

---

Kurzbericht zum Forschungsprojekt:

# Quantifizierung und Reduzierung von feuchtigkeitsbedingten Wärmeverlusten im denkmalgeschützten Gebäudebestand

Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-15.50

---

Technische Universität Darmstadt  
Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften  
Institut für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion  
Prof. Dipl.-Ing. Architekt Stefan Schäfer  
M.Eng. Robert Burgaß



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



Der vorliegende Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt des Forschungsberichtes liegt bei den Autoren.

---

---

Mitwirkende des Projektes

### **Projektleitung**

Technische Universität Darmstadt  
Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften  
Institut für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion  
Prof. Dipl.-Ing. Architekt Stefan Schäfer  
Franziska-Braun-Straße 3  
64287 Darmstadt  
info@kgbauko.tu-darmstadt.de

### **Wissenschaftliche Bearbeitung**

M.Eng. Robert Burgaß

### **Studentische Mitarbeit**

M.Sc. Sandra Jessica Sorge  
M.Sc. Anna-Lena Fischer  
M.Sc. Mona Nazari Sam  
M.Sc. Maximilian Rühl  
B.Sc. Janek Zindler

### **Fachliche Betreuung**

Dr.-Ing. Michael Brüggemann  
M.Sc. Fabian Brodbeck  
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau (IRB)  
Nobelstr. 12  
70569 Stuttgart

### **Mittelgeber**

Forschungsinitiative Zukunft Bau des  
Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung  
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung  
Deichmanns Aue 31 – 37  
53179 Bonn

Burgaß Bau GmbH  
Sandfeldstraße 14  
17121 Loitz

**FORSCHUNGSINITIATIVE**  
**ZukunftBAU**

**Burgaß Bau** ↑  
GmbH

## 1. Ausgangslage

Die Ertüchtigung von Gebäudehüllen ist ein wichtiger Aspekt, um den Energieaufwand zum Beheizen von Innenräumen zu reduzieren. Im Gebäudebestand ist jedoch der Einbau von Dämmstoffen in denkmalpflegerischer und in bauphysikalischer Hinsicht oft problematisch (siehe Abb. 2 und Abb. 3). Die Reduzierung feuchtigkeitsbedingter Wärmeverluste von Außenwänden aus Ziegelmauerwerk stellt diesbezüglich einen neuen Lösungsansatz dar und wurde daher im Rahmen des Forschungsprojektes wissenschaftlich untersucht.

## 2. Gegenstand des Forschungsprojektes

Die Relevanz des Forschungsthemas wird deutlich anhand der Wärmeleitfähigkeit von Wasser, die je nach Aggregatzustand 23- bis 90-fach höher ist als jene von Luft (siehe Abb. 1). Wird z.B. die in Sichtmauerwerk-Außenwandziegeln enthaltene Porenluft durch die Einwirkung von Schlagregen verdrängt, so führt dies zu einer signifikanten Veränderung der effektiven Wärmeleitfähigkeit des Außenwandmaterials. Laboruntersuchungen an trockenen und feuchten Ziegeln bestätigen diesen Zusammenhang. So konnte beispielsweise für einen Ziegel mit der Rohdichte von  $1.556 \text{ kg/m}^3$  bei einer Mitteltemperatur von  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  und einem volumenbezogenen Feuchtigkeitsgehalt von  $0 \%$  eine Wärmeleitfähigkeit von  $0,463 \text{ W/(mK)}$  ermittelt werden. Steigt der Feuchtigkeitsgehalt auf  $20 \%$  und anschließend auf  $40 \%$  an, so geht dies mit einer Veränderung der Wärmeleitfähigkeit auf ca.  $0,82 \text{ W/(mK)}$  bzw.  $1,22 \text{ W/(mK)}$  einher. Das entspricht einer Reduzierung der Dämmeigenschaften um ca.  $43,54 \%$  bei  $20 \%$  volumenbezogenem Feuchtigkeitsgehalt und um ca.  $62,10 \%$  bei  $40 \%$  volumenbezogenem Feuchtigkeitsgehalt. Ein weiterer Einflussfaktor auf die Wärmeleitfähigkeit feuchter Ziegel sind Temperaturen unterhalb von  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dies zeigten Versuche, bei denen Ziegel mit der Rohdichte von  $1.880 \text{ kg/m}^3$  und  $30 \%$  volumenbezogenem Feuchtigkeitsgehalt von  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  auf  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  abgekühlt wurden. Die Wärmeleitfähigkeit stieg dabei von ca.  $1,37 \text{ W/(mK)}$  auf ca.  $1,79 \text{ W/(mK)}$  an. Das entspricht einer temperaturbedingten Reduzierung der Dämmeigenschaften um ca.  $23,47 \%$ .<sup>1</sup>

