



# Forschungsprojekt

Sanierung mit  
Bauteilaktivierung

# Sanierung mit Bauteilaktivierung



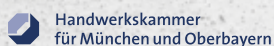
## Projektpartner F+I Netzwerk Alpines Bauen



FH Salzburg – Smart Building



Hochschule Rosenheim –  
Abteilung Forschung  
und Entwicklung



Handwerkskammer für  
München und Oberbayern



Universität Innsbruck –  
Arbeitsbereich  
Energieeffizientes Bauen



Innovations- und Technologie-  
transfer Salzburg GmbH



WKO Bundesinnung Bau

# Inhalt

1. Ausgangslage
2. Zielsetzung
3. Untersuchung
4. Forschungsergebnisse
  - 4.1. Geringere Lüftungswärmeverluste
  - 4.2. Geringere Transmissionswärmeverluste
5. Fazit & Ausblick

**Auftraggeber:**

Netzwerk Alpines Bauen

**Forschungsprojekt:**

F+I Netzwerk Alpines Bauen

**Inhalt:**

Kurzzusammenfassung „Sanierung mit Bauteilaktivierung“

**Verfasser:**

Michael Bayer, BSc, MSc  
FH-Prof. DI Dr. Markus Gratzl-Michlmair  
DI Markus Leeb

**Redaktion**

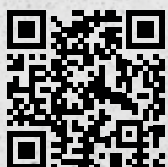
ikp Salzburg GmbH

**Bildquellen:**

Kompetenzzentrum Bauforschung  
Eva Habersatter-Lindner  
Wolfgang Veigl

**Forschung und Projektleitung:**

Kompetenzzentrum Bauforschung  
FH Salzburg – Smart Building



Bauteilaktivierung –  
innovativ und nachhaltig,  
ausgezeichnet mit dem  
Energy Globe Award

Diese Broschüre wird im Rahmen des Projektes F+I Netzwerk Alpines Bauen gefördert. Das Projekt wurde im Rahmen von INTERREG Österreich-Bayern 2014-2020 mitfinanziert.

# 1. Ausgangslage

## Altstadtjuwel mit Festungsblick



**Vorne das Stadtleben, hinten der Berg und Natur pur: Eva Habersatter-Lindner hat mitten in der Halleiner Altstadt ihre Traumwohnung gefunden. In Sachen Energieeffizienz gebührt der 2008 sanierten Wohnung dank Bauteilaktivierung ein Spitzenplatz.**

Die beiden Stockwerke waren finster, feucht und in die Jahre gekommen. Trotzdem war es Liebe auf den ersten Blick. Eva Habersatter-Lindner, selbst Architektin und Baumeisterin, erkannte sofort das Potenzial, das im dritten und vierten Stock eines Hauses in der Halleiner Altstadt schlummerte. Als sie die Räumlichkeiten vor mehr als zehn Jahren das erste Mal besichtigte, war sie sofort angetan. Vorne eine ruhige Gasse, direkt am Schöndorferplatz. Hinten eine steile Felswand, der ein Terrassengarten abgetrotzt ist. Das Haus, dessen unterstes Stockwerk aus dem 13. Jahrhundert stammen dürfte und – wie alle anderen Objekte in der Gasse auch – einen Lagerkeller für Lebensmittel beherbergt, ist typisch für die Halleiner Altstadt. Es ist riesig, aber sehr verschachtelt. Im Lauf der Jahrhunderte wurde immer wieder irgendwo angebaut, etwas abgerissen oder aufgestockt. Bis zum dritten Stockwerk steht das Haus an der Hinterseite in Erde und Fels, erst das von der Architektin bewohnte Dachgeschoss mit Blick auf die Festung Hohensalzburg ist an der Rückseite frei und führt zu einem verwunschen schönen Garten.

