

# Energieforschungsprogramm

## Publizierbarer Endbericht

**Programmsteuerung:**

Klima- und Energiefonds

**Programmabwicklung:**

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

### Endbericht

erstellt am

21/03/2016

## Projekttitlel:

ROOFBOX

Ressourcenschonende Nachverdichtung von großvolumigen Mehrfamilienhäusern mit vorgefertigten  
Raumzellen in Holzbauweise

Projektnummer:

843905

## e!Mission.at - 4. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Ausschreibung	4. Ausschreibung e!Mission.at
Projektstart	01/04/2014
Projektende	31/03/2016
Gesamtprojektdauer (in Monaten)	24 Monate
ProjektnehmerIn (Institution)	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ AEE – Institut für Nachhaltige Technologien – AEE INTEC</li><li>▪ Salzburger Institut für Raumordnung &amp; Wohnen – SIR</li><li>▪ Nussmüller Architekten ZT GmbH</li><li>▪ Haas Fertigbau Holzbauwerk GmbH &amp; Co KG</li><li>▪ TBH Ingenieur GmbH</li></ul>
AnsprechpartnerIn	Heimo Staller
Postadresse	A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19
Telefon	+43 (0)3112 5886-364
Fax	DW 18
E-mail	<a href="mailto:h.staller@aee.at">h.staller@aee.at</a>
Website	<a href="http://www.aee-intec.at">http://www.aee-intec.at</a>

# ROOFBOX

Ressourcenschonende Nachverdichtung von großvolumigen Mehrfamilienhäusern mit vorgefertigten  
Raumzellen in Holzbauweise

**AutorInnen:**

**Heimo Staller, Patrick Lüftenegger, Werner Nussmüller, Robert Jöbstl, Benjamin Schaffer**

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	5
1.1	Aufgabenstellung .....	5
1.2	Schwerpunkte des Projektes .....	5
1.3	Einordnung in das Programm .....	5
1.4	Verwendete Methoden .....	6
2	Inhaltliche Darstellung .....	6
2.1	AP 2 - Grundlagen- und Potentialabschätzung .....	7
2.1.1	Ausgangssituation .....	7
2.1.2	Rahmenbedingungen und Anforderungen an eine ROOFBOX-Aufstockung .....	8
2.2	AP 3 Modulentwicklung .....	12
2.2.1	Bestehende Forschungs- und Umsetzungsprojekte .....	13
2.2.2	Modulentwicklung .....	17
2.3	AP 4 – Fallbeispiel .....	27
2.3.1	Das Bestandsobjekt .....	27
2.3.2	Fallstudie .....	31
3	Ergebnisse und Schlussfolgerungen .....	58
4	Ausblick und Empfehlungen .....	59
5	Abbildungsverzeichnis .....	60
6	Tabellenverzeichnis .....	61
7	Kontaktdaten .....	62

## 1 Einleitung

### 1.1 Aufgabenstellung

Der hochwertigen Sanierung und Nachverdichtung von bestehenden Siedlungsgebieten kommt auf Grund der energiepolitischen, raumplanerischen und volkswirtschaftlicher Auswirkungen enorme Bedeutung zu. Die Sanierung und Nachverdichtung bestehender Siedlungsgebiete trägt maßgeblich zur Reduktion der Betriebsenergie von Gebäuden, zur Reduktion des mobilitätsbedingten Energieverbrauches, sowie zur Minimierung des Verbrauches endlicher Ressourcen (wie z.B. Grund und Boden) bei. Gerade der ländliche und mittelstädtische Raum weist viele bestehende Siedlungsgebiete mit enormen Potenzialen zur Erhöhung der Nutzflächen (Bebauungsdichte) auf, da die von der Raumplanung vorgegebenen Bebauungsdichten noch nicht vollständig ausgeschöpft wurden. Aber auch im städtischen Bereich finden sich noch große brachliegende Potentiale für die Nachverdichtung durch Dachgeschossausbau/Aufstockung.

### 1.2 Schwerpunkte des Projektes

Ziel ist es standardisierte Raumzellen mit möglichst großem Vorfertigungsgrad in Holzbauweise für die Nachverdichtung/Aufstockung von Bestandsobjekten im großvolumigen Wohnbau zu entwickeln. Es wird versucht eine technisch-konstruktive Basistypologie zu entwickeln, mit der die wichtigsten Bestandstypologien der Baualtersklassen 1945 – 1980 kosteneffizient nachverdichtet werden können. Die Konzeption der ROOFBOX Module soll auch eine gleichzeitige bzw. spätere Sanierung des darunterliegenden Bestandes gewährleisten.

### 1.3 Einordnung in das Programm

Das Projekt leistet auf folgenden Ebenen einen wichtigen Beitrag zur Erlangung der e!MISSION.at – Programmziele:

- Ressourcenschonende Wohnraumschaffung - Keine Neuversiegelung von Grund und Boden
- Erhöhung der Energieeffizienz im Gebäudesektor durch die optimierte Nutzung bestehender technischer, wirtschaftlicher und sozialer Infrastruktur (Haustechnik, Versorgungseinrichtungen des tägl. Bedarfes, etc.)
- Volkswirtschaftliche Nachhaltigkeit durch die Schaffung kostengünstigen, energie-optimierten Wohnraumes in „Toplage“. Durch die Errichtung neuer verkauf- und vermietbarer Nutzfläche auf den Dächern von Bestandsgebäuden können hochwertige energetische/ökologische Bestandsanierungen für Wohnbauträger leichter finanziert werden
- Kostensenkung durch Standardisierung und Vorfertigung, sowie kürzere Bauzeiten
- Qualitätssicherung durch Standardisierung und Vorfertigung
- Soziale Aspekte – Die Verkürzung der Bauzeiten führt zu geringere Beeinträchtigung der BewohnerInnen

- Kosteneffiziente Integration von alternativen Energiekonzepten (wie z.B. aktiven Solarsystemen) durch standardisierte, qualitätsgesicherte Technologie

## 1.4 Verwendete Methoden

Das Projekt hat auf Basis einer umfassenden Analyse (AP 2) bestehender Wohnbautypologien der Baualtersklassen 1945 – 1980 im AP 3 neue innovative Ansätze auf technischer, ökonomischer und ökologischer Ebene für die Nachverdichtung und Sanierung von Wohngebäuden/Siedlungen entwickelt. An Hand eines ausgewählten Fallbeispiels im AP 4 wurden die entwickelten Konzepte überprüft und evaluiert werden. Im AP 5 fanden Verbreitungsmaßnahmen in Form von Vorträgen auf internationalen und nationalen Veranstaltungen, Artikel in Fachmedien, auf Homepage der Projektpartner und mittels einer Broschüre statt.

Das Forschungsprojekt weist folgende Struktur auf:

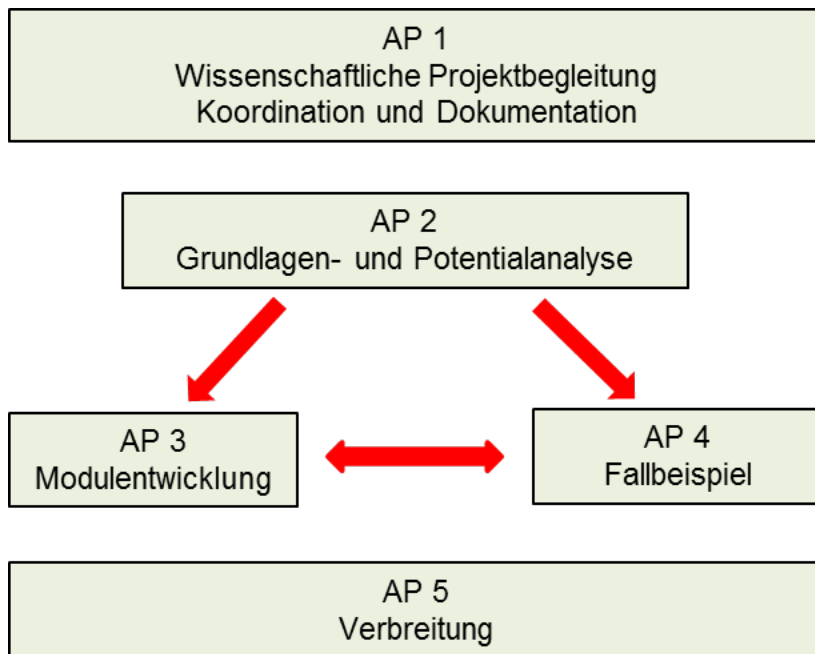


Abbildung 1 Projektstruktur. Quelle: AEE INTEC

## 2 Inhaltliche Darstellung

Die inhaltliche Darstellung der Arbeiten die im Forschungsprojekt durchgeführt wurden wird nachstehend auf Ebene der wichtigsten Arbeitspakete angeführt.

## 2.1 AP 2 - Grundlagen- und Potentialabschätzung

### 2.1.1 Ausgangssituation

Eine kurze Bestandsanalyse der raumplanerischen Situation in Österreich stand am Anfang dieses Arbeitspaketes. Die Analyse zeigt die bereits seit Jahrzehnten von Raumplanungsexperten aufgezeigte Problematik:

Für Bau- und Verkehrsflächen werden in Österreich jeden Tag ca. 8 Hektar Fläche verbaut (Maximalwert der österreichischen Nachhaltigkeitsstrategie liegt bei 2,5 ha). Zählt man Industrie, Wirtschafts- und Freizeitflächen hinzu sind es täglich rund 20 ha. Wenn wir diese Entwicklung nicht stoppen ist bereits in einem Jahr so viel wie die gesamte landwirtschaftliche Fläche Wiens (7.300 ha) und in 35 Jahren so viel wie die gesamte Fläche Vorarlbergs (256.000 ha) zugebaut.<sup>1</sup>

Neben der verbrauchten Fläche entsteht durch die Zersiedelung eine enorme Treibhausgasbelastung. So haben kleine Gebäude, die bis 1970 errichtet wurden, bei 28% Flächenanteil 44% der CO<sub>2</sub> Emissionen (Sektor Wohnen) allein durch deren Betrieb zu verantworten. Je geringer die Siedlungsdichte, desto höher ist auch der Motorisierungsgrad. Die Belastungen durch Verkehr steigen - von 1990 bis 2011 um 55%, von 14,1 Mio. Tonnen auf 21,8 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> jährlich.<sup>2</sup>

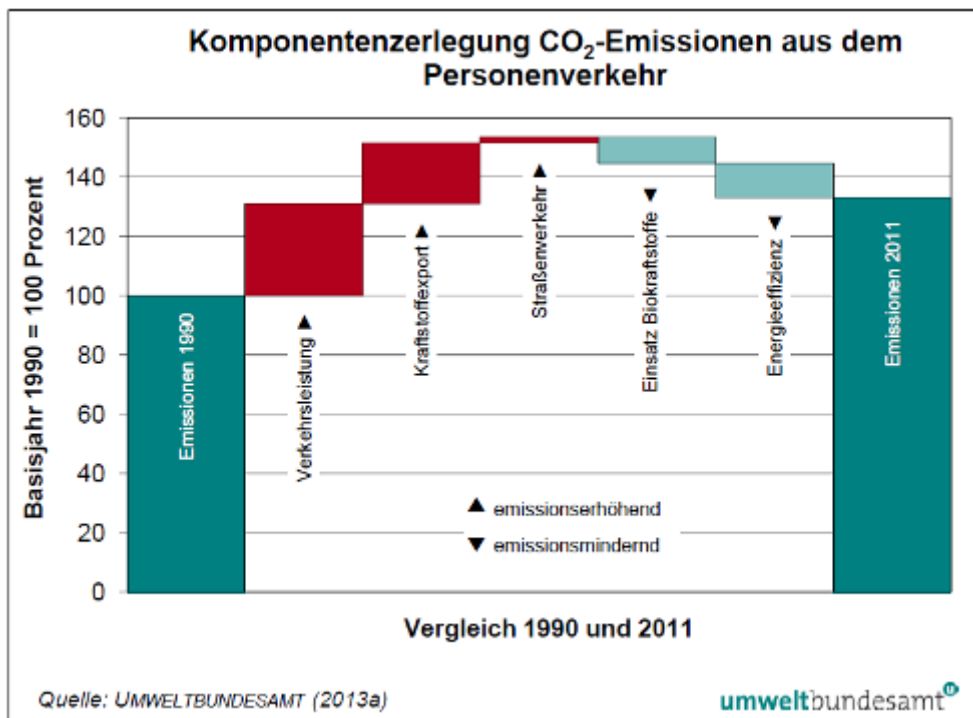


Abbildung 2 Vergleich der CO<sub>2</sub> Emissionen im Personenverkehr 1990 mit 2011

Ein weiterer Aspekt der für die Nachverdichtung spricht ist der erhöhte Energieverbrauch und Investitionsbedarf den die Zersiedelung mit sich bringt. Die Zersiedelungsmehrkosten in Österreich belaufen

<sup>1</sup> VCÖ: Standort Fragen in nachhaltiger Verkehrspolitik, Gansterer 2013

<sup>2</sup> Umweltbundesamt: Klimaschutzbericht 2013

sich auf etwa 150 Mio € jährlich.<sup>3</sup> Kosten, die durch die benötigte Wegeführung, Ver- und Entsorgung und Anbindung mit sich bringen.

Folgende Grafik<sup>4</sup> visualisiert die benötigte graue Energie bei Streusiedlungen im Vergleich zu Einfamilienhäusern in verdichteten Siedlungsgebieten und 3 bzw. 7 geschossigen Wohngebäuden.

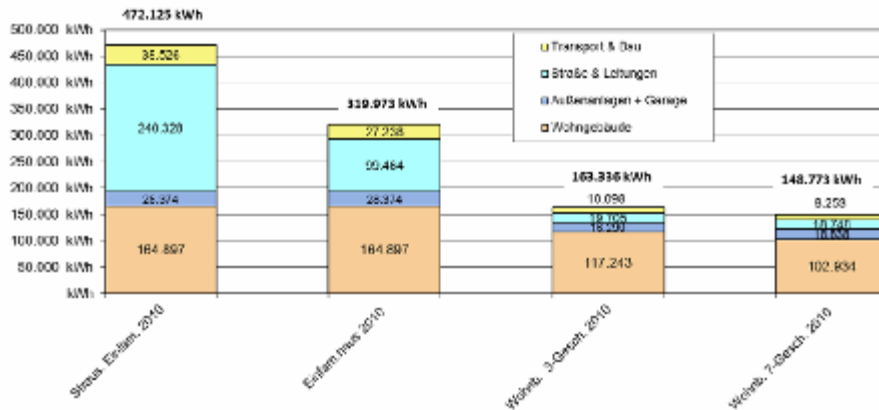


Abbildung 3 Vergleich unterschiedlicher Siedlungstypen hinsichtlich Energieverbrauch

## 2.1.2 Rahmenbedingungen und Anforderungen an eine ROOFBOX-Aufstockung

### 2.1.2.1 Raumplanung

Ein weiterer Punkt dieses Arbeitspaketes befasste sich mit den baurechtlichen und raumplanerischen Grundlagen und Rahmenbedingungen mit Relevanz für eine Aufstockung mit ROOFBOX-Modulen. Auf Grund der zahlreichen, komplexen Gesetze und Verordnungen in Österreich (Neun Bauordnungen, 6 OIB-Richtlinien, Verordnungen von einzelnen Gemeinden und Städten, etc.) konnte dies nur durch einen groben Überblick ohne Anspruch auf Vollständigkeit erfolgen.