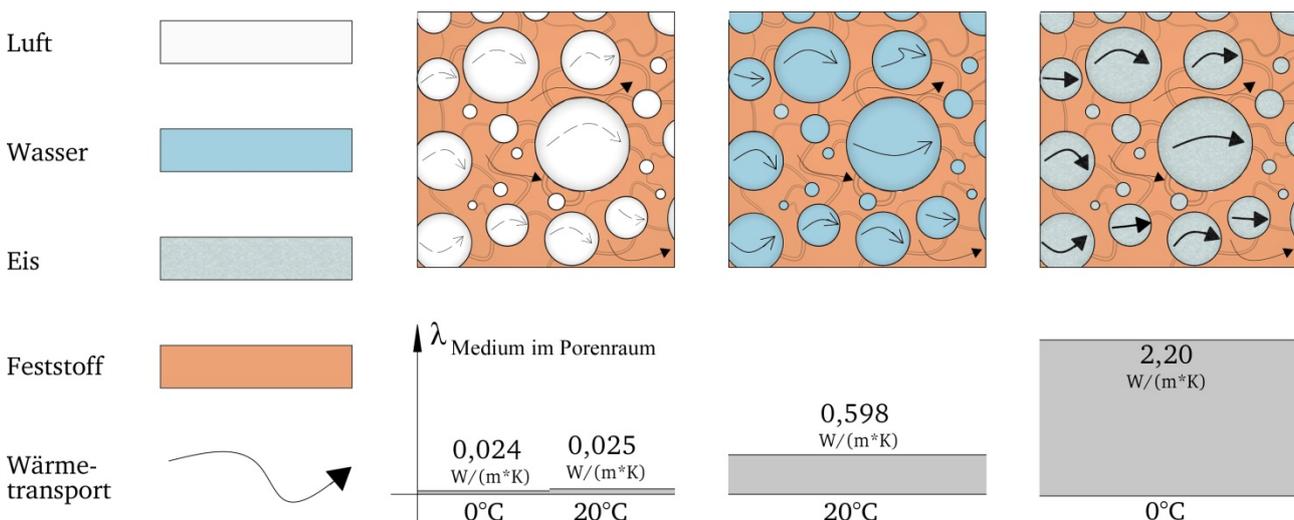


Abb. 1 - Zunahme des Wärmetransports in Abhängigkeit vom Medium im Porenraum, A1

<sup>1</sup> ACHTZIGER 1984, S. 161 - 163

Vgl. KRISCHER 1978, S. 279 - 280

Gerade im Gebäudebestand liegen häufig Wandkonstruktionen vor, die durch einen ungenügenden oder fehlenden Feuchteschutz und durch starke Schwankungen der Bauteiltemperaturen geprägt sind (siehe Abb. 2 und Abb. 3). Die Reduzierung der Feuchte- und Temperaturbeanspruchungen bietet hier die Chance, auch ohne Dämmstoffe, eine energetische Ertüchtigung durchzuführen. Die Ziele des Forschungsprojektes waren daher, die Wechselbeziehungen zwischen feuchtigkeitsbelastetem Ziegelmauerwerk und den daraus resultierenden Wärmeverlusten zu untersuchen, Änderungen der Dämmeigenschaften und des Energieaufwands zum Beheizen zu quantifizieren sowie geeignete Ertüchtigungsmaßnahmen auszuarbeiten und zu analysieren, die zu einer messbaren Reduzierung von feuchtigkeitsbedingten Wärmeverlusten führen.



