

Multi-Aktiv-Fassade

MAFa

J. Aschauer, R. Aschauer, G. Becker,
B. Glatz, K. Hammer, M. Heidenreich,
W. Hofbauer, S. Sattler,
M. Treberspurg, C. Wolfert

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

45/2019

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Auszugsweise Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

Prozess-Design für den „Building Information Modeling“ (BIM) basierten, materiellen Gebäudepass

BIMaterial

Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Iva Kovacic,
Dipl.-Ing. Meliha Honic, Dipl.-Ing. Lars Oberwinter
TU Wien, Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement,
Industriebau und interdisziplinäre Planung

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Helmut Rechberger
TU Wien, Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement,
Forschungsbereich Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement

Dipl.-Ing. Klaus Lengauer, Alfred Hagenauer
A-NULL Bausoftware GmbH

Dipl.-Ing. Jens Glögger, Dipl.-Ing. Klara Meier
ATP-sustain GmbH

Wien, Juni 2018

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	9
Abstract.....	11
1 Einleitung.....	13
2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt	15
2.1 Beschreibung des Standes der Technik.....	15
2.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema.....	16
2.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand (Innovationsgehalt des Projekts).....	17
2.4 Verwendete Methoden.....	18
2.5 Beschreibung der Vorgangsweise und der verwendeten Daten mit Quellenangabe, Erläuterung der Erhebung.....	20
3 Ergebnisse des Projektes	22
4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms.....	30
4.1 Einpassung in das Programm.....	31
4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms.....	32
4.3 Einbeziehung der Zielgruppen (Gruppen, die für die Umsetzung der Ergebnisse relevant sind) und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt.....	34
4.4 Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial) für die Projektergebnisse.....	34
5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	37
6 Ausblick und Empfehlungen	41
7 Verzeichnisse	42
7.1 Abbildungsverzeichnis	42
7.2 Tabellenverzeichnis	42
7.3 Literaturverzeichnis.....	43
8 Anhang.....	45

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

Demonstriert wird eine multifunktionale Fassade mit integrierter Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, Passivhausfenster und Photovoltaik als vorgefertigter Baustein für die Gebäuderenovierung. Dadurch kann Passivhausstandard in der Sanierung erreicht werden und die Arbeitszeit in den Wohneinheiten auf 1-2 Tage verkürzt werden. Technologische Innovation bildet die smarte Eigenversorgung der Komfortlüftung aus PV-Ertrag und Ausgleichsbatterie samt Energiemanagementsystem. Besondere Herausforderung ist die Demonstration im sozialen Wohnbau und das hohe Multiplikationspotenzial.

Inhalte und Zielsetzungen

Bei der Sanierung der Wohnhausanlage Hütteldorfer Straße 252 der Stadt Wien in Passivhausqualität im 14. Wiener Gemeindebezirk, mit 33 Wohnungen und 2 Büros/Geschäftslokalen, soll an der Südseite des Straßentraktes (Erdgeschoß und drei Obergeschoße) in gut sichtbarer Lage eine innovative Multi-Aktiv-Fassade ausgeführt werden. Es handelt sich dabei um eine teil-vorgefertigte Konstruktion mit integrierter Kartonwabendämmung der Firma Gap Solution GmbH¹ und Haustechnik-Komponenten, die durch Photovoltaik-Module in der Außenverglasung mit Strom versorgt werden.

Methodische Vorgehensweise

Für Sanierungslösungen in Richtung Plusenergiestandard ist eine Komfortlüftung als grundlegendes Element eines Passivhauses unerlässlich. Aus Gründen optimierter Energieeffizienz wurden dezentrale Lüftungsgeräte eingeplant. Die Ventilatoren der Komfortlüftung werden mit Gleichstrom angetrieben, um einen hohen Wirkungsgrad bei niedriger Leistungsaufnahme (ca. 5-10 Watt/Ventilator) sicherzustellen. Der innovative Beitrag des Projektes neben der Multi-Aktiv Fassade ist es, Energie, die für die Verbraucher in der multifunktionalen Fassade gebraucht wird, selbst aus Sonnenenergie zu erzeugen und den solaren Strom unter anderem für die dezentralen Geräte der Komfortlüftung zu verwenden. Für jene Zeitintervalle, in denen durch die Photovoltaik-Anlage kein Strom gewonnen werden kann, ist ein Batteriespeicher vorgesehen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Multi-Aktiv Fassade MAFa ist Teil eines größeren Smart City Projekts EU-GUGLE², welches ambitionierte Nearly-Zero-Energy Sanierungen in Wien-Penzing und Wien Rudolfsheim-Fünfhaus vorsieht. Dies geschieht in enger Kooperation mit der Stadt Wien und beinhaltet Ko-Finanzierungen, welche über die Multi-Aktiv Fassade hinausgehen und die Bezirkssicht verknüpfter innovativer Sanierungen untersucht. Die Multi-Aktiv Fassade MAFa

¹ <http://www.gap-solution.at/>

² <http://eu-gugle.eu/>

ist das innovativste Projekt unter den EU-GUGLE Gebäuderenovierungen und vereint Anforderungen an kurze Bauzeiten und hohe Effizienz durch ihr spezielles Design. Die wissenschaftliche Auswertung der Projektergebnisse (Designadaptierungen, sozio-ökonomische Analysen und Darstellung der Messwerte einer Musteranlage) wird durch die BOKU in enger Kooperation mit den Projektpartnern koordiniert. Energierrelevante Potentiale und Mehrwerte anstehender Sanierungen von Wiener Wohnen wurden im Rahmen einer Masterarbeit an der BOKU³ untersucht. Von der Demonstration und Umsetzung einer ambitionierten Sanierung im sozialen Wohnbereich Wiener Wohnens wurden auch Multiplikator-Effekte analysiert. Von den analysierten 196 Wohnhausanlagen sind 41 oder 21% als geeignet für MAFa eingestuft, während alle anderen Objekte einer konventionellen Wärmeverbundsanierung zugeordnet werden.

Ausblick

Niedrigenergieobjekte und Schlüsseltechnologien bilden eine energetisch ausbalancierte Symbiose, welche in der nachfolgenden industriell gefertigten Replikation kosteneffizient ausgeführt wird. Zukünftige Plusenergiehäuser mit hocheffizienten Multi-Aktiv Fassaden bilden langfristig CO₂-Senken für die österreichische Energieversorgung. Ergebnisse des vorliegenden Forschungsprojekts werden – so sie vom Markt angenommen werden – eine nachhaltige Dynamik für die Erweiterung und Technologieführerschaft für die kooperierenden Betrieben bringen. National und international werden die Systeme und Methoden zur Gebäude- und Liegenschaftsbewertung stetig weiterentwickelt. Steigendes Bewusstsein und Sensibilisierung für eine ganzheitliche, integrale und nachhaltige Bauweise, aber auch ein dadurch entstehender Marketingeffekt, wird den Trend zu nachhaltigen Gebäuden verstärken. Dieser wird sich im Verkehrswert der Liegenschaft niederschlagen. Schon jetzt hat eine niedrige Energiekennzahl einen zwar schwachen, aber positiven Einfluss auf den Immobilienwert und es ist anzunehmen, dass dieser Einfluss zunehmen wird, wenn entsprechend mehr Beobachtungen zur Verfügung stehen.

³ SASDI Matthias Maximilian, BSc. Masterarbeit: Energetisches Einsparungspotential durch den Einsatz passiver und aktiver Solarelemente am Beispiel des sozialen Wohnbaus der Stadt Wien, BOKU, 01.02.2019

Abstract

Starting point/Motivation

MAFa is a pre-fabricated, multifunctional panellised façade, which incorporates ventilation with heat recovery, Passive house windows and Photovoltaics (PV). Hereby, the Passive house standard can be met by retrofitting and the construction time can be reduced to 1-2 days per dwelling. The technological innovation is the smart supply of the decentralised ventilation system by PV modules and of an auxiliary battery system serving as back up together with an energy management system. Specific challenges are the demonstration MAFa within the context of social housing; however, there is a replication potential at Wiener Wohnen and other housing companies.

Contents and Objectives

The aim of the thermal retrofitting of a residential building with 33 domestic and 2 commercial dwellings, owned by the municipality of Vienna, located on Hütteldorfer Straße 252 in the 14th Viennese district, is to achieve „Nearly-Zero-Energy standard“. In order to achieve this goal, an innovative „Multi-Active Facade“ is developed, which consists of a prefabricated wooden pillar beam system with a special cardboard-honeycomb insulation (by gap-solution GmbH) and built-in building equipment. The façade layer serves for two purposes mounted to the existing outer walls, which forms the passive house envelope and at the same time includes all building appliances needed for passive house standard. These appliances are supplied by PV modules integrated in the facade, being the novel part of the „Multi-Active Facade“. The PV-modules are connected to a battery system acting as a back up within the overall energy management system.

Methods

For renewal solutions towards energy-plus standard a ventilation system is an essential element to reach the passive house standard. Within the optimized energy efficiency concept are decentralised ventilation units foreseen. The components of the ventilation systems are driven with direct currency in order to ensure a high level of efficiency with low power consumption (approx. 5-10 watts/device). The innovative part of the project is to produce solar electricity as part of the multi-active façade. For those time intervals, in which no sun is shining, a battery storage will take over the necessary supply.

Results

The multi-active facade MAFa is also part of a larger Smart City project EU GUGLE, which is dealing with ambitious nearly zero energy renovations in the districts Penzing and Rudolfsheim-Fünfhaus of Vienna. This will be done in close cooperation with the city of Vienna and includes co-financing, which go beyond the multi-active facade towards other innovative deep renovations in buildings in the two districts. The multi-active facade MAFa is the most innovative project under the EU GUGLE building renovations and combines the requests of

short construction times of the building users and high efficiency due to their special design. The scientific evaluation of the project results (design adaptations, socio-economic analysis and representation of the measured values of a test sample) has been performed by the coordinator BOKU in close cooperation with the project partners. Energy-related potentials and other added values of pending renovation objects of Wiener Wohnen are investigated in the framework of a master thesis at BOKU³. From the demonstration and implementation of an ambitious renovation in social living area in Vienna replication effects are derived. Of the analysed 196 apartment houses, 41 or 21% are classified as suitable for MAFa, while all other objects are assigned to be renovated with conventional ETICS.

Prospects / Suggestions for future research

Nearly-Zero-Energy objects combined with renewable key technologies are assigned to form an energetically balanced symbiosis. Together with pre-fabrication it reduces the manufacturing costs and allows an effective replication. Future plus energy houses with pre-fabricated facades may serve as highly efficient multi CO₂ sinks. Results of this research project – so it will be accepted by the market – lead to sustainable dynamics for the expansion and technological leadership of the cooperating companies. Nationally and internationally, innovative systems and methods for building and property assessments could be continuously further developed. Increasing awareness of a holistic, integral and sustainable construction will reinforce the trend toward sustainable buildings. This is reflected in the market value of the property of Hütteldorfer Straße 252. Currently, low energy characteristics of buildings have only little but though positive impact on the value of the property. It is assumed, that this impact will increase, if more observations are available.

1 Einleitung

Die großen Herausforderungen der europäischen Energiezukunft sind die zunehmende Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen aus politisch labilen Regionen, die ständig wachsende Energienachfrage und die global schwierige Konkurrenzsituation heimischer Produkte und Dienstleistungen. Das gegenständliche Projekt mit dem Titel „Multi-Aktiv Fassade“ liefert der heimischen Industrie die Umsetzung eines MAFa-Referenzprojekts und teilweise empirisch analysierte Forschungsergebnisse zur Erreichung ambitionierter Zielsetzungen (EU 2020 Ziele⁴ etc.). Ein wesentlicher Aspekt in der Sanierung ist dabei die Minimierung der Beeinträchtigung der Nutzer durch die notwendigen Bauarbeiten. Besonders im Wohnbau sind innovative Lösungen durch vorgefertigte Systeme, die eine kurze Bauzeit ohne direkte Eingriffe in die Wohnungen erlauben, notwendig, um die Energieeffizienz im Gebäudebestand substanziell zu erhöhen. Die Multi-Aktive Fassade vereint diese Anforderungen an kurze Bauzeit und hohe Effizienz durch ihr spezielles Design. Das Fassadenelement besteht aus einer vorgefertigten, hinterlüfteten Glasfront mit einer Kartonwabe inklusive Holzträgerplatte auf der Rückseite und wird von einer Holzständerkonstruktion getragen. Photovoltaik (PV) und eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sind direkt in die Konstruktion integriert.

