

Sanierung von Mehrfamilienhäusern mit vorgefertigten Holzfassaden mit integrierter Lüftung und Kleinst- Wärmepumpe

Samuel Breuss
Energieeffizientes Bauen/UIBK
Innsbruck, Österreich

Mattias Rothbacher
Ingenieurbüro Rothbacher GmbH
Zell am See, Österreich

Fabian Ochs
Energieeffizientes Bauen/UIBK
Innsbruck, Österreich



Sanierung von Mehrfamilienhäusern mit vorgefertigten Holzfassaden mit integrierter Lüftung und Kleinst-Wärmepumpe

1. Einleitung und Motivation

Bei der Sanierung von Geschoßwohnbauten, welche häufig kleine Wohnungen mit sehr inhomogener Wärmeversorgung aufweisen (Gas-, Öl- oder Stückholz-Einzelöfen, Elektroboiler usw., vgl. z.B. EU-Projekt Sinfonia) zeigt sich, dass eine Gesamtsanierung inklusive Umstellung auf zentrale Heizung und TWW-Versorgung mit z.B. Fernwärmeanschluss, Biomassekessel (ggf. in Verbindung mit Solarthermie) oder zentrale Luft-, Erdreich- oder Grundwasserwärmepumpe i.d.R. nicht möglich ist. Gerade für die häufig im sozialen Wohnbau vorkommenden kleinen Wohneinheiten scheiden am Markt verfügbare dezentrale Lösungen aus Platz- und Kostengründen häufig aus.

Die erforderlichen Sanierungsraten für die Erreichung der Klimaschutzziele bei der dafür notwendigen Qualität und Geschwindigkeit kann nur durch serielle Sanierung z.B. mittels vorgefertigter Holzfassaden gelingen.

Um eine minimalinvasive serielle Sanierung und einen Umstieg auf ein nachhaltiges Heizsystem im bewohnten Zustand zu ermöglichen müssen also möglichst kompakte Lösungen gefunden werden, die dann zumindest partiell vorgefertigt in die Fassade implementiert werden können. Dies kann die Integration von Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung, von Wärmepumpen bzw. Komponenten von Wärmepumpen oder auch eine Kombination aus beiden Einheiten beinhalten.

Die Herausforderung ist die architektonisch ansprechende Integration sowie die Einhaltung des Schallschutzes, sowohl in der Wohnung als auch im Freien an der Grenze zur Nachbarbebauung.

Die Verlagerung der technischen Komponenten in die Außenfassade bringt den Vorteil mit sich, dass die Geräuscentwicklung zu einem großen Teil im Freien stattfindet. Dadurch ist im Gebäudeinneren grundsätzlich eine geringere Lärmbelastung gegeben. In hoch verdichteten Gebieten ist eine sorgfältige Planung des Schallschutzes bzw. Nachbarschaftsschutzes erforderlich.

Eine wesentliche Aufgabe ist die Ermöglichung des Zugangs für Wartung und Reparatur z.B. über Laubengänge, Balkone oder ggf. über mobile Steigergeräte, Hebebühnen, etc..

2. Beispielgebäude

Um ein breit anwendbares Sanierungskonzept entwickeln zu können und um die verschiedenen Möglichkeiten von fassadenintegrierten HLK-Systeme zu entwickeln und zu dimensionieren ist ein Referenzgebäude definiert worden, welches unter verschiedenen Randbedingungen in Bezug auf technische und nicht-technische Vorgaben und Randbedingungen untersucht werden kann.

Abbildung 1 zeigt das Referenzgebäude, ein typisches mehrgeschossiges Wohnhaus (MFH) mit zehn Wohnungen (d.h. zwei symmetrischen Wohnungen pro Etage). Die untersuchte Wohnung (Wohnnutzfläche 70,8 m²) besteht aus sechs Zonen: Küche (KÜ), Schlafzimmer (SZ), Korridor (KO), Bad (BA), Kinderzimmer (KZ) und Wohnzimmer (WZ). Dieses Gebäude wurde auf Basis von typischen Wohnungsgrundrissen bzw. Gebäudetopologien des EU-Projekts Sinfonia (in dem großflächig in Innsbruck und Bozen Sanierungslösungen umgesetzt werden) entwickelt. Der Grundriss des Gebäudes kam zuvor bereits beim «Component Award 2016» (Passivhausinstitut, 2018) zur Anwendung. Der Grundriss entspricht einer typischen kleinen Wohnung im sozialen Wohnbau. Es gibt keinen Technikraum und kaum Platz für Installationen innerhalb der Küche oder des Bads. Im Bad ist ggf. Platz