Abb. 2 - Verzierte Giebelhäuser in der Mönchstraße von Stralsund (z.T. mit Fassadenschäden), A1



Abb. 3 - Historisches Speichergebäude (Wohnnutzung) in der Gützkower Landstraße von Greifswald, A1

Zum Erreichen der Forschungsziele kamen 2 Untersuchungskonzepte zur Anwendung. Im Rahmen des 1. Untersuchungskonzepts „Messen und Auswerten“ wurden 5 Versuchsgebäude mit der gleichen Kubatur errichtet und mittels eines Wärme- und Feuchtemonitorings über 4 Heizphasen der Jahre 2016 und 2017 überwacht. Dabei sind verschiedene, einschalige Wandkonstruktionen (außenseitig ziegelsichtiges, hydrophobiertes, verputztes und innenseitig gedämmtes Mauerwerk) umgesetzt worden (siehe Abb. 4, Abb. 5 und Abb. 6). Zusätzlich wurde eines der 5 Versuchsgebäude künstlich beregnet. Das Versuchsgebäude mit Außenputz erhielt zudem einen Anstrich mit einer hydrophob eingestellten Fassadenfarbe.

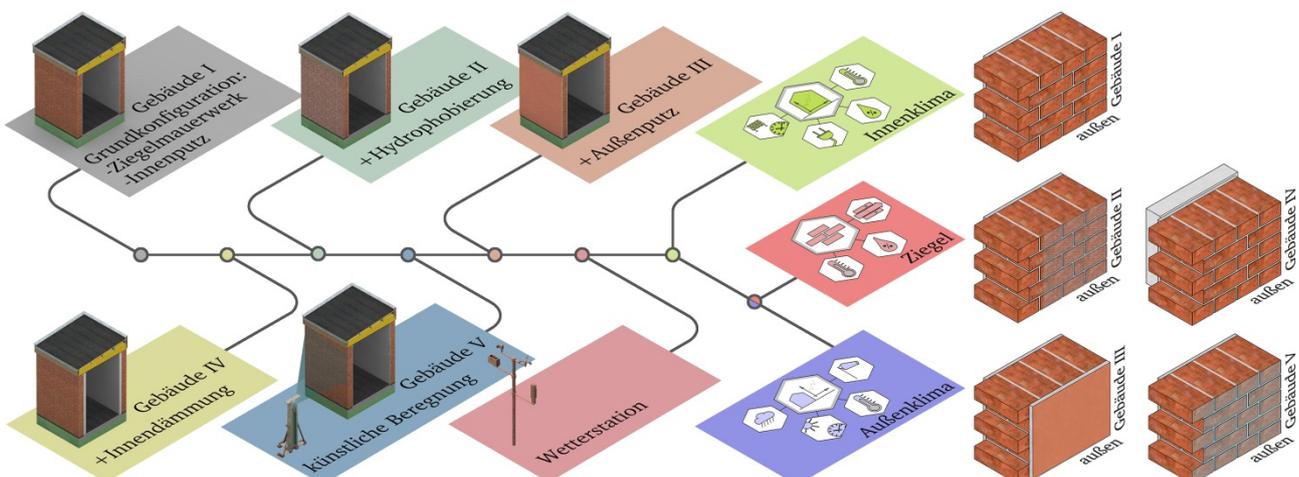


Abb. 4 - Schema des Versuchsaufbaus im Rahmen des Untersuchungskonzepts 1, A1



Abb. 5 - Versuchsfeld 1 mit den Versuchsgebäuden 1, 5 und 2 (von links nach rechts), A1



Abb. 6 - Versuchsfeld 2 mit den Versuchsgebäuden 4 und 3 (von links nach rechts), A1

Mit dem 2. *Untersuchungskonzept* „Berechnen und Auswerten“ erfolgten für alle Wandkonstruktionen der Versuchsgebäude hygrothermische Bauteilsimulationen. Diese dienten zur Untersuchung der Wärmestromdichte, der instationären U-Werte, der Feuchtigkeitsbelastung und -verteilung sowie der Bauteiltemperaturen. Über hygrothermische Gebäudesimulationen sollte daraufhin bestimmt werden, welchen Einfluss Mauerwerksfeuchtigkeit auf den Heizwärmebedarf der Versuchsgebäude hat. Sowohl die Bauteil-, als auch die Gebäudesimulationen erfolgten über einen Zeitraum von 5 Jahren (2016 bis 2020) für den Versuchsstandort Loitz (Schlagregenbeanspruchungsgruppe 1) und für den Standort Holzkirchen (Schlagregenbeanspruchungsgruppe 3). Mit den Simulationsergebnissen des 2. *Untersuchungskonzepts* wurden die Messergebnisse des 1. *Untersuchungskonzepts* validiert, um darauf aufbauend Handlungsempfehlungen zur energetischen Ertüchtigung von Außenwänden mittels feuchtigkeitsreduzierenden Maßnahmen zu geben.