Die Flächenwidmungsplanung mit der Festlegung von Bebauungsdichte und die Bebauungsplanung mit Festlegungen bezüglich Gebäudehöhe, Dachformen und Baukörpergestaltung sind die wichtigsten Instrumente zur Umsetzung von Nachverdichtungen.

### 2.1.2.2 Baugesetzliche Rahmenbedingungen

Die baugesetzlichen Grundlagen sind zwar für alle neun Bundesländer verschieden, es können aber zwei maßgebliche gesetzliche Vorgaben, die Einfluss auf vertikale Nachverdichtungen haben, angeführt werden: Der Abstand von Gebäuden zueinander und der Abstand von Gebäuden zur Grundgrenze. Weitere Rahmenbedingungen die Einfluss auf die Konzeption der ROOFBOX haben finden sich in den OIB-Richtlinien. Besonders zu erwähnen sind hier die OIB-Richtlinien 2 - Brandschutz, 3 - Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz und 4 - Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit.

### 2.1.2.3 PKW-Stellplätze

Ein weiterer wichtiger Punkt, der die Nachverdichtung massiv beeinträchtigen kann ist die PKW-Stellplatzfrage. Durch die vertikale Nachverdichtung erhöht sich die Anzahl der Bewohner und somit

<sup>3</sup> Forum Alpbach, Univ. Prof. Seiss 2008

<sup>4</sup> <http://www.zersiedelt.at/zersiedelung-studien-oesterreich/ZERSiedelt-publizierbarerEndbericht.pdf>



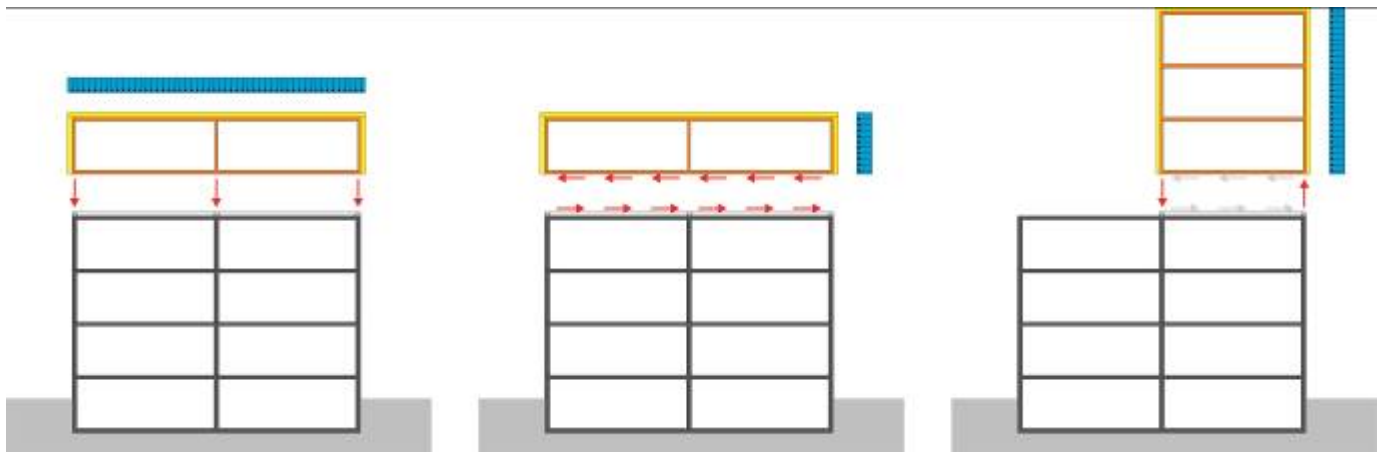
auch die Anzahl der neu zu schaffenden PKW-Stellplätze. Erfahrungen aus Nachverdichtungsprojekten zeigen, dass die Bereitstellung dieser neuen Stellplätze sehr oft schwer machbar ist. Für die Konzeption der ROOFBOX müssen daher die Anforderungen an die PKW-Stellplätze abgeklärt werden. In den einzelnen Bundesländern bez. in Städten und Gemeinden finden sich sehr unterschiedliche Anforderungen an die Anzahl der Stellplätze, eine detaillierte Aufzählung ist daher in diesem Rahmen nicht möglich. Grundsätzlich bieten sich oberirdische Parkierung (die jedoch sehr rasch auf Grund des Platzbedarfes an ihre Grenzen stoßen) und Tiefgaragenlösungen (kostenintensiv) an. Für die ROOFBOX wären jedoch auch alternative Lösungen wie Car-Sharing oder Mobilitätsverträge anzudenken.

### **2.1.2.4 Konstruktive Anforderungen**

Die Möglichkeiten einer Aufstockung im Allgemeinen wie auch im Speziellen mittels ROOFBOX müssen im Vorfeld an Hand der Randbedingungen des in Betracht kommenden Bestandes ermittelt werden. Daraus ergeben sich erst die gestalterisch umsetzbaren Möglichkeiten der Aufstockung. Im Folgenden soll dennoch von der ROOFBOX ausgegangen werden und der Weg der statischen Kraftführung weiter über den Bestand bis in die Gründung verfolgt werden.

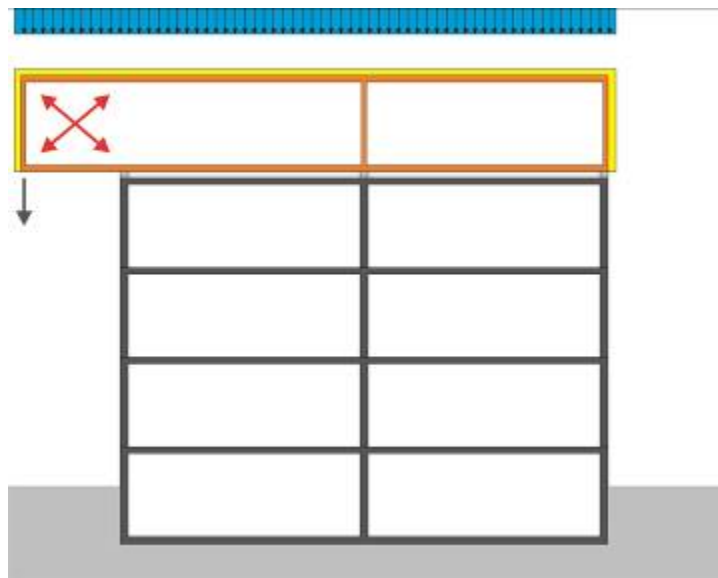
#### **2.1.2.4.1 Aufstockung mittels ROOFBOX**

Um mit dem Konzept der ROOFBOX ein möglichst breites Anwendungsfeld abzudecken, soll sie sich weitgehend selbst tragen und an nur an wenigen, definierten Stellen die Lasten an den Bestand abtragen. Dennoch kann aus wirtschaftlichen Überlegungen nicht nur ein starres System entwickelt werden, sondern muss auf die besonderen Gegebenheiten jedes einzelnen Projektes angepasst werden können. Aus statischer Sicht muss eine klare Abtragung der Lasten erfolgen können; das sind zum einen die vertikalen Druckbelastungen, die sich aus dem Gewicht der ROOFBOXen, den Nutz- und Schneelasten ergeben. Zusätzlich müssen aber auch Schubkräfte abgetragen werden können, die durch Wind- und eventuellen Erdbebenlasten herrühren. Wenn die ROOFBOXen auch über den Bestand auskragen oder die geometrischen Randbedingungen abhebende Kräfte bei horizontalen Lasten erzeugen, müssen zusätzlich noch Zugkräfte sicher bis in den Untergrund eingeleitet werden.



**Abbildung 4** Die drei wesentlichen Belastungen aus der Aufstockung mittels ROOFBOX auf den Bestand.  
Quelle: Haas Fertigbau Holzbauwerk

Die statischen Anforderungen der ROOFBOX an sich selbst decken sich mit denjenigen für einen Neubau. Besondere Aufmerksamkeit kann notwendig sein, wenn die Aktivierung von Scheibensteifigkeiten notwendig wird, wie z.B. bei auskragenden Bauteilen oder ungünstig situierten aussteifenden Wänden im Bestand.



**Abbildung 5** Auskragende Bauteile verlangen Scheibenaktivierung in der ROOFBOX. Haas Fertigbau Holzbauwerk

### 2.1.2.4.2 Bestand

Die ROOFBOX soll prinzipiell überall eingesetzt werden können, also auch im Neubaubereich. Seine wesentlichen Vorzüge und Synergieeffekte kann sie aber im Rahmen einer Sanierung eines Altbestandes erbringen. Damit ergeben sich aber von statischen Gesichtspunkten aus betrachtet besonders zu beachtende Aspekte:

- Alter und Zustand
- Baumaterialien und deren Qualität
- Bemessungsnorm und der Grundlagen wie vor allem Belastungsnormen

Wenn die Substanz des Bestandes keine oder nicht hinreichend bekannte Bauwerksstabilität mehr aufweist, müssen die Belastungen aus der ROOFBOX anderweitig in den Baugrund abgeleitet werden (i.d.R. ergeben sich aus der Änderung der Belastungsnormen wie Schnee, Wind und Erdbeben alleine schon zusätzliche Belastungen, für die der Bestand nicht mehr ausreichend dimensioniert ist).

Je nach Belastungsart gibt es dazu Lösungsstrategien, die sich bei einer gleichzeitigen Sanierung der Fassade mittels großformatiger lastabtragender Fassadenelemente z.B. aus dem Projekt e80^3 integrieren lassen.

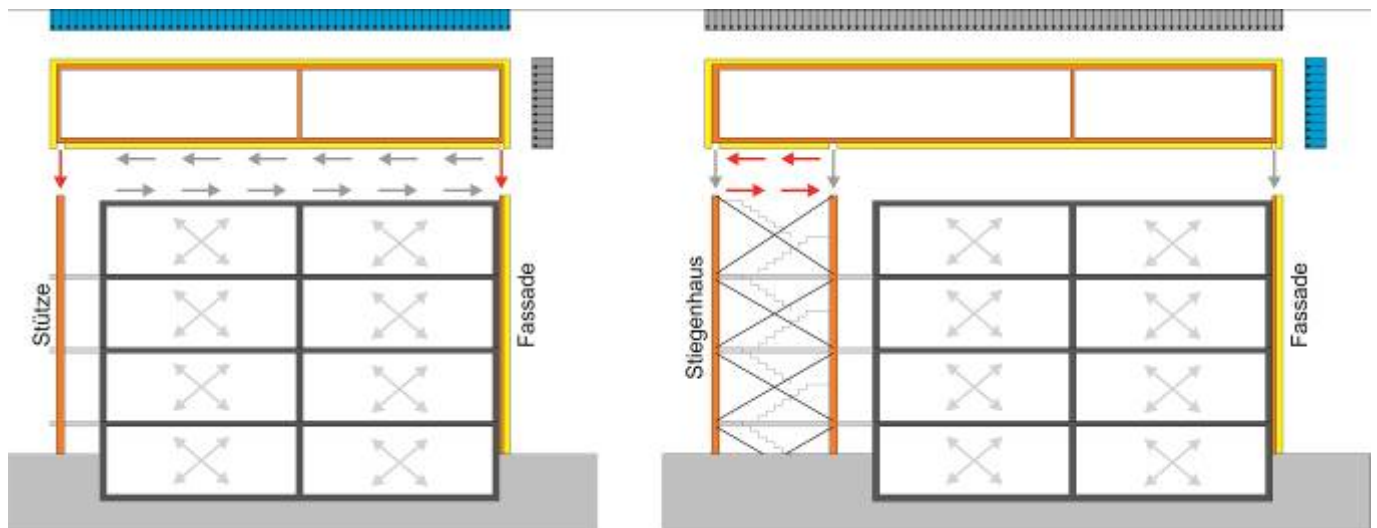


Abbildung 6 Lösungsstrategien zur Abtragung von Belastungen aus der ROOFBOX direkt in den Untergrund. Haas Fertigbau Holzbauwerk

### 2.1.2.4.3 Gründung

Wie bei allen Bauvorhaben ist die Bodenbeschaffenheit und Tragfähigkeit entscheidend. Bei einer Bauveränderung ist zusätzlich aber auch die Boden-Bearbeitungsgeschichte (z.B. außergewöhnliche Änderungen während der Neubauerrichtung wie Betonierplatz, Schuttdeponie, ...) zu beachten.

Weiters müssen unsymmetrische Neubelastung aus der Aufstockung, aber auch die vorhandene Fundamentierung berücksichtigt werden.

Je höher das aufzustockende Bauwerk bzw. je größer der Unterschied der ursprünglichen Masse bezogen auf die ROOFBOX, desto geringer der Einfluss auf den Setzungszuwachs – hier zeigt sich ein weiterer Vorteil der leichten Holzbauweise.

### 2.1.2.4.4 Verbindungsmöglichkeiten zwischen den Modulen

Der Holzbau weist bei industrieller Hallenfertigung i.d.R. eine Toleranz von  $\pm 2,0$  mm auf. Bei der Fügung von großvolumigen Bauteilen wie ROOFBOXen werden konstruktionsbedingt Ecken ausgefüllt – dabei müsste das Element gleichzeitig in vertikaler und in horizontaler Richtung eingepasst werden. Bei Kontakt einzelner Punkte beim Hebevorgang tritt Reibung auf, die das lagegerechte Einpassen deutlich

erschweren und meist ein nicht genau definiertes Fugenrestmaß hinterlassen; bei Fügung mehrerer Element kommt es damit zum sogenannten „wachsen“ des Gebäudes während der Errichtung. Genau definierte Fugenrestmaße, die im Nachhinein erst gefüllt und geschlossen werden, erlauben ein plangeRechtes Bauen.

Die kraftschlüssige Fügung der Module kann prinzipiell mit allen klassischen Verbindungsmitteln des Holzbaus erfolgen, wobei selbstbohrende Holzschrauben mit Vollgewinde eine einfach herzustellende Möglichkeit darstellen, die sowohl Druck- und Zugkräfte abtragen kann als auch in gekreuzter Anordnung Schubkräfte zwischen den Elementen aufnimmt. Speziell für die exakte Positionierung der einzelnen Elemente zueinander eignen sich Systemverbinder, die bereits im Werk vormontiert eine Zwangsführung bei der Montage ergeben und damit unbeabsichtigten Fugen entgegen wirken.