Bei der Sanierung ist Habersatter-Lindner sehr vorsichtig mit der alten Substanz umgegangen. „Alte Gebäude haben ihren eigenen Charakter, ich wollte diesen unbedingt erhalten“, erzählt sie. Bei der Heizung entschied sich die Baumeisterin für eine Bauteilaktivierung mit Wärme aus Strom. Eine Entscheidung, die sich als goldrichtig erwies. „Ich habe damit gerechnet, dass die Heizkosten nicht sehr hoch sein werden. Aber dass es so wenig ist, hat mich überrascht“, erzählt die Bauherrin. Sie kommt bei einer Wohnfläche von 210 Quadratmetern und vier Bewohnern mit rund 900 Euro pro Heizsaison inklusive Warmwasseraufbereitung aus. Gedämmt wurde nur der Ausbau im vierten Stock.



**„Mit diesem Projekt wurde gezeigt, dass die Sanierung von wertvollen Bestandsbauten mittels intelligenter Bauteilaktivierung nachhaltig Ressourcen schont und zur Schaffung leistbaren Wohnraums beiträgt.“**

**Dr. Wilfried Haslauer**  
Landeshauptmann Salzburg



Bei den alten Steinwänden wurde auf eine Außendämmung verzichtet. Das hätte dem Haus viel von seinem Charme genommen. Dafür verlegte ein Installateur an den Innenseiten der Wände und um die Fenster herum Kupferrohre, durch die in der Heizperiode warmes Wasser fließt. Darüber kam ein dreilagiger Kalkputz. „Eine Fußbodenheizung kam für mich nicht in Frage“, erzählt die gebürtige Halleinerin. Die Aktivierung der bis zu 80 Zentimeter dicken Wände hat sich als Glücksgriff in mehrerlei Hinsicht erwiesen. Die Heizkosten sind gering, das Raumklima ist sehr angenehm. „Stein braucht lange, bis er sich erwärmt. Er gibt aber die Wärme auch sehr langsam ab“, nennt Habersatter-Lindner einen Vorteil. Die Bauteilaktivierung sorgte auch dafür, dass die bei so alten Mauern übliche Feuchtigkeit verschwunden ist. Selbst im dritten Stock, wo sich an der am Felsen verlaufenden Wand früher Schimmel gebildet hatte, ist es seither staubtrocken. Im Lauf der Jahrzehnte haben die Bewohner in diesem Teil des Hauses immer wieder versucht, die Feuchtigkeit in den Griff zu bekommen. Die Bauteilaktivierung hat dieses Problem behoben.

Und wie ist es im Sommer? Selbst bei 35 Grad Außentemperatur ist es im Dachgeschoss angenehm, im dritten Stock bleibt es durch die dicken Wände sowieso kühl. Das ist auch der Lage des Hauses geschuldet. Die Morgensonne durchflutet die hohen Räume mit den unverputzten Dachbalken und den vielen Dachfenstern. Am frühen Nachmittag verschwindet die Sonne hinter dem Berg, das Objekt liegt im Schatten und heizt sich nicht stark auf.

Um zu überprüfen, ob es sich hier um einen Einzelfall handelt oder ob diese Einsparungen bei weiteren Sanierungsprojekten mit Bauteilaktivierung erzielt werden können, wurde das vorliegende Forschungsprojekt umgesetzt.



**„Ich habe damit gerechnet, dass die Heizkosten nicht sehr hoch sein werden. Aber dass es so wenig ist, hat mich überrascht.“**

**DI KR Eva Habersatter-Lindner  
Architektin und Baumeisterin**

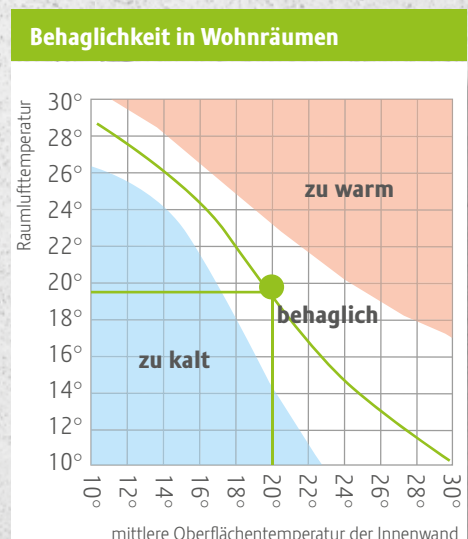
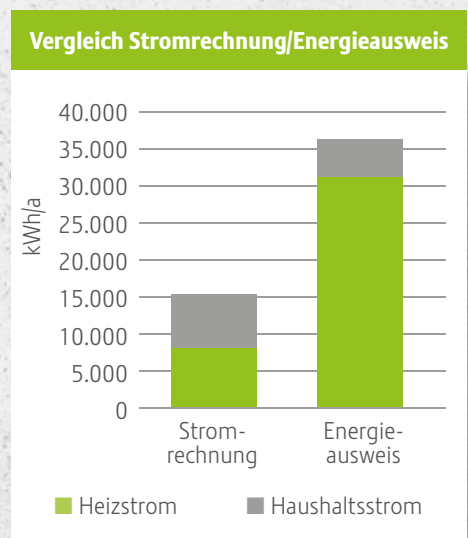
# 2. Zielsetzung