Die Reduzierung des Heizenergiebedarfs auf Passivhaus-Niveau wird durch die Wärmedämmung und die Kartonwabe erreicht, welche durch das innovative Konzept passive solare Gewinne nutzen kann. Im Winter können durch den niedrigen Einstrahlungswinkel die Sonnenstrahlen tief in die Konstruktion eindringen, die Baumassen aufwärmen und damit den Heizwärmebedarf des Gebäudes reduzieren. Im Sommer sorgt die Wabenstruktur für eine Verschattung der Wand, da die steilen Sonnenstrahlen nicht in die Konstruktion eindringen können.

In Wien gibt es eine Reihe von abgeschlossenen und laufenden Projekten mit öffentlichen und privaten Wohnbaugesellschaften. Im Rahmen des Projekts ist die erste Sanierung auf den Passivhausstandard im sozialen Wohnbau der Stadt Wien durchgeführt, in Kooperation mit einem weiteren Forschungsprojekt⁵. Die Photovoltaik-Module nutzen zudem die Sonnenenergie aktiv und stellen die Energie zur Verfügung, welche zum Betrieb der ebenfalls in die Fassade integrierten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung notwendig ist.

Durch die energetische Gebäudeoptimierung, die effiziente Anlagentechnik und durch die Kompensation des Restenergiebedarfs (vor allem Strom) durch die Einspeisung regenerativ erzeugter Energie aus der Multi-Aktiv-Fassade, wird aus dem Referenzprojekt ein Leuchtturmprojekt. Durch die optimierte Auslegung, kosteneffiziente Speicherkonzepte und die intelligente Regelung aller Komponenten wird der technische Aufwand zur Erreichung

⁴ http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/l27079_en.htm: The Commission presents a strategic plan to accelerate the development and deployment of cost-effective low carbon technologies. This plan comprises measures relating to planning, implementation, resources and international cooperation in the field of energy technology.

⁵ <http://eu-gugle.eu/>

dieser Performance im Vergleich zu am Markt befindlichen vorfabrizierten Konzepten und Systemen deutlich verringert, es werden marktaugliche Gesamtkosten für geeignete Fassadenintegrationen erzielt. Der Zielmarkt sind südlich ausgerichtete Mehrfamilienhäuser von Wiener Wohnen, aber auch anderer Wohnbauträger.

2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

2.1 Beschreibung des Standes der Technik

Ein Anteil von 40 bis 45 % von Europas Energieverbrauch ist im Gebäudesektor zu verzeichnen und zusätzliche weitere 5 bis 10 % werden für die Herstellung und den Transport von Produkten und Komponenten benötigt⁶. Der Bausektor stellt somit ein großes Potenzial zur Erreichung einer CO₂-armen Wirtschaft bis 2050 dar. Jedes neue Gebäude muss sehr strenge gesetzliche Anforderungen für den Energiebedarf erfüllen und gleichzeitig wirtschaftlich sein. Die vorhandene Bausubstanz wird mit einer Sanierungsrate von aktuell rund 1 %⁷ renoviert werden. Ein weiteres Wachstum der städtischen Gebiete wird bis 2050 mit rund der Hälfte des Gebäudebestandes zum Stand 2012 europaweit⁷ erwartet. Sanierungen einzelner Gebäude, wie auch von Bezirken, erfordern eine erweiterte Stadtplanung. Im Jahr 2011 wurde in einer Studie des Buildings Performance Institute Europe (BPIE)⁸ die entscheidende Rolle der Sanierung ermittelt, um die Dekarbonisierung bis 2050 zu erreichen. Die vorgeschlagenen Wege zur Zielerreichung unterscheiden sich in der Höhe der Sanierungsrate wie auch der Erreichung ambitionierter Performanceziele.

Durch die energetische Gebäudeoptimierung auf Passivhausstandard bzw. Niedrigstenergiestandard, dem Einsatz effizienter Anlagentechnik und der Kompensation des Restenergiebedarfs (vor allem Strom) durch die Einspeisung regenerativ erzeugter Energie, wird nahezu kein Treibhausgas mehr erzeugt. Durch die optimierte Auslegung, kosteneffiziente Speicherkonzepte und intelligente Regelung aller Komponenten lässt sich der technische Aufwand zur Erreichung des Passivhausstandards im Vergleich zu am Markt befindlichen Konzepten und Systemen deutlich verringern. Projekterkenntnisse aus dem Zusammenwirken der Systemkomponenten werden auch in anderen hochwertigen Sanierungen zur Anwendung kommen können. Die Multi-Aktiv-Fassade erfüllt im Sinne des Plusenergiezieles ein hohes Maß an ganzheitlicher Lösung und ist ein Beitrag am Weg zum Zero-Emission-Building, das mit der Multi-Aktiv-Fassade sogar bei der Altbausanierung erreicht werden kann. Deshalb ist im Projekt auch eine CO₂- und Energiebilanz der vorgefertigten Fassadenelemente mit all den Integrationen (Passivhaus-Isolation, Passivhaus-Fenster, Photovoltaik, Komfortlüftung, Energiespeicher und Energiemanagement) vorgesehen.

⁶ http://bpie.eu/wp-content/uploads/2019/04/Implementing-the-EPBD_BPIE_2019.pdf

⁷ Diskussion mit Vertretern vom Passivhaus Instituts Österreich

⁸ Marina Economidou et al.: "EUROPE'S BUILDINGS UNDER THE MICROSCOPE, A country-by-country review of the energy performance of buildings", 2011, ISBN: 9789491143014

2.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema

Die Multi-Aktive-Fassade vereint Anforderungen an kurze Bauzeit und hohe Effizienz durch ihr spezielles Design. Das vorgefertigte Fassadenelement besteht aus einer hinterlüfteten Glasfront mit einer Holzträgerplatte, die von einer Holzständerkonstruktion getragen wird. Photovoltaik (PV) und eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sind direkt in die Konstruktion integriert. Die Wärmedämmung und die tragende Holzkonstruktion werden am Bestand befestigt.

Die Reduzierung des Heizenergiebedarfs auf Passivhaus-Niveau wird durch die Wärmedämmung und die Kartonwabe erreicht, welche durch das innovative Konzept passive solare Gewinne nutzen kann. Im Winter können durch den niedrigen Einstrahlungswinkel die Sonnenstrahlen tief in die Konstruktion eindringen, die Baumassen aufwärmen und damit den Heizwärmebedarf des Gebäudes reduzieren. Im Sommer sorgt die Wabenstruktur für eine Verschattung der Wand, da die steilen Sonnenstrahlen nicht in die Konstruktion eindringen können. Die Energieeffizienz des Gebäudes wird durch die integrierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung erhöht. Gleichzeitig wird der Komfort der Bewohner gesteigert, da diese nicht nur auf die Fensterlüftung angewiesen sind. Besonders bei Lärm belasteten Standorten bringt eine Lüftungsanlage einen deutlich erhöhten Nutzer-Komfort. Um die Anforderung zu erfüllen, das Gebäude aktiv zur Energieerzeugung zu nutzen, sind transparente, rahmenlose Glas/Glas-PV-Module in die Fassade integriert, die genug elektrische Energie produzieren, um den allgemeinen Elektrizitätsbedarf einer Wohnhausanlage und deren Lüftungsgeräte zu decken. Ein Energiemanagementsystem in Kombination mit einem Batteriespeicher gewährleistet den Betrieb, auch wenn keine Sonneneinstrahlung vorhanden ist. Das Speichersystem ist so ausgelegt, dass genügend Energie für zumindest 24 Stunden vorhanden ist. Durch den großen Straßenquerschnitt und die vorgelagerte Vorgartenzone kommt es auch im Winter zu keiner Beschattung der Südseite.

Die Multi-Aktiv-Fassade wurde mit einer numerischen Strömungssimulation sowie in einem experimentellen Laborversuch an der FH Technikum Wien⁹ mit unterschiedlichen Transparenzgraden getestet, um in der Umsetzung die optimale Balance zwischen aktiven und passiven solaren Erträgen zu gewährleisten. Derzeit wird die Multi-Aktiv-Fassade zum ersten Mal in einer bestehenden Wohnhausanlage an einer stark frequentierten Straße im 14. Wiener Gemeindebezirk eingesetzt. Dies ist gleichzeitig die erste Sanierung auf Passivhaus-Standard im sozialen Wohnbau der Stadt Wien durch Wiener Wohnen.

Die Multi-Aktiv-Fassade kann damit einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele im Gebäudebestand beitragen und gleichzeitig den Innenraumkomfort der Bewohner bei kurzer Bauzeit und gering-invasiven Bauarbeiten substantiell erhöhen.

⁹ B., Leitner, K., Leonhartsberger.: Experimentelle Untersuchung der GAP-Fassade. FH Technikum Wien 2017

2.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand (Innovationsgehalt des Projekts)

In den nächsten Jahren ist eine Fortführung der thermischen Sanierung der Gebäude der Stadt Wien, Wiener Wohnen, geplant. Standardmäßig wurden in der Vergangenheit meist Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) eingesetzt, um den thermischen Komfort der Gebäude zu erhöhen. Im Forschungsprojekt Multi-Aktiv-Fassade ist erstmals im sozialen Wohnbau der Stadt Wien eine Glasfassade mit Kartonwabendämmung und integrierter Photovoltaik eingesetzt.

Bis zum Projektende konnte eine Musteranlage der Multi-Aktiv-Fassade implementiert werden (siehe Abbildung 1). Bei dem Solarmuster an der Fassade der Stiege 2 handelt es sich um ein Provisorium, welches genutzt wird, um eine Leistungsbestätigung Wiener Wohnens zu erreichen und mit Messergebnissen Daten für die Zukunft zu bekommen, die zu diskutieren sind. Daten der PV-Anlage werden seit Dezember 2018 gemessen und ergeben Richtwerte über die zukünftige Gesamtanlage.



Abbildung 1: Muster der Multi-Aktiv-Fassade

Die Hütteldorfer Straße 252 ist eine typische Wohnhausanlage aus den Nachkriegsjahren (1969-1970) im ehemaligen Wiener Vorort Penzing. Bei Verwirklichung des Projektes Multi-Aktiv-Fassade ist ein erstes Leuchtturmprojekt für den sozialen Wohnbau in Wien entstanden,

das ein hohes Multiplikationspotenzial besitzt, da der Bauträger Wiener Wohnen als größte Hausverwaltung Europas noch etliche weitere Wohngebäude dieser Art verwaltet.

Gerade am mehrgeschossigen Wohnbau, wie im Demonstrationsprojekt der Multi-Aktiv-Fassade, kann Wiener Wohnen für die Vielzahl der bestehenden, sanierungsbedürftigen Altbauten eine Lösung aufzeigen und testen, die sich den zukünftigen gemeinsamen Europäischen Grenzwerten zur Reduzierung des Treibhausgasausstoßes und den Zielen eines Nearly-Zero-Energy-Building auch in der Sanierung annähert.

2.4 Verwendete Methoden

Im Projekt MAFa wird die entwickelte Maßnahmenkombination (Gebäude und Anlagentechnik mit innovativen Komponenten für erneuerbare Energien) energetisch, ökologisch und wirtschaftlich optimiert. Das beinhaltet die weitere Verbesserung der Qualität der Komponenten und die Optimierung der Planung, sowie die Performanceverbesserung im Betrieb. Nachfolgend gibt es eine Darstellung der Arbeitspakete und Zielsetzungen, welche zur methodischen Vorgehensweise des Projekts herangezogen wurden:

- **TECHNISCHE KONZEPTION:** Die innovative Kombination energieeffizienter Anlagenkomponenten baut auf eine architektonisch und energieplanerisch ganzheitliche Darstellung auf. MAFa Komponenten und Elemente werden auf ihr optimales Zusammenwirken untersucht, auf wetterbedingte, extreme Randbedingungen ausgetestet und auf Systemminimierung ausgelegt. Die Erweiterung und Anpassung von bestehenden Simulationsinstrumenten wird eine realistische, wirtschaftliche Einordnung von MAFa ermöglichen.
- **INTEGRATIONSPHASE:** Umfassende Qualitätskontrollen beim Einkauf und der Vorfertigungskette, wie auch die genaue Bauaufsicht bei der Installation werden absichern, dass die installierten Hybridtechnologien den Energiebedarf im Gebäudebereich mit der vorgesehenen Performance decken. Smarte Regelstrategien ermöglichen den prognostizierten Betrieb und das optimale Zusammenspiel der Komponenten.
- **REALISIERUNGSPHASE:** Auf Basis von den Konzept- und Integrationsvorgaben wird die Umsetzung geplant (siehe vereinfacht in nachfolgender Schematik, Abbildung 2).