### **2.1.2.4.5 Anschluss an Bestand**

Die Baumaterialien und deren Zustand im Bestand ist entscheidend für den Anschluss der ROOFBOXen. I.d.R. findet man bei sanierungsbedürftigen Bauwerken Planabweichungen vor, die mit der hohen Anforderungen an den Wohnbau und die Genauigkeit des Holzbaus nicht vereinbar sind und erfordern daher einen entsprechenden Ausgleich zumindest des Nivellements. Je nach Ausführung des Bestandes erfolgt dieser Ausgleich in Form eines Betonrostes (auf Beton oder Ziegeldecken), kann aber auch eines Holz- oder Stahlrahmens erfolgen. Damit wird eine definierte Auflagersituation für die ROOFBOX geschaffen, die auch eine gezielte Unterbindung der Schallnebenwege erlaubt.

### **2.1.2.4.6 Logistische Aspekte**

Die wesentlichen Vorteile im Werk vorgefertigter großformatiger ROOFBOXen liegt unter anderem in der witterungsgeschützten Fügung der Module und der damit verbundenen Qualitätssicherung wie auch in der extrem kurzen Bauzeit.

Damit kauft man sich besondere Herausforderungen beim Transport ein; Die maximale Größe eines Moduls ist nur zum einen durch den Entwurfsplan begrenzt; vielmehr reglementieren Zu- und Anfahrtswege die Dimensionen. Sondertransporte stellen zudem einen entscheidenden wirtschaftlichen Faktor in der Projektierung dar – bei langen Wegen oder zeitlichen Einschränkungen können kleinere Module und der damit verbundene größere Baustellenaufwand trotzdem die günstigere Lösung darstellen. In besonderen Fällen kann auch eine Kombination aus ROOFBOXen mit zweidimensionalen Elementen sinnvoll sein.

## **2.2 AP 3 Modulentwicklung**

Zu Beginn des Arbeitspaketes stand die Recherche über bereits umgesetzte Forschungs- und Bauprojekte die eine thematische Verwandtschaft zum ROOFBOX-Projekt aufweisen. Die Recherche zeigt, dass Nachverdichtung mittels vorgefertigter, standardisierter Raumzellen sowohl im Forschungsbereich als auch in der Umsetzung kaum verbreitet ist. Projekte die sich mit der Fassadensanierung mit vorgefertigten Holzelementen beschäftigen, sind zahlreicher. Es muss jedoch angemerkt werden, dass generell Sanierungsvorhaben mit vorgefertigten Holzbauelementen nahezu keine Marktdurchdringung aufweisen. Im Zuge der Recherche konnten einige Projekte mit Relevanz für das ROOFBOX-Projekt identifiziert. Nachfolgend findet sich eine Auswahl der interessantesten Projekte:

### 2.2.1 Bestehende Forschungs- und Umsetzungsprojekte

#### 2.2.1.1 Lasarettet rooftop extensions

2007 wurde in Nacka (Schweden) ein bestehender Wohnbau durch eine 3- stöckige Holzkonstruktion aufgestockt. Die Baumaßnahme wurde mit Holzelementen konnte in nur 8 Monaten in Anwesenheit der Bewohner des Bestandes errichtet.



Abbildung 7 Lasarettet rooftop extensions. Quelle: SmartTES Project Report, 2011

#### 2.2.1.2 Alby Duplex apartments

In Stockholm wurden 2010 die obersten Wohnungen einer großen Wohnanlage durch vorgefertigte Holzmodule in Raumzellenbauweise erweitert.



Abbildung 8 Alby Duplex apartments in Stockholm. Quelle: SmartTES Project Report, 2011

### 2.2.1.3 Fernpaßstraße 47 in München

In München wurde durch die Architekten Hermann Kaufmann und Lichtblau Architekten ein dreigeschossiger Geschosswohnbau aus den 1960er- Jahren mit Holzfertigteilen saniert und eine eingeschossige Aufstockung mit Holzfertigteilen durchgeführt.

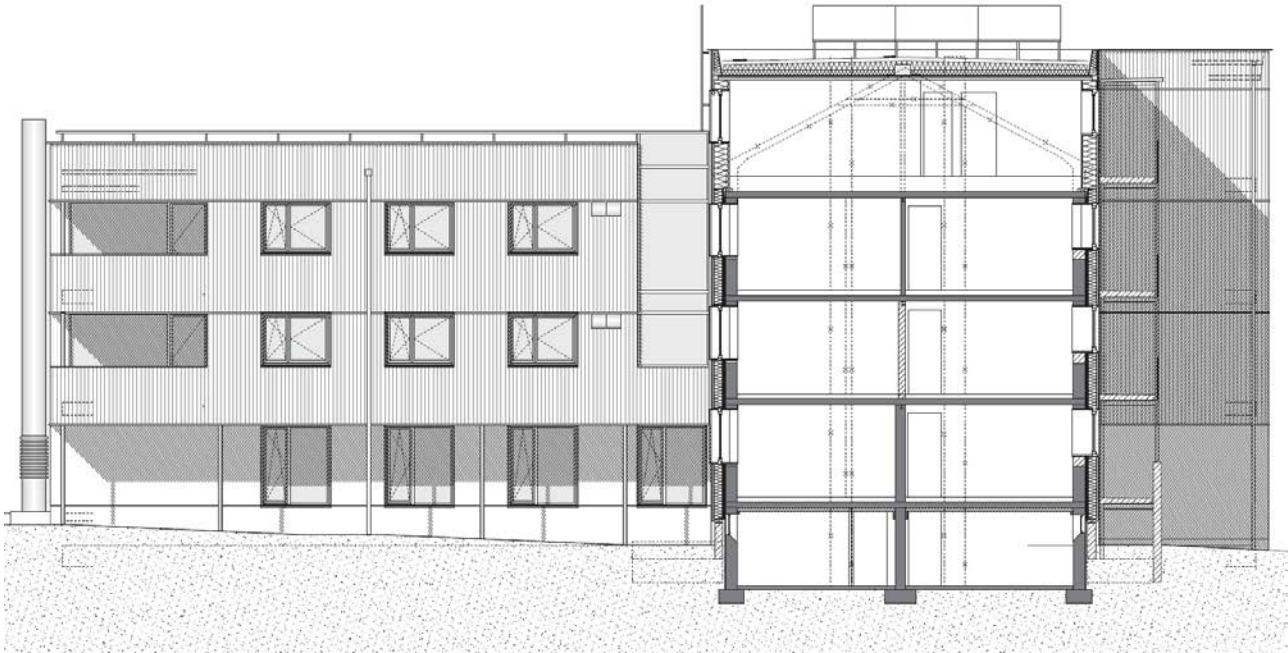


Abbildung 9 Sanierung und Aufstockung Fernpaßstrasse München. Quelle: [http://www.hermann-kaufmann.at/pdfs/07\\_51.pdf](http://www.hermann-kaufmann.at/pdfs/07_51.pdf), 23.06.2015

### 2.2.1.4 Landesgarage Graz

Architekt Hubert Rieß hat in Graz eine Studie für die Aufstockung eines Garagengebäudes mit vorgefertigten Raumzellen in Holzbauweise erstellt, das jedoch nicht zur Umsetzung gekommen ist.



**Abbildung 10 Studie für die Aufstockung eines Garagengebäudes. Quelle: Kapfinger, Wieler (Eds.), Riess wood<sup>3</sup> Modulare Holzbausysteme, Springer 2007 pp. 26 et seq.**

### **2.2.1.5 Gantofte, Ballerup, Dänemark**

Im Jahr 2007 wurde vom dänischen Bauträger DAB ein Architekturwettbewerb für die Aufstockung eines Wohngebäudes in Ballerup/Dänemark aus den 1960ern ausgelobt. Einen für das ROOFBOX-Projekt interessanten Beitrag stellt das Projekt des dänischen Architekturbüros Vandkunsten dar. Es wurde 3 verschiedene Holzmodule in Raumzellenbauweise vorgeschlagen, die durch ihre unterschiedliche Anordnung eine Vielzahl an Wohnungstypen von 58 m<sup>2</sup> bis 115 m<sup>2</sup> ermöglicht.



Abbildung 11 Aufstockung Ballerup/Dänemark.

Quelle: <http://www.vandkunsten.com/uk/Projects/Project/grantofthen---rooftop-housing/98-37.p>

#### 2.2.1.6 Forschungsprojekte TES EnergyFacade und SmartTES

Die beiden europäischen Forschungsprojekte TES EnergyFacade und SmartTES, die im Rahmen des WoodWisdom-Net (ERA-NET Plus) gefördert werden stellen derzeit sicherlich die wichtigsten Forschungsprojekte zum ROOFBOX-Thema im europäischen Raum dar. Insbesondere im Projekt SmartTES wird der vertikalen Aufstockung von Bestandsgebäuden große Aufmerksamkeit gewidmet und ähnliche Themenstellungen wie im ROOFBOX-Projekt behandelt.



Basierend auf dem AP2 und den Rechercheergebnissen aus AP3 wurden erste Schritte hinsichtlich der Konzeption des ROOFBOX-Konzeptes getätigt. Als einer der wesentlichsten Fragestellungen kristallisierte sich die konstruktive, architektonische Gestaltung der ROOFBOX heraus.

### **2.2.2 Modulentwicklung**

#### **2.2.2.1 Typenentwicklung**

Ziel der Typenentwicklung war es standardisierte Raumzellen in Holzbauweise mit möglichst großem Vorfertigungsgrad (belagsfertig) für die Nachverdichtung/Aufstockung von Bestandsobjekten im großvolumigen Wohnbau entwickeln. Der technische, ökologische und ökonomische Betrachtungshorizont für die Erstellung eines Sanierungs-/Verdichtungskonzeptes reicht vom Einzelobjekt bis zur gesamten Siedlungsebene und berücksichtigt auch die Einbindung in den umgebende Siedlungsstruktur. Im Detail soll diese Basistypologie folgende Punkte aufweisen:

- Vorgefertigte Raumzellen in Holzbauweise im Passivhaus- und Plusenergiestandard
- Vorgefertigte Haustechnikmodule für Energieerzeugung, Speicherung, Bereitstellung und Verteilung in der ROOFBOX (ROOFBOX ENERGY) mit Anbindungsmöglichkeit an die Haustechnikschächte des Bestandsgebäudes bzw. der Bestandswohnanlage
- Integration von vorgefertigten aktiven Solarsystemen (PV, Solarthermie) Systemen auf/an den Raumzellen
- Anschlussmöglichkeit an das im e80<sup>3</sup> entwickelte Fassadensystem

Es wurde versucht eine technisch-konstruktive Basistypologie zu entwickeln, mit der grundsätzlich alle Bestandstypologien der betrachteten Baualterklassen abgedeckt werden können. Diese Basistypologie besteht aus drei Grundmodulen:

- Nutzflächenmodul (ROOFBOX LIVING)
- Haustechnikmodul (ROOFBOX ENERGY)
- Erschließungsmodul (ROOFBOX ACCESS)

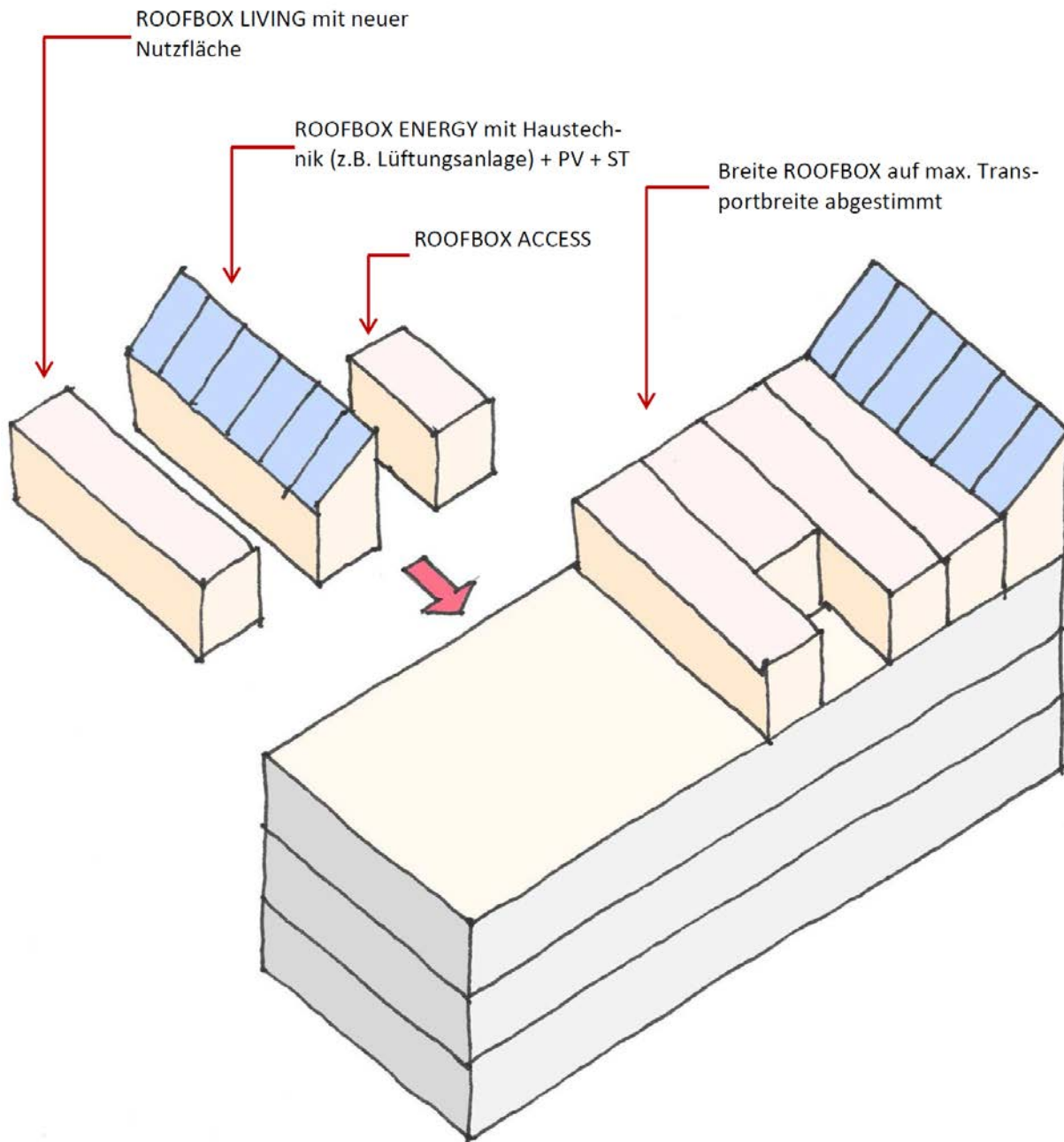


Abbildung 12 Darstellung der 3 Basismodule. Quelle: Staller, AEE INTEC

### 2.2.2.1.1 Nutzflächenmodul (ROOFBOX LIVING)

Das ROOFBOX LIVING Modul beinhaltet die Wohnnutzflächen bzw. Flächen für Nutzungen die laut vorliegenden Flächenwidmungsplan möglich sind (z.B. Büros, Arztpraxen, etc.). Durch Aneinanderreihung standardisierter gleich breiter Module (Abstimmung der Breite auf Transport und Montage), bzw. durch unterschiedliche Modultiefen und flächige Elemente zwischen den ROOFBOXen kann flexibel auf den Bestand und auf die neuen Nutzungsanforderungen reagiert werden. Um einen möglichst hohen Vorfertigungsgrad zu erzielen werden sämtliche Nutzflächenmodule belagsfertig geliefert und zu montiert. Des Weiteren werden auch sämtliche Bäder und WCs mit der fertigen Sanitärausstattung versetzt.

