

## **Fassadengekoppelte Energieversorgungskonzepte für die Sanierung**

*D. Jähnig, C. Fink, T. Ramschak, D. Venus, K. Höfler*

Im Rahmen des von 2014 bis 2017 laufenden Projektes „Vorgefertigte Fassadenelemente mit maximal integrierten HVAC-Komponenten und -systemen zur Bestandssanierung“ wurden neue Lösungsansätze für intelligente Bestandssanierung aufgezeigt bzw. entwickelt, wobei es unter anderem um die Synergieeffekte für die Modernisierung der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik bei konsequenter Nutzung erneuerbarer Energieträger ging. Erklärtes Ziel dabei war die Erreichung eines hohen Vorfertigungsgrades in Verbindung mit Holz-Vorhangfassaden und damit kurze Sanierungszeiten mit geringsten Belastungen der Bewohner, reduzierte Abhängigkeiten von der Witterung im Sanierungsprozess sowie eine gesicherte hohe Ausführungsqualität. Entsprechende Energieversorgungskonzepte stellen die auf die Fassade auftreffende Solarenergie effizient dem Gebäude zur Verfügung.

Eine Sanierung mit fassadenintegrierter Haustechnik hat in großvolumigen Wohnbauten aus den Jahren 1960 – 1980 besonders großes Potenzial, da sie sowohl einen großen Anteil der heute zur Verfügung stehenden Wohnfläche ausmachen als auch zum überwiegenden Teil noch nicht saniert sind. Darüber hinaus sind diese aufgrund der regelmäßigen, schnörkellosen Fassadengestaltung und gleichmäßigen Grundrissen über mehrere Etagen besonders für den Ansatz der Vorfertigung geeignet.

### **Entwicklung und Auswahl von Energieversorgungskonzepten**

Für die Sanierung von solchen großvolumigen Wohnbauten wurden basierend auf dem Ansatz einer konsequenten Fassadenintegration und hoher Vorfertigungsgrad über 20 unterschiedlichste Energieversorgungskonzepte für Raumheizung und Warmwasserbereitung analysiert und zunächst grob vorbewertet. Die vielversprechendsten Konzepte wurden dann einem ausführlichen Bewertungsprozess (detaillierte energetische Simulation, Lebenszykluskosten) unterzogen. Nachfolgend werden einige Konzepte inkl. zugehöriger Ergebnisse kurz vorgestellt.

Das Konzept „WP-zentral + PV“ (siehe beispielhafte Abbildung 1) sieht die Wärmeversorgung durch eine zentrale Außenluft-Wärmepumpe, die einen Pufferspeicher für die Raumheizung belädt und an zwei Zeitfenstern am Tag dezentrale Warmwasserspeicher in den Wohnungen mit Wärme beliefert, mit fassadenintegrierten Versorgungsleitungen und PV Modulen vor.

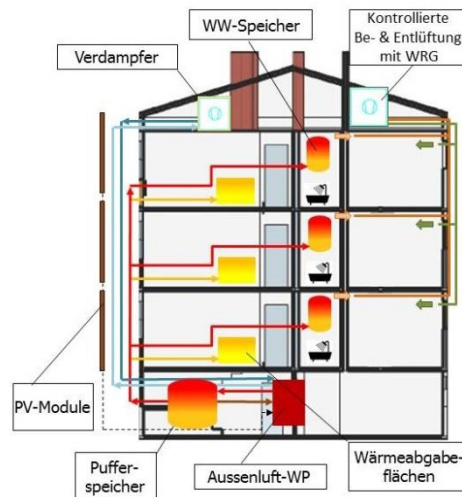


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung des Konzepts „Zentrale Wärmepumpe mit PV“

Das Konzept „WP-dezentral + PV“ sieht eine fassadenintegrierte Wärmepumpe pro Wohnung vor, über die der Heizwärmebedarf gedeckt und gleichzeitig jeweils ein Trinkwarmwasserspeicher beheizt wird. Der Vorteil gegenüber dem zentralen System sind wesentlich reduzierte Wärmeverluste bei der Wärmeverteilung.

Eine Optimierung des PV-Beitrages wird beispielsweise erreicht, indem zu Zeiten ausreichender Einstrahlung und bereits abgedecktem Wärmebedarf die Wärmepumpe den verfügbaren PV-Strom ausnutzt, um sowohl den Pufferspeicher als auch die WW-Speicher über die Zapftemperatur hinaus aufzuheizen. Wenn das Angebot an PV-Strom höher ist als der momentane Bedarf der Wärmepumpe und der zugehörigen Stromverbraucher, kann optional der Haushaltsstrombedarf mit eingebunden werden, um den Eigenverbrauchsanteil zu erhöhen (Eigenverbrauchsanteile je nach PV Fläche bis 100 %).