für einen kleinen Warmwasserspeicher über der Waschmaschine. Eine deckenhängende Lüftung kann in der Küche oder im Korridor untergebracht werden. Typischerweise finden sich auch Wohnungen, die noch mit Einzelöfen geheizt werden, d.h. ein wassergeführtes Heizsystem ist nicht vorhanden. Eine wohnungsweises Heizsystem ist in der Wohnung kaum unterzubringen.

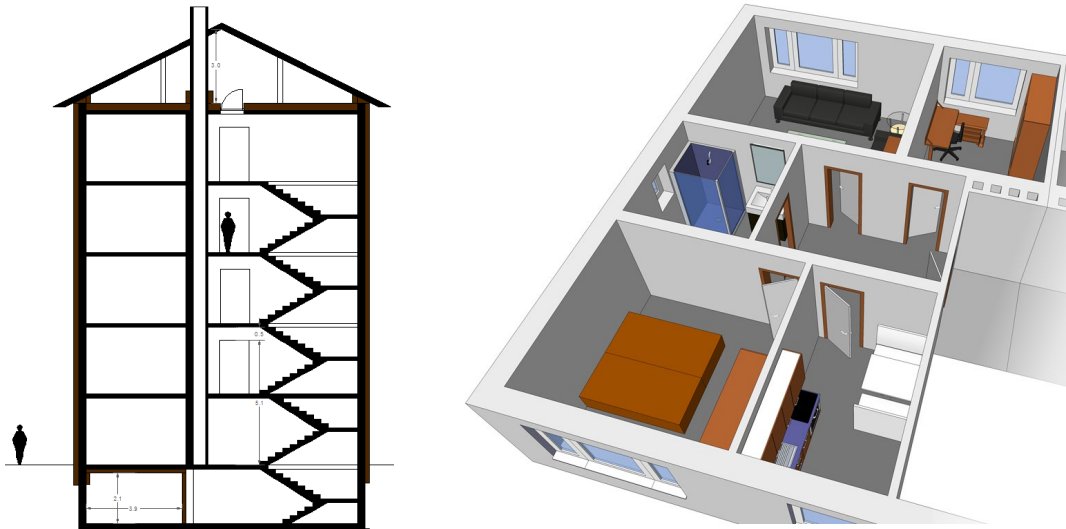


Abbildung 1: Mehrfamilienhaus Schnitt (links) (in Anlehnung an (Passivhausinstitut, 2018)), 3D Ansicht einer Wohnung (Wohnnutzfläche 70,8 m²) mit sechs Räumen (rechts); FFG Projekt SaLÜH!

3. Beispiele Fassadenintegrierter Komponenten

Bei Sanierungsprojekten ist der zur Verfügung stehende Raum oft begrenzt und typischerweise ist kein zusätzlicher Platz für HLK-Systeme vorhanden. Dadurch bietet sich die Fassadenintegration von Komponenten der Lüftung mit Wärmerückgewinnung oder Komponenten für die Heizung häufig als einzige Lösung an. Im Folgenden werden drei Beispiele gezeigt von Holzfassaden mit aktiven Komponenten.

3.1. Holzfassadenelement mit Lüftung mit WRG

Es bietet sich an das Lüftungsgerät sowie die Luftverteilungskanäle so weit wie möglich in die vorgefertigte Holzfassade zu integrieren, wie in Abb.1.a gezeigt. Die mechanische Lüftungs- und Wärmerückgewinnungseinheit befindet sich innerhalb der Dämmschicht der neuen Gebäudehülle. Zugang von der Außenseite muss möglich sein. In diesem Beispiel werden die Zuluftkanäle mit der vorerwärmten Zuluft direkt nach innen geführt. Bei der Verlegung der Kanäle in der Fassade ist eine ordnungsgemäße Dimensionierung und Planung erforderlich, um einen hohen Druckverlust und hohe Wärmeverluste zu vermeiden.

