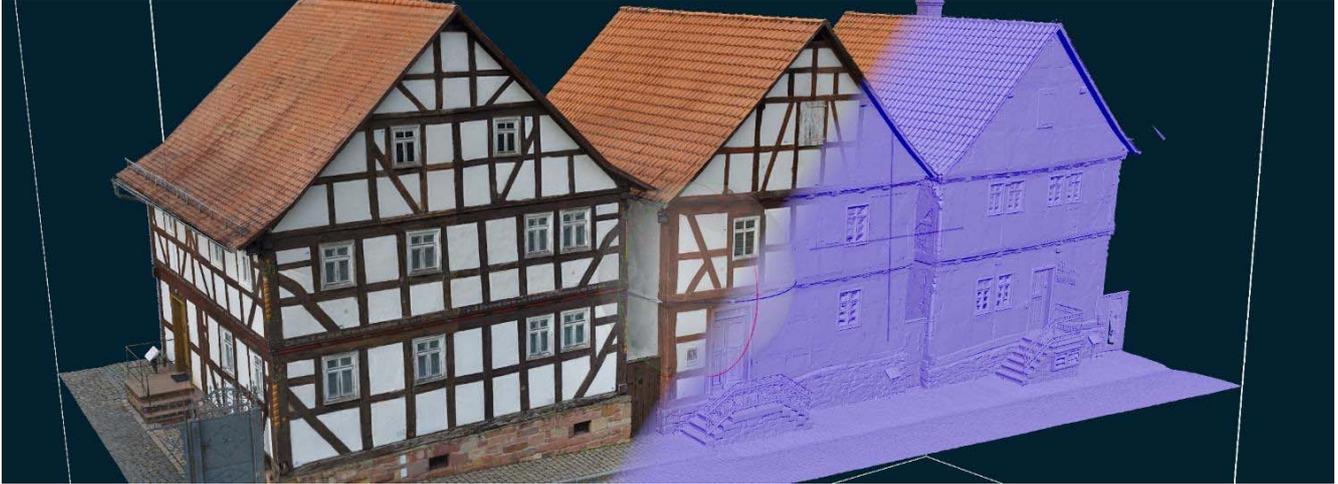


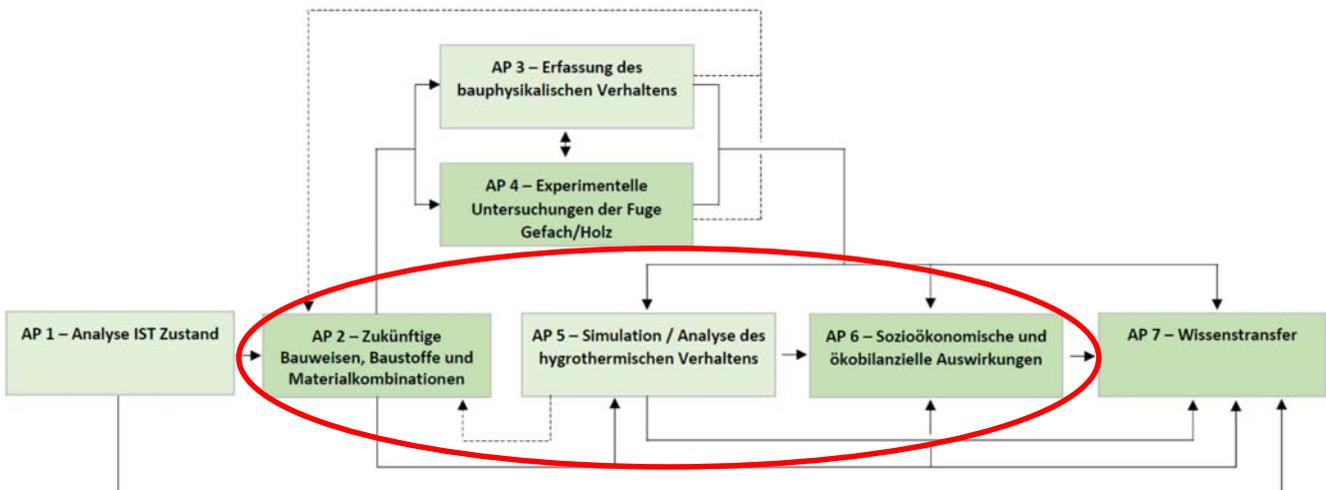
Fachwerk 2.0 - Entwicklung und Erforschung neuartiger Dämmsysteme zur energieeffizienten und ressourcenschonenden Fachwerkinstandsetzung an Versuchsgebäuden des Freilichtmuseums Hessenpark