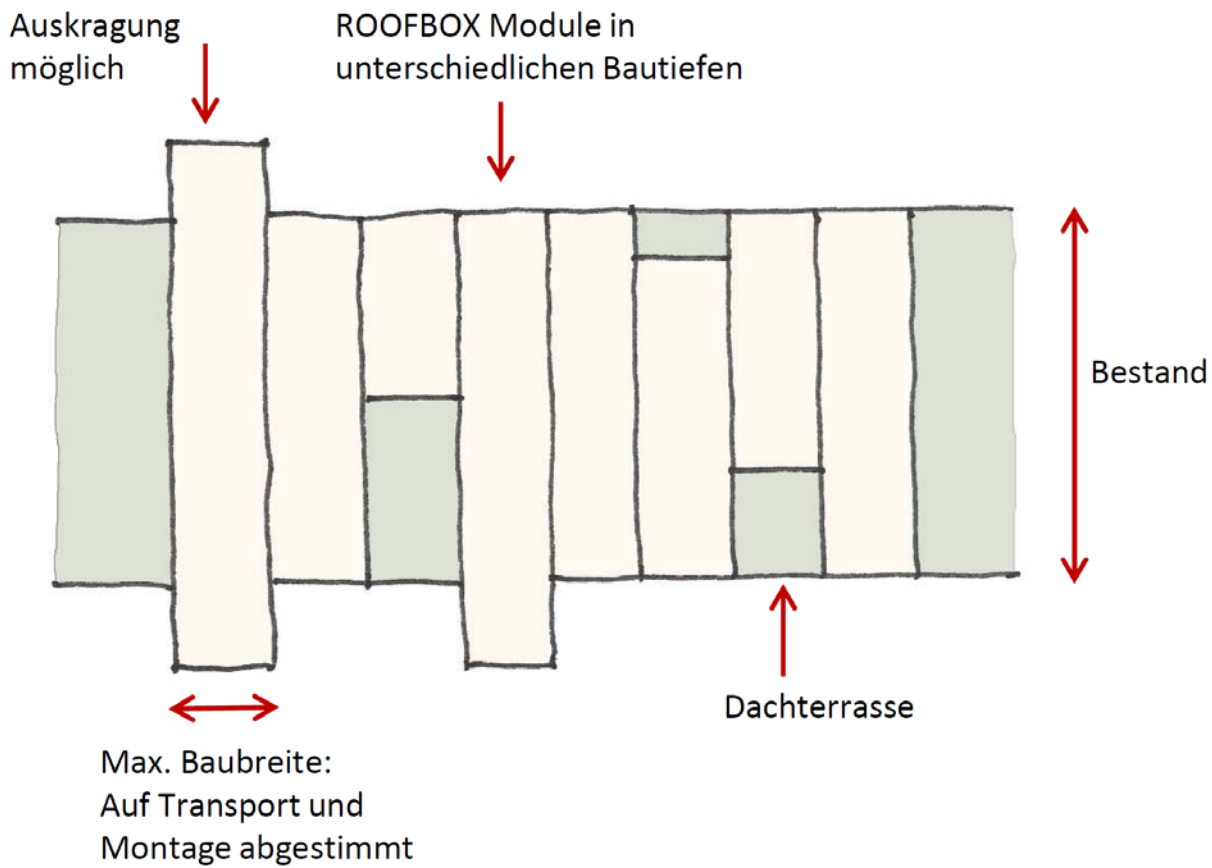


Abbildung 13 Modulvarianten. Quelle: Staller, AEE INTEC

### 2.2.2.1.2 Haustechnikmodul (ROOFBOX ENERGY)

Im ROOFBOX ENERGY Modul können Anlagen für Energieerzeugung, Speicherung, Bereitstellung und Verteilung untergebracht werden. Grundsätzlich sind folgende Lösungen, die in Abhängigkeit zum bestehenden haustechnischen System stehen, unterschieden werden:

- 1) Bestehende Haustechnik muss zur Gänze erneuert werden und der Einbau der neuen Haustechnik im Bestand ist schwer möglich (Kosten, Platzangebot):
  - ⇒ Sämtliche haustechnische Anlagen für die ROOFBOX- Aufstockung und den zu sanierenden Bestand werden in diesen Modulen untergebracht.
- 2) Bestehende Haustechnik wird ergänzt:
  - ⇒ Zusätzliche haustechnische Anlagen (z.B. Lüftungsanlage für kontrollierte Be- und Entlüftung) für die ROOFBOX- Aufstockung und den zu sanierenden Bestand werden in diesen Modulen untergebracht.
- 3) Keine neue Haustechnik für den Bestand erforderlich und Unterbringung der Haustechnik für die hinzukommenden ROOFBOX Nutzflächen im Bestandsgebäude nicht oder nur schwer möglich:
  - ⇒ Nur die haustechnische Anlagen für ROOFBOX- Aufstockung werden in diesen Modulen untergebracht.
- 4) Haustechnik Bestand kann auch für Aufstockung verwendet werden:
  - ⇒ ROOFBOX ENERGY ist nicht erforderlich

Die Anbindung der ROOFBOX ENERGY an das bestehende haustechnische System kann einerseits über die bestehenden Haustechnikschächte erfolgen oder bei Einsatz der e80^3 Fassade (oder eines anderen Systems) für die Sanierung des Bestandes über die Installationsschächte der Fassadenelemente. Die horizontale Verteilung der Installationsleitungen (Wasser, Abwasser, Vor- und Rücklauf Heizung) erfolgt im Zwischenraum zwischen der bestehenden obersten Geschossdecke und dem Boden der ROOFBOX Elemente untergebracht werden. Bei bestimmten Grundrisskonfigurationen besteht die Möglichkeit sämtliche wasserführenden Leitungen (Heizung, Warm- und Kaltwasser) in der ROOFBOX ENERGY zu bündeln. Dies führt einerseits zu einer Errichtungskostenreduktion und andererseits kann eine großflächige Beschädigung der Holzkonstruktion durch Leckagen vermieden werden.

Ist eine aktive Solarenergienutzung (Solarthermie, PV) geplant, können die aktiven Solarflächen in den Dächern/Fassaden aller ROOFBOX Elemente integriert werden. Des Weiteren ist bei aktiver Solarthermienutzung zwecks Minimierung der Verteilungsverluste (Kurze Leitungsführung zwischen Speicher und Kollektoren) die Unterbringung sämtlicher solartechnischen Elemente (Speicher, Steuerung, etc.) in der ROOFBOX ENERGY anzustreben.

Im Bericht „Fallbeispiel – Billrothstrasse / Salzburg“ ist eine detaillierte Beschreibung des Haustechnikkonzeptes für das Fallbeispiel Billrothstrasse / Salzburg angeführt.

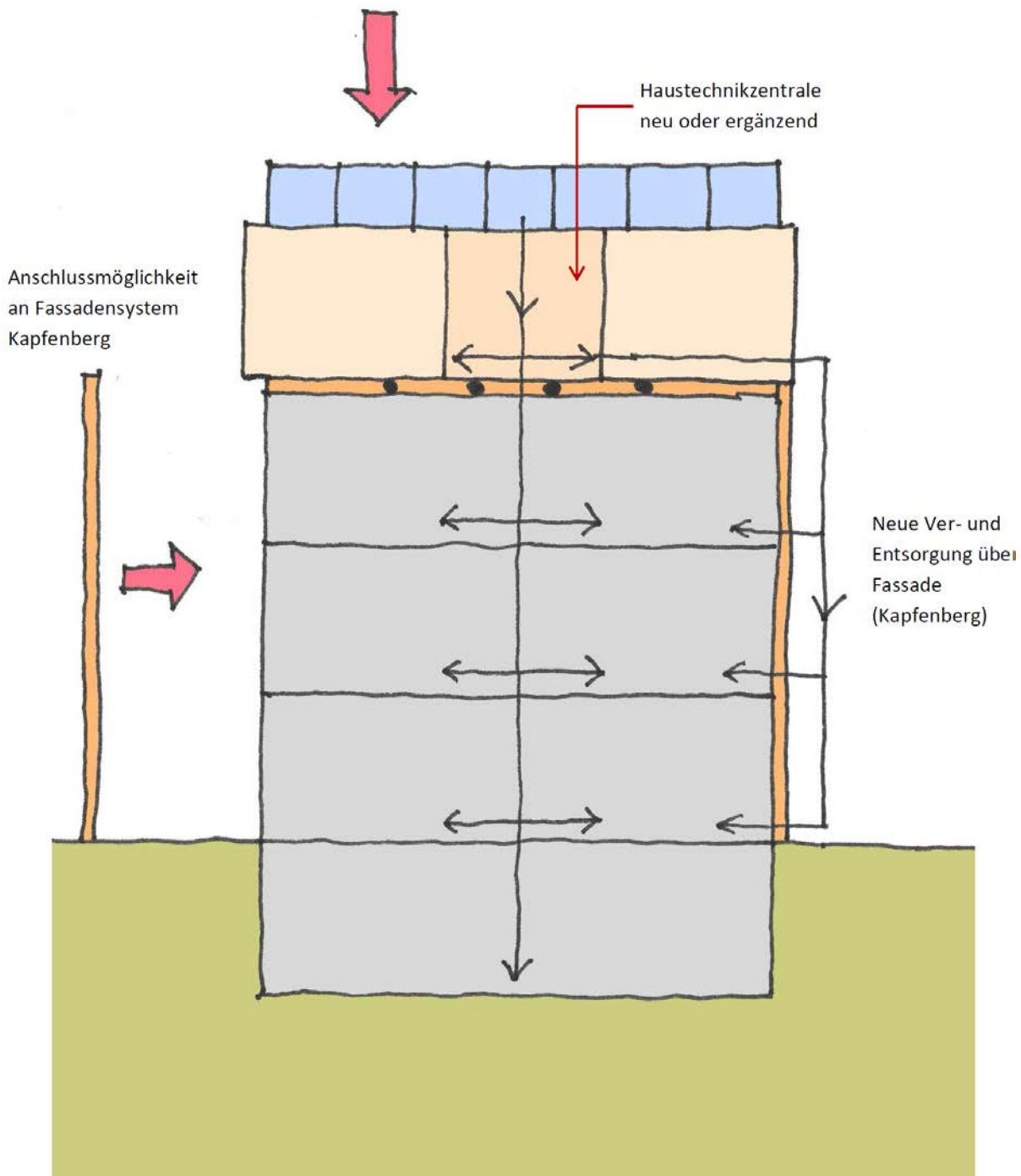


Abbildung 14 Haustechnikkonzept und Anbindung an die e80^3 Fassade. Quelle: Staller, AEE INTEC

### 2.2.2.1.3 Erschließungsmodul (ROOFBOX ACCESS)

Das ROOFBOX ACCESS Modul dient zur vertikalen Erschließung der neuen Nutzflächen am Dach des Bestandgebäudes. In diesem Modul sind die neue Treppenanlage (neu oder in Fortführung des Bestandes) und eine ev. erforderliche Liftanlage integriert. Sollte eine zusätzliche horizontale Erschließung für die Dachwohnungen erforderlich sein (z.B. bei Laubengangtypologien) kann diese als Teil der Nutzflächenmodule ausgeführt werden.

### 2.2.2.2 Konstruktive Durchbildung der ROOFBOX

Der Projektantrag ging von einem vorgefertigten Holzbaumodul (Raumzelle) mit hohem Ausbaugrad (schlüsselfertig) aus. Dieses Konzept punktet durch eine rasche Bauzeit, bringt aber in Bezug auf die Transportlogistik, der beschränkten Modulbreite und den höheren Anteil an Konstruktionsfläche gewisse Nachteile mit sich.

Der (LKW)-Transport von Holzbaumodulen in Raumzellenbauweise schneidet – im Vergleich zur Tafelbauweise - auf Grund des großen Platzbedarfes (Transport von „Luft“) und den dadurch verursachten höheren LKW-Kilometern ökonomisch und ökologisch schlechter ab. Des Weiteren führt die Limitierung der Transportbreite (max. 3,40 m als Sondertransport möglich) zu einer Beschränkung der Grundrissgestaltung. Die Längenbegrenzung für den LKW-Transport (bis zu ca. 20 m) stellt in nahezu allen Fällen keine Einschränkung dar, da typische Wohnungsgrundrisse eine Tiefe von ca. 12 m aufweisen. Durch die horizontale und vertikale Addition der Raumzellen reduziert sich im Vergleich zur Tafelbauweise, wo immer ein Wand- oder Deckenelement als Raumbegrenzung dient, auch die Nutzfläche der Aufstockung, da im Regelfall immer zwei Wand- und Deckenelemente an einander gefügt werden müssen. Auf Grund der dynamischen Belastung bei der Montage mit dem Baukran benötigen Raumzellen auch zusätzliche Aussteifungen.



Abbildung 15 ROOFBOX-Abmessungen mit unterschiedlicher Breite. Quelle: Nussmüller Architekten

Auf Grund o.a. Aspekte wurde im Projektteam ein Konzept entwickelt, dass die Vorteile der Tafel- und der Raumzellenbauweise vereint:

Zwischen einzelnen vorgefertigten Raumzellen und den tragenden Brettstapelwänden (Wohnungstrennwände) werden flächige Bauteile mit variablen Elementbreiten montiert. Durch dieses Konzept erhöht sich die Flexibilität bei der Grundrissgestaltung/Anpassung an den Bestand und die Anzahl der der LKW-Fahrten kann verringert werden. Es kann mit diesem System aber auch Raumzelle an Raumzelle montiert werden. In den Raumzellen könnten Räume mit hohem Installationsaufwand (Bäder, WCs, Küchen, etc.) leicht untergebracht werden, da diese Räume im Gegensatz zu Wohnräumen, geringere Raumbreiten aufweisen.