MAFa Prinzipieller Zeithorizont

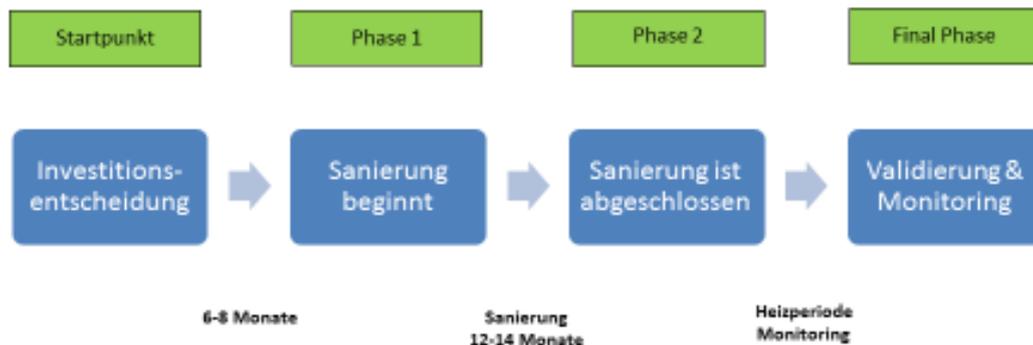


Abbildung 2: Prinzipieller Ablauf der Multi-Aktiv-Fassade / Implementierung und Validierung

- **MESSPHASE UND AUSWERTUNG**: Ein umfassendes Monitoring-Konzept und die Protokollierung verschiedener technischer Daten über alle Jahreszeiten ermöglichen eine empirische Vergleichsanalyse des Gesamtsystems mit anderen vergleichbaren Systemen. Die ganzjährig gemessenen Daten werden mit den Simulationsergebnissen aus anderen Projekten verglichen bzw. auf Worst-Case Szenarien untersucht.
- **POTENTIALE WIENER WOHNEN - REPLIKATION**: In einer Masterarbeit³ über den Feldversuch werden die in der Einleitung aufgelisteten Zielsetzungen von MAFa validiert und die Bedingungen und Wirkungen technischer und sozialer Innovationen auf die NutzerInnen und MultiplikatorInnen untersucht. Weiters werden potentielle Standorte Wiener Wohnens eruiert.
- **CO₂-, ENERGIEBILANZ UND NACHHALTIGKEIT**: CO₂- und Energiebilanzen wurden erstellt, da eine erweiterte Integration von Multi-Aktiv-Fassaden bei Althausanierungen eine Annäherung zum Zero-Emission-Building leistbar ermöglichen und die Nachhaltigkeit aufwerten kann. Dazu werden Analysen und quantitative Abschätzungen der Stoff- und Energieströme entlang der Wertschöpfungskette und über den gesamten Lebenszyklus durchgeführt.
- **PROJEKTMANAGEMENT UND DISSEMINATION**: Zur Erschließung neuer Personengruppen für innovative und ambitionierte Folgeprojekte wird ein zielgruppenspezifisches Kommunikations- und Marketingkonzept erarbeitet. Wichtige Multiplikatoren (wie Bauträger und Hausverwaltungen) werden in Direktkonsultationen über das Projekt und die wesentlichen Projektergebnisse informiert. Durch Öffentlichkeitsarbeit auf lokalen Veranstaltungen - hauptsächlich in Niederösterreich, Wien und in der Steiermark - werden die Schlussfolgerungen und der gesellschaftliche Nutzen des Projekts an die Industrie und an zukünftige Kunden kommuniziert.

2.5 Beschreibung der Vorgangsweise und der verwendeten Daten mit Quellenangabe, Erläuterung der Erhebung

Die Beschreibungen sind nur überblicksartig, Details sind im Anhang zu finden.

Die MAFa Komponenten und Elemente wurden bereits in sehr detaillierter Form auf ihr optimales Zusammenwirken hin konzipiert und an die klimatischen Standortbedingungen in Wien angepasst. So entstand gemeinsam mit den Bauträgern ein optimiertes Gesamtsystem bestehend aus:

- Einer vorgefertigten Multi-Aktiv Fassade mit einer thermisch-energetischen Sanierung der Gebäudehülle auf Passivhausstandard (PH-Standard) und damit Energieeinsparungen im Heizwärmebedarf von bis zu 90 %.
- Wegen der Dichtheit der Gebäudehülle gibt es dezentrale Lüftungen, die mit Wärmerückgewinnungsgraden (WRG) von 75-90 % arbeiten.
- Die Multi-Aktiv Fassade hat die dezentrale Komfortlüftung in die vorgefertigten Fassadenelemente integriert und vermeidet durch die dezentrale Ausführung Verteilverluste in der Leitungsführung von ca. 15 %.
- Durch den Einsatz von Komfortlüftungen mit WRG wird einerseits der Heizwärmebedarf reduziert und andererseits der Strombedarf im geringen Ausmaß erhöht. Die zusätzlich benötigte elektrische Energie (ca. 5-10 Watt je Lüfter) wird bei der Multi-Aktiv-Fassade durch die integrierte Photovoltaik in der Fassade produziert und für die Stunden ohne Sonnenschein in neuen Batterietechnologien gespeichert.
- Als weitere Innovation ist im System ein Energiemanagement verbaut, das die Energieeffizienz zusätzlich verbessert. Überschussenergie aus der Sonne wird für andere steuerbare Verbraucher verwendet.
- Die vorgefertigten Fassadenelemente werden in extrem kurzer Bauzeit vor Ort der Fassade vorgehängt und beinhalten die Fenster und alle notwendigen Einbauten (Komfortlüftung, PV, Anschlüsse, etc.). Die Gebäudehülle wird ohne Eingriff in die einzelnen Wohneinheiten montiert und geschlossen. Es ist nur ein kurzer Eingriff (ca. 1-2 Tage) in die Wohneinheiten notwendig, um die alten Fenster zu demontieren und die Installation der Komfortlüftung auszuführen.

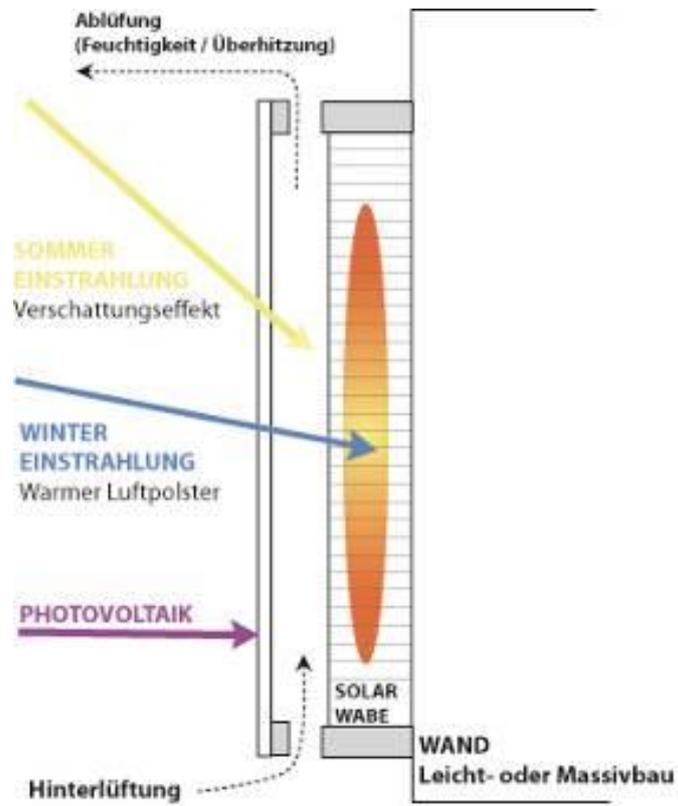


Abbildung 3: Schema Multi-Aktiv-Fassade

Im Anhang (Kapitel 8) sind die Publikationen zum Projekt dargestellt.

3 Ergebnisse des Projektes

Die im Kapitel 2.4 dargestellte Methodik und der angestrebte Lösungsweg wurden eingehalten. Die Projektleitung hat durch die Einberufung und Vorbereitung regelmäßig stattfindender Projektmeetings, die Einhaltung der Arbeitsschritte und des Zeitplans überprüft und bei Bedarf notwendige korrigierende Schritte eingeleitet und mit dem Programmmanagement abgestimmt. Zum Forschungsobjekt selbst (siehe auch Abbildung 4 und Abbildung 5): Gebäudeeigner ist die Stadt Wien bzw. die hierfür beauftragte Hausverwaltung Wiener Wohnen. Bei den zwei Objekten mit sechs Stiegen handelt es sich um soziale Mietwohnungen.

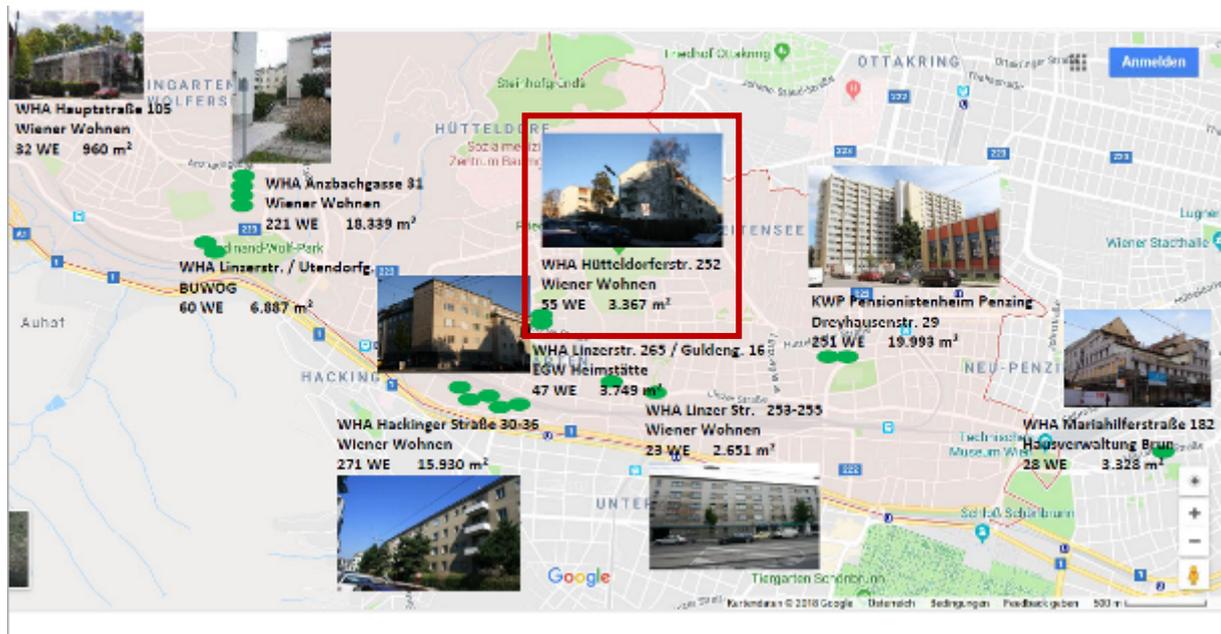


Abbildung 4: Hütteldorfer Straße 252 in Wien-Penzing und zusammen mit weiteren Gebäuden des EU-Projekts EU-GUGLE, Quelle: Google Maps und Lang Consulting





Abbildung 5: Hütteldorfer Straße 252 mit den Gerüsten der zukünftigen Multi-Aktiv Fassade (unten) und oben des Wärmeverbunddämmsystems

Die Multi-Aktive Fassade MAFa ist Teil eines größeren Smart City Projekts EU-GUGLE, welches ambitionierte Nearly-Zero-Energy Sanierungen in Wien-Penzing und Wien Rudolfsheim-Fünfhaus vorsieht. Dies geschieht in enger Kooperation mit der Stadt Wien und beinhaltet Ko-Finanzierungen, welche über die Multi-Aktiv Fassade hinausgehen und die Bezirkssicht verknüpfter innovativer Sanierungen untersucht. Insofern gibt die Abbildung 4 realisierte oder in naher Zukunft umgesetzte Sanierungen wieder. Die Multi-Aktiv Fassade MAFa ist das innovativste Projekt unter den EU-GUGLE Gebäuderenovierungen und vereint Anforderungen an kurze Bauzeiten und hohe Effizienz durch ihr spezielles Design. Das Fassadenelement besteht aus einer vorgefertigten, hinterlüfteten Glasfront mit einer Kartonwabe inklusive Holzträgerplatte auf der Rückseite und wird von einer Holzständerkonstruktion getragen. Zwischen der Holzständerkonstruktion ist die Wärmedämmung enthalten. Photovoltaik (PV) und eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sind direkt in die Paneele integriert.

