

Bauteilaktivierung als nachträgliches Wärmeabgabesystem in der Sanierung

Tobias Hatt, Energieinstitut Vorarlberg
Stadtstraße 33, 6850 Dornbirn, Österreich
Tel.: +43 (0) 5572 31 202 0; tobias.hatt@energieinstitut.at

Die sanierungsbedürftige Südtiroler Siedlung in Bludenz

Die erhaltenswerte Südtiroler Siedlung in Bludenz/Vorarlberg wurde zwischen 1940 und 1962 errichtet und erstbezogen [Bußjäger et al., 1998]. Die am Stadtrand von Bludenz gelegene Siedlung umfasst 397 Wohnungen und wird von 650 Personen bewohnt. Die Siedlung ist geprägt von kleinen MFH mit durchschnittlich 6-9 Wohnungen (siehe auch Tagungsbandbeitrag von Martin Ploss).

Vor allem die in den Kriegsjahren errichteten Gebäude wurden in einem sehr materialsparenden Niveau errichtet und sind baulich und bezüglich ihrer Wärmeversorgung weitestgehend im Originalzustand. Nur die Fenster wurden Anfang der 80er Jahre erneuert. Alle Wohnungen werden nach wie vor mit Einzelraumlösungen beheizt, sei es mit Holz/Ölfeuern oder direktelektrisch; sie weisen sehr hohe Energieverbräuche und deutliche Komfortdefizite sowohl im Winter, als auch im Sommer auf. Aufgrund des schlechten Zustands, des sehr hohen Energieverbrauchs und der unzureichenden thermischen Behaglichkeit ist eine Sanierung der zumeist 75 bis 80 Jahre alten Gebäude dringend notwendig, wenn die längerfristige Nutzbarkeit gewährleistet werden soll.



Abbildung 1: Gebäude vor und nach der Sanierung. Im Bild rechts ist unten rechts die Luftwärmepumpe zu erkennen. Quelle: Energieinstitut Vorarlberg.

Im Jahr 2023 wurden zwei Pilotgebäude im Rahmen des österreichischen von der FFG geförderten Forschungsprojekts SüdSan saniert, damit Erkenntnisse für die restliche Siedlung abgeleitet werden können. Bei den Gebäuden, welche im bewohnten Zustand saniert werden, wird eine sehr hohe thermische Qualität im EnerPHit Plus Standard angestrebt. Hierzu ist neben sehr guter Dämmung und Fenstern (abgestimmt mit dem Denkmalschutz), Wärmepumpe und Komfortlüftung das Dach südseitig vollflächig mit PV belegt (Abbildung 1).

Nachträgliches Wärmeabgabesystem: Aktivierung der Bestandswand

Da die Gebäude kein hydraulisches Wärmeabgabesystem besaßen, werden verschiedene Wärmeabgabesysteme im Niedertemperaturbereich untersucht, die wärmepumpenoptimiert betrieben werden können. Varianten, alle im bewohnten Zustand umzusetzen, sind unter anderem Niedertemperaturheizkörper (NT-HK) sowie die thermische Aktivierung der Außenwände. Diese erfolgt durch Heizschlangen auf der Außenseite der Bestands-Außenwände, welche dann mit einer sehr guten Dämmfassade überdeckt werden (Abbildung 2).



Abbildung 2: Nachträglich installierte Bauteilaktivierung der Außenwand. Links: Heizschlangen mit Wärmeleitblechen (System CEPA) Rechts: Kreuzlagen in Holzbauweise, welche mit Dämmstoff gefüllt werden. Quelle: Energieinstitut Vorarlberg.

Dieses so gezeigte System wird in einem der Mustergebäude erstmals in der Sanierung als alleiniges Wärmeabgabesystem eingesetzt. Ähnliche Systeme wurde zuvor in einigen Forschungsvorhaben untersucht und teilweise auch in der Praxis umgesetzt.