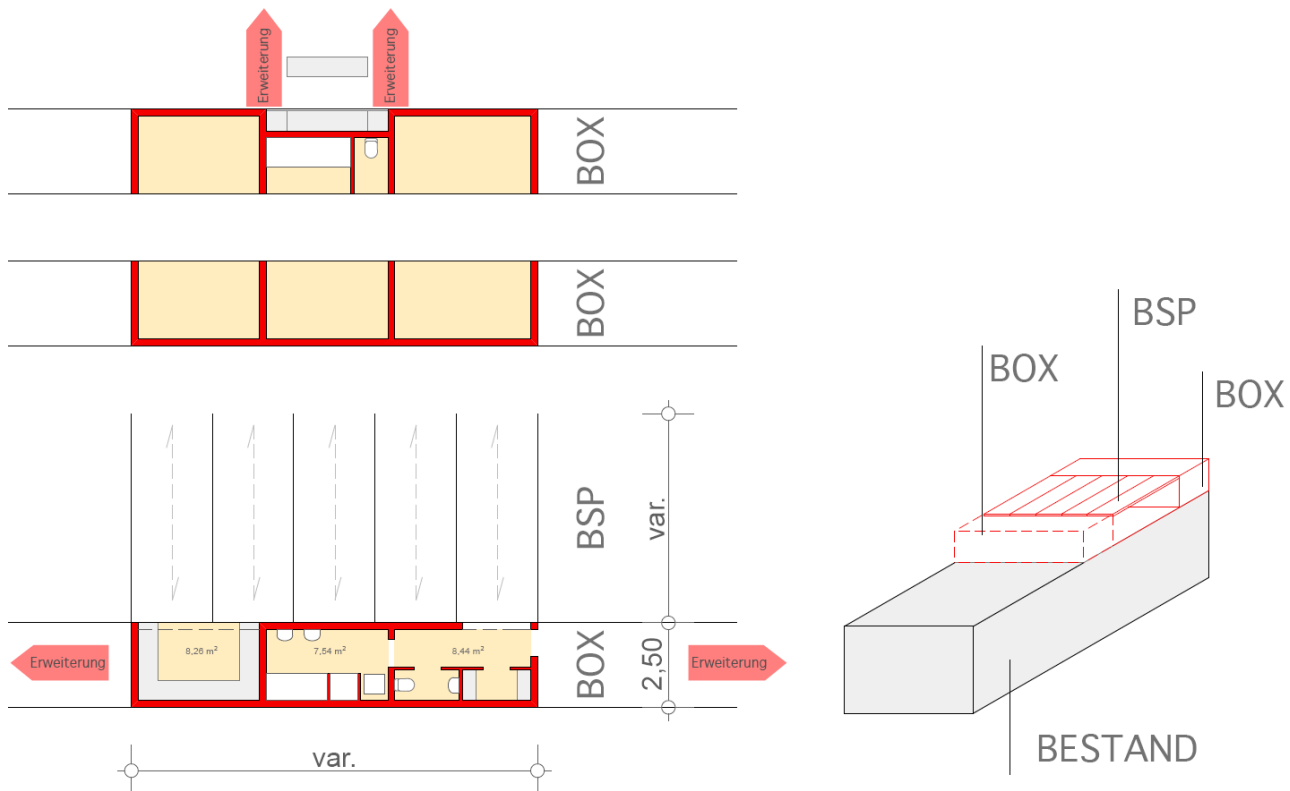
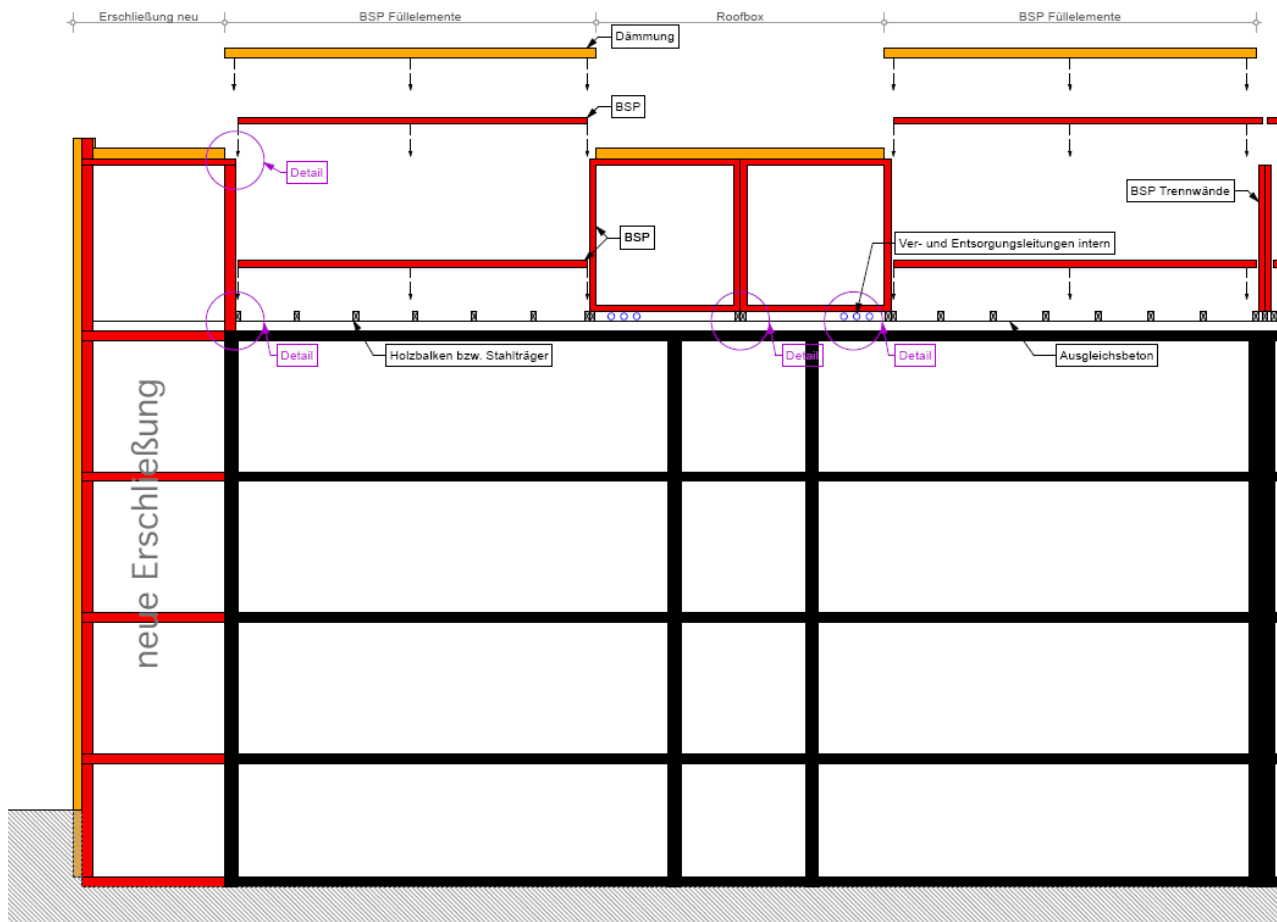


Abbildung 16 ROOFBOX-System mit Raumzellen und dazwischen montierten flächigen Bauelementen. BSP= Brettstapелеlement. Quelle: Nussmüller Architekten



**Abbildung 17 Schnitt ROOFBOX-System mit Raumzellen und dazwischen montierten flächigen Bauelementen. BSP= Brettstapelelement. Quelle: Nussmüller Architekten**

Als wand- und deckenbildendes Material sowohl für die Raumzellen als auch für die Füllelemente sind Brettstapelelemente vorgesehen. Als wesentliche Vorteile für diese Elemente können die Steifigkeit (Scheibe, keine zusätzlichen Aussteifungen) und die Robustheit bei der Montage angeführt werden. Die Baumaterialien und deren Zustand im Bestand sind entscheidend für den Anschluss der ROOFBOXen. I.d.R. findet man bei sanierungsbedürftigen Bauwerken Planabweichungen vor, die mit der hohen Anforderungen an den Wohnbau und die Genauigkeit des Holzbaus nicht vereinbar sind und erfordern daher einen entsprechenden Ausgleich zumindest des Nivellements. Je nach Ausführung des Bestandes ist geplant diesen Ausgleich in Form eines Betonrostes (auf Beton oder Ziegeldecken), oder aber auch in Form eines Holz- oder Stahlrahmens auszubilden. Damit wird eine definierte Auflagersituation für die ROOFBOX geschaffen, die auch eine gezielte Unterbindung der Schallnebenwege erlaubt. Bei der Auswahl der Baumaterialien wurden ökologische Fragestellungen berücksichtigt und die Aufbauten optimiert. Durch die Ausführung als reinen Holzbau schneidet die ROOFBOX in allen wichtigen Wirkungskategorien sehr gut ab. Eine detaillierte Ökobilanzierung und ein Vergleich mit einem Referenzgebäude findet sich im Bericht „Fallbeispiel – Billrothstrasse / Salzburg“.

Um detaillierte Erkenntnisse hinsichtlich der Hebe- und Fügechnik für das ROOFBOX-System zu generieren baut die Firma Haas derzeit einen Prototypen (Ausschnitt aus dem Fallbeispiel „Billrothstrasse / Salzburg“. Der Prototyp wird Anfang September 2016 in Großwilfersdorf einer interessierten Öffentlich-



keit vorgestellt und kann danach besichtigt werden. In nachstehender Abbildung sind die Bauteilaufbauten der ROOFBOX (Prototyp Fa. Haas) angeführt.

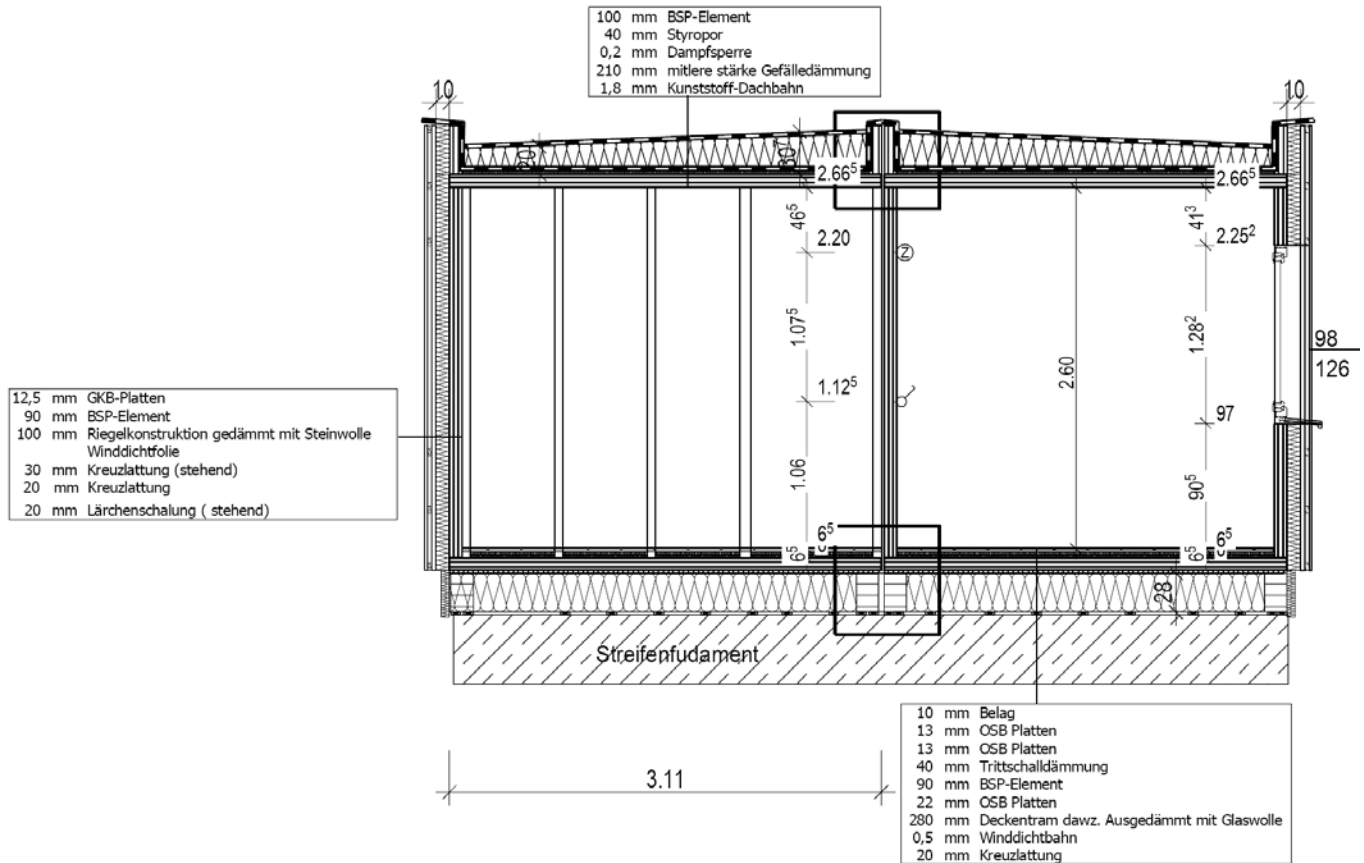


Abbildung 18 Schnitt durch den Prototyp der ROOFBOX, der am Firmengelände der Fa. Haas Fertigbau Holzbauwerk in Großwilfersdorf aufgestellt wird. Quelle: Haas Fertigbau Holzbauwerk

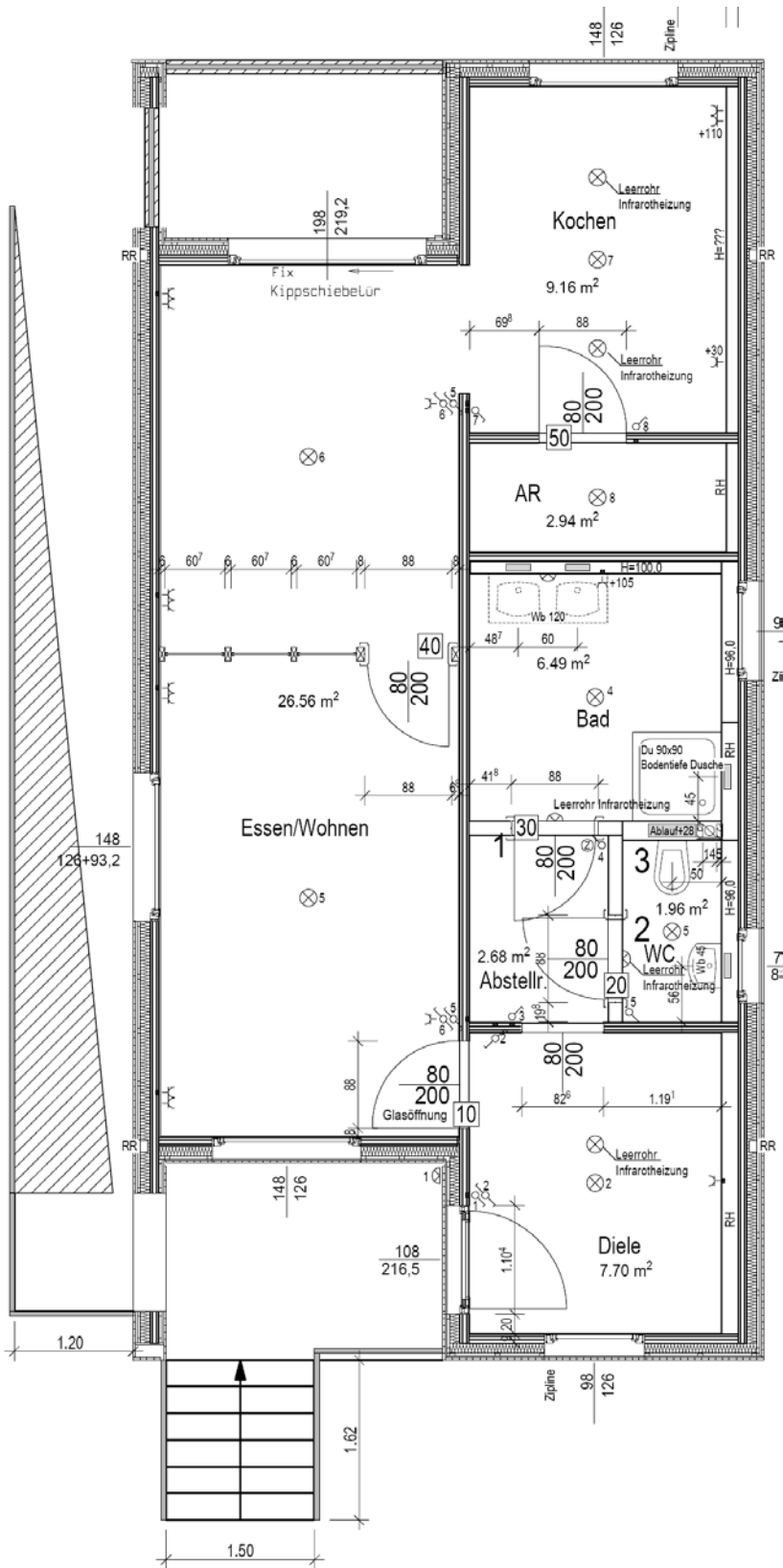


Abbildung 19 Grundriss des Prototyp der ROOFBOX, der am Firmengelände der Fa. Haas Fertigbau Holz- bauwerk in Großwilfersdorf aufgestellt wird. Quelle: Haas Fertigbau Holzbauwerk

### 2.3 AP 4 – Fallbeispiel

#### 2.3.1 Das Bestandsobjekt

Laut Projektantrag sollte an Hand einer bestehenden Wohnsiedlung der Gemeinnützigen Salzburger Wohnbaugesellschaft (GSWB) die im AP 3 entwickelten Module und Konzepte auf theoretischer Ebene simuliert werden. Gemeinsam mit diesem Wohnbauträger soll eine bestehende, typische Wohnanlage aus dem Zeitraum 1945 - 1980, die großes Umsetzungspotential für die im Forschungsprojekt vorgeschlagenen Konzepte aufweist, für eine theoretische ROOFBOX Sanierung ausgewählt werden.