**Energieeffizient, behaglich und kostensparend – diese drei wesentlichen Eigenschaften zeichnen Gebäude mit bauteilaktivierten Betonteilen aus. Je nach Jahreszeit dienen sie als Energiespeicher oder Klimapuffer. Während dieses Prinzip im Neubau immer mehr genutzt wird, gibt es im Bereich der Sanierung noch deutlichen Aufholbedarf.**

Das Kompetenzzentrum Bauforschung greift mit dem Projekt „Sanierung mit Bauteilaktivierung“ dieses wichtige Thema auf. Basierend auf der Sanierung von Eva Habersatter-Lindners zweistöckiger Altbauwohnung wurde von einem Team der FH Salzburg eine Untersuchung durchgeführt. Nach der Entscheidung für eine Bauteilaktivierung mit Wärme und Strom betragen die jährlichen Energiekosten für den damaligen Single-Haushalt bei einer Wohnfläche von 210 m<sup>2</sup> ca. 680 Euro. Aufgrund der verhältnismäßig geringen Stromkosten wurde das Sanierungsvorhaben genauer unter die Lupe genommen. Ziel war es zu ermitteln, ob der geringe Energiebedarf auf das verwendete Wärmeabgabesystem zurückzuführen ist. Es galt, die Speicherefähigkeit, die behagliche Temperierung und den natürlichen Temperatureausgleich zwischen Bauteilmasse und Lufttemperatur zu untersuchen.

Ausschlaggebend für dieses Forschungsprojekt war außerdem der Energieausweis, der für das Testobjekt erstellt worden war. Wie sich dabei herausstellte, war der hochgerechnete Energiebedarf mehr als doppelt so hoch als der tatsächliche Verbrauch. Die aktuelle Untersuchung geht den Ursachen dieser hohen Diskrepanz auf den Grund und dient als Anstoß für weitere Forschungen in diesem Bereich.





**„Ein beheizter Raum in der kalten Jahreszeit sorgt nicht zwangsläufig für mehr Behaglichkeit. Entscheidend ist die Kombination aus Lufttemperatur und Oberflächentemperatur. Durch die thermische Bauteilaktivierung wird die Oberflächentemperatur auf ein angenehmes Maß erhöht und hoher Komfort erreicht.“**

**DI Markus Leeb**  
**Fachhochschule Salzburg, Smart Building**  
**Fachbereichsleiter Intelligente Energiesysteme**

# 3. Untersuchung



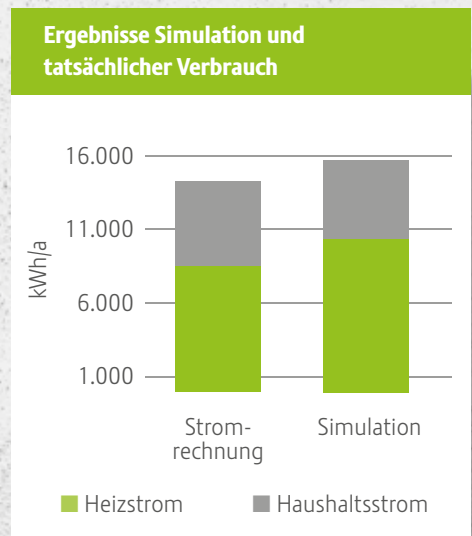
Bei der Analyse des Heizungssystems und der Bauteilaktivierung des Testobjekts kamen verschiedene Messmethoden zum Einsatz. Neben der Durchführung einer Bauteilmessung wurden ein Wärmemengenzähler und vier Datenlogger für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit installiert. Am Ende wurde anhand der gesammelten Daten eine Simulation des jährlichen Energieverbrauchs erstellt.