Technisch reduziert die Fassade den Heizenergiebedarf auf Passivhaus-Niveau via Wärmedämmung und durch die Kartonwabe. Diese kann passive solare Gewinne nutzen. Im Winter können durch den niedrigen Einstrahlungswinkel die Sonnenstrahlen tief in die Konstruktion eindringen, die Baumassen aufwärmen und damit den Heizwärmebedarf des Gebäudes reduzieren. Im Sommer sorgt die Wabenstruktur für eine Verschattung der Wand, da die steilen Sonnenstrahlen nicht in die Konstruktion eindringen können. Die Energieeffizienz des Gebäudes wird durch die integrierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung erhöht. Gleichzeitig wird der Komfort der Bewohner gesteigert, da diese nicht nur auf die Fensterlüftung angewiesen sind. Besonders bei Lärm belasteten Standorten (wie Straßenbahn- und Individualverkehr) bringt eine Lüftungsanlage einen deutlich erhöhten Nutzer-Komfort. Um auch die Anforderung zu erfüllen, das Gebäude aktiv zur Energieerzeugung zu nutzen sind transparente, rahmenlose Glas/Glas-PV-Module in die Fassade integriert, die genug elektrische Energie produzieren, um den allgemeinen Elektrizitätsbedarf einer Wohnhausanlage und deren Lüftungsgeräte zu decken. Ein Energiemanagementsystem in Kombination mit einem Batteriespeicher gewährleistet den Betrieb, auch wenn keine Sonneneinstrahlung vorhanden ist. Das Speichersystem ist so ausgelegt, dass genügend Energie für zumindest 24 Stunden vorhanden ist.

Die Multi-Aktiv Fassade wurde mit einer numerischen Strömungssimulation sowie in einem experimentellen Laborversuch an der FH Technikum Wien mit unterschiedlichen Transparenzgraden getestet (siehe Abbildung 6), um in der Umsetzung die optimale Balance zwischen aktiven und passiven solaren Erträgen zu gewährleisten. Hierzu ist ein GAP-Fassadenelement um ein Glas/Glas Photovoltaikmodul erweitert worden. Experimentell werden Messergebnisse der Laboruntersuchungen mit Analyseergebnissen der Musteranlage (siehe Abbildung 1) verglichen. Diese Untersuchungen werden aber erst nach dem Projektende von MAFa zu weiterreichenden Erkenntnissen führen.

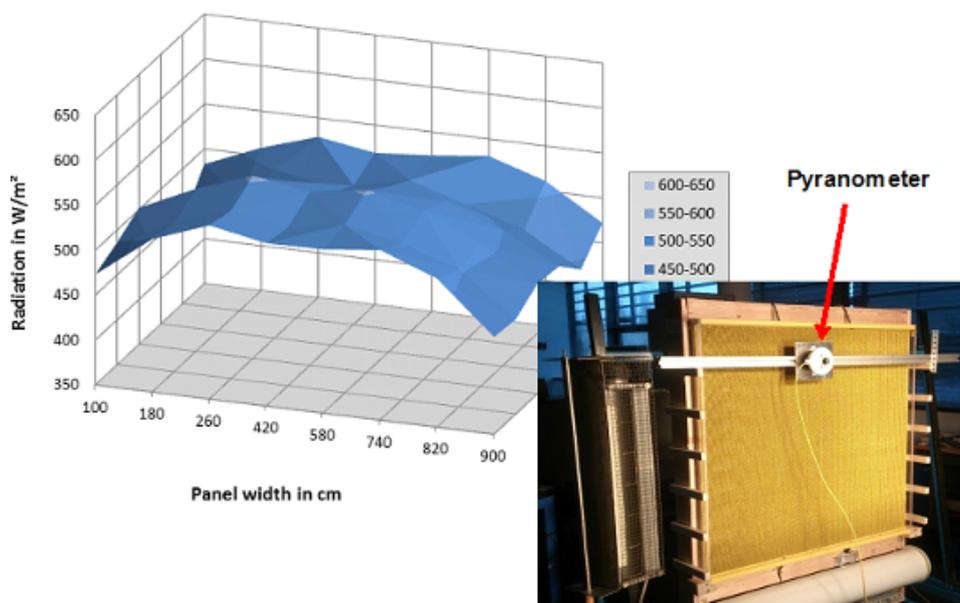


Abbildung 6: Ergebnisse der Einstrahlungsuntersuchungen im Labor, Quelle: FH Technikum Wien

Dezentrale Lüftungsgeräte: Vor Ort müssen die Kernbohrungen für die Frischluftan- und -absaugung gebohrt werden (siehe Abbildung 7). Von außen wird hierfür mittels Bohrkronen pro Gerät eine Bohrung mit einem Gefälle nach außen hergestellt. Es arbeiten immer zwei Lüftungsgeräte, also ein Lüfter-Paar, zusammen, welche über ein Netzteil angesteuert werden. Zur Darstellung der Vorteile dieser Lüftungsanlage wurde eine Leerstandswohnung in der Hütteldorfer Straße 252 mit dezentraler Lüftung realisiert und dann von interessierten Mietern besucht. 32 von 56 Haushalten gaben anschließend ihre Meinung dazu ab. Von diesen 32 stimmten 26 der Installation von dezentralen Lüftungssystemen zu, wobei ein/e MieterIn im Schlafzimmer kein Lüftungsgerät haben wollte. Sechs stimmten nicht zu. Das Nichterscheinen/Nichtabstimmen der anderen MieterInnen wurde als Zustimmung gewertet. Wo der Einbau nicht möglich ist, werden die Kernbohrungen durchgeführt, allerdings bleiben wandinnenseitig etwa 6 cm Wand stehen, sodass eine spätere Installation durchgeführt werden kann. Der Bohrkern wird entfernt, ein verkürztes Hüllrohr für die Wohnraumlüftung gesetzt, sowie die Elektroinstallation mit Stromzuleitung und Verkabelung des Lüfter-Paares untereinander wird vorbereitet. Auch die äußere Abdeckung wird gesetzt. Das Loch wird bis zur späteren Montage des Lüfters mit Wärmedämmung zusätzlich verschlossen. D.h. einige Wohnungen werden erst mit dem Lüftungssystem mit Wärmetauscher versorgt, sobald sich das Mietverhältnis ändert und ein neues vertragliches Verhältnis den Anschluss der dezentralen Lüftung ermöglicht.

Für die dezentralen Lüftungsgeräte werden in den vorgefertigten Wandelementen im Bereich der Lüftungsauslässe emaillierte Glasstreifen integriert, in denen die Position der Lüftung durch die kreisrunde Glasbohrung genau fixiert ist. Die Einbautoleranz wird durch die größere Kernbohrung und die Abdeckung im Innenraum aufgenommen.



Abbildung 7: Bohrung für die dezentralen Lüftungsanlagen in der Hütteldorfer Straße 252

Monitoring der Musteranlage: Abbildung 1 zeigt die Musteranlage, welche im Dezember 2018 installiert wurde und erste Messergebnisse vor allem für den zu erwartenden Solarertrag bringt (siehe auch Abbildung 8). Um den Effekt der Fassadenmodule belegen zu können, wurde das Monitoring am 22.12.2018 aufgebaut und die Daten seit diesem Zeitpunkt aufgezeichnet. In dieser Monitoringfläche sind in den einzelnen Ebenen des Fassadenaufbaus Temperatursensoren integriert. Zusätzlich wird die U/I-Kennlinie¹⁰ des PV-Testmoduls in Intervallen von 30 Minuten gemessen und somit die Momentleistung mitprotokolliert. Im Fassadenaufbau sind sieben Temperatursensoren untergebracht. Diese Sensoren sind im linken Bild der Abbildung 8 mit den Buchstaben A-G gekennzeichnet. Es wird die Aus- bzw. Eintrittstemperatur (A & B) in die Hinterlüftung sowie die Außentemperatur (G) gemessen. Hinter der GAP-Fassade bzw. hinter der Holzfaserplatte der GAP-Fassade (C & D) befinden sich auch zwei Sensoren. Die letzten beiden Sensoren sind hinter dem Holzaufbau (E) und hinter der Dämmung (F) angebracht.

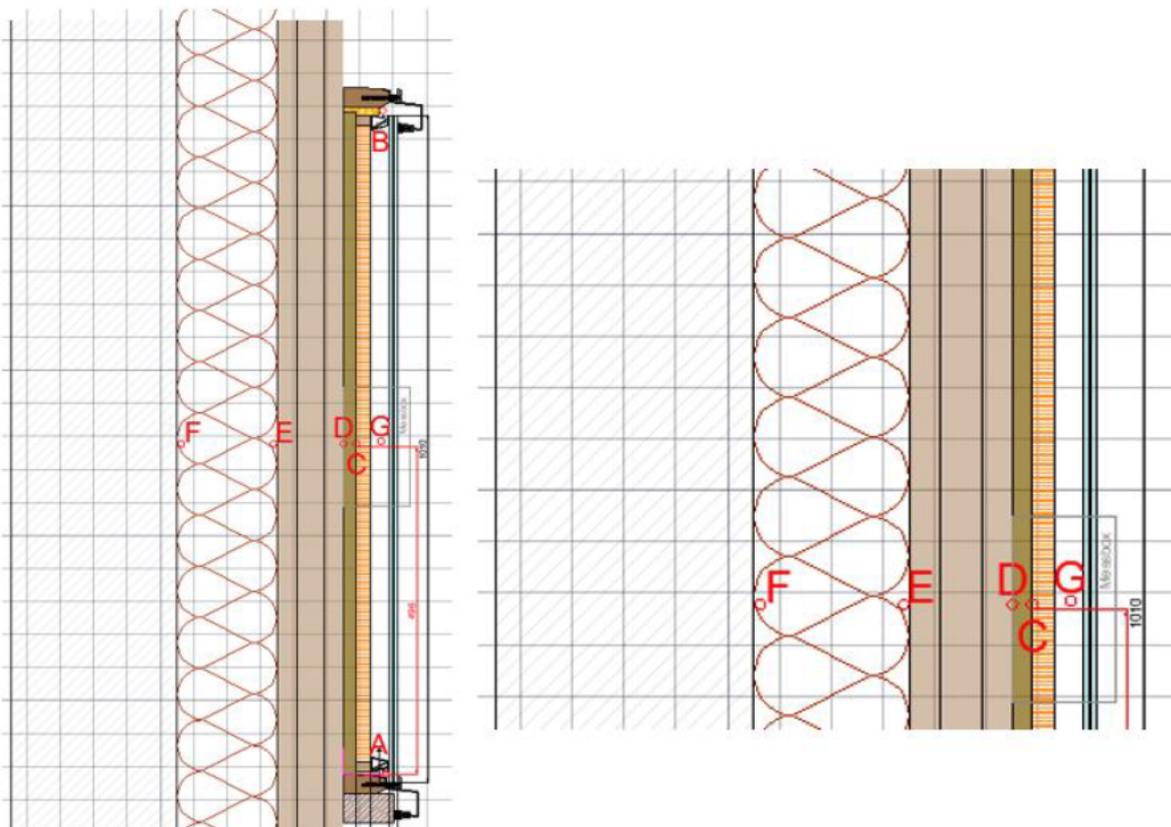


Abbildung 8: Prinzipieller Aufbau der Messsonden der Musteranlage

Erste Auswertungen, welche über einen Monat im Winter 2018/19 betrachtet wurden, zeigen die einzelnen Schichten des Musters. Es lässt sich daraus gut ablesen, wie sich Temperaturschwankungen der Außenluft in den Ausbau auswirken. In den folgenden

¹⁰ U/I-Kennlinie: Spannung versus Strom

Temperaturtabellen (siehe Abbildung 9 und Abbildung 10) wird gezeigt, wie sich Temperatur und Einstrahlung im Aufbau auswirken und vor allem ist an den Farbabstufungen gut zu erkennen, wie konstant die Temperatur hinter der Dämmung ist.

