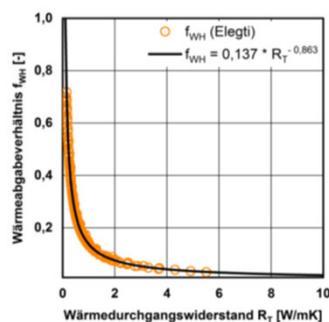
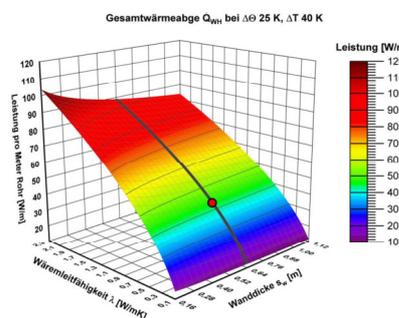
Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019

Fraunhofer IBP

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Einsatz der Bauteiltemperatur

$$f(x, y): (ax^b + cx^d + e) * (gy^h + iy^j + k) * (l - m)$$



Vereinfachte Auslegungsmethode entwickelt für:
 Wärmestrom nach innen → Deckung des Raumwärmebedarfs
 Gesamtwärmestrom → Auslegung der Heizungsanlage

20

© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019

Fraunhofer IBP

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Einsatz nachhaltiger kompatibler Materialien

Verformtes Bauegefüge mit statischen Problemen

→ energetische Maßnahmen **und Aussteifung erforderlich**

→ Magnesit-gebundene Typha-Platte

→ Gefachefüllung und Innendämmung
(einfacher Einbau Wandheizung)



Bildquelle: Plangrundlage Martin Engelhardt



Bildquelle: Architekturbüro Fritsch+Knoth&Klug



Bildquelle: Architekturbüro Fritsch+Knoth&Klug



Bildquelle: Architekturbüro Fritsch+Knoth&Klug

21

© Fraunhofer

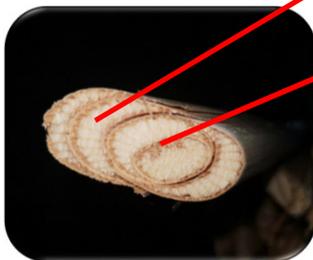
Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019

Fraunhofer
IBP

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Einsatz nachhaltiger kompatibler Materialien

Warum Rohrkolben (*Typha angustifolia*) ?



Bildquelle: Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP)

Sehr spezieller Blattaufbau mit:

+ Schwammgewebe mit niedriger
WLF $\lambda \approx 0.035 \text{ W/mK}$

→ hierdurch gute Dämmwirkung

+ Faserverstärktes Stützgewebe mit
extremer Druck- und Zugfestigkeit

→ hierdurch gute Trageigenschaft

+ Spaltbarkeit ähnlich wie bei Holz

→ leichte Erzeugung nutzbarer
Partikel

+ Elastische Nachgiebigkeit senkrecht
zu Blattachsen

→ leichte Verdichtbarkeit

+ Niedermoorpflanze mit hoher
natürlicher mikrobieller Resistenz

→ schimmelresistent, somit kein
Biozidzusatz erforderlich

22

© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019

Fraunhofer
IBP

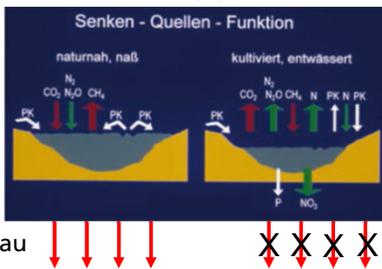
Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Einsatz nachhaltiger kompatibler Materialien

Bedeutung für die Umwelt

- Vermeidung CO₂-Abgabe durch Wiedervernässung (Anteil CO₂-Emission von D ca. 4% = 40% des PKW-CO₂-Ausstoßes)
- Bindung von CO₂ durch Typhaanbau
- naturnahe, standortgerechte, stabilisierende Nutzung von Niedermooren möglich
- **Reinigung nährstoffbelasteter Oberflächenwässer**

Grafik: Technische Universität München (TUM)



Bildquelle: Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP)

Bedeutung für die Landwirtschaft

- Hoher Flächenertrag (ca. 15 to/ha)
- Ertrag ab dem 2. Jahr
- Nutzung eher unlukrativer Flächen
- Ernte in den Wintermonaten (deshalb kein Widerspruch zur Biotopbildung)
- **„Imageverbesserung“ durch Umwelt- / Natur- / Hochwasserschutz**