Die Bauteilmessung lieferte Daten zu Raumtemperatur und Raumluftfeuchte, zu Bauteiltemperaturen und Bauteilfeuchten sowie zu Oberflächentemperaturen und Außenluftkonditionen. Die Erkenntnisse bestätigten die Speicherfähigkeit der massiven Wände. Der Einfluss der Außenlufttemperatur auf die Bauteilschichttemperatur in Richtung Innenraum nimmt kontinuierlich ab. Beispielgebend dafür ist das Kältetief vom Februar 2018. Während die Außentemperatur in diesem Zeitraum zwischen -10 und +5 Grad schwankte, blieb die Oberflächentemperatur konstant bei 20 Grad.

Zur Erfassung der Daten des Heizsystems wurde ein Wärmemengenzähler installiert. Aus den gewonnenen Daten zu Wärmemenge, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur und zum Massenstrom konnten weitere Rückschlüsse auf die Energieeffizienz gezogen werden. Das tatsächliche Lüftungsverhalten und die realen Raumkonditionen können den Energiebedarf maßgeblich beeinflussen. Inwieweit dies beim Testobjekt der Fall ist, wurde über vier Datenlogger für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit ermittelt. Das Ergebnis wies nur im Bereich der Wohnküche des vierten Obergeschosses auf ein starkes aktives Lüftungsverhalten hin.

Im Rahmen einer thermischen Gebäudesimulation wurde das Gebäude in 16 thermische Zonen unterteilt. Die Ergebnisse lassen einen Vergleich zwischen Simulationsergebnis und durchschnittlichem jährlichen Stromverbrauch zu. Mit einer Abweichung von ca. 9 % fällt die Diskrepanz wesentlich geringer aus als jene zwischen Energieausweis und Energiebedarf.

Die Leistungsfähigkeit der Bauteilaktivierung ist also über den Energieausweis nicht darstellbar. Dazu braucht es detaillierte Simulationen.



# 4. Forschungsergebnisse

## 4.1. Geringere Lüftungswärmeverluste



**Im Zuge des Forschungsprojekts wurden einige bedeutende Erkenntnisse gewonnen. Am gravierendsten unterscheiden sich Energieausweis und tatsächlicher Verbrauch in den Lüftungswärmeverlusten. Dieses Ergebnis bestätigt, dass neben dem Heizsystem auch das Nutzerverhalten entscheidend für den Energieverbrauch ist.**

Grundsätzlich gilt: Beim Luftwechsel in einem Gebäude muss man mit einem Energieverlust rechnen. Das heißt, je mehr Energie beim Öffnen von Fenstern und Türen verloren geht, desto höher ist der Energiebedarf und damit verbunden der Verbrauch.

Im Fall der untersuchten Altstadtwohnung konnte nur im Bereich der Wohnküche im vierten Obergeschoss ein signifikantes aktives Lüftungsverhalten verzeichnet werden. Im Zuge einer Befragung bestätigten die Bewohner dieses Resultat. Im Energieausweis wurde das Lüftungsverhalten allerdings deutlich intensiver eingeschätzt. Mit anderen Worten, geht durch die geringe Lüftung in Eva Habersatter-Lindners Wohnungsgebäude letzten Endes weniger Energie verloren als angenommen. Mit einer Differenz von 7.414 kWh/a bilden die Lüftungswärmeverluste die höchste Abweichung zwischen Energieausweis und Simulation.