10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



Fachwerk 2.0



10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



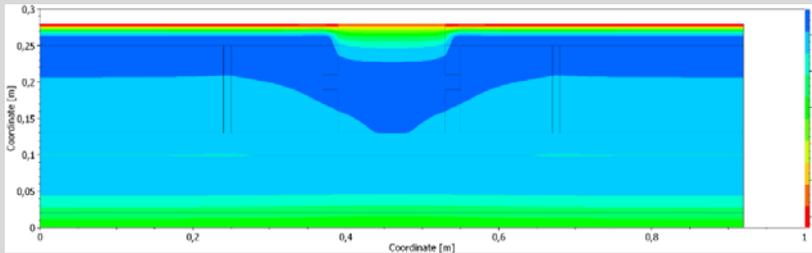
Fachwerk 2.0 – Teilvorhaben: Bauteilentwicklung, hygrothermische Simulation, Sozioökonomie

Schwerpunkte

- Laborprüfstand zur Entwicklung und Validierung eines Simulationsmodells
- Hygrothermische Bauteilsimulation mit Berücksichtigung von Klimaprognosen
- Ermittlung energetischer Einsparpotentiale
- Bewertung des Schadensrisikos



Labortechnische Untersuchungen – Bestimmung der Sorptionsisothermen



Verteilung der relativen Porenluftfeuchte in % im Schnitt eines Fachwerks

10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



-Grundlagen- Besonderheit Fachwerk

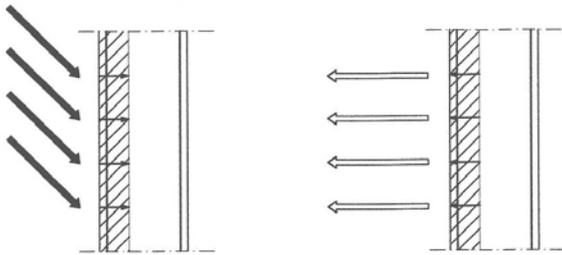


10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



-Grundlagen- Besonderheit Fachwerk

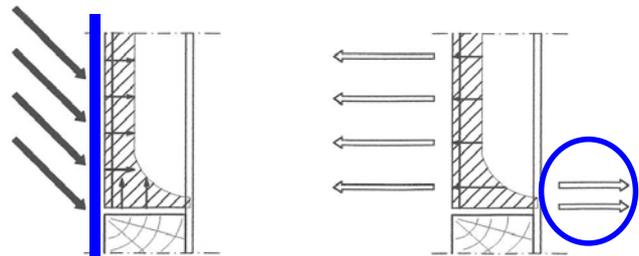
Verputztes Mauerwerk



Beregnung

Trocknung

Sichtfachwerk



Beregnung

Trocknung

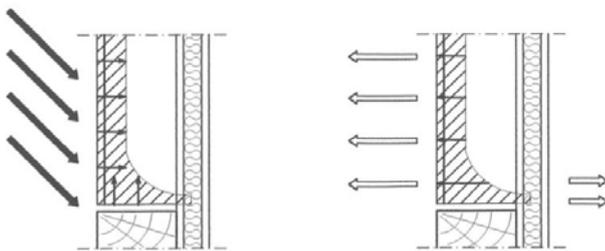
Quelle: Eßmann (nach Künzel)

10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eßmann



-Grundlagen- Einfluss der Innendämmung auf die Abtrocknung

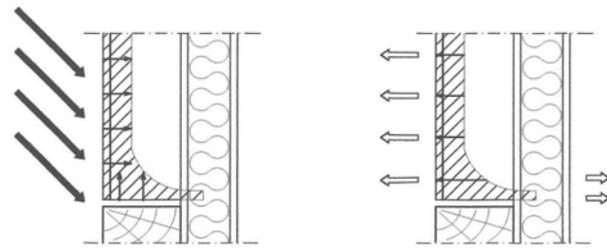
Sichtfachwerk
(mit Innendämmung)



Beregnung

Trocknung

Sichtfachwerk
(mit erhöhter Innendämmung)



Beregnung

Trocknung

Quelle: Eßmann (nach Künzel)

Die Abtrocknung wird durch eine zunehmende Wärmedämmung behindert (z.B. frühere EnEV: $U \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)!