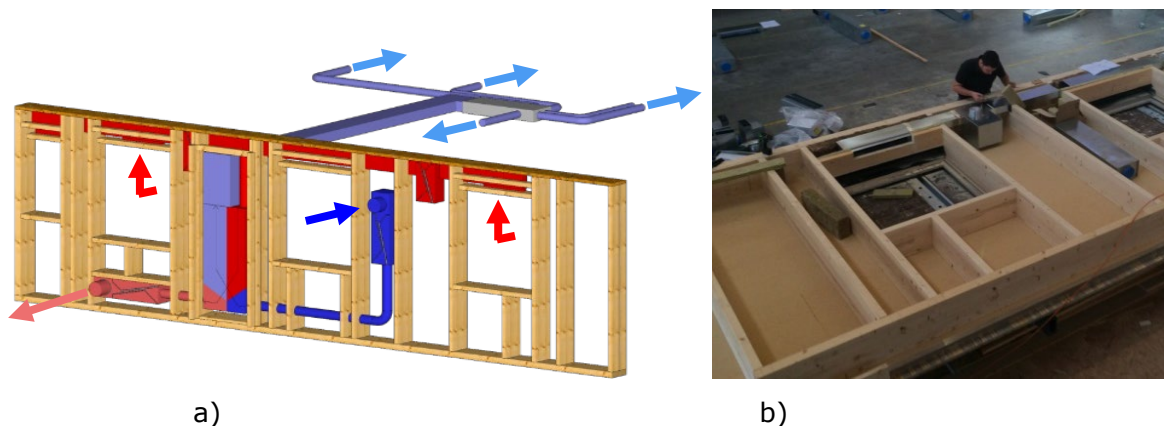
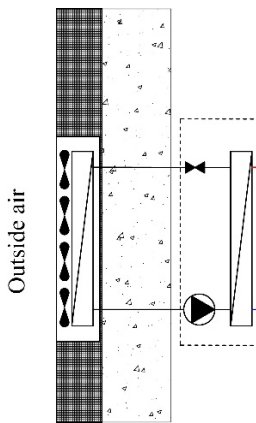


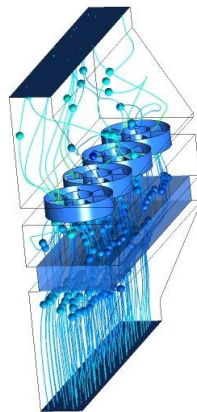
Abbildung 2: Holzfassade mit integrierter Lüftung mit WRG a) keine Abluft-Kanäle in den Wohnungen, Verteilung über die Fassade, Auslässe in den Fensterbänken. Ein Durchbruch für die Zuluft, Verteilung im Korridor b) Mock-Up der Fassadenintegrierten Lüftung während der Fertigung; fp7 Projekt iNSPiRe / Gump & Maier

3.2. Fassade mit integrierter Wärmepumpe-Außeneinheit

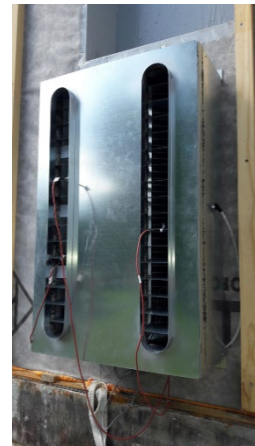
Eine vielversprechende Lösung sind sogenannte Mini-Split-Wärmepumpen, weil diese aufgrund der extrem hohen Stückzahl zu geringen Preisen verfügbar sind. Wärmepumpen mit kleinen Leistungen (im Bereich unter 2,0 kW) können kompakt und kostengünstig ausgeführt werden und bieten damit neue Möglichkeiten. Eine tatsächliche Alternative stellen diese Systeme aber nur dar, wenn die Akzeptanz dafür durch Modularisierung, verbessertes Design, architektonisch attraktive Integration in die Gebäudehülle und deutlich reduzierte Schallemissionen erhöht werden kann. Abbildung 3 zeigt einen Prototypen einer Fassadenintegrierten Außeneinheit mit 4 Axialventilatoren, wobei der Kompressor bei diesem Konzept sich in der Inneneinheit befindet. Bei kleinen Leistungen und entsprechend geringen Kältemittelmengen ist eine Ausführung mit dem alternativen Kältemittel R290 möglich (max. 150 g).