### 3. Fazit

Im Rahmen des 1. *Untersuchungskonzepts* wurde der wissenschaftliche Ansatz des Forschungsprojektes unter den Wetterbedingungen am Versuchsstandort bestätigt. So zeigten sowohl die Kurzzeitmessungen mit einem Mikrowellenfeuchtemessgerät und einer Wärmebildkamera, als auch die Langzeitmessungen mit dem Monitoringsystem, dass die sich einstellende Feuchtigkeitsbelastung von Außenwänden, deren Oberflächentemperaturen (siehe Abb. 7 und Abb. 8) und Dämmeigenschaften (siehe Abb. 9) in einem relevanten Maß beeinflussen kann.



Abb. 7 - Feuchteverteilung auf der Süd- und Ostfassade des aktiv beregneten Versuchsgebäudes 5, A2

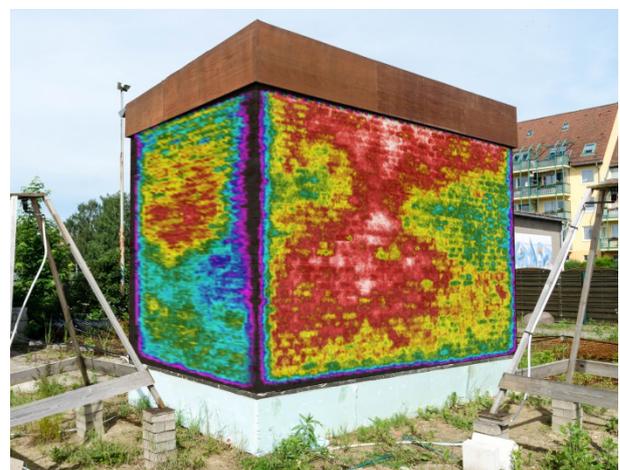


Abb. 8 - Thermogramm auf der Süd- und Ostfassade des aktiv beregneten Versuchsgebäudes 5, A2