WTA-MB:

ohne besonderen Nachweis:

$R \geq 1,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ ($U \leq 0,86 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

$R_{D\ddot{a},i} \leq 0,8 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ ($s \leq 0,8 * \lambda$)

10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eßmann



-Grundlagen- WTA-Merkblatt 8-5:2018/D „Innendämmungen“

	1	2	3	4	5	6	7
	Erforderliche Systemdicke	Austrocknungspotenzial	Tauwassertoleranz	Belastung durch Einbaufeuchte	Verminderung von Feuchtekonvektion ¹	Schallschutz	Brandschutz
1. Plastische Dämmstoffe							
1.1 Wärmedämmputz	●	●	●	○	●	●	γ ₃
1.2 Leichtlehm	○	●	●	○	●	●	γ ₃
1.3 Wärmedämmlehm	●	●	●	○	●	●	γ ₃
1.4 Verfüllmörtel	○	●	●	○	●	●	γ ₃
1.5 Zellulosefaserputz	●	●	●	○	●	●	○
2. Vorsatzschalen							
2.1 Gemauerte Vorsatzschalen	○	●	● ⁵	●	●	●	γ ₃
2.2 Trockenbaukonstruktion mit Dämmstoffmatten	●	γ ₁	○	● ²	●	●	γ ₃
2.3 Holzrahmenbau-Konstruktion mit Einblasdämmung	●	γ ₆	●	●	●	●	○
3. Dämmplatten							
3.1 Holzwolle-Bauplatten	●	●	●	● ²	● ⁴	●	γ ₃
3.2 Calciumsilikat-Platten	●	●	●	● ²	● ⁴	●	●
3.3 Wärmedämmlehm-Platten	●	●	●	● ²	● ⁴	●	●
3.4 Holzweichfaser-Platten	●	●	●	● ²	● ⁴	○	○
3.5 Mineral-Dämmplatten	●	●	γ ₇	● ²	● ⁴	●	●
3.6 Schilf-Dämmplatten	●	●	●	● ²	● ⁴	●	○