Mit dem Wohnquartier der GSWB in der Billrothstraße in Salzburg konnte bereits im Frühjahr 2015 eine Siedlung die genau den im Antrag angeführten Anforderungen entspricht gefunden werden. Die Gebäude in der Billrothstraße stammen aus dem Jahr 1962 und entsprechen exakt der Gebäudezielgruppe für das ROOFBOX-Projekt. Des Weiteren zeigte der Bauherr GSWB großes Interesse am ROOFBOX-Projekt und ist an einer Realisierung interessiert.



**Abbildung 20** Luftbild des Wohnquartiers in der Billrothstraße in Salzburg. Die rot gekennzeichneten Objekte wurden für die Aufstockung mit der ROOFBOX ausgewählt.

Das Grundstück liegt im Kerngebiet der Stadt Salzburg und weist eine Geschossflächenzahl von 1,1. Laut Angaben des Stadtplanungsamtes in Salzburg können max. 1 Vollgeschoß + 1 ausgebautes DG (lt. §57 ROG, Bauhöhe) gebaut werden. Das Gebiet liegt in ca. 3 km Entfernung zum Stadtzentrum von Salzburg und besitzt eine sehr gute Anbindung an die Infrastruktur (öffentlicher Verkehr, Schulen, Nahversorgung, etc.).



**Abbildung 21** Ausschnitt Flächenwidmungsplan Stadt Salzburg. Weiss die zwei Baukörper der Billrothstrasse. Quelle: <https://www.salzburg.gv.at/sagisonline>

Die Bebauung ist eine Nord-Süd gerichtete 3- geschossige Zeilenbebauung mit 27 Wohneinheiten und drei Stiegenhäusern pro Baukörper. Die Grundrisstypologie ist ein klassischer Dreispänner. Das statische System besteht aus zwei lastabtragenden Außenmauern und einer lastabtragenden Mittelmauer aus Ziegelmauerwerk. Die Geschoßdecke sind Stahlbetonplatten mit einer Spannweite von ca. 5,50 m. Die architektonische Gestaltung ist geprägt durch einen einfachen, gering gegliederten Baukörper und folgt einem additiven Prinzip. Die Bebauung repräsentiert mit o.a. Merkmalen eine Vielzahl von Objekten die in dieser Baualtersklasse errichtet worden sind und stellt somit ein optimal geeignetes Fallbeispiel für das ROOFBOY-Projekt dar.

# e!Mission.at - 4. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG



Abbildung 22 Geschößgrundriss Billrothstrasse

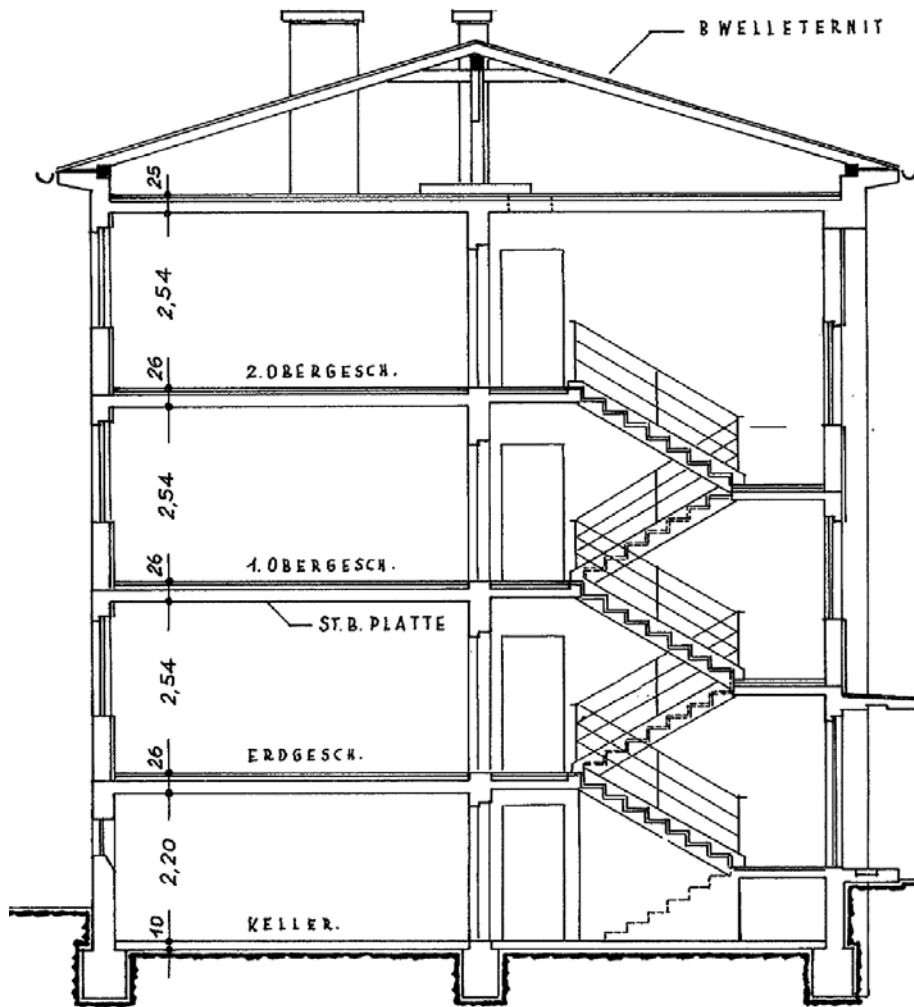
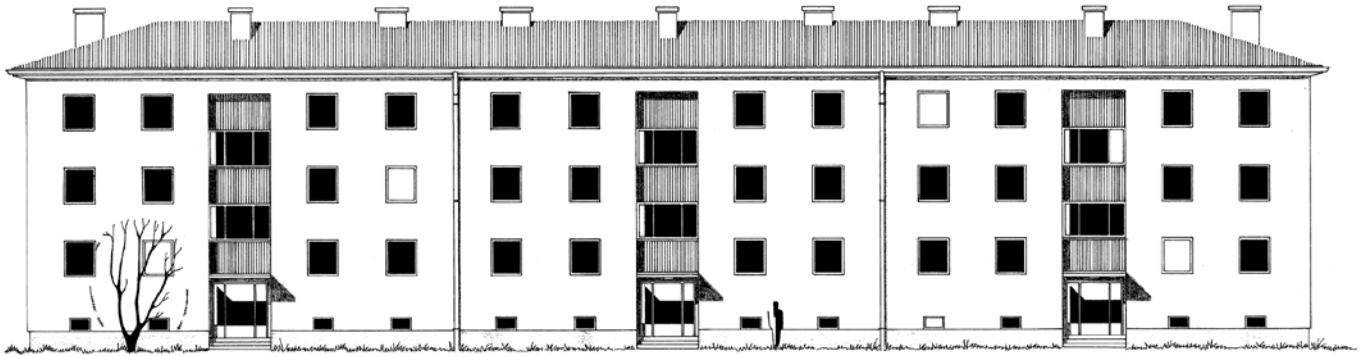


Abbildung 23 Bestandsschnitt



Abbildung 24 Bestand Ansicht West



**Abbildung 25 Bestand Ansicht Ost**

### **2.3.2 Fallstudie**

Auf Basis der detaillierten Untersuchung der Bestandsobjekte kam das Projektteam zum Schluss, dass die 2 Bestandsgebäude aus raumplanerischer, architektonischer, statischer und technischer Sicht sehr gut für eine Nachverdichtung mit dem ROOFBOX-System geeignet sind. Auch seitens des Bauträgers GSWB besteht Interesse an einer tatsächlichen Umsetzung der Aufstockung. Eine thermische Sanierung des Bestandes wurde nicht geplant, da diese bereits vor ca. 15 Jahren durchgeführt wurde und seitens des Bauträgers nicht erwünscht ist.

#### **2.3.2.1 Städtebauliche Lösung**

Das Projektteam und der Bauherr haben sich aus städtebaulichen und Fragen der sozialen Verträglichkeit (Rücksichtnahme auf die Bewohner des Bestands), dazu entschlossen bei der Aufstockung die max. mögliche Dichte nicht auszuschöpfen (grundsätzlich wäre auf Basis der max. möglichen Geschoßflächenzahl von 1,1 ein Vollgeschoß + ein ausgebautes Dachgeschoß möglich).



**Abbildung 26** Lageplan mit den 2 Objekten die mit der ROOFBOX aufgestockt werden.

Um die Auswirkungen auf die Bestandsobjekte und die umliegende Bebauung zu untersuchen, wurden Besonnungsstudien für den Bestand und die Aufstockung durchgeführt. Obwohl die Bestandsbaukörper mit ihrer Nord-Süd Ausrichtung eine grundsätzlich ungünstige Orientierung bez. gegenseitiger Verschattung aufweisen (flache Ost- und Westsonne verursacht lange Schattenfelder), zeigen die Ergebnisse dass durch eine eingeschossige Aufstockung der beiden Bestandsgebäude nicht nennenswerte Veränderung bez. der Verschattungssituation auftreten.