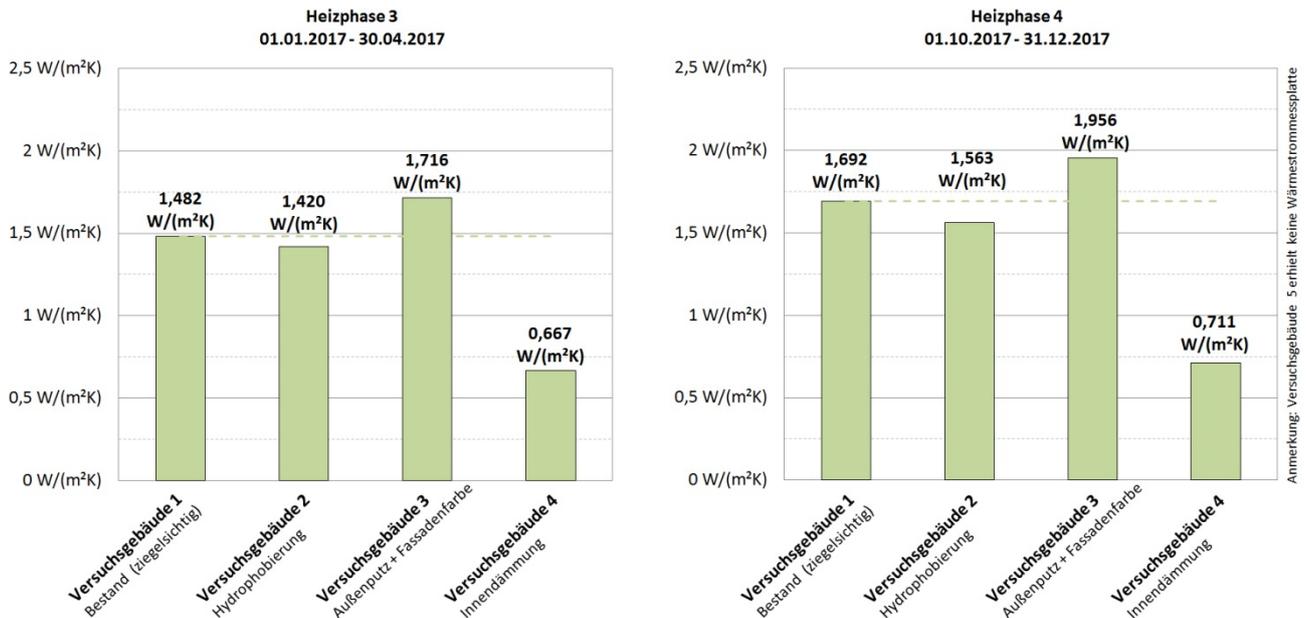


Abb. 9 - Instationäre U-Werte der Außenwand West für die 3. und 4. Heizphase 2017, A1

Ebenso konnten die Auswirkungen der Hydrophobierung und des Außenputzes mit hydrophober Fassadenfarbe auf die Dämmeigenschaften der Außenwände und auf den Heizwärmeverbrauch (siehe Abb. 9 und Abb. 10) erfasst werden. Für die Hydrophobierung zeigten sich durchaus positive Effekte. Der Außenputz mit hydrophober Fassadenfarbe hatte jedoch aufgrund von Rissbildung und der damit verbundenen Durchfeuchtung eine gegenteilige Auswirkung. Dies zeigte sich vor allem bei den Dämmeigenschaften der am stärksten bewitterten Außenwand West (siehe Abb. 9).

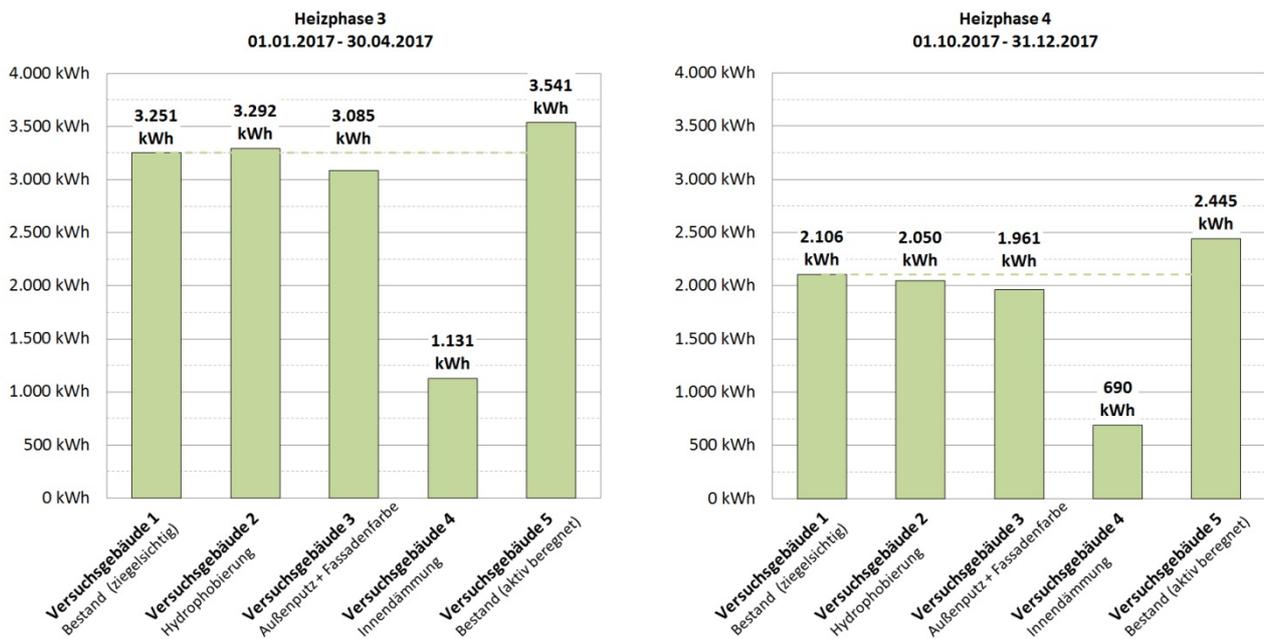


Abb. 10 - Heizwärmeverbräuche der Versuchsgebäude 1 bis 5 für die 3. und 4. Heizphase 2017, A1