○ weniger geeignet ● bedingt geeignet ● geeignet

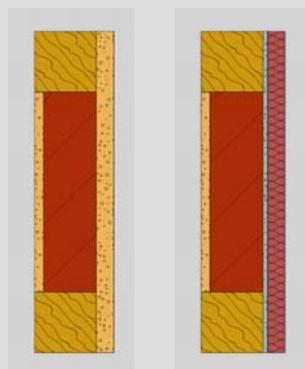
aus: WTA 8-5: 04.2018/D

10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



Bauweisen, Baustoffe und Materialkombinationen

Bestand



Historischer Bestand Forschung Testhäuser 1990

$U = \text{ca.}$
in $W/(m^2K)$

1,30 - 2,20

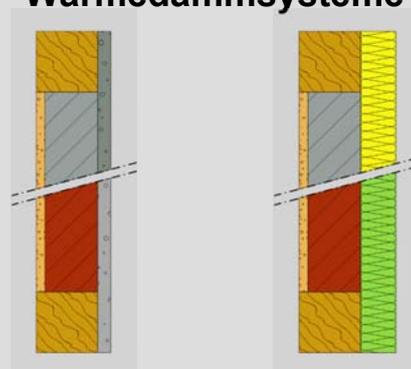
0,55 - 1,00

$Q_E = \text{ca.}$
in $kWh/(m^2a)$

330 - 500

160 - 300

Untersuchung neuer Wärmedämmsysteme



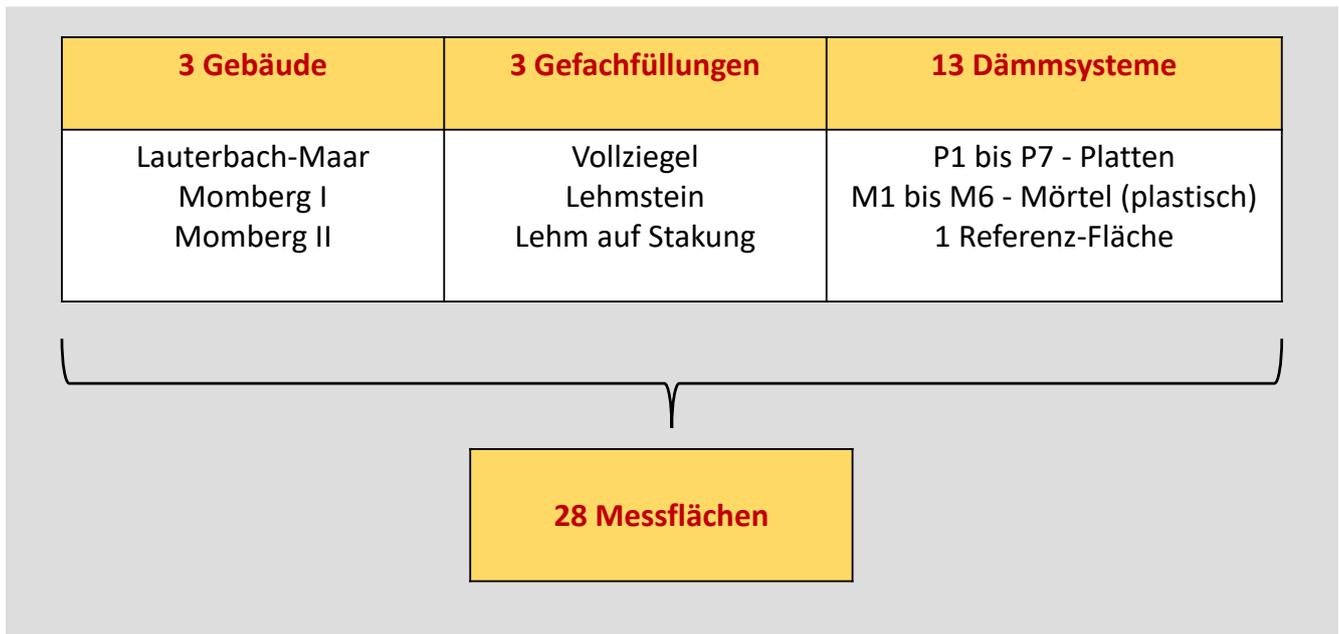
a) hochdämmend

b) ressourcenschonend

10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



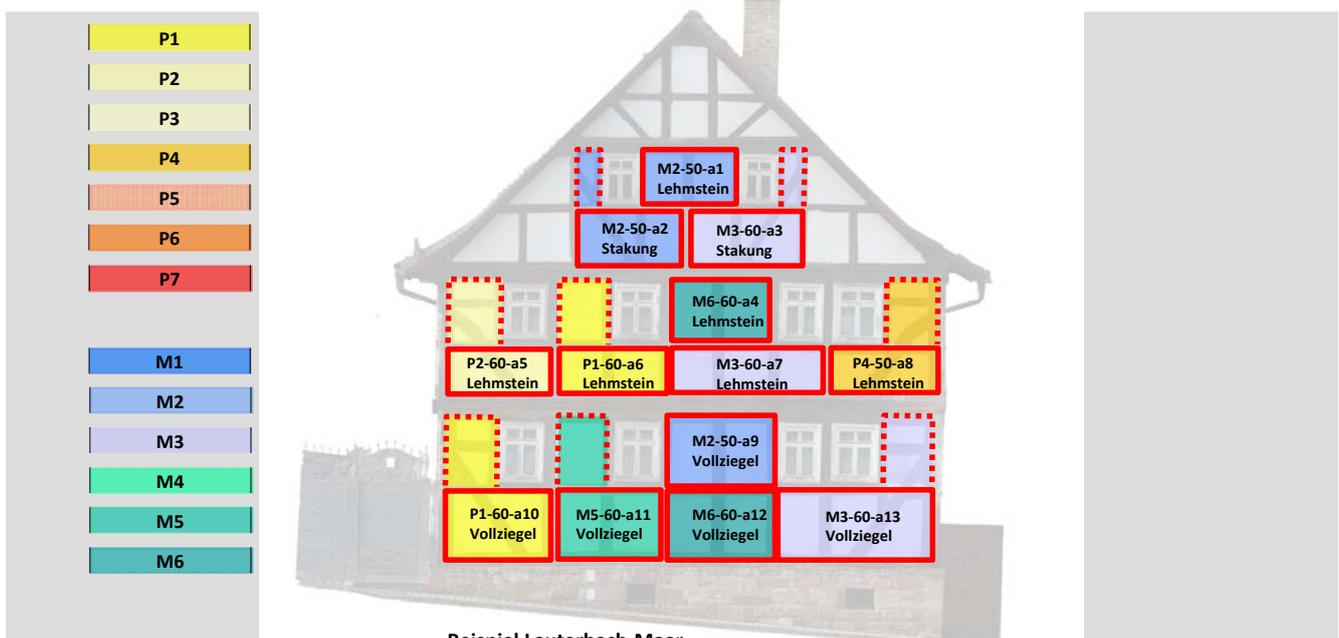
Bauweisen, Baustoffe und Materialkombinationen