23

© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019

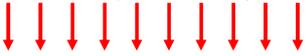


Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Einsatz nachhaltiger kompatibler Materialien



Bildquelle: <https://paabay.com/de/rohrkolben-feuchtgebiet-pflanze-2660171>



Bildquelle: Fa. typhatechnik

Vorteile des Magnesit-gebundenen Typhaboards :

- Hohe Druckfestigkeit (ca. 0,5 N/mm²) bei niedriger Wärmeleitfähigkeit ($\lambda \approx 0.055 \text{ W/mK}$)
- gute brandschutztechnische Eigenschaften ohne Brandschutzmittel (B1)
- kein Glimmen
- F60 mit unbeschichteter 6 cm-Platte
- Einfache Fertigung



Bildquelle: Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP)



Bildquelle: Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP)

24

© Fraunhofer



Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Einsatz nachhaltiger kompatibler Materialien

- + gute Bearbeitbarkeit mit üblichen Holzwerkzeugen
- + Begeisterung bei den Handwerkern
- + Bestandsschutz durch feuchtearmen, reversiblen Einbau
- + vergleichsweise geringer Arbeitsaufwand

Bisher kostengünstigste Fachwerksanierung der Altstadtfreunde Nürnberg

Erfüllung der EnEV bei nur 20 cm Wandstärke!!!



Bildquelle: Alexandra Fritsch



Bildquelle: Architekturbüro Fritsch+Knoth&Klug

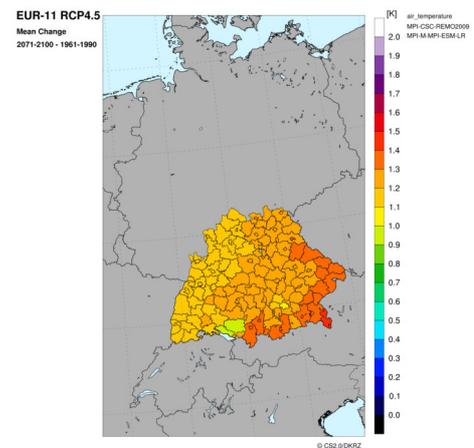
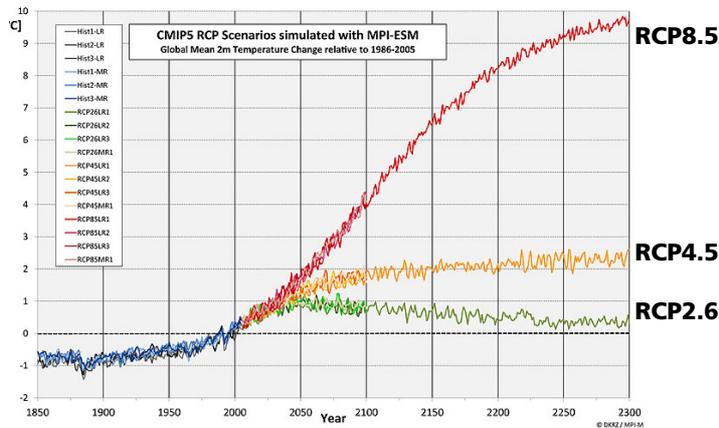