Datum	Zeit	Außentemperatur	Eintritt	Austritt	hinter GAP	h. Holzplatte	h. Holzaufbau	h. Dämmung
	<i>Sonarenkennung</i>	G [°C]	B [°C]	A [°C]	C [°C]	D [°C]	F [°C]	E [°C]
03.01.2019	13:41:53	-0,69	0,06	-0,13	2,69	2,81	2,44	13,94
03.01.2019	14:11:59	-0,94	0,00	-0,19	2,56	2,69	2,50	13,88
03.01.2019	14:42:06	-0,75	-0,25	-0,38	2,44	2,63	2,50	13,88
03.01.2019	15:12:12	-1,06	-0,38	-0,44	2,31	2,50	2,50	13,88
03.01.2019	15:42:19	-1,00	-0,56	-0,56	2,19	2,38	2,50	13,88
03.01.2019	16:12:25	-1,00	-0,81	-0,75	2,06	2,25	2,31	13,88
03.01.2019	16:42:33	-1,69	-1,19	-1,13	1,94	2,19	2,38	13,88
03.01.2019	17:12:39	-1,81	-1,44	-1,31	1,75	2,00	2,44	13,88
03.01.2019	17:42:46	-1,94	-1,75	-1,50	1,56	1,88	2,38	13,81
03.01.2019	18:12:52	-1,88	-1,94	-1,63	1,44	1,75	2,25	13,81
03.01.2019	18:42:59	-1,94	-2,06	-1,75	1,25	1,56	2,25	13,81
03.01.2019	19:13:05	-2,44	-2,44	-1,88	1,13	1,44	2,00	13,81
03.01.2019	19:43:12	-2,75	-2,94	-2,25	0,94	1,31	2,25	13,81
03.01.2019	20:13:18	-2,81	-3,25	-2,56	0,69	1,13	2,06	13,75
03.01.2019	20:43:26	-2,94	-3,44	-2,69	0,50	0,94	1,88	13,75
03.01.2019	21:13:32	-3,00	-3,56	-2,75	0,31	0,81	1,81	13,75
03.01.2019	21:43:39	-3,00	-3,50	-2,81	0,19	0,63	1,38	13,75
03.01.2019	22:13:45	-2,94	-3,75	-2,88	0,06	0,50	1,50	13,75
03.01.2019	22:43:52	-3,00	-3,69	-2,94	-0,06	0,38	1,31	13,75
03.01.2019	23:13:59	-3,06	-3,63	-2,94	-0,13	0,25	1,38	13,69
03.01.2019	23:44:05	-3,06	-3,38	-2,88	-0,19	0,19	1,38	13,69
04.01.2019	00:14:12	-2,94	-3,06	-2,75	-0,19	0,13	1,00	13,69
04.01.2019	00:44:18	-3,06	-3,06	-2,75	-0,19	0,13	0,94	13,63
04.01.2019	01:14:25	-3,44	-3,31	-2,88	-0,25	0,06	0,88	13,63
04.01.2019	01:44:31	-3,56	-3,81	-3,19	-0,38	-0,06	0,75	13,63
04.01.2019	02:14:38	-3,94	-4,13	-3,44	-0,56	-0,13	0,75	13,56
04.01.2019	02:44:44	-4,06	-4,31	-3,56	-0,69	-0,25	0,50	13,63
04.01.2019	03:14:51	-3,88	-4,50	-3,75	-0,81	-0,44	0,56	13,56
04.01.2019	03:44:57	-3,75	-4,69	-3,81	-0,94	-0,56	0,63	13,56
04.01.2019	04:15:06	-3,75	-4,56	-3,81	-1,06	-0,69	0,25	13,56
04.01.2019	04:45:12	-3,63	-4,25	-3,63	-1,13	-0,75	0,31	13,50
04.01.2019	05:15:19	-3,13	-3,94	-3,38	-1,13	-0,81	0,19	13,50
04.01.2019	05:45:25	-3,25	-3,81	-3,25	-1,13	-0,81	0,00	13,50
04.01.2019	06:15:32	-3,69	-3,81	-3,44	-1,13	-0,81	0,13	13,50
04.01.2019	06:45:38	-3,44	-4,25	-3,56	-1,25	-0,94	0,13	13,50
04.01.2019	07:15:45	-3,38	-3,94	-3,38	-1,25	-1,00	-0,19	13,44
04.01.2019	07:45:51	-3,31	-4,00	-3,38	-1,25	-1,00	-0,06	13,44
04.01.2019	08:15:58	-3,00	-3,56	-3,19	-1,25	-1,00	-0,13	13,44
04.01.2019	08:46:04	-2,19	-2,69	-2,63	-1,13	-1,00	-0,25	13,38
04.01.2019	09:16:11	-1,38	-0,19	-0,69	-0,56	-0,75	-0,13	13,38
04.01.2019	09:46:17	-1,38	-0,19	-0,44	-0,13	-0,38	-0,06	13,38
04.01.2019	10:16:23	-1,00	-0,06	-0,44	0,13	-0,13	0,00	13,38
04.01.2019	10:46:31	-0,63	0,38	-0,25	0,38	0,06	0,06	13,31
04.01.2019	11:16:37	-0,56	1,31	0,44	0,75	0,31	0,25	13,31
04.01.2019	11:46:44	-0,38	1,44	0,50	1,00	0,56	0,38	13,31

Abbildung 9: Temperaturdarstellung der kombinierten Musteranlage (siehe auch Abbildung 1)

Datum	Zeit	Außentemperatur	Eintritt	Austritt	hinter GAP	h. Holzplatte	h. Holzaufbau	h. Dämmung
	Sensorkennung	G [°C]	B [°C]	A [°C]	C [°C]	D [°C]	F [°C]	E [°C]
16.01.2019	20:51:21	1,69	2,06	3,81	8,25	9,06	8,75	14,25
16.01.2019	21:21:28	1,38	1,75	3,38	7,88	8,69	8,44	14,25
16.01.2019	21:51:34	1,06	1,44	2,94	7,50	8,38	8,06	14,25
16.01.2019	22:21:41	0,63	1,13	2,56	7,19	8,06	7,81	14,25
16.01.2019	22:51:47	0,44	0,75	2,25	6,88	7,75	7,38	14,25
16.01.2019	23:21:54	0,50	0,63	2,00	6,56	7,44	7,25	14,25
16.01.2019	23:52:00	0,13	0,44	1,75	6,31	7,19	6,94	14,31
17.01.2019	00:22:07	0,00	0,13	1,44	6,06	6,94	6,63	14,25
17.01.2019	00:52:13	0,38	-0,06	1,25	5,81	6,69	6,31	14,25
17.01.2019	01:22:20	-0,44	-0,25	1,00	5,56	6,44	6,13	14,25
17.01.2019	01:52:26	-0,69	-0,44	0,75	5,31	6,19	5,94	14,25
17.01.2019	02:22:33	-0,69	-0,69	0,50	5,13	5,94	5,50	14,25
17.01.2019	02:52:39	-0,94	-0,81	0,38	4,94	5,75	5,31	14,25
17.01.2019	03:22:46	-0,81	-0,88	0,25	4,75	5,56	5,25	14,25
17.01.2019	03:52:53	-0,69	-0,63	0,25	4,56	5,38	5,00	14,25
17.01.2019	04:23:00	-0,44	-0,44	0,38	4,50	5,19	4,69	14,25
17.01.2019	04:53:08	-0,56	-0,38	0,38	4,38	5,06	4,44	14,25
17.01.2019	05:23:14	-0,56	-0,38	0,38	4,31	4,94	4,44	14,25
17.01.2019	05:53:21	-0,25	-0,31	0,38	4,19	4,81	4,31	14,25
17.01.2019	06:23:27	-0,50	-0,44	0,38	4,13	4,69	4,25	14,25
17.01.2019	06:53:34	-0,44	-0,56	0,19	3,94	4,56	4,00	14,25
17.01.2019	07:23:40	-0,63	-0,63	0,13	3,81	4,44	4,06	14,25
17.01.2019	07:53:47	-0,38	-0,56	0,13	3,75	4,31	3,81	14,25
17.01.2019	08:23:53	0,25	-0,06	0,38	3,69	4,19	3,75	14,25
17.01.2019	08:54:00	4,19	1,94	1,81	3,88	4,25	3,69	14,19
17.01.2019	09:24:06	5,81	6,06	5,38	4,81	4,63	3,63	14,19
17.01.2019	09:54:13	9,00	13,31	10,69	6,38	5,38	3,63	14,25
17.01.2019	10:24:19	14,38	23,88	23,00	10,31	7,50	3,81	14,19
17.01.2019	10:54:26	17,13	29,06	32,81	15,06	10,75	4,19	14,25
17.01.2019	11:24:33	13,19	20,56	28,44	16,69	13,31	4,75	14,19
17.01.2019	11:54:40	23,31	29,13	32,75	18,63	14,63	5,56	14,25
17.01.2019	12:24:46	20,50	36,19	44,81	23,06	17,44	6,69	14,25
17.01.2019	12:54:53	19,31	37,94	52,25	27,25	20,88	7,69	14,25
17.01.2019	13:24:59	27,69	39,00	55,88	30,38	24,00	9,00	14,25
17.01.2019	13:55:07	28,38	37,50	57,00	32,63	26,63	10,69	14,31
17.01.2019	14:25:13	31,50	37,69	58,81	34,13	28,69	12,38	14,31
17.01.2019	14:55:20	19,56	25,06	54,94	34,06	30,13	14,19	14,38
17.01.2019	15:25:26	13,44	17,81	38,56	30,50	29,06	15,63	14,44
17.01.2019	15:55:33	12,06	14,38	27,38	27,00	26,88	16,19	14,44
17.01.2019	16:25:39	10,44	12,06	21,38	24,19	24,69	16,63	14,50
17.01.2019	16:55:46	9,44	10,56	17,31	21,88	22,75	16,44	14,50

Abbildung 10: Temperaturdarstellung der kombinierten Musteranlage (siehe auch Abbildung 1)

Für die Leistungsmessung wurde das PV-Modul an eine Dump-Load angeschlossen. Über einen Messaufbau wird in einem Zeitintervall Spannung und Strom gemessen. Damit kann die Leistung berechnet und die maximale Leistung (Mpp) bestimmt werden. Diese Maximalleistung gibt Aufschluss, wie viel Energie das Modul über eine gewisse Zeit liefert. Erste Auswertungen liefern gute Ergebnisse. Es ist zu erkennen, dass ein Fassadenpanel im Winter bei kalter Temperatur sogar über den unter Testbedingungen festgestellte Maximalleistung produzieren kann.

Diese Musteranlage wird auch zur Freigabe interner Qualitätschecks bei Wiener Wohnen genutzt, da eine solche Fassade für die Stadt Wien und den involvierten Spezialisten neu ist.

Informationen der und Kommunikation mit MieterInnen: Mieterversammlungen wurden in der Bauvorbereitungsphase abgehalten und werden durch Mietersprechtag im Baubesprechungsraum in der eingerüsteten Hütteldorfer Straße 252 ergänzt. Prinzipiell ist die Stimmung der MieterInnen gut. Sie nutzen die Möglichkeit, Muster von der dezentralen Lüftung und des für die Solarfassade vorgesehenen PV-Moduls zu betrachten. Da die Eingriffe in die

Haushalte zwar zeitlich befristet werden, aber möglicherweise die Aufstellung des Mobiliars betreffen, sind auch weitere Wohnungsbegehungen geplant, welche auch zur Informationsvermittlung genutzt werden. Die Einbindung der MieterInnen ist ein zeitaufwendiges, aber notwendiges Instrumentarium, um die Zusammenarbeit zwischen HausbewohnerInnen und Baufirmen zu ermöglichen.

Potentialanalyse bei Wiener Wohnen: Im Rahmen des Projekts wurde auch eine Masterarbeit erstellt, welche Sanierungsgebäude von Wiener Wohnen untersucht und das Einsparungspotential bezüglich Energie, CO₂-Emissionen und Kosten im Fall der Replikation von MAFa abschätzt und als Vergleichsreferenz Wärmeverbundsanierungen (WDVS) heranzieht.

„Anmerkung zur Potentialanalyse: Als Ausgangspunkt für die Abschätzung des Einsparungspotential dienten die Wohnbauten der Hütteldorfer Straße 252. Einerseits wurden die Stiegen 1 – 3 für die weiteren MAFa Sanierungsobjekte und andererseits die Stiegen 4 – 6 für die zukünftigen WDVS Sanierungsgebäude, als Ausgangsbasis betrachtet. Bei den Multi-Aktiv Sanierungen wurden die Stiegen 1 – 3 als Ausgangswert mit 100 % angenommen und die weiteren Sanierungsobjekte mit den jeweiligen Erträgen, die unter 4.2. (der Masterarbeit) ermittelt wurden, die Energie-, CO₂- und Kosteneinsparungen berechnet. Das bedeutet, dass z.B. beim PE_{NRT} (Bedarf an nicht erneuerbaren Primärenergien) eine statische Gutschrift von der Photovoltaik zugesprochen bekommt, die je nach Verschattung größer oder kleiner ist. Außerdem wird davon ausgegangen, dass die Gebäudestruktur (Aufmaße in den einzelnen Achsen) auch bei allen Gebäuden gleich ist.