10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



Bauweisen, Baustoffe und Materialkombinationen



10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



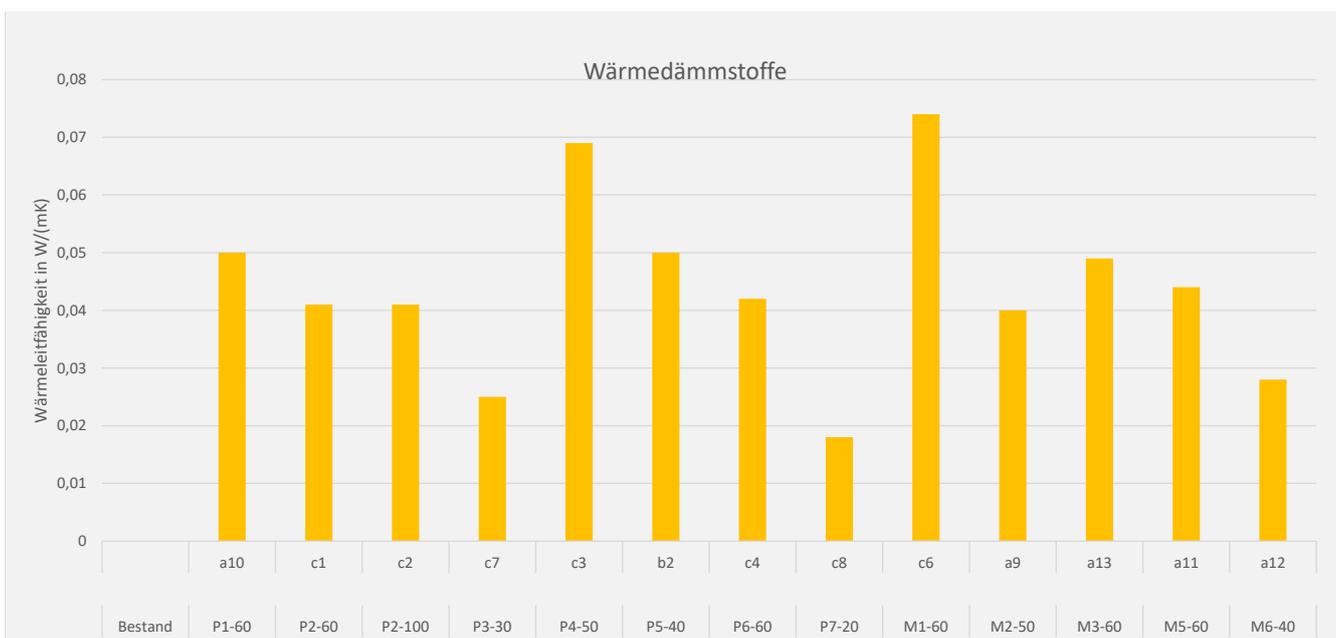
Bauweisen, Baustoffe und Materialkombinationen

P1 bis P7 Platten	M1 bis M6 Mörtel (plastisch)
Platten bzw. Matten: Kork/Lehm Holzfaser mikroporöses Siliciumdioxid Stroh Perlite/Zellulose Holzschaum Silikat-Aerogel	Schüttungen bzw. Wärmedämmputz: Hanf/Lehm Mikrohohlglaskugeln Perlite Perlite, modifiziert Silikat-Aerogel (Lignin-Aerogel)
λ von 0,018 bis 0,069 W/(mK)	λ von 0,028 bis 0,074 W/(mK)
U von ca. 0,35 bis 0,85 W/(m ² K)	U von ca. 0,36 bis 0,76 W/(m ² K)
variierende PE- und GWP-Bilanzen	variierende PE- und GWP-Bilanzen

10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



Bauweisen, Baustoffe und Materialkombinationen



10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



Bauweisen, Baustoffe und Materialkombinationen

Daten zur Ökobilanz liegen in sehr unterschiedlicher Qualität vor:

- Environmental Product Declaration (EPD)
- komplett fehlende Daten
- Eigenberechnungen (dann zumeist nur GWP-Werte)
 - auch abenteuerliche Herleitungen!