### Unterschiede Energieausweis Simulation

Einflussgrößen	Abweichung zur Simulation	
	prozentuell	absolut
Lüftungswärmeverluste	+ 89 %	+ 7.414 kWh/a
Transmissionswärmeverluste	+ 20 %	+ 4.703 kWh/a
Solare Gewinne	- 29 %	- 1.811 kWh/a
Wärmebrücken	+ 52 %	+ 1.233 kWh/a
Interne Lasten	- 9 %	- 536 kWh/a



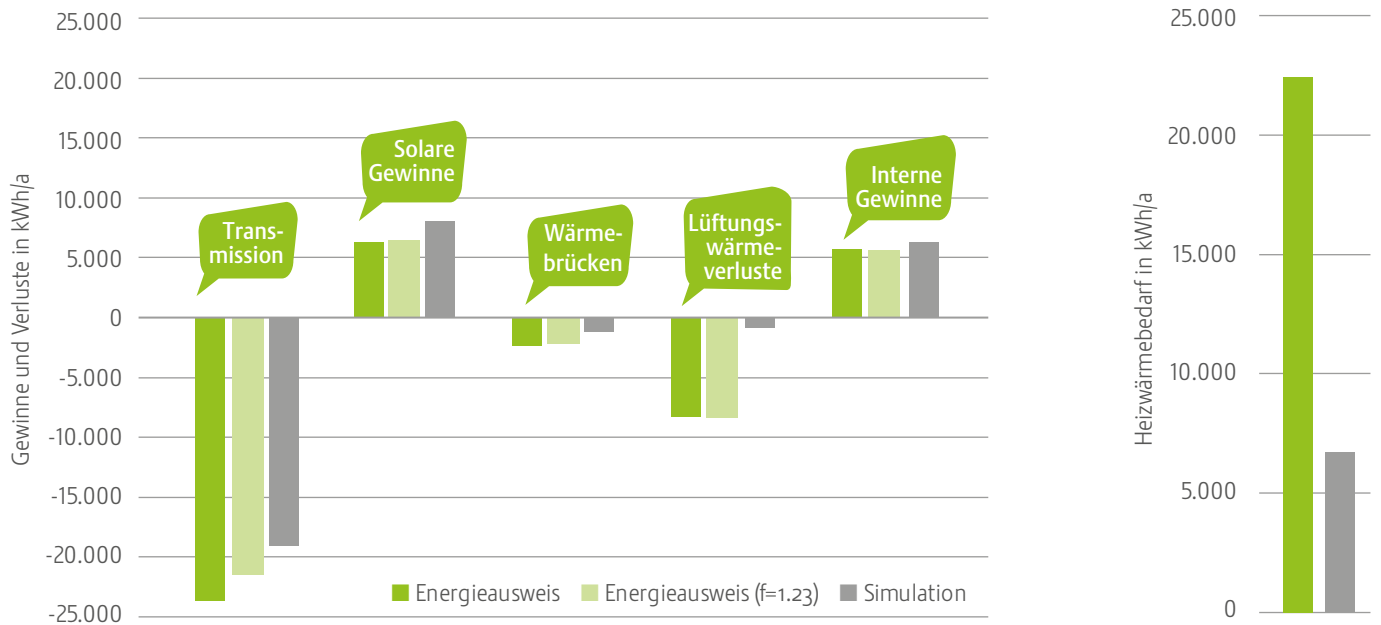
„Das Projekt verdeutlicht, wie sehr sich Praxis und Hochrechnung voneinander unterscheiden. Beim Testobjekt liegt das Lüftungsverhalten weit unter der Norm. Grund dafür ist unter anderem die geringe Belegungsdichte von etwa 70 m<sup>2</sup> pro Person.“

FH-Prof. DI Dr. Markus Gratzl-Michlmair  
Fachhochschule Salzburg, Smart Building