25
© Fraunhofer

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Einfluss globale Erwärmung

RCP Szenarios: Temperaturänderung

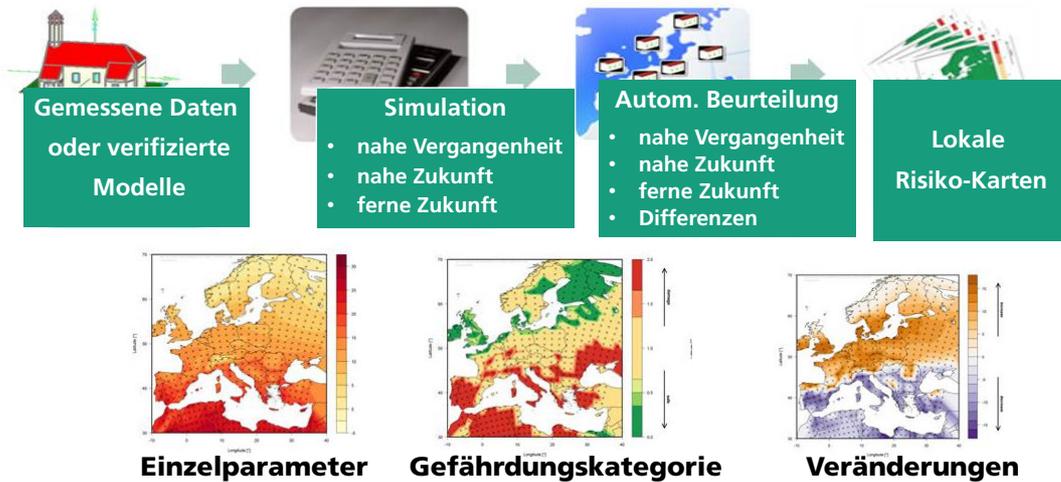


26
© Fraunhofer

RISK ASSESSMENT FOR THE WHOLE OF EUROPE

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Einfluss globale Erwärmung

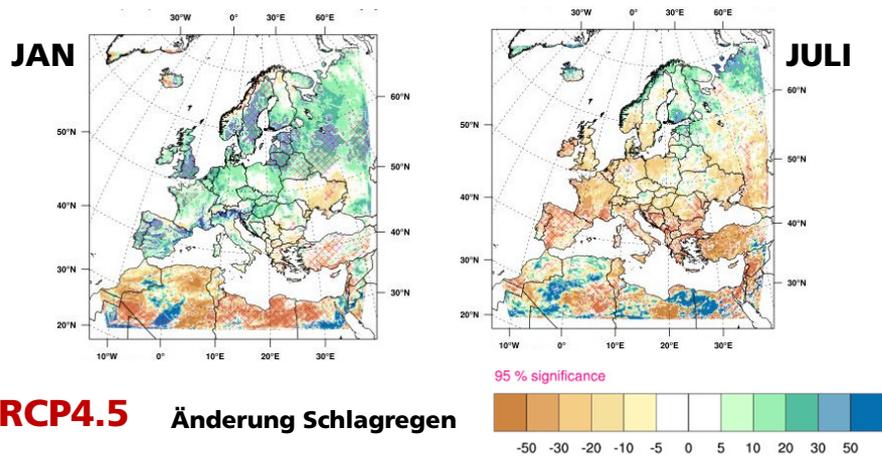


27
© Fraunhofer



Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Einfluss globale Erwärmung 2100

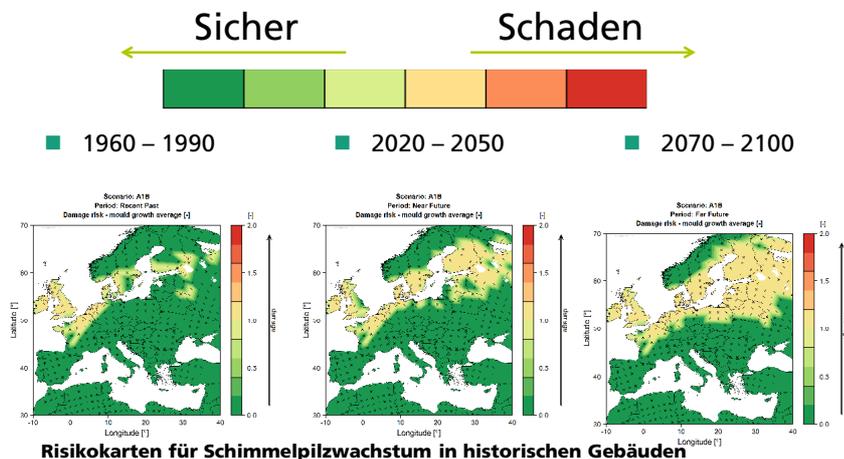


28
© Fraunhofer



Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Einfluss globale Erwärmung



29

© Fraunhofer

Ressourcen- und denkmalgerechter Umgang mit vernakulären Bauten

Grundprinzipien

- Vorhandene Bauten/Bauteileeile nutzen/erhalten => Graue Energie
- Möglichst geringer Eingriff in die Originalsubstanz
- Möglichst Einsatz kompatibler Materialien / nachwachsender bzw. mineralische Materialien

Ziel: Erscheinungsbild möglichst wenig verändern, aber Nutzung sicher stellen

Durch immer neue Forschungsergebnisse und Materialentwicklungen wird diese Aufgabe leichter, ökonomischer und fehlertoleranter zu bewerkstelligen sein!

30

© Fraunhofer

Symposium „Klima- und Kultur(en)- gerechtes Bauen“ 18. Oktober 2019