Die mit dem 2. *Untersuchungskonzept* erzielten Simulationsergebnisse für den Versuchsstandort Loitz bestätigen tendenziell die Messergebnisse (siehe Abb. 11 und Abb. 12). Für den Standort Holzkirchen zeigen sich hingegen größere Feuchtigkeitsbelastungen und somit auch größere Wärmeverluste bei den ungeschützten Außenwänden. Maßnahmen zur Reduzierung der Feuchtigkeitsbelastung sind hier in energetischer Hinsicht noch sinnvoller (siehe Abb. 13 und Abb. 14).

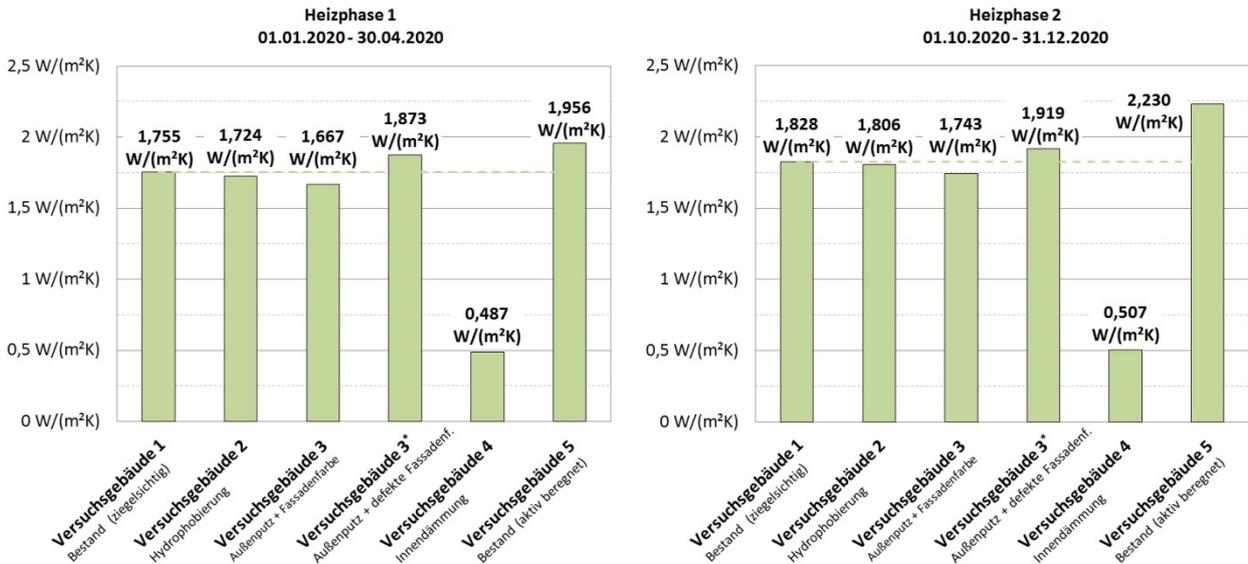


Abb. 11 - Instationäre U-Werte der Außenwand West für das letzte Simulationsjahr (Versuchsstandort Loitz), A1