- AEE INTEC Versuchsfassade, theoretische Untersuchungen und Modellprojekte [Hengel et al., 2020]

- Forschungsvorhaben LEXU, Institut für ZukunftsEnergie-und Stoffstromsysteme (IZES) gGmbH [Altgeld et al., 2010] und Nachfolgeprojekt LEXUII. Unter anderem praktische Umsetzung an einer Versuchsfassade.
- Dissertation von Christoph Schmidt 2019 [Schmidt, 2019]
- Forschungsvorhaben Sani60ies: Große Neugasse, Sanierung und Heizungsumstellung mit fassadenintegrierter Bauteilaktivierung [Lea-M. Hackl et al., 2022], Institute of Building Research & Innovation.
- Wohnen findet Stadt! - Smarte Modernisierung und Umsetzung am Beispiel der Burgfriedsiedlung Hallein [Paul Schweizer, 2021]

Die EnerPHit Sanierung wurde mit PHPP modelliert und die haustechnischen Systeme, vor allem die Bauteilaktivierung, wurden mit Hilfe von dynamischer Gebäude und Anlagensimulation mit IDA ICE abgebildet.

Einflussfaktoren für die Aktivierung der Bestandswand

Ein wichtiger Parameter ist die thermische Qualität der Bestandswand, da der Wärmedurchgang (U-Wert) entscheidend für die Beheizung der Innenräume ist. Je schlechter der U-Wert der Bestandswand ist, desto besser für die Beheizung. Dieser wurde mit 2D Wärmestromberechnungen und anschließend Vor-Ort Messung bestimmt und es wird von einem U-Wert von 1,7-1,8 W/(m²K) je nach Wanddicke gerechnet. Damit die zusätzlichen Verluste nach außen durch die Erhöhung der Wandtemperatur mittels Bauteilaktivierung nicht zu hoch werden, müssen die Heizschlangen sehr gut überdämmt werden. Die Wand wurde daher auf einen U-Wert von 0,12 W/(m²K) saniert.

Ein weiterer wichtiger Parameter ist der Wärmeübergang vom Fluid (Heizungswasser) der Heizschlangen in die Bestandswand. Der beste Übergang würde z.B. durch vollflächiges Einputzen dicht verlegter Leitungen erreicht werden. Vor allem aus Kosten-, Zeit- und Umsetzungsgründen (Leckagerisiko durch nachträgliche Bohrungen zum Befestigen der außenliegenden Dämmung) wurde hier eine Lösung mit Wärmeleitblechen umgesetzt. Ohne Wärmeleitbleche auf dem rauhen Putz würden laut Wärmestromberechnungen¹ 14 W/m²_{Wandfläche} an der Innenwand an den Raum abgegeben, mit Wärmeleitblechen 34 W/m²_{Wandfläche}. Ohne Leitbleche würde die Abgabeleistung bei Vorlauftemperaturen im Niedertemperaturbereich nicht in allen Räumen genügen um auf die gewünschte Raumtemperatur von 22°C zu kommen.

Die Abgabeleistung hängt stark von der zur Verfügung stehenden Wandfläche ab und diese von der Geometrie des Raumes. Zur Einordnung der Werte wird ein theoretischer Raum betrachtet mit 4x5 m = 20 m²; Raumhöhe 2,4 m (siehe Abbildung 3). Im Fall des Eckraumes (links) und einer Abgabeleistung der Wandheizung von 25 W/m²_{Wand} können somit bei fast gleicher Außenwandfläche zu Fußbodenfläche etwa 25 W/m²_{Boden} eingebracht werden. Dieser Wert entspricht in etwa der Heizlast eines energetisch mittelmäßig sanierten Gebäudes. Im Falle des schmalen Mittelraums ist das Verhältnis Außenwandfläche/Fußbodenfläche etwa 0,4 wodurch etwa 10 W/m²_{Boden} eingebracht

¹ Ti=22°C; Ta= -10°C; Mittlere Fluidtemperatur: 37,5°C aus 40°VL/35°RL; 12,5 cm Verlegeabstand der Rohre, U_{Bestandswand}= 2,3 W/(m²K)

werden können. Dieser Wert entspricht im Mittel einem Neubau in Passivhausstandard. Das bedeutet, dass Eckzimmer mit niedrigen Heizlasten (z.B. Zwischengeschoße) eventuell ohne Wärmeleitbleche oder mit weiteren Verlegeabständen ausgeführt werden können, andere Zimmer, welche nur eine Außenwand haben, aber mit Wärmeleitblechen. Des Weiteren gilt zu beachten, dass Vorbauten oder Möblierung vor der Wand den Wärmedurchgang mindern. In den Bädern mit sehr kleinen Außenwandflächen, an denen auch die WC-Spülkästen verbaut sind, genügt die Heizleistung der Wandheizung nicht. Deshalb werden in diesen zusätzlich, zur temporären Beheizung auf 24°C, Infrarotpaneele (IR) mit automatischer Abschaltung nach 15 Minuten installiert. Infrarotpaneele deshalb, weil ein zusätzlicher Eingriff in den Wohnungen durch ein zusätzliches wasserführendes System vermieden werden sollte.