Beim Konzept „Strom Direkt“ wird die Wohnung über Infrarot-Heizflächen elektrisch beheizt: Die Warmwasserbereitung geschieht in jeder Wohnung über einen Elektroboiler. Vorhandener PV Ertrag von fassaden- und dachintegrierten Modulen kann direkt genutzt werden. Der PV Beitrag kann durch eine gewisse Überhitzung der WW Speicher noch erhöht werden.

Bei den beiden dezentralen Konzepten sind jeder Wohnung PV Flächen zugeordnet, die einen Teil des Strombedarfs decken können. Für jedes Konzept wurden unterschiedliche PV Flächen betrachtet, die sich an den tatsächlich am Gebäude vorhandenen Flächen orientieren. Die kleinste Fläche beinhaltet nur die Südfassade, dann werden sukzessive die Ost- und die Westfassade, sowie die Dachflächen hinzugenommen.

### Simulationen

Für die Sanierung des Gebäudes wurden zwei verschiedene energetische Standards für ein Referenzgebäude mit 12 Wohnungen und ca. 680 m<sup>2</sup> Wohnfläche betrachtet: HWB 30 kWh/m<sup>2</sup> a (sehr guter Niedrigenergiestandard) und HWB 15 kWh/m<sup>2</sup> a (Passivhausstandard).

Zur Gegenüberstellung wurde eine Referenzanlage festgelegt. Für die Raumheizung wurde eine zentrale Gas-Brennwerttherme vorgesehen. Die Warmwasserbereitung erfolgt über elektrisch beheizte Speicher (150 l pro Wohnung).

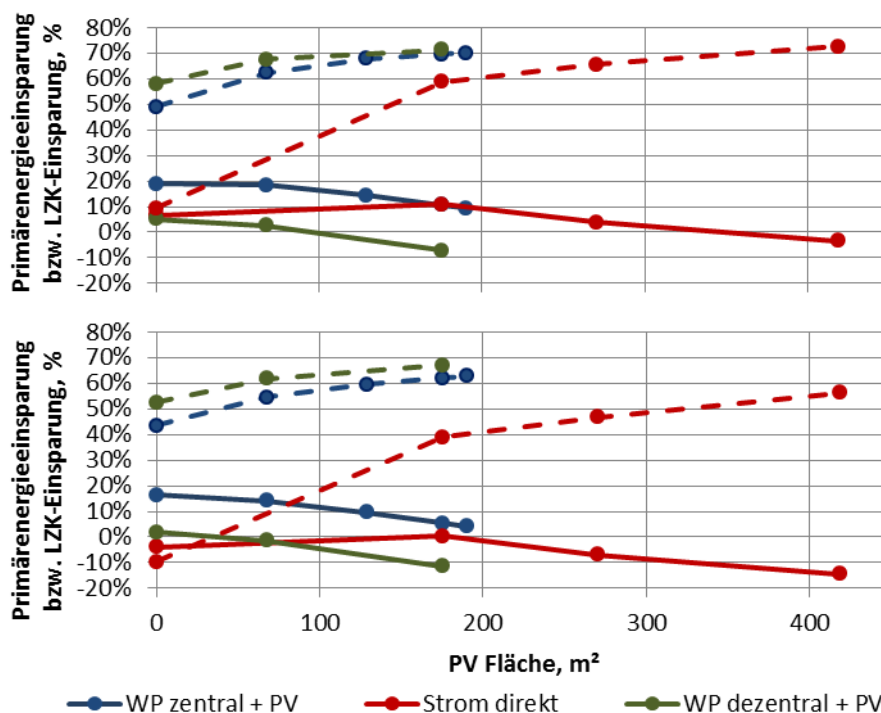


Abbildung 2: Vergleich der Primärenergieeinsparungen und der Lebenszykluskosteneinsparungen für HWB 15 (oben) und HWB 30 (unten)

In Abbildung 2 sind für beide thermische Sanierungsstandards die ermittelten Primärenergieeinsparungen für alle drei Konzepte mit unterschiedlichen PV-Flächen und jeweils auch ohne PV im Vergleich zur jeweiligen Referenzsanierung dargestellt.

Bei den Varianten mit PV Fläche ist der von der Haustechnik direkt verbrauchte PV Strom abgezogen. Überschüssiger ins Netz eingespeister PV Strom wurde dagegen nicht in die Bilanz aufgenommen.

Die Primärenergieeinsparungen erreichen sehr gute Werte von 50 -70 % bei Sanierungsstandard HWB 15, mit Ausnahme der Variante Strom direkt ohne PV. Bei HWB 30 liegen die Werte jeweils etwas niedriger, wobei das Strom Direkt Konzept hier sogar deutlich schlechter abschneidet, weil die PV Flächen hier für den hohen Stromverbrauch besonders im Winter nicht ausreichen.