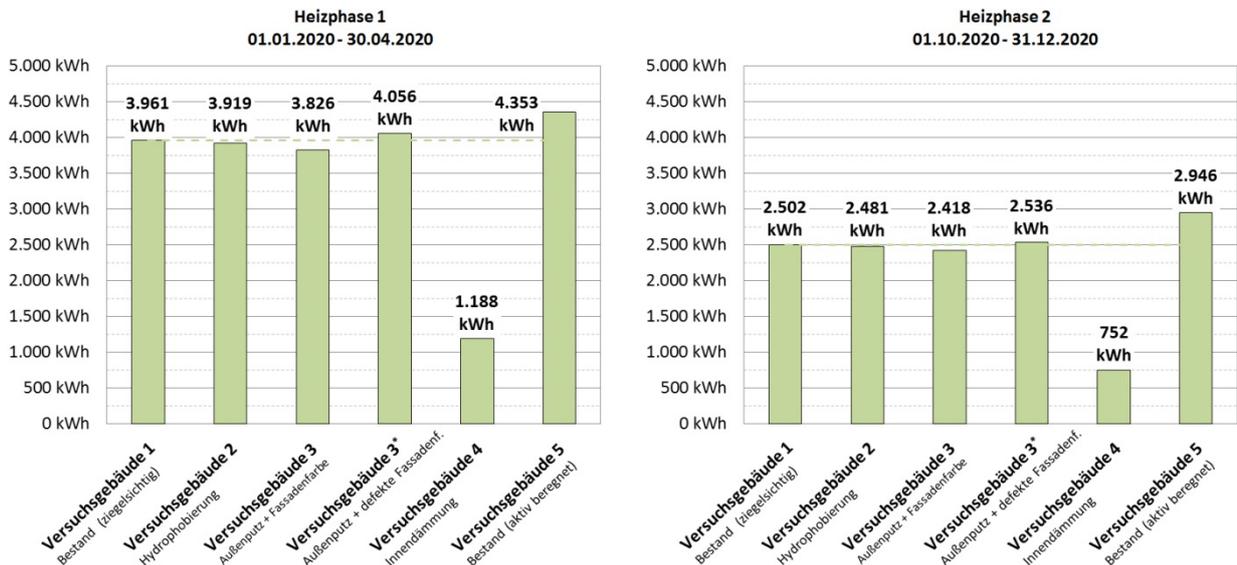


Abb. 12 - Heizwärmebedarf der Versuchsgebäude 1 bis 5 für das letzte Simulationsjahr (Versuchsstandort Loitz), A1

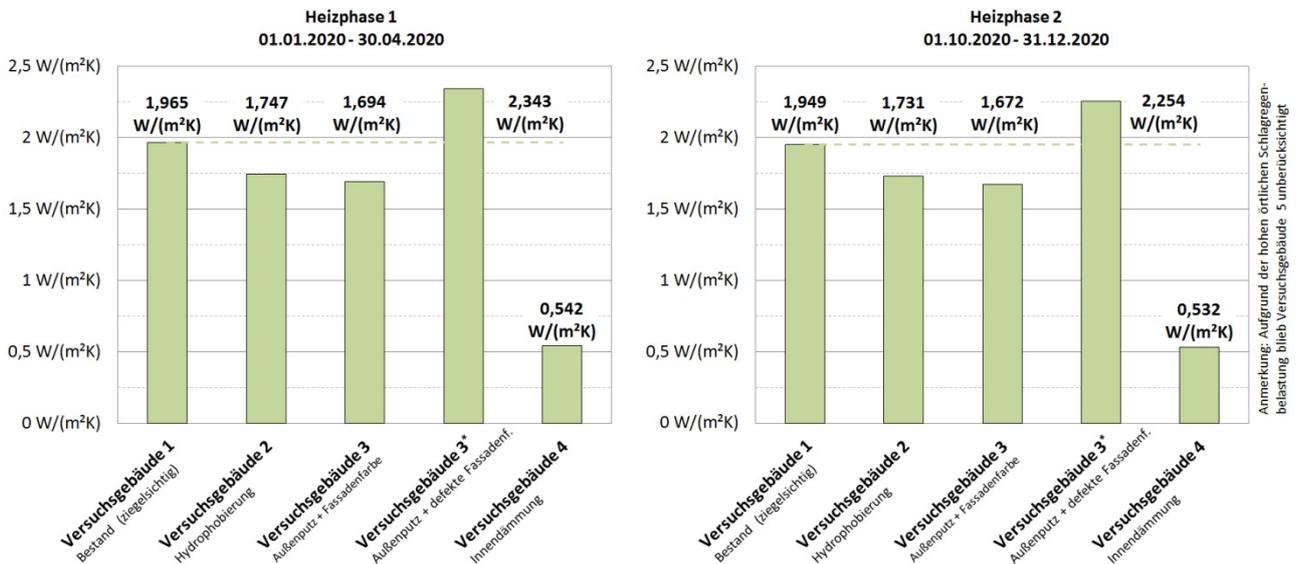


Abb. 13 - Instationäre U-Werte der Außenwand West für das letzte Simulationsjahr (Standort Holzkirchen), A1