„...Sanierungsmaßnahmen in der Hütteldorfer Straße 252, Energieeinsparungen von rund 63 % mit der MAFa und maximal 60 % mit dem WDVS möglich. Was bei der MAFa mit Stromproduktion in der Fassade mehr als 315.000 kWh/a (BGF¹¹: 2.522 m²) und beim WDVS knappe 235.000 kWh/a (BGF: 1.890 m²) Energieeinsparung bedeutet.“³

Tabelle 1 gibt die typischen Daten des Energieausweises wieder (siehe Anhang 1). Dämmungen durch MAFa und durch WDVS haben ähnliche kalkulierte Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf der jeweiligen Stiegen.

¹¹ BGF: Brutto Geschoßfläche

Tabelle 1: Energiekennzahlen der beiden Objekte der Hütteldorfer Straße 252

	BESTAND STIEGE 1-3	SANIERUNG mit MAFa	SANIERUNG mit MAFa inkl. PV Fassade	BESTAND STIEGE 4-6	SANIERUNG mit WDVS	
HWB _{SK}	150,64	10,14	10,14	160,15	10,64	kWh/(m ² *a)
EEB _{RH}	217,53	35,19	34,97	231,25	36,42	kWh/(m ² *a)
EEB _{WW}	25,58	27,74	27,74	25,58	27,80	kWh/(m ² *a)
HHSB	16,43	16,43	14,12	16,43	16,43	kWh/(m ² *a)
EEB _{SK}	393,75	73,07	72,85	273,26	80,65	kWh/(m ² *a)
Erdgas	243,03	61,35	61,35	256,75	63,11	kWh/(m ² *a)
Strom	16,50	18,00	15,48	16,50	17,53	kWh/(m ² *a)

Die im Rahmen des MAFa Projekts von Wiener Wohnen gegebenen Daten sind in die Masterarbeit eingeflossen und nachfolgend zusammengefasst. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die untersuchten Wohnhausanlagen Wiener Wohnens, welche in Zukunft saniert werden sollen. In Diskussionen mit den Projektverantwortlichen sind technische, wirtschaftliche und legalistische Kriterien für einen möglichen Einsatz von MAFa oder WVDs bei der Selektion potentieller Gebäude berücksichtigt worden. Von den analysierten 196 WHA sind 41 oder 21 % als geeignet für MAFa eingestuft, während alle anderen Objekte einer konventionellen WDVS Renovierung zugeordnet werden. Bei den in Frage kommenden WHA sind weiterführende Untersuchungen zur notwendigen statischen Verstärkung für die Fassaden durchzuführen. Neben der Anzahl der WHA werden aber auch Lärmpegel und die Nutzflächen des Wohnraums in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: In MAFa untersuchte WHA (inkl. Lärmpegel und Nutzflächen)

Wohnhausanlagen (Sanierungen mit MAFa)	Lärmpegel MAX [dB]	Nutzflächen [m ²]
41	60 - 75	202.821,82
Wohnhausanlagen (Sanierungen mit WDVS)	Lärmpegel MAX [dB]	Nutzflächen [m ²]
154	60 - 75	1.049.173,22

Die energetischen Auswirkungen bzw. kalkulierten Kosten-Nutzen-Analysen ermöglichen eine aggregierte Übersicht, welche dann für jeden Standort im Detail untersucht werden muss. Zeitverzögerungen sind bei der Hütteldorfer Straße 252 dadurch aufgetreten, dass zusätzliche Voruntersuchungen durchgeführt werden mussten, welche in der ursprünglichen Kosteneinplanung nicht berücksichtigt waren. Ergebnisse werden im Kapitel 4.4 präsentiert und ermöglichen die Schlussfolgerungen in Kapitel 5.

4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms

Im Rahmen des Projekts MAFa laufen wissenschaftliche Begleitarbeiten am konkreten Umsetzungsobjekt. Neben einer Beibehaltung der hohen Wohnqualität im beobachteten Objekt induziert das Projekt folgende Effekte:

- Eine signifikante Reduktion des CO₂-Ausstoßes.
- Eine effektive Symbiose von Energieeffizienz und Nutzung lokalen Energieressourcen auf Basis vorhandener, unvollständig - empirischer Projektergebnisse.
- Eine Stärkung der nationalen und internationalen Wettbewerbsfähigkeit durch die Replikation an Objekten der kooperierenden MultiplikatorInnen aus der Bauindustrie.

Für Österreich stellt die Vorsorgepolitik zum Schutz der Erdatmosphäre und hier insbesondere die Reduktion der klimarelevanten Emissionen eine besondere Herausforderung dar. Die Notwendigkeit des wirtschaftlichen Handelns ergibt sich aus der Knappheit der Mittel im Vergleich zu den menschlichen Bedürfnissen. Die Ressourcen der konventionellen Energieträger wie Öl, Gas, Kohle und Uran werden bereits mittelfristig knapp. Hierdurch ergibt sich die Notwendigkeit der technisch richtigen Gestaltung von Ökonomie und Ökologie. In diesem Prozess der Ökologisierung der Wirtschaft bekommt auch die symbiotische Nutzung der Solarstrom im Niedrigenergie- und Passivhausbereich einen immer höheren Stellenwert.

4.1 Einpassung in das Programm

- *Schaffung der Basis für Gebäude der Zukunft („Plus-Energie-Haus“)*

Die zukünftige technologische Entwicklung effizienter Energiemaßnahmen und der Integration Erneuerbarer Energie wie Photovoltaik ist auf die dynamische Marktverbreitung ausgerichtet und bündelt ihre Innovationskraft in Komponentenoptimierungen zur Steigerung der Wirkungsgrade und Reduktion der Systemkosten vor allem im Fassadenbereich für eine stärkere Marktdiffusion. Um sich den Herausforderungen von Häusern der Zukunft zu stellen, welche mehr Energie erzeugen als sie konsumieren, gilt es, industrielle Lösungen im Bereich der Vor-Fabrikation zu finden. Hierbei sind wesentlich:

Personen - die involvierten Personen sind maßgebend für das Gelingen von MAFa, da nur alle gemeinsam das gewünschte Ziele erreichen können. Es ist essentiell, technisch versiertes und motiviertes Personal zur Verfügung zu haben.

Zusammenwirken - ohne die richtige, auf die Bedürfnisse abgestimmte Planung, Design und Kommunikation ist der Schritt in Richtung vernetzter Bausegmente und -gewerke nicht denkbar. Für die gezielte Analyse der am Markt vorhandenen Lösungen und Ressourcen, um die notwendigen Bedürfnisse und Randbedingungen erfüllen zu können, gilt es, die geeigneten Technologien einzusetzen.

Prozesse - eine gezielte Analyse und Adaptierung der bisherigen Planungsprozesse ist notwendig, um effizient das bestmögliche Ergebnis zu erreichen. Die Prozesse sind das Bindeglied zwischen den Personen und Technologien. Sie sind für jede Firma und für jedes Projekt unterschiedlich, da unterschiedliche Personen- und Projektkonstellationen den Prozess bestimmen.

- *Nationale/internationale Einordnung ambitionierter integraler Gesamtkonzepte*

Energieeffiziente, innovative Haustechniksysteme und die Industrieerfahrung in der Produktion vofabrizierter Gebäudeelemente wie die Multi-Aktiv Fassade bilden das Fundament für eine sehr gute Marktposition im Niedrigenergie- und Passivhausbereich. Diese wurde auf Basis fundierter Resultate aus dem Projekt MAFa zusammen mit projektintegrierten Multiplikatoren wie der Stadt Wien und ihrer Magistratsabteilungen wie auch der IG Passivhaus Österreich und anderen ausgebaut. In weiterer Folge werden die Marktanteile abhängig von den Komponentenkosten und Standortbesonderheiten schrittweise erhöht. Die Projektergebnisse werden zur Marktdurchdringung von ökonomisch sinnvollen und ganzheitlich orientierten Energielösungen in zukünftigen Plusenergie-gebäuden und -stadtquartieren signifikant beitragen und bilden so einen Nutzen für die gesamte Gesellschaft (Wissens–Spill Over). Österreich ist zwar nur für einen Bruchteil der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich, wird aber gleichzeitig dank seiner innovativen Technologien am Sektor Energieeffizienz und erneuerbarer Energieträger international geschätzt und angefragt. MAFa soll dazu beitragen, dass sich die österreichische Wirtschaft in dem boomenden Marktsegment für nachhaltige Energielösungen – vor allem im Bereich vofabrizierter Fassaden – auch weiter gut behaupten kann.

- *Initiierung von Demonstrationsprojekten, um die Sichtbarkeit der Technologie und Konzepte zu gewährleisten*

Die Zielgruppen für die Ergebnisse sind primär EigentümerInnen, BauträgerInnen und Hausverwaltungen. Die konsequente Einbindung von MultiplikatorInnen in die Initiierung von Folgeprojekten an urbanen und ländlichen Standorten dient der weitflächigen Sichtbarmachung und Vermarktung der Projektergebnisse. Die erfolgreiche Untersuchung vom MAFa Projekt ist ein komplexer, interdisziplinärer Vorgang, der ein hohes Maß an Kompetenz und Erfahrung erfordert. ProjektpartnerInnen bringen Ihre Kenntnisse aus dem Bausektor ein und machen Konzipierung und Design für weitere zeitnahe Umsetzungen sichtbar.

4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms

Reihenhäuser und gewerbliche Neubauten haben ein sehr hohes Potential zur Reduktion des Energieverbrauches und des Treibhausgasausstoßes. Trotz steigender Nachfrage nutzen PlanerInnen momentan dieses Einsparpotential hinsichtlich Kosteneffizienz bei weitem nicht aus, da in der Regel bei der integralen, ganzheitlichen Planung, sowie einer sozio-ökonomischen Begleitung gespart wird. Auch ist das Wissen um vofabrizierte Multi-Aktiv Fassaden in der Bauindustrie limitiert. Daher wurde im vorliegenden Projekt MAFa um Ko-Finanzierungen für eine kostengünstige, energieeffiziente und bewohnerfreundliche Lösung mit hohem Replizierungsgrad angesucht.

Neubauten und Sanierungen des Wohnbaubestandes sind österreich- und europaweit einer der bedeutendsten Wachstumsmärkte. Der Markt für anvisierte Mehrgeschoßwohnungen ist für einige europäische Länder in nachfolgender Tabelle 3 in Englisch dargestellt.

Tabelle 3: Mehrgeschoßwohnungen in Spanien, Deutschland, Frankreich, Italien und Polen, Quelle: <http://www.meefs-retrofitting.eu/>

	Spain	Germany	France	Italy	Poland	TOTAL
MLFH stock, including social housing¹²						
Multi-family dwellings < 4 storeys (million m²)	500	1350	600	1300	250	4000
High-rise dwellings > 4 storeys (million m²)	1000	150	200	500	150	2000
Surface for collective social housing only (million m²)	40	150	270	30	70	560
Scenarios for 2050 derived by MeeFS	Baseline		Medium		Fast	
Average retrofitting rate	1%/year		2%/year		3%/year	
Estimated number of MLFH dwellings per year	0.8-1 million		1.6-2 million		2.4-3 million	
Potential of MLFH floor area to be retrofitted each year in Europe	65 million m ²		130 million m ²		195 million m ²	
- Potential in Germany, France (m²)	22 million m ²		44 million m ²		66 million m ²	
<i>out of which social housing:</i>	<i>4 million m²</i>		<i>8 million m²</i>		<i>12 million m²</i>	
- Potential in Poland (m²)	3 million m ²		6 million m ²		9 million m ²	
<i>out of which social housing:</i>	<i>0.7 million m²</i>		<i>1.4 million m²</i>		<i>2.1 million m²</i>	
- Potential in Spain, Italy (m²)	34 million m ²		68 million m ²		102 million m ²	
<i>out of which social housing:</i>	<i>0.7 million m²</i>		<i>1.4 million m²</i>		<i>2.1 million m²</i>	

Legend: All given m² are related to conditioned gross floor areas.

Sanierungsraten innerhalb der EU für 2050 hängen sehr stark von der Referenzquelle wie auch von verschiedenen Szenarien ab (siehe Tabelle 3). Auch wenn das Marktpotential relativ groß ist und in Österreich wohl bei einem Zehntel des deutschen Szenarios für 2050 liegen wird, so sehen sich vorfabrizierte Gebäudeelemente einer großen Konkurrenz ausgesetzt.