# e!Mission.at - 4. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

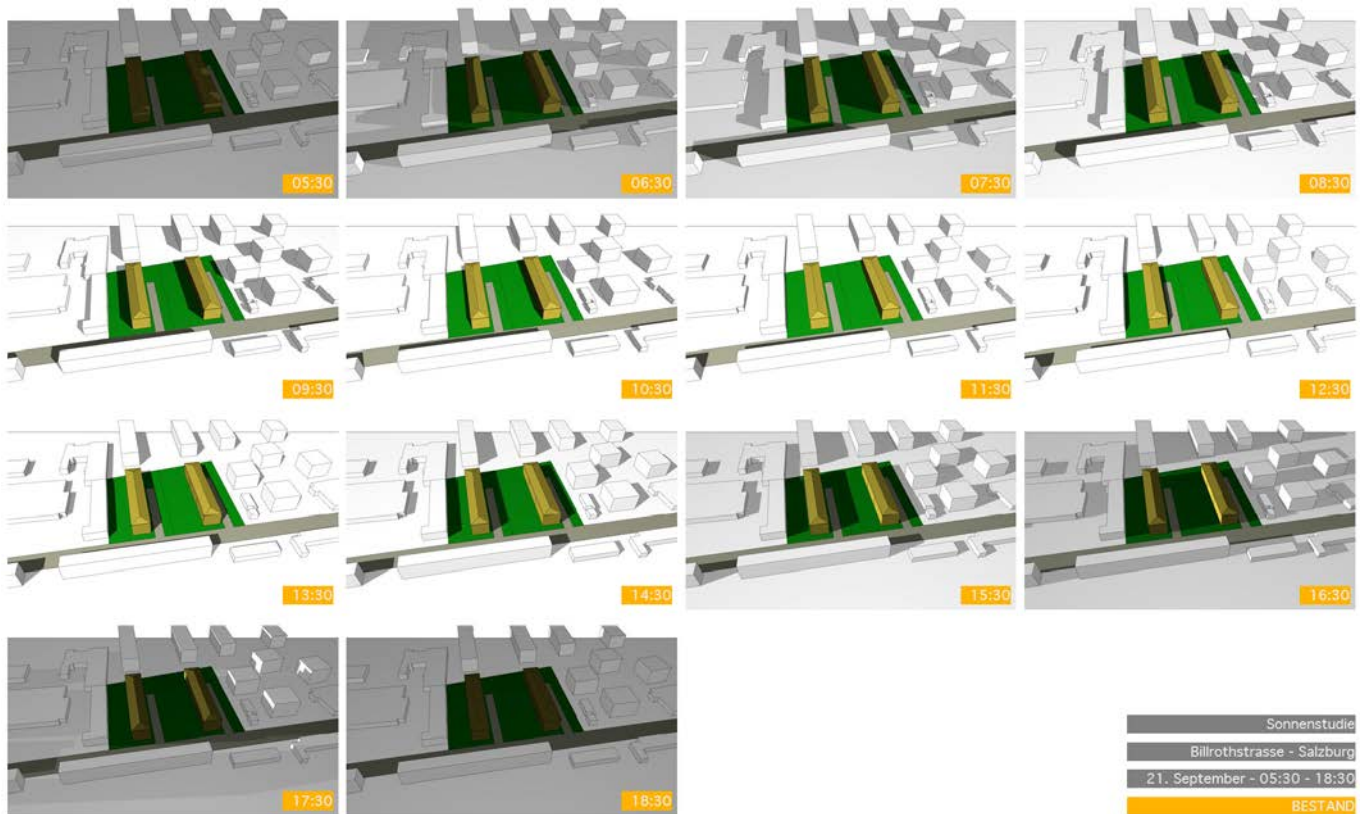


Abbildung 27 Sonnenstudie Bestand. Quelle: Nussmüller Architekten

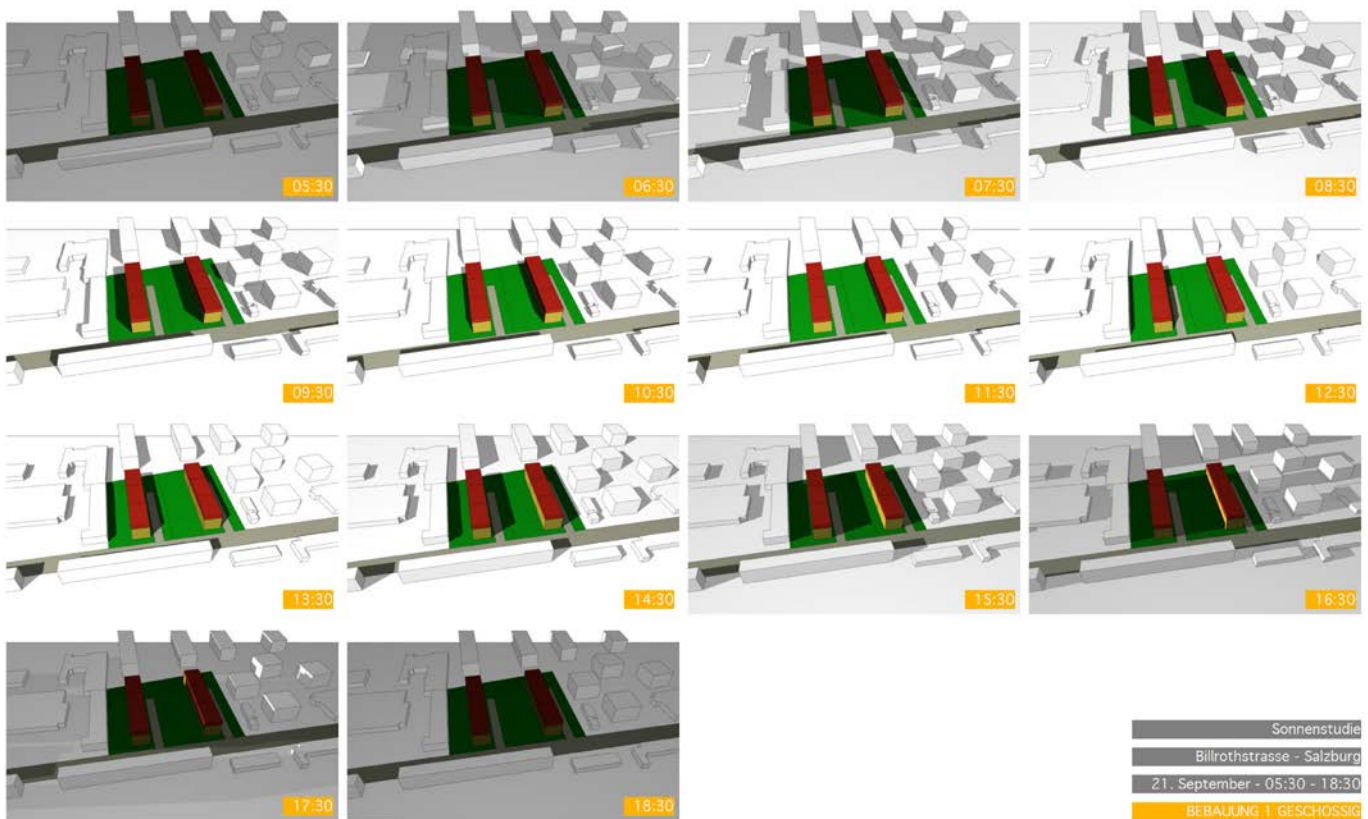


Abbildung 28 Sonnenstudie eingeschossige Aufstockung. Quelle: Nussmüller Architekten

Der seitens der Stadt Salzburg vorgeschriebene Stellplatzschlüssel für Autoabstellplätze von 1,2 PKWs pro Wohneinheit kann für die geplanten neuen Wohnungen (bei Variante 1 sind dies 6 Wohneinheiten pro Objekt) durch Erweiterung der bestehenden Parkplätze an der Ostseite der Objekte erfüllt werden.

### 2.3.2.2 Architektonisches Konzept

#### 2.3.2.2.1 Erschließungskonzept

Da der Bestand unverändert bleibt (Wohnungen + Erschließung) wurde an der nordseitigen Stirnwand ein neues Treppenhaus mit Lift (ROOFBOX ACCESS) eingeplant. Die Erschließung der neuen Wohnungen erfolgt über einen ostseitigen Laubengang.

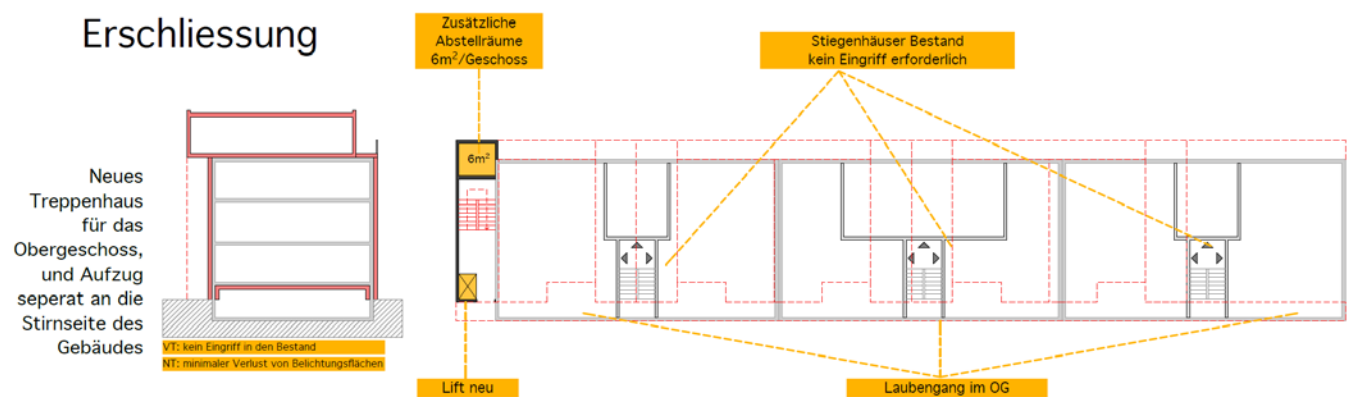


Abbildung 29 Erschließungskonzept. Quelle: Nussmüller Architekten

#### 2.3.2.2.2 Wohnungstypologien

Um die Flexibilität des ROOFBOX-Konzeptes zu prüfen wurden verschiedene Grundrisstypologien entwickelt. An Hand des Fallbeispiels wurde versucht ein möglichst breites Spektrum gängiger Wohnbautypologien abzubilden. In nachstehender Abbildung sind einige der ausgearbeiteten Varianten angeführt. Einige der nachstehend aufgezeigten Varianten verstehen sich nicht nur als konkrete Lösungsvorschläge für das Projekt Billrothstraße, sondern sollen auch die gesamte Bandbreite des ROOFBOX-Systems aufzeigen.

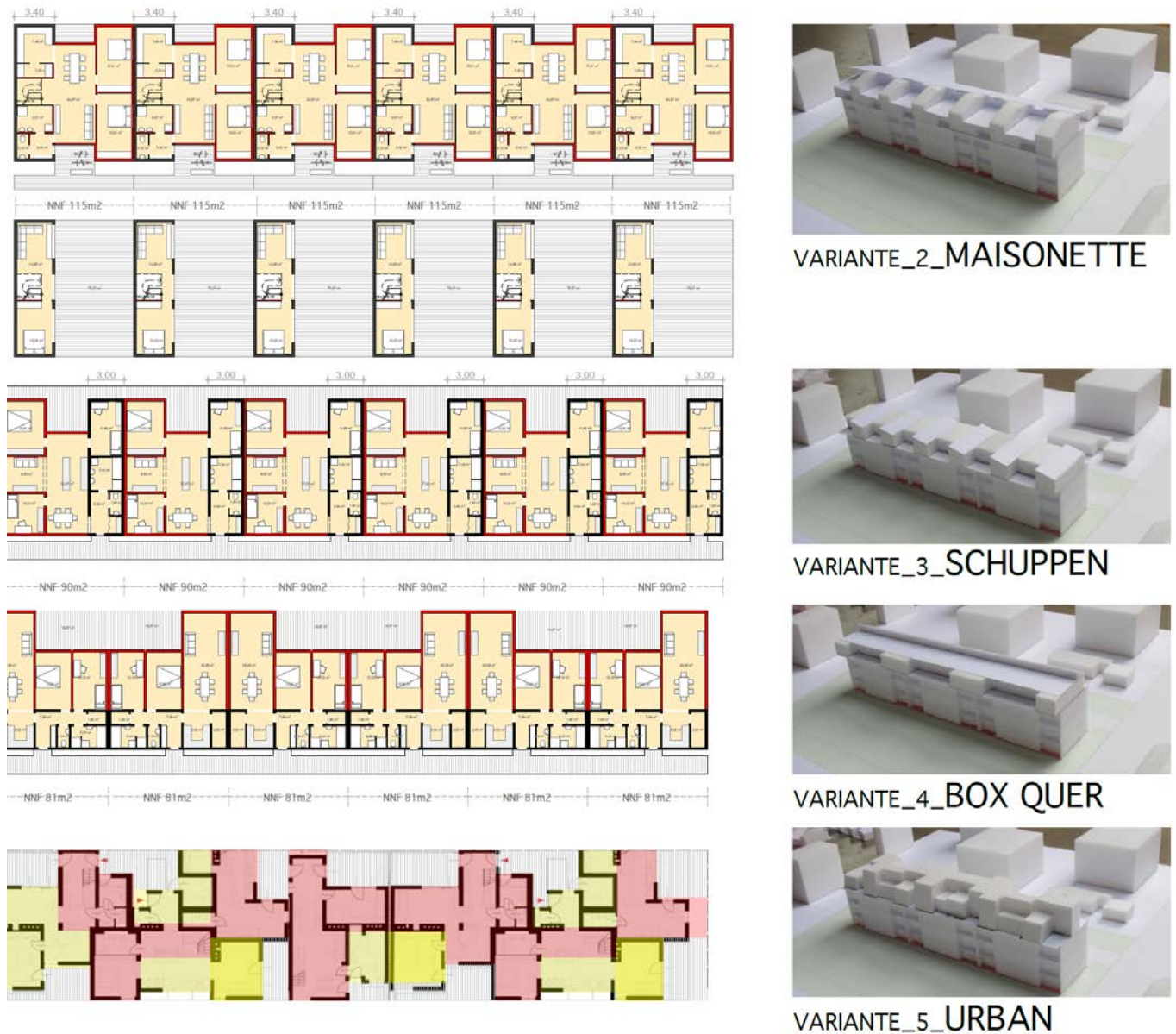


Abbildung 30 Grundrissvarianten. Quelle: Nussmüller Architekten

In Absprache mit der Wohnbaugenossenschaft GSWB wurde die „Variante 1\_Bügel“ und die Variante „Variante 2\_Bügel“ für die vertiefte Planung ausgewählt.

Bei der Variante 1 werden 6 eingeschossige 3- Zimmerwohnungen über ein nordseitiges, neues Treppenhaus (ROOFBOX ACCESS) und einem ostseitigen Laubengang erschlossen. Um mehr Nutzfläche zu gewinnen kragen die ROOFBOXEN sowohl west- als auch südseitig über den Bestandsbaukörper aus. Unter der westseitigen Auskrugung der Boxen können neue überdachte Balkonflächen für die darunterliegenden Bestandswohnungen abgehängt werden. Durch diese Maßnahme soll die Akzeptanz der Bewohner der Bestandswohnungen für die Aufstockung verbessert werden. Das Grundmodul (Außenmaß 2,78 m x 11,68 m) mit den installationsintensiven Räumen (WC, Badezimmer, Küche) umfasst 24,83 m<sup>2</sup>, die restlichen Räume (Schlaf- und Wohnzimmer) des Zwischenbereichs mit flächigen Ausbauelementen (Breite 7,17 m) umfassen 73,86 m<sup>2</sup>. In Summe ergibt sich somit eine großzügige 3-Zimmerwohnung mit 98,69 m<sup>2</sup> Wohnnutzfläche.