10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



Messkonzept zur Bewertung des hygrothermischen Verhaltens der Fachwerk-Konstruktion

Erfassung des hygrothermischen Verhaltens in den Testhäusern im Hessenpark



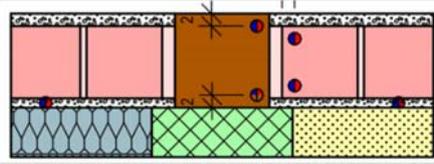
Errichtung eines Prüfstandes am BTU Campus Sachsendorf



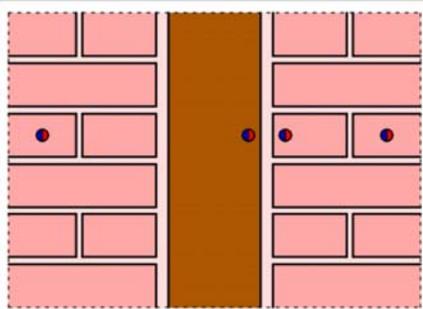
10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



Messkonzept zur Bewertung des hygrothermischen Verhaltens der Fachwerk-Konstruktion



Prinzipdarstellung – Horizontal



Prinzipdarstellung – Vertikal

Datenerfassung je Testfläche:

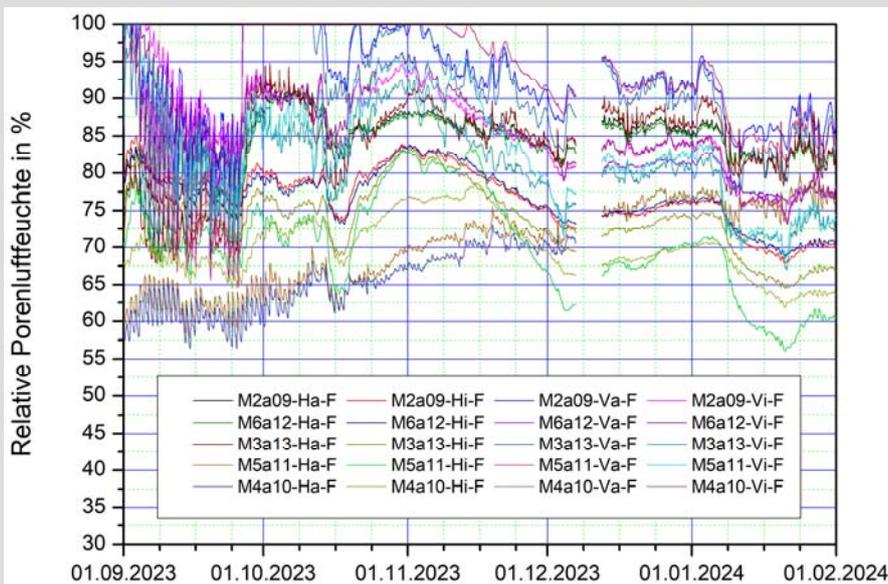
- Holz (Stiel oder Strebe) – außen und innen
- Gefach (Ziegel / Lehmstein / Stakung) – außen und innen
- Innenputz unter der Innendämmung (Plattensysteme / Plastische Systeme)



10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



Messkonzept zur Bewertung des hygrothermischen Verhaltens der Fachwerk-Konstruktion