Im MAFa Projekt wird ein deutlich verbessertes Gesamtkonzept zur weitverbreiteten Replizierbarkeit, Kosteneffizienz und Nutzerzufriedenheit entwickelt. Für die Realisierung des Demonstrationsobjekts in der Hütteldorfer Straße 252 sind Bauteile und Komponenten eingesetzt, die intelligent verknüpft haustechnisch einen Mehrfachnutzen erfüllen und somit den technischen Aufwand auf ein Minimum reduzieren.

Niedrigenergieobjekte und Schlüsseltechnologien bilden eine energetisch ausbalancierte Symbiose, welche in der nachfolgenden industriell gefertigten Replikation kosteneffizient ausgeführt wird. Zukünftige Plusenergiehäuser mit hocheffizienten Multi-Aktiv Fassaden bilden langfristig CO₂-Senken für die österreichische Energieversorgung. Ergebnisse des vorliegenden Forschungsprojekts werden – so sie vom Markt angenommen werden – eine

¹² Estimation using figures from Housing Statistics in the European Union 2010, Delft University of Technology

nachhaltige Dynamik für die Erweiterung und Technologieführerschaft für die kooperierenden Betrieben bringen.

4.3 Einbeziehung der Zielgruppen (Gruppen, die für die Umsetzung der Ergebnisse relevant sind) und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt

Um eine aktive Wissensvermittlung an BauträgerInnen und Hausverwaltungen, potentielle Investoren vorfabrizierter Gebäudeelemente vorzunehmen, sind Verbreitungsmaßnahmen in Wien in Kooperation mit EU-GUGLE durchgeführt worden:

- Workshop “Energieeffiziente Sanierung und Wohlfühlen“ in Wien an der BOKU mit der Präsentation der Multi-Aktiv Fassade am 18.02.2019.
- Zusammentreffen mit dem EU-Projekt Smarter Together und den in diesem Projekt agierenden Magistratsbediensteten. Präsentation der Multi-Aktiv Fassade in der Hütteldorfer Straße 252 am 15.05.2018.
- Smart eco-buildings and social housing – A reality check! an der BOKU mit der Präsentation der Multi-Aktiv Fassade am 27.04.2017

Genannte Zielgruppen werden über wesentliche Ansatzpunkte und Zusammenhänge von MAFa informiert und zur Nachahmung motiviert. Aktive Wissensvermittlung an BauträgerInnen und Hausverwaltungen und potentielle Investoren für vorfabrizierte Gebäudeelemente wird in der Regel via Workshops und Zusammentreffen gehandhabt.

4.4 Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial) für die Projektergebnisse

Die in Tabelle 2 identifizierten 41 MAFa und 154 WDVS-Sanierungsobjekte wurden in der Masterarbeit an der BOKU untersucht, inwiefern sie zur Energiebilanz Wiens beitragen können. Danach werden "... insgesamt im Jahr 33.356.309 kWh/a an Energie eingespart. Eine Energieeinsparung von 175.580.000 kWh/a ist mit den 154 WDVS–Sanierungen möglich."³ Das Einsparpotential der 195 WHA liegt bei ca. 209 GWh/a (siehe Tabelle 4). Ausgangswert für die in Tabelle 4 verwendeten Werte sind Ergebnisse der Kalkulationen in der Hütteldorfer Straße 252. Die dort getätigten MAFa und WDVS-Sanierungen sind beispielwirkend für die anderen zu sanierenden Objekte Wiener Wohnens, welche mit den Errichtungszeitpunkten und verwendeten Baumaterialien untenstehend angeführter Gebäude zusammenhängt.

Tabelle 4: Kalkulationen über potentielle MAFa sanierte WHA

POTENTIAL ANALYSE - PENRT	ERTRAG [%]	PENRT [kWh/m²]	BZF [m²]	PENRT [kWh]	PENRT Einsparung [kWh]	Einsparung/m² [kWh/m²]	Einsparung [%]	Einsparung [kWh/a]
BESTAND 1 - 3		26 601	1 875	49 885 600				
SANIERUNG MAFa PV F	100	9 440	2 018	19 047 050	30 838 550	17 161	61,82	308 385
BESTAND 4 - 6		27 973	1 412	39 487 134				
SANIERUNG WDV5		10 552	1 512	15 955 468	23 531 666	17 421	59,59	235 317
BESTAND Mittelwert		27 287						
MAFa - SANIERUNG								
1 WrW_MAFa_S	100	9 440	23 553	222 341 453	420 352 533	17 847	65,40	4 203 625
2 WrW_MAFa_S	60	13 216	718	9 484 727	10 098 335	14 071	51,57	100 983
3 WrW_MAFa_S	80	11 328	1 577	17 868 447	25 173 248	15 959	58,49	251 732
4 WrW_MAFa_S	80	11 328	13 619	154 271 274	217 338 918	15 959	58,49	2 173 389
5 WrW_MAFa_S	80	11 328	1 981	22 438 729	31 611 906	15 959	58,49	316 119
6 WrW_MAFa_S	100	9 440	920	8 683 573	16 416 920	17 847	65,40	164 169
7 WrW_MAFa_S	80	11 328	7 194	81 493 972	114 809 525	15 959	58,49	1 148 095
8 WrW_MAFa_S	60	13 216	1 417	18 729 980	19 941 703	14 071	51,57	199 417
9 WrW_MAFa_S	70	12 272	2 945	36 141 285	44 219 475	15 015	55,03	442 195
10 WrW_MAFa_S	60	13 216	1 494	19 748 272	21 025 873	14 071	51,57	210 259
11 WrW_MAFa_S	80	11 328	4 613	52 261 048	73 625 889	15 959	58,49	736 259
12 WrW_MAFa_S	80	11 328	727	8 233 417	11 599 320	15 959	58,49	115 993
13 WrW_MAFa_S	80	11 328	4 221	47 813 902	67 380 705	15 959	58,49	673 807
14 WrW_MAFa_S	100	9 440	1 406	13 273 206	25 093 953	17 847	65,40	250 940
15 WrW_MAFa_S	100	9 440	1 817	17 152 197	32 427 464	17 847	65,40	324 275
16 WrW_MAFa_S	80	11 328	7 544	85 463 983	120 402 516	15 959	58,49	1 204 025
17 WrW_MAFa_S	80	11 328	7 308	82 782 192	116 624 382	15 959	58,49	1 166 244
18 WrW_MAFa_S	100	9 440	7 648	72 198 347	136 496 176	17 847	65,40	1 364 962
19 WrW_MAFa_S	80	11 328	6 940	78 620 172	110 780 886	15 959	58,49	1 107 809
20 WrW_MAFa_S	80	11 328	1 224	13 870 456	19 540 838	15 959	58,49	195 408
21 Hütteldorfer Str. 252	100	9 440	3 367	31 782 120	60 086 387	17 847	65,40	600 864
22 WrW_MAFa_S	100	9 440	7 178	67 757 299	128 100 055	17 847	65,40	1 281 001
23 WrW_MAFa_S	60	13 216	3 480	45 987 847	48 962 999	14 071	51,57	489 630
24 WrW_MAFa_S	80	11 328	2 945	33 356 542	46 993 031	15 959	58,49	469 930
25 WrW_MAFa_S	60	13 216	1 525	20 154 664	21 458 556	14 071	51,57	214 586
26 WrW_MAFa_S	100	9 440	1 426	13 458 514	25 444 289	17 847	65,40	254 443
27 WrW_MAFa_S	80	11 328	6 116	69 280 349	97 602 850	15 959	58,49	976 029
28 WrW_MAFa_S	80	11 328	955	10 818 127	15 240 685	15 959	58,49	152 407
29 WrW_MAFa_S	90	10 384	3 461	35 943 904	58 509 227	16 903	61,95	585 092
30 WrW_MAFa_S	90	10 384	5 580	57 945 420	94 323 135	16 903	61,95	943 231
31 WrW_MAFa_S	80	11 328	24 606	278 740 053	392 691 782	15 959	58,49	3 928 918
32 WrW_MAFa_S	80	11 328	11 659	132 070 071	186 061 640	15 959	58,49	1 860 616
33 WrW_MAFa_S	80	11 328	568	6 437 383	9 089 021	15 959	58,49	90 890
34 WrW_MAFa_S	80	11 328	1 249	14 150 145	19 934 866	15 959	58,49	199 349
35 WrW_MAFa_S	80	11 328	11 495	130 211 622	183 443 439	15 959	58,49	1 834 434
36 WrW_MAFa_S	80	11 328	776	8 793 700	12 388 653	15 959	58,49	123 887
37 WrW_MAFa_S	80	11 328	513	5 812 397	8 188 583	15 959	58,49	81 886
38 WrW_MAFa_S	60	13 216	2 098	27 721 221	29 514 626	14 071	51,57	295 146
39 WrW_MAFa_S	80	11 328	1 883	21 335 808	30 057 819	15 959	58,49	300 578
40 WrW_MAFa_S	100	9 440	12 698	119 869 214	226 621 384	17 847	65,40	2 266 214
41 WrW_MAFa_S	80	11 328	377	4 271 222	6 017 341	15 959	58,49	60 173
MAFa - Gesamt:					3 335 630 914	660 927	59,08	33 356 309
WDV5 - Gesamt:					17 557 913 837	2 577 190	61,33	175 579 138
GESAMT - PENRT:					20 893 544 750	3 238 117		208 935 448

Legende: Ertrag bezieht sich mit 100% auf MAFa, PENRT - Nicht erneuerbare Primärenergie, total, BZF - Die Bezugsflächen BZF ist definiert als die Summe der konditionierten Fläche und 50% von der Bruttogrundfläche der Pufferräume (Keller, ...) basierend auf Eco2Soft Kalkulationen

Erkenntnisse aus MAFa sind großflächig in urbanen Räumen national und international einsetzbar, da durch die Einbeziehung der relevanten internationalen Standards und Normen das dazu notwendige Wissen bei den Projektpartnern vorhanden ist. Dieses vergrößert das Verwertungs-/ Marktpotential, wobei folgende Zielgruppen mit MAFa primär adressiert werden:

- Betreiber von nationalen und internationalen Gebäuden mit einem hohen Energieverbrauch und südlich ausgerichteten Fassaden (siehe auch Tabelle 4)
- Haushalte und private Energieproduzenten („Prosumer“) mit hoher Energiesensibilität

- Auftraggeber und Planer von nationalen und internationalen Neubauten, bei denen durch eine Optimierung der Lebenszykluskosten der notwendige Energieeinsatz sowie die Auswirkungen auf die Umwelt minimiert werden.
- Unternehmenspartner (Planer, Baufirmen, Installateure und Handwerker), welche mit der Durchführung der Maßnahmen beauftragt werden.
- Finanzierungs-/ Contractingpartner, Investoren.

Eine übergreifende Beratung im Bereich Multi-Aktiv Fassaden geht weit über die schlichte Durchführung einiger Untersuchungen hinaus und erfordert hoch-erfahrene und interdisziplinär agierende Unternehmen. Für Ausbildungsstätten wie die BOKU bilden die Erkenntnisse aus MAFa eine Erweiterung der Qualifizierungskompetenzen und des Angebotes, einen Ausbau des Unternehmen-Netzwerkes, Erkenntnisgewinne für die F&E-Tätigkeiten und die Grundlage für Folgeprojekte und -Maßnahmen.

5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Im Rahmen des Projekts MAFa laufen wissenschaftliche Begleitarbeiten am konkreten Umsetzungsobjekt in der Hütteldorfer Straße 252 in Wien. Neben der Beibehaltung bzw. Erhöhung des Wohnkomforts im beobachteten Objekt induziert das Projekt eine Stärkung der nationalen und internationalen Wettbewerbsfähigkeit durch die Replikation an Objekten der kooperierenden MultiplikatorInnen aus der Bauindustrie, welche überwiegend mit Wiener Wohnen kooperieren.

Für Österreich stellt die Vorsorgepolitik zum Schutz der Erdatmosphäre und hier insbesondere die Reduktion der klimarelevanten Emissionen eine besondere Herausforderung dar. Die Notwendigkeit des wirtschaftlichen Handelns ergibt sich aus der Knappheit der Mittel im Vergleich zu den menschlichen Bedürfnissen. Die Ressourcen der konventionellen Energieträger wie Öl, Gas, Kohle und Uran werden bereits mittelfristig knapp. Hierdurch ergibt sich die Notwendigkeit der technisch richtigen Gestaltung von Ökonomie und Ökologie. In diesem Prozess der Ökologisierung der Wirtschaft bekommt auch die symbiotische Nutzung der Solarstrom im Niedrigstenergie- und Passivhausbereich einen immer höheren Stellenwert.