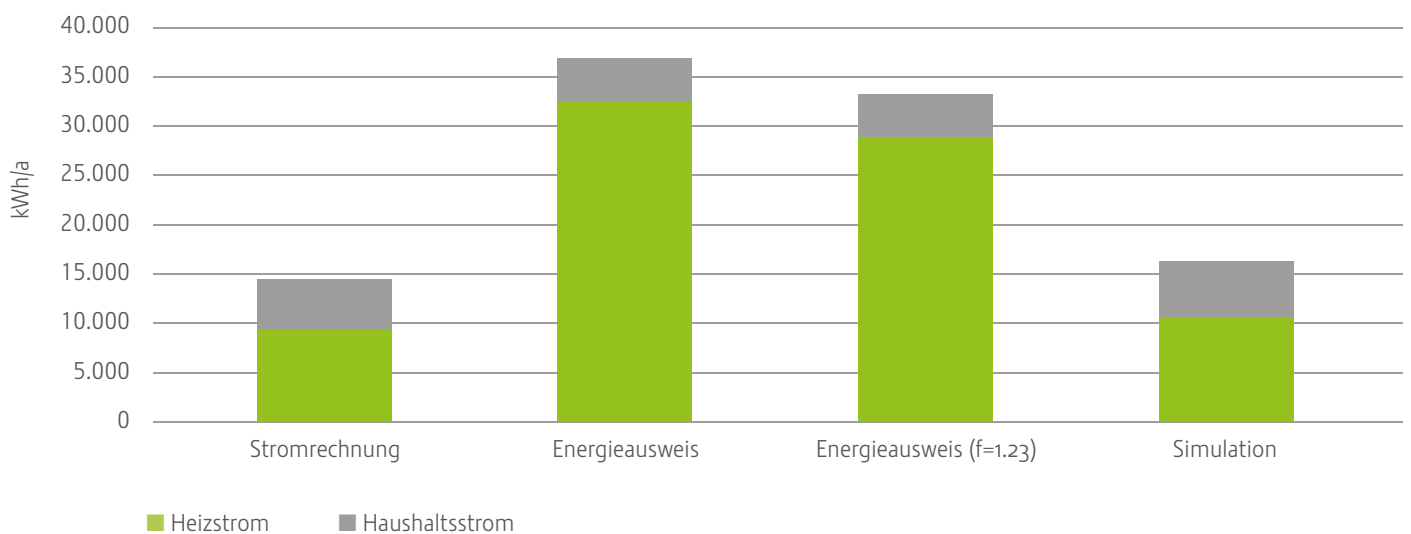




Von den fünf wesentlichen Ursachen bildeten die Lüftungswärmeverluste die größte Diskrepanz zwischen Energieausweis und Energieverbrauch.



Der tatsächliche Energieverbrauch beträgt im Vergleich zum Energieausweis weniger als die Hälfte – selbst nach Reduktion des Korrekturfaktors.



# 4. Forschungsergebnisse

## 4.2. Geringere Transmissionswärmeverluste



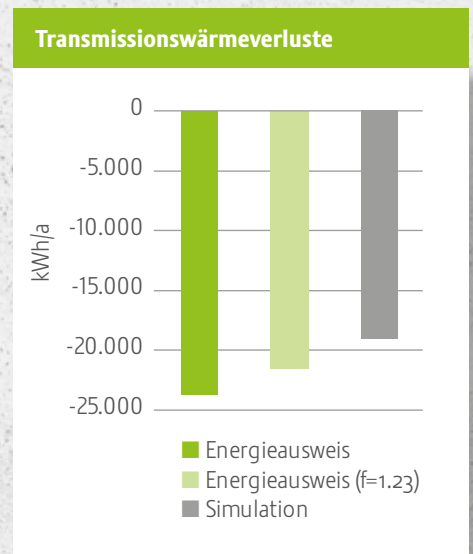
**Ebenso beachtlich ist das Ergebnis in puncto Transmissionswärmeverluste. Nach den Lüftungswärmeverlusten weisen sie die zweithöchste Abweichung zwischen Energiebedarf und -verbrauch auf. Diese Art von Energieverlust ist abhängig vom Korrekturfaktor Flächenheizung und dem Gebäudevolumen.**

Die Transmissionsverluste in der Simulation weichen um 4.703 kWh/a vom Energieausweis ab. Die ausschlaggebende Ursache ist der Korrekturfaktor Flächenheizung. Dieser ist abhängig von der Systemtemperatur der Flächenheizung bzw. der Differenz zwischen Vorlauf- und Rücklauftemperatur. Der Korrekturfaktor wird in der Energieausweisberechnung berücksichtigt – im Fall des Testobjekts beläuft er sich auf 1.83.