Schematische Darstellung der Split-Wärmepumpe mit fassadenintegrierter Außeneinheit



Optimierung der Luftführung und Minimierung der Schallemissionen



Mock-up eines Fassadenelements für serielle Sanierung in der PASSYS Testzelle (UIBK)

Abbildung 3: Fassade mit fassadenintegrierter Außeneinheit einer Split-Wärmepumpe; FFG Projekt FITNeS/Drexel und Weiss

3.3. Kombinierte Lüftung mit WRG und Wärmepumpe

Insbesondere in den Sanierungsfällen bei denen kein wassergeführtes Heizsystem vorhanden ist, ist die Kombination von vorgefertigten Holzfassaden mit integrierter Lüftungs- und Wärmepumpeneinheit sinnvoll. Verschiedene Konzepte wurden entwickelt und getestet. Für kleine Leistungen im Bereich 1 bis 1,5 kW ist eine kompakte in die Fassade integrierte Einheit möglich auf Basis einer Zuluft-Abluft-Wärmepumpe in Verbindung mit einer Lüftung mit WRG. Für größere Leistungen (im Bereich 2,5 kW) sieht das Konzept eine Zuluft-/Fortluft-Wärmepumpe nach dem Prinzip eines Wärmepumpen-Splitgeräts vor, wobei die Inneneinheit z.B. deckenhängend in der Küche installiert wird und die Außeneinheit mit Kompressor in der Holzrahmenfassade vorinstalliert wird.

Abbildung 4(a) und Abbildung 5(a) zeigen eine Skizze bzw. ein Foto des Funktionsmusters des Innengeräts. Die fassadenintegrierte Außeneinheit (siehe Abbildung 4(b) und Abbildung 5(b)) umfasst den Verdampfer, den Kompressor und den Wechselrichter. Die Abluft strömt über den oberen Teil des Verdampfers. Während des Wärmepumpenbetriebs wird ein geringer Volumenstrom von 35 m³/h Umgebungsluft zur Kühlung des Kompressors und des Inverters aufrechterhalten. Bei Bedarf kann zusätzliche Umgebungsluft verwendet werden, um die Heizleistung zu erhöhen. Zur Steuerung der Überhitzung wird ein elektrisches Expansionsventil (EEV) eingesetzt. Der Verdampfer ist ein Platten-Rippen-Röhren-Wärmetauscher. Es fallen durch den Wärmepumpenbetrieb mit Fortluft erhebliche Mengen an Kondensat an, die entsprechend abgeführt werden müssen (bzw. es führt zur Vereisung des Verdampfers, entsprechend müssen Abtauzyklen berücksichtigt werden).