Gebäude: Lauterbach-Maar
Erdgeschoss

Verlauf der relativen
Porenluftfeuchte im Holz und
im Gefach

10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



Sozioökonomische und ökobilanzielle Auswirkungen

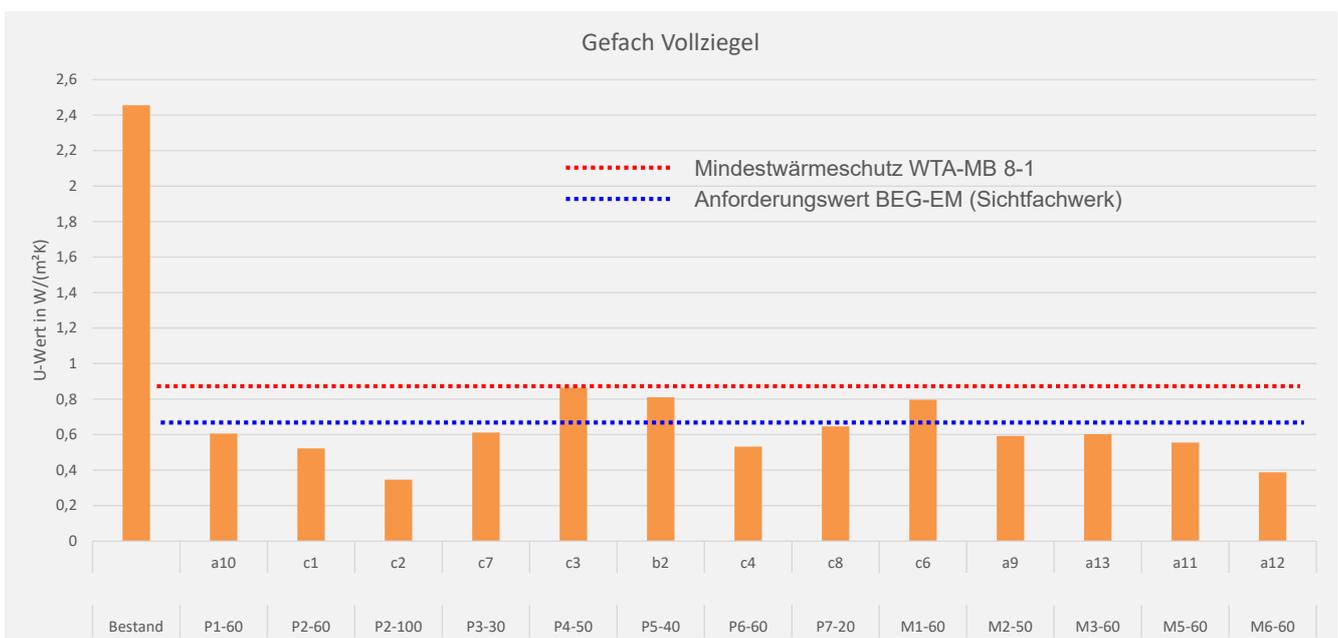
Betrachtungsrichtung



10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



Bauteil: Dämmstandards Außenwand

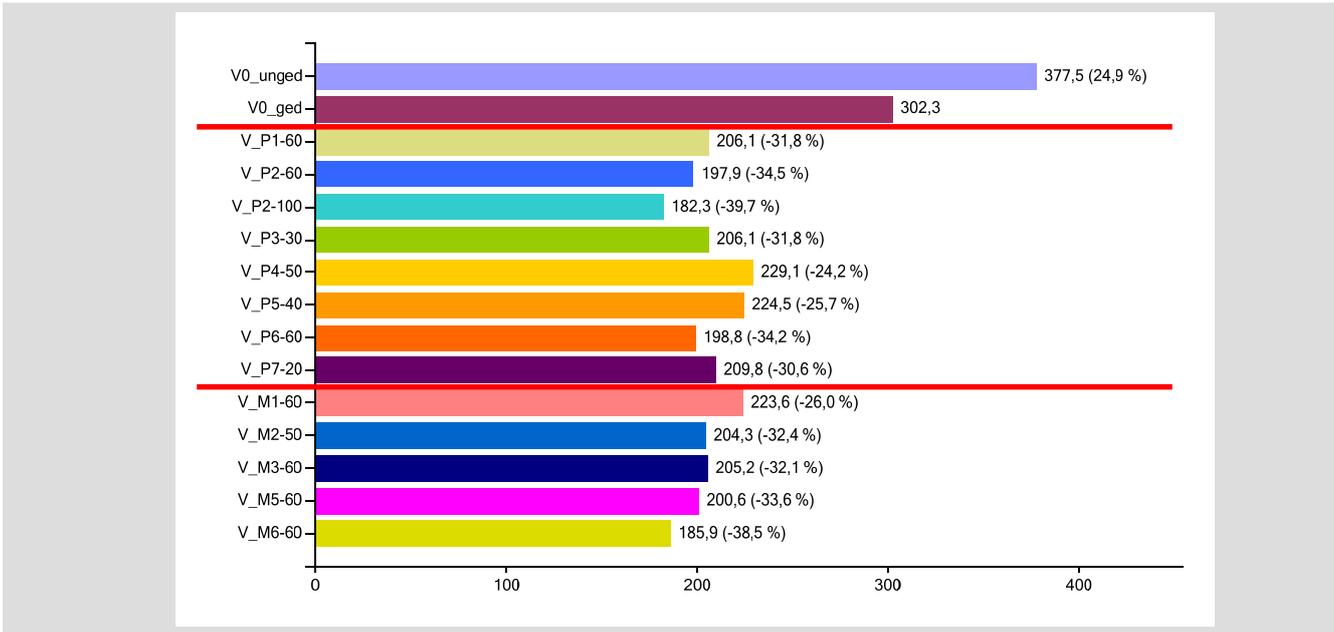


10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



Gebäude: spez. Nutzenergiebedarf in kWh/(m²a)