Anmerkung: Aufgrund der hohen örtlichen Schiagregengebelastung blieb Versuchsgebäude 5 unberücksichtigt

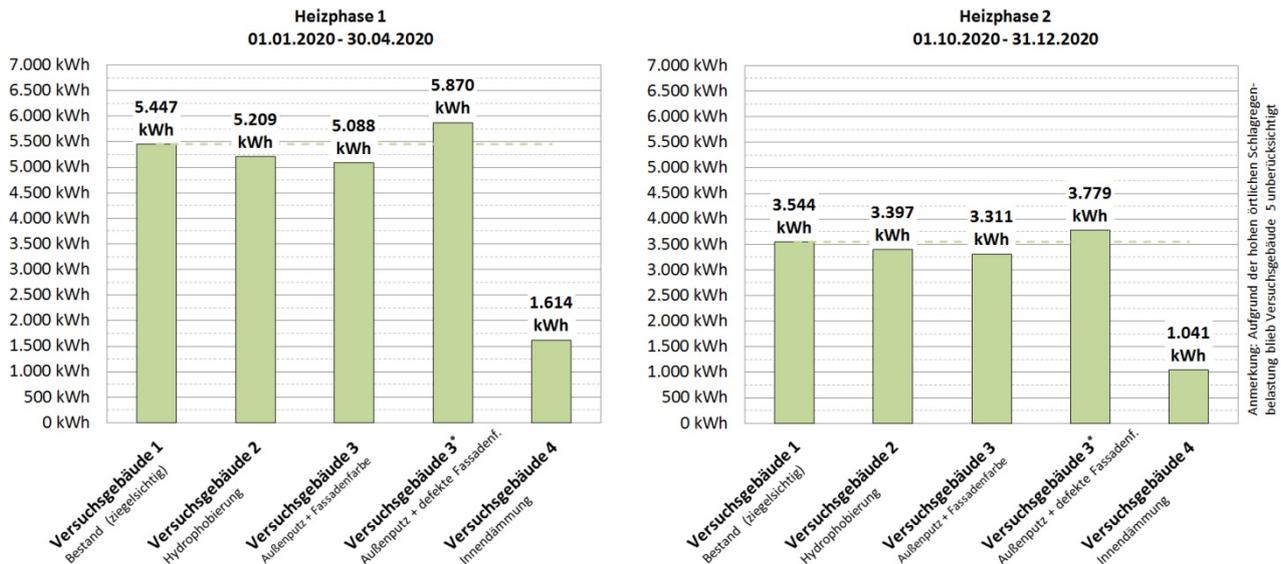


Abb. 14 - Heizwärmebedarf der Versuchsgebäude 1 bis 4 für das letzte Simulationsjahr (Standort Holzkirchen), A1

#### 4. Eckdaten

Kurztitel:	Feuchtigkeitsbedingte Wärmeverluste
Gesamtkosten:	244.120,33 €
Bundeszuschuss:	162.220,33 €
Anteil des Instituts KGBauko:	4.100,00 €
Anteil der Burgaß Bau GmbH:	77.800,00 €
Projektlaufzeit:	31 Monate, 01.10.2015 bis 30.04.2018

#### 5. Literatur

- [1] ACHTZIGER, Joachim / CAMMERER, Joseph: Einfluß des Feuchtegehaltes auf die Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Dämmstoffen. Bericht zum Forschungsvorhaben Nr. BI 5 - 80 01 83 - 4. Gräfelfing 1984.
- [2] KRISCHER, Otto / KAST, Werner: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik (3. Aufl.). Berlin / Heidelberg / New York 1978.

#### 6. Abbildungen

A1 - Verfasser

A2 - RÜHL, Maximilian: Hygrothermische Analyse von feuchtem Mauerwerk (Masterthesis). Darmstadt 2017.