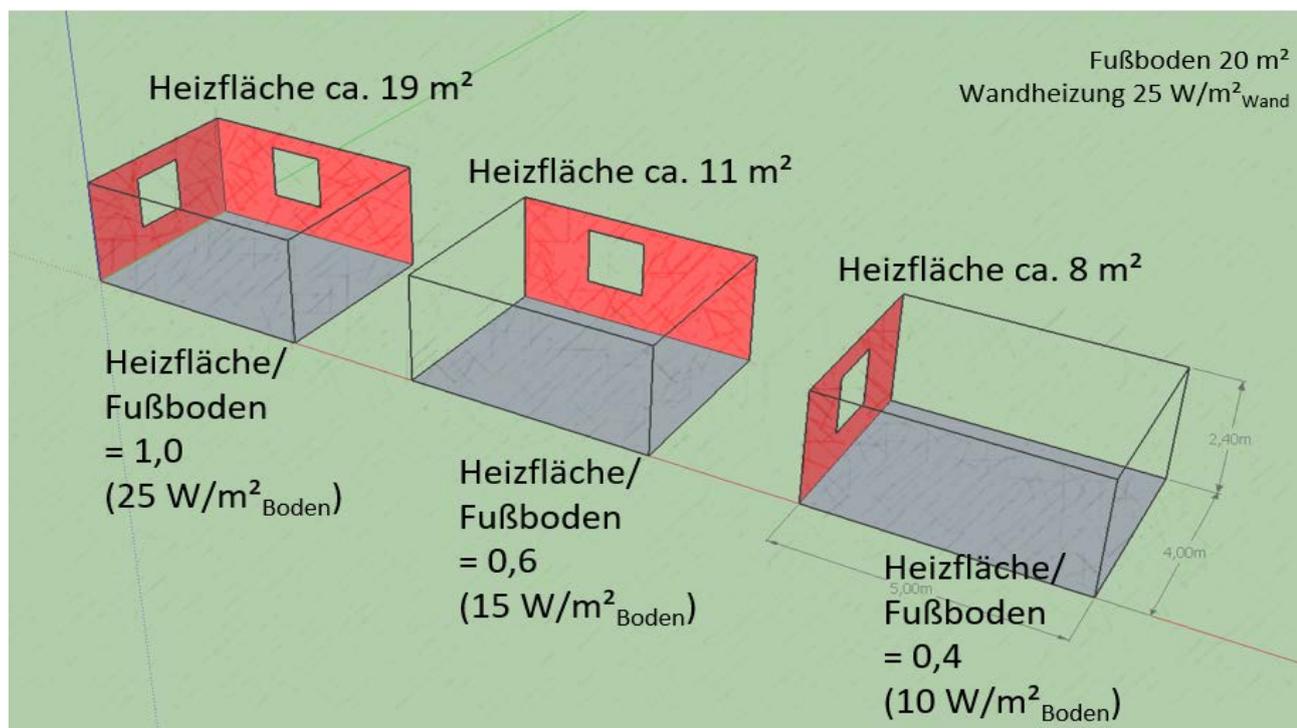


Abbildung 3: Wärmeabgabefläche der Wandheizung im Verhältnis zur Fußbodenfläche verschiedener Räume (Grafik: Energieinstitut Vorarlberg).