(Versuchsgebäude mit hohem Wandflächenanteil)



10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



Gebäude: Ökobilanzielle Betrachtung

hierzu:

- Datenbeschaffung von historischen / denkmalkonformen Baustoffen
- Urban Mining / Zirkuläres Bauen / Gebäuderessourcenpass (Bauteilkatalog)

Baustoff	Mineralische Baustoffe										Summe Aufteilung Materialherkunft	Sekundärmaterial						Primärmaterial				Summe Aufteilung Materialverwertung	Hochwertige Nachnutzung		Stoffliche Verwertung		Thermische Verwertung		Entsorgung						
	Sonstige Gipsbaustoffe	Gipskarton	Glas	Mineralische Dämmstoffe	Sonst. Mineralisches, Mik	Beton	Porenbeton	Kalksandstein	Ziegel	Ton, Lehm, Keramik		Bauchem Produkte	Wiederverwendet	Nachweis	Wiederverwendet	Bestand	Wiederverwert	Nachweis	Summe	Primärrohstoffe	erneuerbar (zertifiziert)		Primärrohstoffe, erneuerbar (nicht zertifiziert)	Primärrohstoffe, nicht erneuerbar	Wiederverwendung	Nachweis	Wiederverwertung (Upcycling)	Nachweis		geschlossener	offener Kreislauf	Downcycling	erneuerbar zertifiziert	Nachweis	nicht erneuerbar

- Reduce - Repair - Reuse – Recycling
- Ansatz Graue Energie?

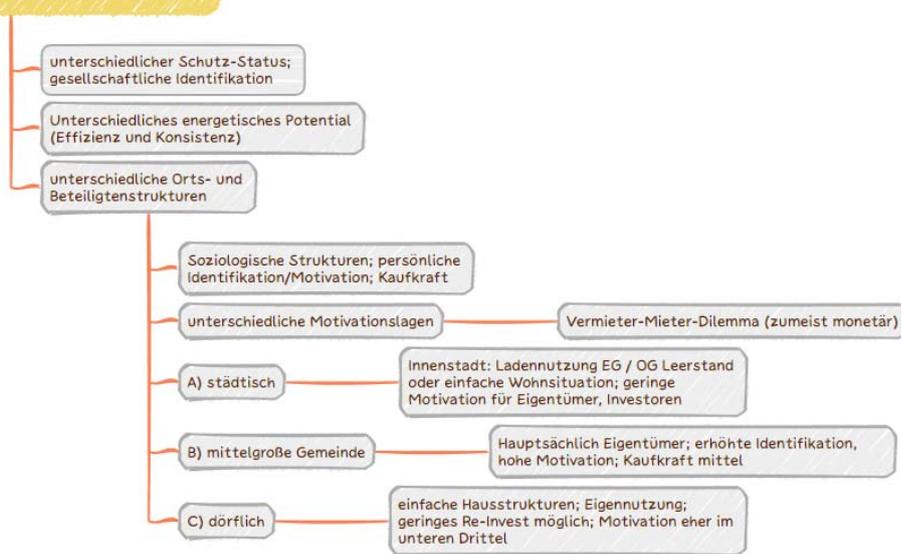
Bsp: DGNB

10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



Quartier: „Realisierungschance Altstadt“

"Realisierungschance Altstadt" sozioökonomische Aspekte



10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann



Quartier: „Realisierungschance Altstadt“

hierzu:

- Anlagensysteme für Quartiere (BHKW, Fernwärme, Holz, WP Bohrung, Solar, etc) hier eingeschränkt
- ohne weitere Komponenten (Ladestationen Auto, Bike), CarSharing, ...
- Mitwirkung Kommune
- Mitwirkung Nutzende
- Datenbeschaffung (Typologie, Erhebungen, Fragebogen, vorhandene Daten (Energiegenossenschaften etc))

10.10.2024
© Dr.-Ing. Andrea Lilienthal | Dipl.-Ing. Frank Eißmann