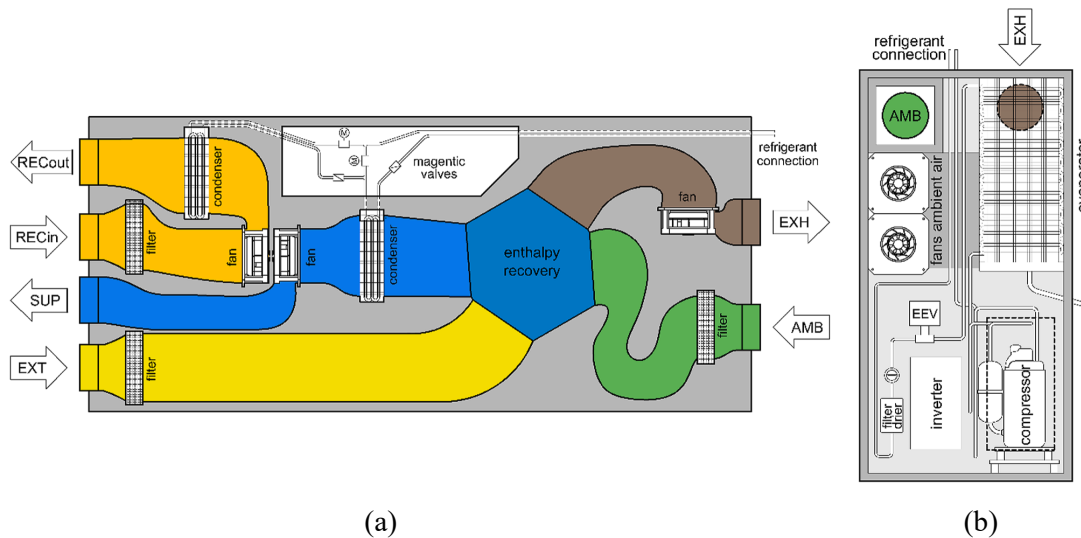


Abbildung 4: Schema der Innen- (a) und Außengeräte (b) der Split-WP mit fassadenintegrierter Außeneinheit einer Zuluft-Fortluft-Wärmepumpe mit Sekundärluftzirkulation; FFG Projekt SaLüH!

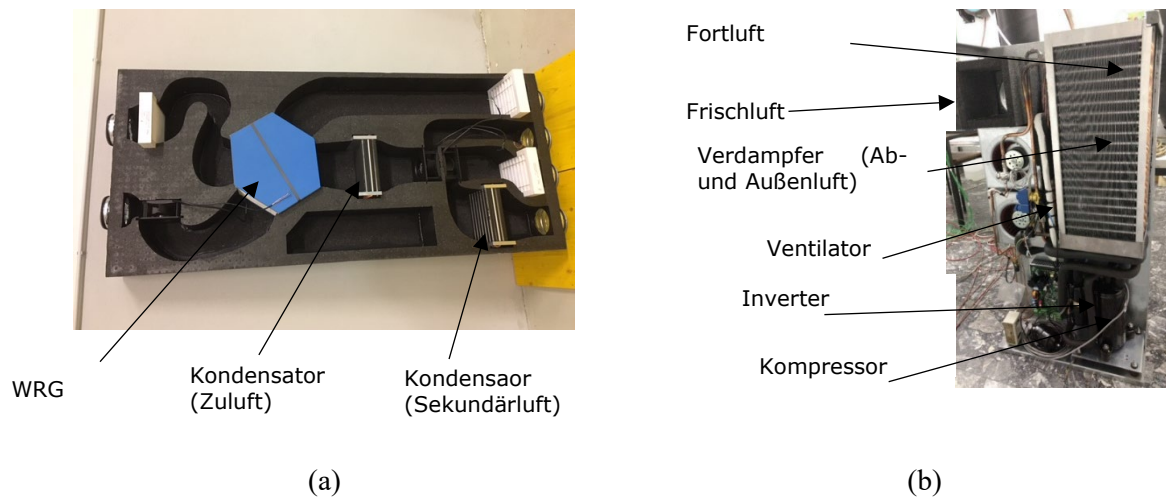


Abbildung 5: Funktionsmuster (a) des Innengeräts mit Kompressor mit Wärme-bzw. Feuchteübertrager, Zuluftkondensator und Sekundärluftkondensator sowie integriertem Schalldämpfer und (b) der fassadenintegrierten Außeneinheit mit Verdampfer, Kompressor und Inverter; FFG Projekt SaLüH! / Siko Energiesysteme

Ein Mock-Up einer fassadenintegrierten Außeneinheit wurde in der PASSYS Testzelle der UIBK zu Testzwecken installiert, siehe Abbildung 6. Mit diesem Versuch wurde einerseits die Handhabung bei der Installation der Holzrahmenfassade und der Split-Wärmepumpe getestet und andererseits die Funktionalität nachgewiesen. Eine gründliche Untersuchung der bauphysikalischen Details einschließlich der feuchtigkeitsdichten Ausführung ist erforderlich. Ein wichtiger Aspekt der Fassadenintegration ist die Zugänglichkeit und Wartung. Die geeignete Lösung hängt vom Gebäudetyp und insbesondere vom Grundriss ab und muss individuell nachgewiesen werden. Bei Gebäuden mit nicht mehr als vier bis fünf Stockwerken ist der Zugang von außen meist mit einer mobilen Hubarbeitsbühne möglich. Bei höheren Gebäuden oder wenn der Zugang von außen schwierig ist, kann ein Zugang über einen Balkon eine gute Möglichkeit sein.