Für die Regelung der Wandheizung wurden verschiedene Strategien untersucht, auch unter dem Aspekt der baulichen Mehrkosten. Es wurde zum einen ein System nur nach Außentemperatur geregelt untersucht, eines in vier Zonen unterteilt und zuletzt die Einzelraumregelung. In einer Masterarbeit wird noch die Auswirkung einer prädiktiven Regelung und einer rücklauftemperaturgeführten Regelung analysiert. Im Forschungsprojekt wurde, trotz geringer Mehrkosten, die Einzelraumregelung umgesetzt, vor allem, damit die Nutzer die Möglichkeit bekommen, einzelne Räume abzuschalten. Das System ist laut Simulationsergebnissen sehr träge (6-12 Std), und die Regelung mit Einzelraumreglern wirkt daher nicht sofort auf die Raumlufttemperatur. Sie verhindert aber das generelle überhitzen oder abkühlen einzelner Räume im Zeitraum mehrerer Tage. Damit eine Akzeptanz bei den Nutzern erreicht wird, werden die Bewohner im Rahmen einer Nutzerschulung auf die langsame Regelbarkeit hingewiesen.

Nachträgliche Bauteilaktivierung oder Niedertemperaturheizkörper

Statt der nachträglichen Aktivierung der Bestandswand wurden im zweiten Pilotgebäude Niedertemperaturheizkörper (NT) installiert, mit dem Nachteil, dass in den bewohnten Wohnungen ein Eingriff notwendig ist. Damit die beiden Systeme besser verglichen werden können, wurden in Simulationen beide Systeme nacheinander im selben Gebäude abgebildet. Bei beiden Wärmeabgabesystemen wird als Wärmerezeuger eine Luftwärmepumpe (LWP) modelliert². Die Ergebnisse der Verbrauchsprognoseberechnungen (siehe Fußnoten) sind in Tabelle 1 dargestellt.

In kWh/(m ² _{EBFA})	Aktivierung Bestandswand (Einzelraumregelung) + IR Paneele	Niedertemperaturheizkörper (PI Regelung)
Nutzenergie Raumheizung ³	39,0 (34,5 ohne IR)	37,1
Verteil- und Speicherverluste ⁴	7,3	6,3
Strom Wärmepumpe	13,3	13,3
Strom IR Paneele	4,5	0,0
Strom Pumpen	1,5	1,0
Summe Strom Heizung	19,3	14,3

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Simulationsergebnisse (keine PHPP Ergebnisse) für die Raumheizung ohne Warmwasser beider Varianten a) nachträgliche Bauteilaktivierung und b) Niedertemperaturheizkörper.

Die Variante der nachträglich aktivierten Außenwand, inkl. der IR-Paneele in den Bädern, weist einen um 5,0 kWh/(m²_{EBFA}) höheren Strombedarf auf als die Variante mit Niedertemperaturheizkörpern. Es konnte bei dem untersuchten Gebäude in den Simulationen keine wesentlich niedrigere Vorlauftemperatur⁵ im Flächenheizsystem erreicht werden, als mit den NT-Heizkörpern, wodurch die Effizienz der LWP bei beiden Systemen ähnlich ausfällt. Der höhere Strombedarf setzt sich zusammen aus: - höherer Nutzwärmebedarf durch träge Regelung, - zusätzliche Wärmeverluste durch „wärmere“ Außenwand, - höhere Verteilverluste durch Leitungsführung teilweise außerhalb thermischer Hülle, - höherer Pumpenstrombedarf und - als größter Faktor die direkt elektrische Zusatzheizung in den Bädern. Letztere könnte zur Effizienzsteigerung durch ein hydraulisches System ersetzt werden, welches an die LWP angeschlossen wird.

Ein Kostenvergleich der abgerechneten Kosten steht noch aus, aber aus den Angebotskosten⁶ der Ausschreibungsphase können für die nachträgliche Aktivierung der Außenwand 163 €/m²_{WNF} und für die Niedertemperaturheizkörper 133 €/m²_{WNF} angegeben werden. Da sich das vorgestellte Außenwandheizsystem im Projekt noch in der Prototypphase befindet, sind während der Umsetzung noch zusätzliche Aufwände und Abstimmungstermine entstanden, welche die Differenz bei den abgerechneten Kosten vermutlich noch erhöhen wird. Durch Standardisierung und Erfahrungsgewinn können diese Kosten aber in Zukunft noch gesenkt werden. Wenn es gelingt, das System in

² Berechnungsstand: Werkplanung, Tsoll 22,5°C (Bad 24° während Nutzung), Luft-Wärmepumpe COP 7/40 = 4,0

³ Bei 22,5° Raumtemperatur, IWQ und Personenanzahl eigene Ermittlung,

⁴ ohne zusätzliche Verluste der Wandheizung nach außen, diese sind im Strom WP mit Berücksichtigt

⁵ Vorlauftemperatur 45°C bei -10°C Außenlufttemperatur, 37°C bei 0°C

⁶ inkl. Verteilung; bei Wandheizung inkl. FBH DG, inkl. Infrarotpaneelle, ohne bauliche Mehrkosten Dämmung o.ä.

vorgefertigte Fassadenelemente zu integrieren, wäre der Aufwand auf der Baustelle stark reduziert und das System hätte einen Wettbewerbsvorteil.