Um diese Konzepte auch im Hinblick auf wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit gegenüber konventionellen Sanierungen zu bewerten, wurden die Lebenszykluskosten ermittelt. Der Betrachtungszeitraum wurde mit 40 Jahren so gewählt, dass er der Lebensdauer von Fassadenelementen entspricht.

## **Vorteile von Fassadenintegration und Vorfertigung**

Sanierungskonzepte mit vorgefertigten Fassadenelementen mit Haustechnikkomponenten haben eine Reihe von Vorteilen, die auch monetär ins Gewicht fallen.

Z.B. können durch die so erreichte minimalinvasive Sanierung die Bewohner der Wohnungen während der Sanierungszeit in ihren Wohnungen bleiben. Ein weiterer zentraler Vorteil ist auch die Integration der Versorgungsstränge (Kaltwasser, Abwasser, ggf. Heizung, etc.) in das vorgefertigte Fassadenelement, weshalb nicht aufwändig im Gebäude die Rohrleitungen neu verlegt werden müssen. Weiters führt die bewusste Doppelnutzung von einzelnen Bauteilen zu Synergien und somit zu Kostenreduktionspotenzialen.

## **Lebenszykluskosten**

Diese Vorteile wurden auch in den angestellten ökonomischen Gesamtbetrachtungen (Lebenszykluskosten für alle untersuchten Varianten) mit berücksichtigt.

Die Lebenszykluskosten für alle simulierten Systemkonzepte aufgetragen über der PV Fläche ist in Abbildung 2 (oben) für den Sanierungsstandard HWB 15 dargestellt. Alle drei Systemkonzepte erzielen bei Ausführung ohne PV-Anlage Einsparungen bei den Lebenszykluskosten im Vergleich zur Referenzsanierung, die im Bereich zwischen 5 und 19% liegen. Kommt Photovoltaik ins Spiel, sinken bei den beiden Systemkonzepten mit Wärmepumpe die Kosteneinsparungen und werden im Falle der dezentralen Wärmepumpen bei einer PV-Fläche von rund 100 m<sup>2</sup> negativ. Beim Systemkonzept Strom Direkt stellt sich ein Optimum an Kosteneinsparung bei einer PV-Fläche von rund 176 m<sup>2</sup> ein. Bei größeren PV-Flächen sinkt auch bei diesem Konzept die Kosteneinsparung wieder ab. Bei den dezentralen Wärmepumpensystemen können die höchsten Primärenergieeinsparungen erreicht werden, die Kosteneinsparungen im Vergleich zum Referenzsystem werden aber bereits bei 100 m<sup>2</sup> Photovoltaik negativ. Hauptursache sind hierfür die aktuell noch nicht in großen Stückzahlen produzierten Mikrowärmepumpen, die in diesem Konzept eingesetzt wurden. Von einer Kostenreduktion in Folge von Standardisierung und Produktionsautomatisierung durch große Stückzahlen kann zukünftig aber ausgegangen werden.

Bei HWB 30 (Abbildung 2 (unten)) liegen die Einsparungen bei den Lebenszykluskosten der WP-Systeme ohne PV-Flächen mit rund 2% und 17% jeweils etwas niedriger als bei beim Sanierungsstandard HWB 15. Das Systemkonzept Strom Direkt ohne PV-Anlage hingegen erhöht bereits die Lebenszykluskosten im Vergleich zur Referenzsanierung um rund 4%. Dies liegt an dem bei HWB 30 besonders im Winter höheren Stromverbrauch bei diesem Sanierungsstandard. Sonst zeigt sich ein ähnlicher Verlauf wie bei HWB 15.

## **Bau und Test von Fassadenelementen**

Weiters wurden für vielversprechende Konzepte funktionelle Bauteilentwürfe zur Zusammenführung von Gebäudetechnikelementen und hochwärmegedämmten Holztragsystemen erstellt und hinsichtlich architektonischer, bauphysikalischer und funktioneller Anforderung untersucht. Ein erstes Funktionsmuster einer eingeschobigen Modellfassade mit einem Fensterelement, einem Gebäudetechnik-Versorgungsschacht und

einem PV Modul (siehe Titelfoto) wurde gefertigt und auf unterschiedlichen Prüfständen hinsichtlich Eignung untersucht. Dabei beinhaltet der Gebäudetechnik- Versorgungsschacht neben den Verteilleitungen für Raumheizung sowie Kaltwasser und Abwasserstränge eine hinsichtlich Geometrie speziell entwickelte Solewärmepumpe und die zugehörigen Soleleitungen). Das Funktionsmuster beinhaltet einen Mechanismus, mit dessen Hilfe die Wärmepumpe für Wartungsarbeiten von innen einfach über das Fenster zugänglich gemacht werden kann. Das Konzept des Gebäudetechnik-Versorgungsschachts wurde so aufgebaut, dass alle Gebäudetechnikelemente über die gesamte Gebäudehöhe kompakt in einem vorgefertigten Bauteil zusammengefasst sind.