Die Umsetzungsmaßnahmen durchlaufen einen abgestimmten Qualitätsmanagementprozess. Die Schlussfolgerungen aus Erlerntem und Getestetem im Projekt fließen in die Verwertungsstrategie der MAFa Partner ein, welche in untenstehendem Blockdiagramm drei Ebenen abdeckt (siehe Abbildung 11).



Abbildung 11: Prinzipielle Darstellung der Verwertungsstrategie vom MAFa Team

Die erste Ebene nutzt auf Baubesprechungen diskutierte Verbesserungsvorschläge und Realisierungslösungen als Teil des kontinuierlichen Reflexionsprozesses zur permanenten Verbesserung der Umsetzung, auch über das Projektende hinaus. In der zweiten Ebene

werden die Baufortschritte einer Qualitätskontrolle unterzogen, welche Teil eines diesbezüglichen Managements der beteiligten Unternehmen sind, um zukünftig leistbare Replikationen in diesem Nischenmarkt zu ermöglichen.

Die dritte Ebene nutzt existierende internationale Partnerschaften via den EU-Projekten EU-GUGLE mit seinen sechs Pilotstädten (Aachen, Bratislava, Mailand, Sestao, Tampere und Wien) und SINFONIA¹³ mit den beiden Pilotstädten Bozen und Innsbruck, um Ergebnisse und Erfahrungen europaweit auszutauschen. In den zwei erwähnten Smart City Projekten werden ebenfalls zu MAFa gut passende Verwertungsstrategien und konkrete Geschäftsmodelle entwickelt. Diese dritte Ebene wird aber nur partnerintern diskutiert, da „Non-disclosure Agreements“ unterschrieben wurden, welche zur Verschwiegenheit verpflichten. Das Knowhow ist vorhanden und wird abgewandelt unter Einhaltung der vertraglichen Verpflichtungen im Projektteam genutzt. Die Schlussfolgerungen aus der Umsetzung und ersten Test- bzw. Messergebnissen von MAFa fließen in die Verwertungsstrategien der beteiligten Projektpartner und externen Unternehmen ein.

Im Folgenden werden die wesentlichen Projektergebnisse und ihre Relevanz für die in Kapitel 4 definierten externen Zielgruppe dargestellt (siehe

¹³ www.sinfonia-smartcities.eu

Tabelle 5).

Tabelle 5: Relevanz der MAFa Projektergebnisse für Projektexterne

Zielgruppe über das MAFa Team hinaus	Projektergebnisse	Relevanz für die Zielgruppe
BetreiberInnen von nationalen und internationalen Gebäuden	<ul style="list-style-type: none"> • Multi-Aktive Fassade MAFa • Dezentrale Lüftungsgeräte • Monitoring der Musteranlage • Potentialanalyse bei Wiener Wohnen • Informationen der und Kommunikation mit MieterInnen 	Interesse an: - Qualität und Zuverlässigkeit der industriellen Vorfertigung von MAFa Fassaden - Kosten vs. Nutzen von Multi-Aktiv Fassaden - durch die Kommunikation mit MieterInnen erreichte Zufriedenheit von GebäudenutzerInnen
Haushalte und private Energieproduzenten („Prosumer“)		Interesse an: - Messergebnissen aus der Musteranlage. - Geschäftsmodellen (Mieterstrommodell etc.)
AuftraggeberInnen und PlanerInnen von Neubauten		Interesse an: - Qualität und Zuverlässigkeit der industriellen Vorfertigung von MAFa Fassaden - Kosten vs. Nutzen von Multi-Aktiv Fassaden - Dezentraler vs. zentraler Lüftung
UnternehmenspartnerInnen (Planer, Baufirmen, Installateure und Handwerker)		Interesse an: - Qualität und Zuverlässigkeit der industriellen Vorfertigung von MAFa Fassaden - Kosten vs. Nutzen von Multi-Aktiv Fassaden
Finanzierungs-/ Contractingpartner, Investoren		- Ergebnissen der Potentialanalyse bei Wiener Wohnen - Wirtschaftlichkeit fassadenintegrierter PV Module

6 Ausblick und Empfehlungen

Ziel ist es, den Marktanteil von vorfabrizierter Solarfassaden bis 2030 signifikant zu erhöhen. Um dies zu erreichen, gilt es, weitere Erfahrungen mit ähnlichen, südgewandten Gebäuden und der, wie die in der Hütteldorfer Straße 252, vorgestellten Multi-Aktiv Fassade zu sammeln. Eine Potentialanalyse von Wohnhausanlagen von Wiener Wohnen im vorliegenden Bericht gibt einen Ausblick über das Replikationsvolumen und die hierdurch möglichen Energieeinsparungen wie auch die Erhöhung der Energieeigenversorgung großvolumiger Mehrgeschoßgebäude (siehe Kapitel 4.4). Magistratsabteilungen Wiens wie auch österreichweit andere Wohnbauträger haben bereits ihr Interesse angemeldet und werden vom MAFa Team über die Vorzüge sowie über Herausforderungen von Multi-Aktiv Fassaden informiert. Die Symbiose von MAFa mit dem europäischen Projekt EU-GUGLE und ihrer Öffentlichkeitsarbeit erweist sich als nützlich und effektiv, das Multi-Aktiv Fassadenkonzept weiterzutragen.

Obwohl bisherige Messergebnisse von MAFa vielversprechend sind, eine wirtschaftlich attraktive Alternativoption zu den am Markt befindlichen Dämmtechnologien zu sein, so würden weitere Leitprojekte eine robustere Basis zur erfolgreichen Markteinführung von Solarfassaden in Mehrgeschoßgebäuden schaffen. Das MAFa Projektteam geht davon aus, dass sich dieses positiv auf den Komfort von MieterInnen und den Verkehrswert dieser nachhaltigen Gebäude auswirken wird. Schon jetzt hat eine niedrige Energiekennzahl einen schwachen, aber signifikant positiven Einfluss auf den Wert von Immobilien und es ist anzunehmen, dass dieser Einfluss zunehmen wird, wenn entsprechend mehr Beobachtungen zur Verfügung stehen.

Ko-Finanzierungsmöglichkeiten stellen z.B. das vom KLIEN ausgeschriebene „Stadt der Zukunft“ oder die von der EU-Kommission ausgeschriebene „Smart City Initiative“ dar. Wissenschaftlich profunde begleitete Umsetzungsprojekte können im Rahmen eines Fördervertrags mit genutzt werden, um die Erreichung energiepolitischer Zielsetzungen in urbanen Gebieten durch weitere konkrete Fallstudien mit einem empirisch untermauerten Fundament zu unterstützen.

7 Verzeichnisse

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Muster der Multi-Aktiv-Fassade	17
Abbildung 2: Prinzipieller Ablauf der Multi-Aktiv-Fassade / Implementierung und Validierung	19
Abbildung 3: Schema Multi-Aktiv-Fassade	21
Abbildung 4: Hütteldorfer Straße 252 in Wien-Penzing und zusammen mit weiteren Gebäuden des EU-Projekts EU-GUGLE, Quelle: Google Maps und Lang Consulting	22
Abbildung 5: Hütteldorfer Straße 252 mit den Gerüsten der zukünftigen Multi-Aktiv Fassade (unten) und oben des Wärmeverbunddämmsystems	23
Abbildung 6: Ergebnisse der Einstrahlungsuntersuchungen im Labor, Quelle: FH Technikum Wien	24
Abbildung 7: Bohrung für die dezentralen Lüftungsanlagen in der Hütteldorfer Straße 252 ..	25
Abbildung 8: Prinzipieller Aufbau der Messsonden der Musteranlage	26
Abbildung 9: Temperaturdarstellung der kombinierten Musteranlage (siehe auch Abbildung 1).....	27
Abbildung 10: Temperaturdarstellung der kombinierten Musteranlage (siehe auch Abbildung 1).....	28
Abbildung 11: Prinzipielle Darstellung der Verwertungsstrategie vom MAFa Team	37

7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Energiekennzahlen der beiden Objekte der Hütteldorfer Straße 252.....	30
Tabelle 2: In MAFa untersuchte WHA (inkl. Lärmpegel und Nutzflächen).....	30
Tabelle 3: Mehrgeschoßwohnungen in Spanien, Deutschland, Frankreich, Italien und Polen, Quelle: http://www.meefs-retrofitting.eu/	33
Tabelle 4: Kalkulationen über potentielle MAFa sanierte WHA	35
Tabelle 5: Relevanz der MAFa Projektergebnisse für Projektexterne	40

7.3 Literaturverzeichnis

Folgende Literatur wurde als Hintergrundinformation genutzt und ist, da nicht rezipiert, nicht in Form einer Fußnote im vorliegenden Bericht zu finden. Die Lektüre mag aber die geschätzten LeserInnen über MAFa hinausgehende Themenstellungen informieren:

- Banfi S., Farsi M., Filippini M, Jakob M., "Willingness to pay for energy-saving measures in residential Buildings," Energy Economics, 2008.
- Bertelsen, S., Koskela, L., (2004). Construction Beyond Lean: A New Understanding of Construction Management, Proceedings for the 12th annual conference of the International Group for Lean Construction 25-27 July, Denmark, pp. 1-11.
- Brounen D., Nils Kok, "On the economics of energy labels in the housing market," Journal of Environmental Economics and Management, 2011.
- Howell, G., Ballard, G., (1994). Implementing lean construction: reducing inflow variation Proceedings for the 2nd annual conference of the International Group for Lean Construction, Santiago, Chile.
- Kampouropoulos, K., E. Crespo Sánchez, J. Macià i Cid, L. Cases Fàbregas and M. Castellà, "A novel methodology for the optimisation of the retrofitting actions in building of the tertiary sector", 22th International Passive House Conference, Munich, Germany, 2018.
- B., Leitner, K., Leonhartsberger.: Experimentelle Untersuchung der GAP-Fassade. FH Technikum Wien 2017
- Marina Economidou et al.: "EUROPE'S BUILDINGS UNDER THE MICROSCOPE, A country-by-country review of the energy performance of buildings", 2011, ISBN: 9789491143014
- Mohan, S.B. and Iyer, S. (2005). Effectiveness of Lean Principles in Construction. In:, 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Sydney, Australia, 19-21 Jul 2005. pp 421-429.
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A. and Minkarah, I. (2006), Lean Construction: From Theory to Implementation, Journal of Management in Engineering, 22 (4), pp. 168-175.
- Skjølvold, Tomas Moe; Ryghaug, Marianne; Throndsen, William; Christensen, Toke Haunstrup; Friis, Freja; Ornetzeder, Michael; Sinozic, Tanja; Strauß, Stefan (2016): Studying smart energy solutions for small to medium consumers. Norwegian University of Science and Technology, Danish Building Research Institute, Institute of Technology Assessment (Austria). Deliverable D1

Im Rahmen des Projekts sei auf folgende Masterarbeit an der BOKU im Besonderen verwiesen:

SASDI Matthias Maximilian, BSc. Masterarbeit: Energetisches Einsparungspotential durch den Einsatz passiver und aktiver Solarelemente am Beispiel des sozialen Wohnbaus der Stadt Wien, BOKU, 01.02.2019, zitiert auf den Seiten: 18, 28 und 34

Internetquellen

BPIE, "Building Renovation Passports – Customised roadmaps towards deep renovation and better homes," [Online]. Available: <http://bpie.eu/publication/renovation-passports/>. (abgerufen am 08. Januar 2019; 10:20)

EU-Projekt: MEEFS - Multifunctional Energy Efficient Façade System for Building Retrofitting across Europe, <http://www.meefs-retrofitting.eu/> (abgerufen am 22. August 2019; 18:46)

Weiß, T., Fulterer, A. M., & Knotzer, A. (2018). Energy flexibility of domestic thermal loads – a building typology approach of the residential building stock in Austria. *Advances in Building Energy Research*, 1-16. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/17512549.2017.1420606>. doi:10.1080/17512549.2017.1420606 (abgerufen am 08. Januar 2019; 10:47)

Alle anderen Internetverweise beziehen sich auf genannte EU-Projekte und grafische Quellenangaben.

8 Anhang

Folgende Anhänge liegen bei:

- A1_International Statistical Ecology Conference 2018-Abstract
- A2_Artikel in Wettbewerbe-3-18
- A3_SETAC Europe 24th-Abstract
- A4_Experimentelle Untersuchung der GAP-Fassade
- A5_Messdatenauswertung_Messaufbau_31.03.19



Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien
[bmvit.gv.at](https://www.bmvit.gv.at)