(a)



(b)



(c)

Abbildung 6: PASSYS-Testzelle mit «Coldbox» (a) und Mock-Up eines vorgefertigten Holzfassadenelements mit integriertem Außengerät der Heizungs-Lüftungs-Wärmepumpe in der PASSYS-Testzelle der UIBK (b) Montage des Fassadenelements (c) (Ausführung: Holzbau Kulmer, Österreich); FFG Projekt SaLüH! / Kulmer

4. Schallschutz

Insbesondere im hoch verdichteten städtischen, aber auch im ländlichen Bereich, treffen unterschiedlichste Interessen auf einander wodurch Nutzungskonflikte entstehen. Je höher der Verdichtungsgrad ist, desto wichtiger wird die Schaffung von ausgewiesenen Ruhebereichen.

Fassadenintegrierte Lüftungssysteme und Wärmepumpen müssen bereits in geringen Entfernungen sehr niedrige Schallpegel verursachen, welche Bewohner und Nachbarn nicht störend wahrnehmen. Im Vergleich zu zentralen Lüftungssystemen und Luftwärmepumpen besteht der wesentliche Unterschied darin, dass die abgestrahlte Schallleistung mehrerer Geräte auf die gesamte Fassade verteilt wird. Im Zuge einer Sanierung kann die gleichmäßige Belastung aller Bewohner zu einer wesentlich höheren Akzeptanz beitragen.

Wesentlich bei der schalltechnischen Auslegung dezentraler Anlagen ist die Auswahl von Geräten mit möglichst geringer Schallentwicklung. Der Bewohner in der geringsten Entfernung darf durch die Anlage nicht übermäßig belastet werden.

Die TA Lärm definiert Immissionsrichtwerte im Freien und im Gebäudeinneren, sowohl für den Tag- als auch für die Nachtzeit. Den kritischen und somit für die schalltechnische Beurteilung maßgeblichen Fall stellt der Nachtzeitraum dar. Für reine Wohngebiete ist 0,5 m vor dem nächstgelegenen Fenster eines schutzbedürftigen Raumes ein Beurteilungsspiegel von 35 dB(A) als Gesamtimmission zulässig. Wird der Immissionsrichtwert um mindestens 6 dB unterschritten, kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass der hinzukommende Immissionsanteil irrelevant gering ist. Anforderungen für Innenräume sind in der DIN 4109 und in der VDI 4100 geregelt.

Aus dem zulässigen Immissionspegel im Freien, der Entfernung zum nächstgelegenen Immissionsort s_m und dem Raumwinkelmaß K_0 aus der Aufstellungssituation kann der höchstzulässige Schallleistungspegel von fassadenintegrierten Geräten ermittelt werden. Zuschläge für Ton- oder Informationshaltigkeit sind zusätzlich zu berücksichtigen.

Tabelle 1: Orientierungswerte für den zulässigen Schallleistungspegel für einen Immissionsanteil von 29 dB(A)

| Entfernung zum Immissionsort | Raumwinkelmaß K_0 in dB | | |
|------------------------------|--|------------------|-----------------|
| | «freie Aufstellung» | «vor einer Wand» | «in einer Ecke» |
| | 3 | 6 | 9 |
| s_m in m | zulässiger Schallleistungspegel in dB(A) | | |
| 1,0 | 37 | 34 | 31 |
| 2,0 | 43 | 40 | 37 |
| 3,0 | 46 | 43 | 40 |
| 4,0 | 49 | 46 | 43 |

Diese Orientierungswerte zeigen, dass für die Akzeptanz von fassadenintegrierten Lüftungsanlagen und Wärmepumpensystemen nur Geräte geeignet sind, welche eine geringe Geräuscentwicklung möglichst ohne Tonhaltigkeit aufweisen.