Erkenntnisse

Hauptvorteil der nachträglich aktivierten Außenwand im Vergleich zu NT-Heizkörpern ist, dass in den bewohnten Wohnungen kein Eingriff stattfindet, auch eine Kühlung ist mit dem System möglich. Nachteil sind der höhere Energiebedarf für die Beheizung und die schlechtere Regelbarkeit aufgrund der Trägheit des Systems. Ebenfalls als Nachteil wurde im Projekt die Komplexität in der Ausführung gesehen, da es noch kein Standardprodukt ist. Es gibt Schnittstellen zwischen den Gewerken HLS und Fassadenbau, auch in den Verantwortlichkeiten, welche sehr gut koordiniert sein müssen und es wird empfohlen dies frühzeitig im Projekt abzuklären. Die NT-Heizkörper sind in der Umsetzung ein Standardvorgehen. Durch die niedrigen Vorlauftemperaturen haben die NT-Heizkörper als Nachteil niedrige Oberflächentemperaturen, was zu niedrigerer Nutzerakzeptanz führen kann. Beide Systeme lassen aber in Kombination mit der sehr guten Hüllqualität und Lüftung mit Wärmerückgewinnung sehr niedrige Energiebedarfe erwarten. NT-Heizkörper sind laut Kostenschätzung etwas günstiger in der Anschaffung.

Solange es noch keine ausreichende Praxiserfahrung gibt, ist es sinnvoll solche Systeme zu simulieren. Im Vorfeld eine Analyse der Bestandswand durchführen, da der Bestands-U-Wert einen hohen Einfluss auf die Wirksamkeit und Effizienz hat.

Ein Monitoring ist installiert und Ergebnisse zu Nutzerzufriedenheit, Energieeffizienz und abgerechneten Kosten gibt es nach dem ersten Winter 2023/2024. In der kalten Januarwoche 2023 wurden die gewünschten Raumlufttemperaturen erreicht.

Quellenverzeichnis

- [Altgeld et al., 2010] Altgeld, H., Mahler, M., Cavalius, R., Horst, J., Dürnhöfer, A., Boettcher, J., 2010. Energieeinspar- und Kostensekungs-potenziale durch den Einsatz von außenliegenden Wandheizungssystemen (aWH) für Niedertemperatur-anwendungen. Endbericht Proj. LEXU Fkz 327370.
- [Bußjäger et al., 1998] Bußjäger, P., Concin, J., Gerstgrasser, K., 1998. Die Bludener Südtiroler-Siedlung und ihre Bewohner, Bludener Geschichtsblätter. Geschichtsverein Region Bludenz, Bludenz.
- [Hengel et al., 2020] Hengel, F., Ramschak, T., Gumhalter, M., Venus, D., 2020. Showing new concepts with thermal activated prefabricated Façades for retrofitting residential buildings, in: BauSIM 2020. Presented at the BauSIM 2020.
- [Lea-M. Hackl et al., 2022] Lea-Marie Hackl, Albana Deralla, Peter Holzer, 2022. Große Neugasse; Sanierung und Heizungsumstellung mit fassadenintegrierter Bauteilaktivierung. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Wien.
- [Paul Schweizer, 2021] Paul Schweizer, 2021. Wohnen findet Stadt! - Smarte Modernisierung und Umsetzung am Beispiel der Burgfriedensiedlung Hallein (Publizierbarer Endbericht). Paul Schweizer Architekt, Salzburg.
- [Schmidt, 2019] Schmidt, C.W., 2019. Feldtest und dynamische Simulation der außenliegenden Wandtemperierung (PhD Thesis). University of Luxembourg, Luxembourg.