Die Modellfassade wurde verschiedenen Tests unterzogen wie z.B. die Luftschalldämmung des gesamten Moduls, die Schallintensität bei eingeschalteter Wärmepumpe, die Luftdurchlässigkeit und die Schlagregendichtheit.

Alle Testergebnisse sind soweit zufriedenstellend. Kleinere Verbesserungspotenziale in Bezug auf die Aufhängung der Wärmepumpe zeigten sich bei der Schallintensitätsmessung bei eingeschalteter Wärmepumpe (siehe Abbildung 3). Und zwar kam es bei eingeschalteter Wärmepumpe zu Körperschallübertragung auf das Fensterelement. Optimierungsvorschläge hierzu liegen aber bereits vor.

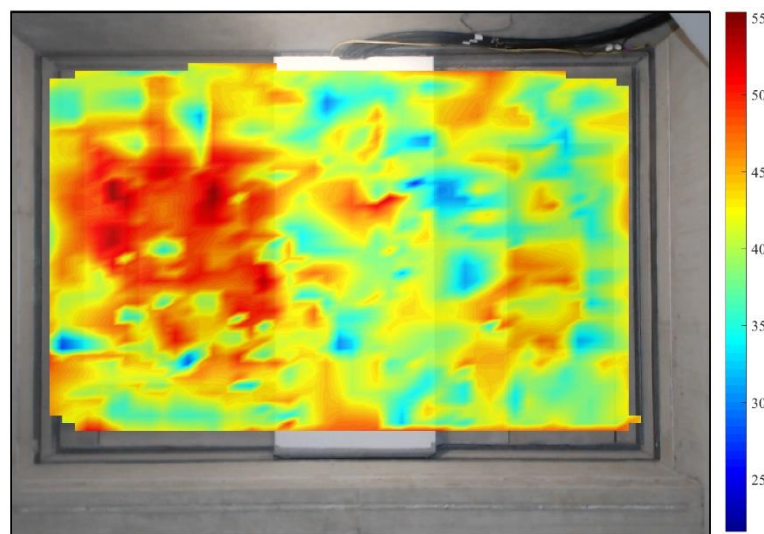


Abbildung 3: Messergebnis der Schallintensitätsmessung im Terzfrequenzband 200 Hz, roter Bereich: Fensterelement, Mitte: Versorgungsschacht mit Wärmepumpe

## Ausblick

Sowohl die Ergebnisse aus den theoretischen Untersuchungen als auch die Erkenntnisse aus den Arbeiten an den Funktionsmustern haben im gegenständlichen Forschungsprojekt gezeigt, dass die Kopplung von Bautechnik und Gebäudetechnik in vorgefertigten Fassadenelementen ein hohes Potenzial besitzt, herkömmliche Sanierungsabläufe entscheidend zu vereinfachen, Kosten zu reduzieren und den Primärenergiebedarf deutlich

zu senken. Neben dem Geschoßwohnbau sind aber auch andere großvolumige Gebäudetypen (Hotels, Heime, Bürogebäude, etc.) durchaus prädestiniert für den Einsatz hochintegrierter und vorgefertigter Fassadenelemente. Essentiell dabei sind der interdisziplinäre Zugang und die konsequente Betrachtung der Kosten über den gesamten Lebenszyklus. Unterstützt durch weiterführende Forschungs- und Demonstrationsprojekte kann dieser Ansatz einen zentralen Beitrag zur Steigerung der Sanierungsrate und somit zur Erreichung der Klimaschutzziele leisten.

### **Danksagung**

Das Projekt „Vorgefertigte Fassadenelemente mit maximal integrierten HVAC-Komponenten und –systemen zur Bestandssanierung“ wurde gefördert im Rahmen des Forschungs- und Technologieprogrammes e!MISSION.at – Energy Mission Austria des österreichischen Klima- und Energiefonds.

Das Forschungsteam zum Projekt „Vorgefertigte Fassadenelemente mit maximal integrierten HVAC-Komponenten und –systemen zur Bestandssanierung“:

- AEE INTEC (Koordinator)
- TU Graz – Labor für konstruktiven Ingenieurbau
- TBH Ingenieur GmbH
- Nussmüller Architekten ZT GmbH
- Kulmer Holz-Leimbau GesmbH
- Vaillant GmbH