Mittels einer Bauteilsimulation wurde die zu erwartende Temperatur der Innenoberfläche berechnet. Basierend auf den Messdaten des Wärmemengenzählers sowie aus der Kälteperiode im Februar 2018 ergab sich ein Korrekturfaktor von 1.23. Somit wurde im Energieausweis auch dieser Wert um rund 48,3 % höher angesetzt. Berücksichtigt man den geringeren Korrekturfaktor, sinken die Transmissionswärmeverluste im Energieausweis von 23.724 kW/h auf 21.224 kW/h – das entspricht rund 11 %.

Zusätzlich trägt die unterschiedliche Berechnung des Gebäudevolumens zu der Abweichung bei. Ein größeres Volumen bedeutet höhere Transmissionswärmeverluste. Im Simulationsmodell beträgt das Volumen 580 m<sup>3</sup>. Im Energieausweis ist man hingegen von einem Gebäudevolumen von 725 m<sup>3</sup> und damit einhergehend von einem höheren Energieverlust ausgegangen.

Insgesamt sind fünf wesentliche Ursachen für die hohe Differenz zwischen Bedarf laut Energieausweis und tatsächlich gemessenem Energieverbrauch verantwortlich. Neben Lüftungswärmeverlusten und Transmissionswärmeverlusten gab es auch geringere Abweichungen bei solaren Gewinnen, Wärmebrückenverlusten und internen Lasten.



# 5. Fazit und Ausblick



**Gebäude mit thermisch aktivierten Bauteilen haben mittlerweile auch im Bereich der Sanierung an Bedeutung gewonnen. Die Speicherkraft der Bauteile wirkt sich nicht nur positiv auf das Raumklima aus, sondern auch auf den Geldbeutel. Bei der Planung sollte der Energieausweis als Information zum Energiebedarf aber mit Bedacht herangezogen werden. Ein Nachschärfen und weitere Forschung sind notwendig.**

Die Untersuchung der FH Salzburg bestätigt, dass aktivierte Bauteile auch bei nachträglicher Wandtemperierung stark schwankenden Außentemperaturen standhalten. Beim Testobjekt haben sich die massiven Wände während eines Kältetiefs als wertvolle Energiespeicher erwiesen. Sie gleichen Oberflächentemperatur und Lufttemperatur natürlich aus und sorgen somit für ein behagliches Raumklima. Zudem gehört Schimmel seit der Sanierung der Vergangenheit an, die Wände sind trocken. Nicht zuletzt bringt die thermische Bauteilaktivierung eine deutliche Kosteneinsparung mit sich.

Im Energieausweis ist dieser Vorteil allerdings nicht ersichtlich – Energiebedarf und tatsächlicher Verbrauch gehen weit auseinander. Die tatsächlichen Lüftungswärmeverluste und Transmissionswärmeverluste weichen am stärksten vom berechneten Bedarf ab. Beide Werte wurden im Energieausweis höher angesetzt. Hauptgrund dafür ist die unterschiedliche Erfassung des Gebäudes und des Nutzerverhaltens.

Der Energieausweis bildet eine wichtige Grundlage für viele Entscheidungen, die das Eigenheim betreffen. Daher sollte dieser kritisch hinterfragt und gegebenenfalls angepasst werden. Das Forschungsprojekt „Sanierung mit Bauteilaktivierung“ zeigt wichtige Problemfelder auf und dient als Anstoß für weitere Untersuchungen.



*Landesinnungsmeister Bmst. Ing. Peter Dertnig und seine beiden Stellvertreter Bmst. Ing. Josef Tatzl (li.) und Ing. Josef Rettenwander (re.).*



**„Von dieser Studie profitieren alle: diejenigen, die Häuser bauen und sanieren, die darin wohnen und letztlich sogar die Umwelt!“**

**Bmst. Ing. Peter Dertnig  
Landesinnungsmeister Bau Salzburg**



KOMPETENZZENTRUM  
**BAUFORSCHUNG**



Moosstraße 197, 5020 Salzburg  
Telefon: +43 662 830 200-19  
E-Mail: [office@forschung-bau.at](mailto:office@forschung-bau.at)  
[www.forschung-bau.at](http://www.forschung-bau.at)