In einer möglichst frühen Planungsphase sind mögliche Aufstellungsorte unter Berücksichtigung der Lage der Fenster von schutzbedürftigen Räumen und reflektierender Oberflächen zu definieren. Für komplexe Aufstellungssituationen, zum Beispiel in Innenhöfen, werden gegebenenfalls schalltechnische Prognoseberechnungen erforderlich. Zur Sicherstellung des Innenraumschutzes ist neben der Luftschallabstrahlung des Gerätes auch die Körperschallübertragung über Bauteile zu beachten.

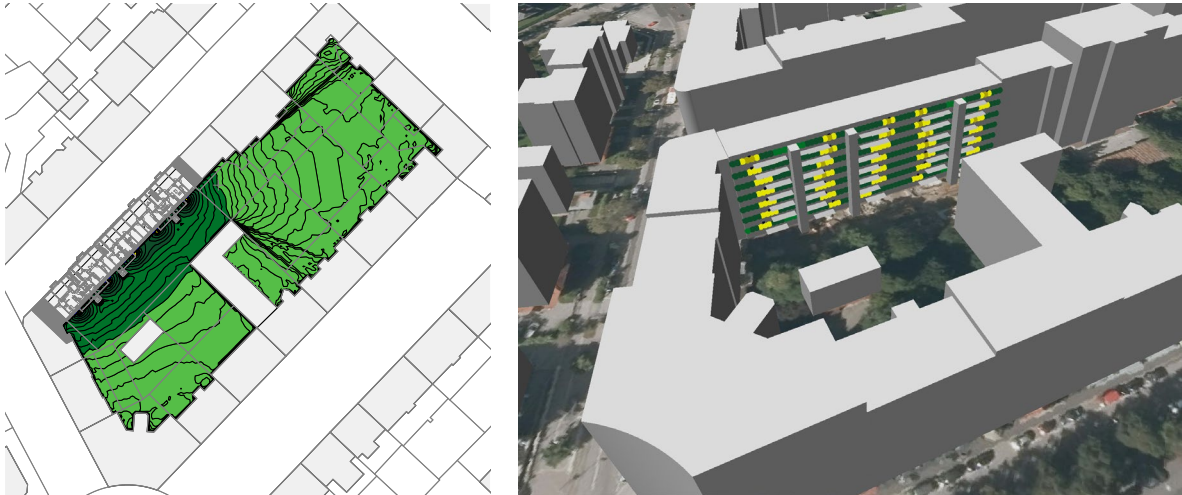


Abbildung 7: Beispielhafte Simulation der Schallausbreitung in einer Innenhofsituation; FFG Projekt FiTNeS/Rothbacher

5. Schlussfolgerung

Zur Steigerung der Sanierungsrate sind neue minimalinvasive und skalierbare Sanierungsverfahren erforderlich, die innovative Sanierungssysteme für die thermische Hülle inkl. Lüftung mit Wärmerückgewinnung und erneuerbare Wärmeversorgung auf Basis von Wärmepumpen vereinen. Standardisierung und industrielle Vorfertigung von Fassadenelementen ermöglichen eine Reduktion der Kosten bei gleichzeitig niedrigerem Aufwand in situ und einer höheren Qualität.

Ein ganzheitlicher und systematischer Ansatz ist erforderlich um die Aspekte der Bauphysik (Wärmeschutz, Feuchteschutz, Schallschutz) lösen zu können, die Effizienz zu optimieren und damit die Reduktion der CO₂ Emissionen zu maximieren. Es bleibt eine Herausforderung die Kosten zu minimieren, wobei diese über den Lebenszyklus betrachtet werden sollten. Industrialisierung (serielle Sanierung) wird als entscheidender Schritt dabei gesehen. Die architektonische Gestaltung und ein ansprechendes Design ist Voraussetzung für eine hohe Akzeptanz.

6. Referenzen

Die gezeigten Beispiele wurden im Rahmen folgender geförderter Forschungsprojekte entwickelt:

- [1] EU fp7 iNSPiRe: <https://inspire-fp7.eu/>
- [2] FFG SdZ SaLüH!: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/salueh-sanierung-von-mehrfamilienhaeusern-mit-kleinen-wohnungen-kostenguenstige-technische-loesungsansaeetze-fuer-lueftung-heizung-und-warmwasser.php>
- [3] FFG SdZ FiTNeS: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/fitnes.php>