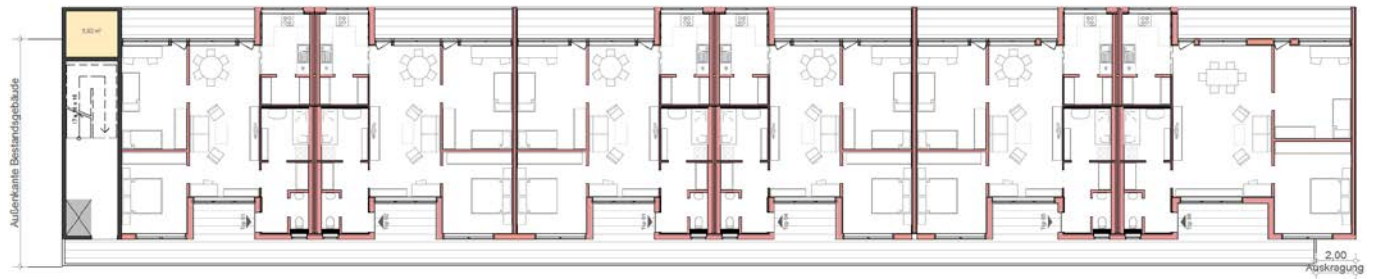


Abbildung 31 Variante 1\_Bügel. Quelle: Nussmüller Architekten

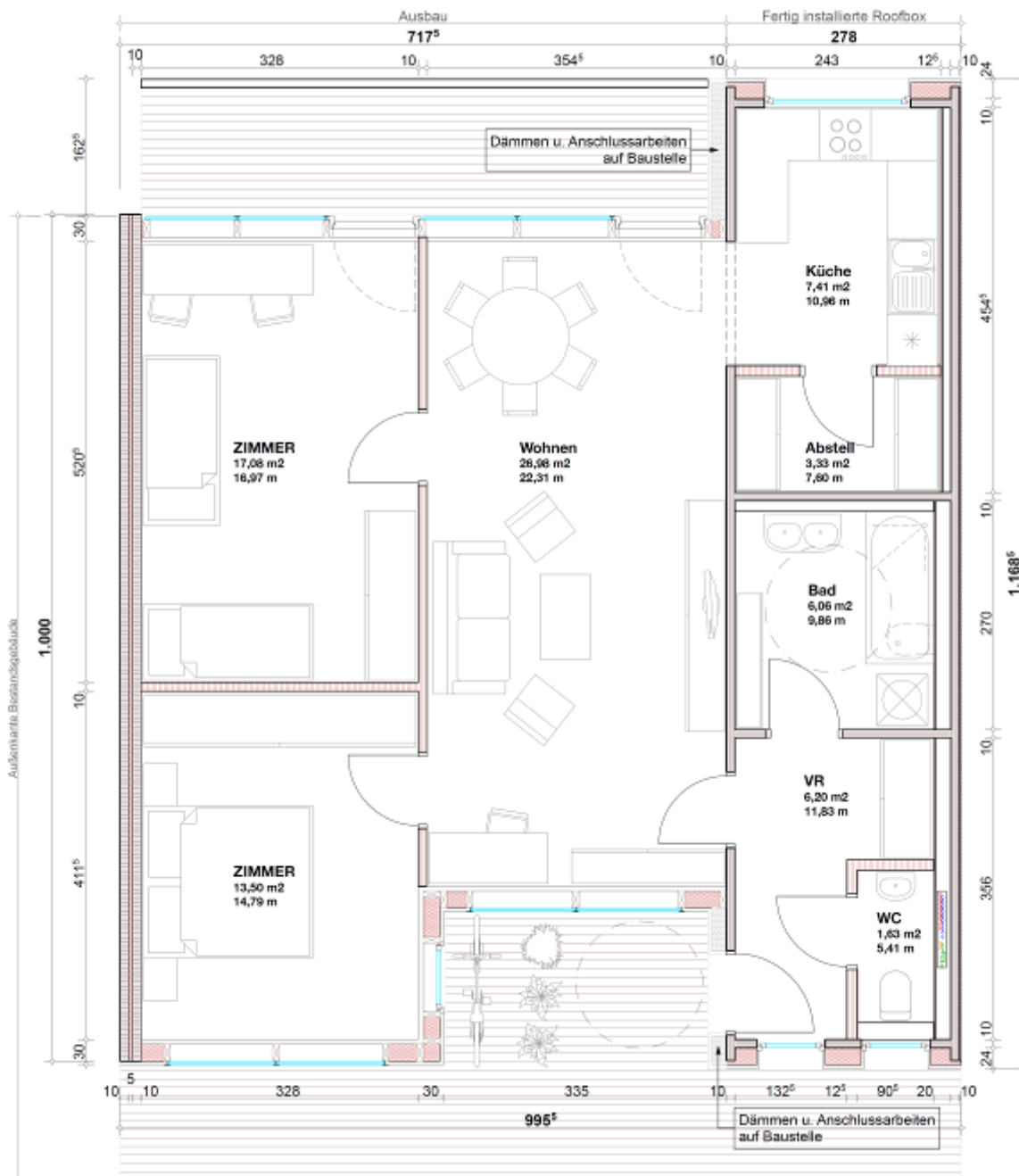


Abbildung 32 Ausschnitt Variante 1\_Bügel. Quelle: Nussmüller Architekten

Die „Variante 2\_Bügel“ besteht aus 5 eingeschossigen 4-Zimmerwohnungen mit einer Wohnnutzfläche von 88,53 m<sup>2</sup> und einer Dachterrasse zur Allgemeinnutzung im Norden. Die „Variante 2\_Bügel“ folgt

demselben Entwurfsprinzip wie Variante 1, der Unterschied besteht nur in unterschiedlichen Breiten des Grundmoduls und der flächigen Ausbauelemente.

### 2.3.2.3 Konstruktives Konzept

Die konstruktive Durchbildung des Fallbeispiels basiert auf dem im AP 3 entwickelten Konzept: In einem ersten Arbeitsschritt wird das bestehende Dach abgebrochen und der Untergrund für die vorgefertigten Raumzellen vorbereitet. Auf einem auf der Bestandsdecke aufgetragenen Ausgleichsbeton werden Stahlträger montiert auf die dann die belagsfertigen ROOFBOX-Module aufgesetzt werden. Damit wird eine definierte Auflagersituation für die ROOFBOX geschaffen, die auch eine gezielte Unterbindung der Schallnebenwege erlaubt. Zwischen den einzelnen vorgefertigten, hochinstallierten Raumzellen (2,78 m x 11,68 m x 2,95 m) und den tragenden Brettstapelwänden (Wohnungstrennwände) werden flächige Bauteile mit variablen Elementbreiten montiert. Durch dieses Konzept erhöht sich die Flexibilität bei der Grundrissgestaltung/Anpassung an den Bestand und die Anzahl der LKW-Fahrten kann verringert werden.

Als wand- und deckenbildendes Material sowohl für die Raumzellen als auch für die Füllelemente sind Brettstapelelemente vorgesehen. Die Brettstapelaußenwände werden mit Steinwolle gedämmt und erhalten eine hinterlüftete Vorsatzschale mit einer Verkleidung aus Faserzementplatten.

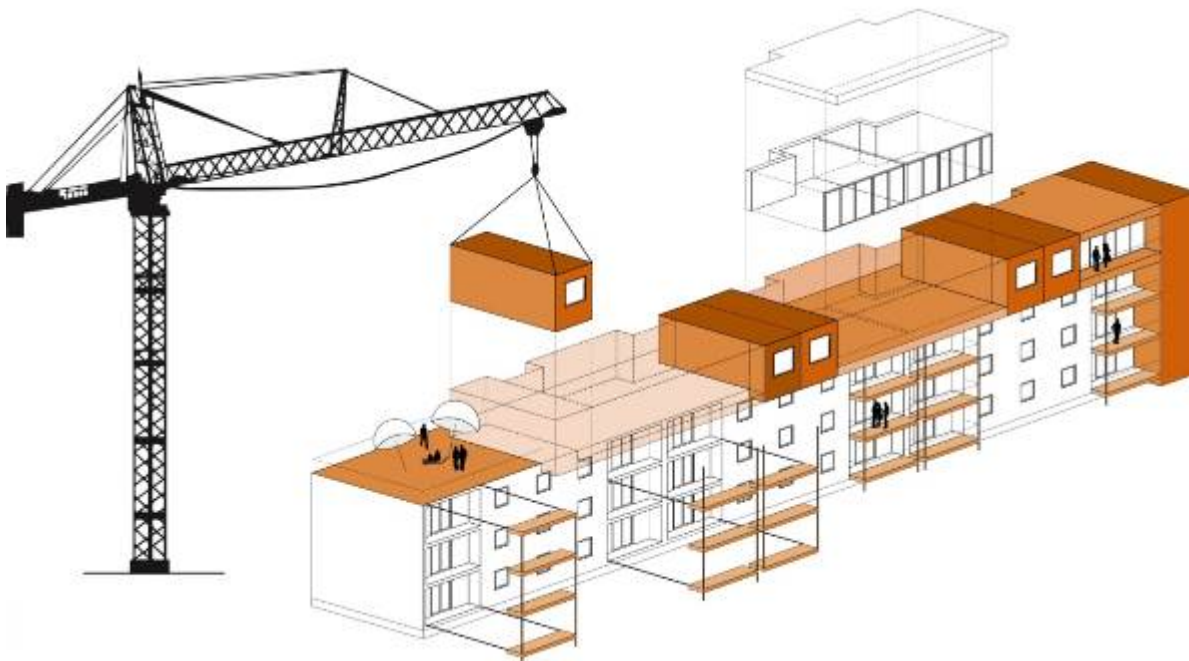


Abbildung 33 Bauablauf – Konstruktionsprinzip ROOFBOX. Quelle: Nussmüller Architekten

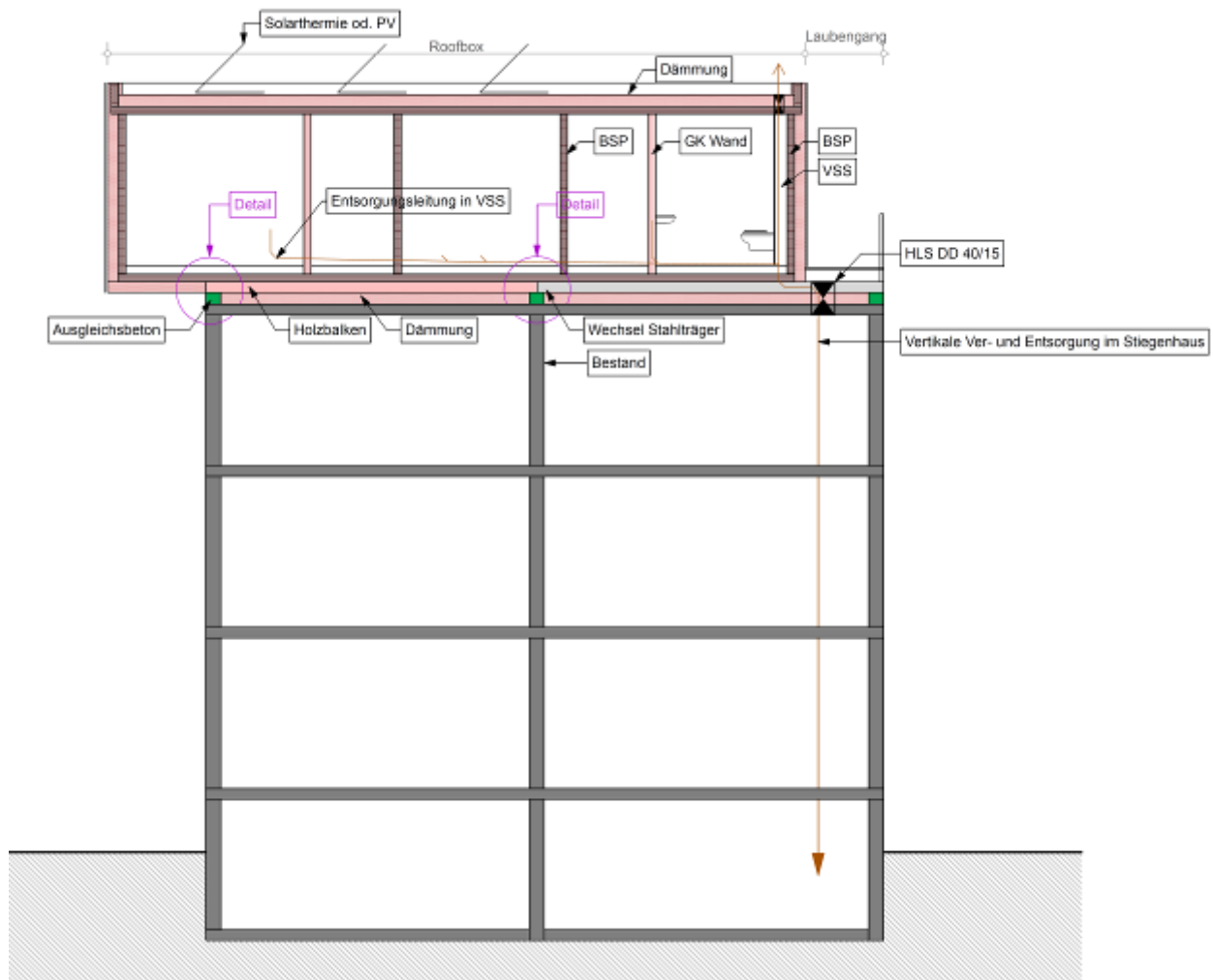


Abbildung 34 Querschnitt ROOFBOX. Quelle: Nussmüller Architekten

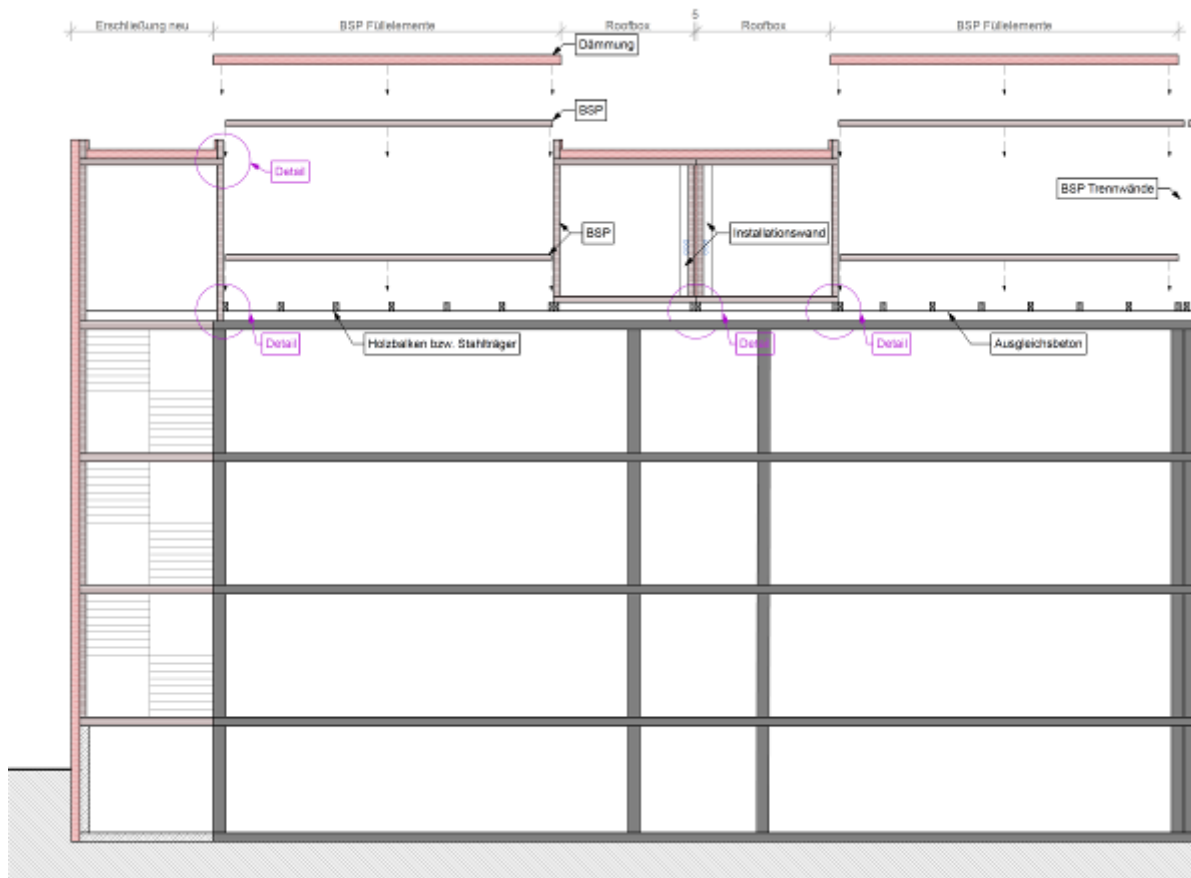


Abbildung 35 Längsschnitt ROOFBOX. Quelle: Nussmüller Architekten

Auch das neue Treppenhaus mit Lift (ROOFBOX ACCESS) wird auf ein bauseits zu errichtetes Fundament mit einer vorgefertigten Raumzelle aus Brettstapelelementen errichtet.

#### 2.3.2.4 Haustechnisches Konzept

Da das Bestandsgebäude bereits an die Fernwärme der Stadt Salzburg angeschlossen ist, wird kein eigenes ROOFBOX ENERGY Modul für die Energieerzeugung errichtet. Im vorliegenden Fall werden die bestehenden Haustechnikleitungen für Wärme und Trinkwasserversorgung vom Bestand in das ROOFBOX-Modul mit den hochinstallierten Räumen (Bad, WC, Küche) weitergeführt. Durch die gespiegelte Anordnung der hochinstallierten Räume sind immer zwei Wohneinheiten an einem Schacht angeschlossen. Die Abwasserentsorgung kann über die bestehenden Abwasserstränge bewerkstelligt werden. Erforderliche horizontale Leitungsführungen zu den Bestandsschächten werden im Zwischenraum zwischen der Aufstockung und der Bestandsdecke geführt.

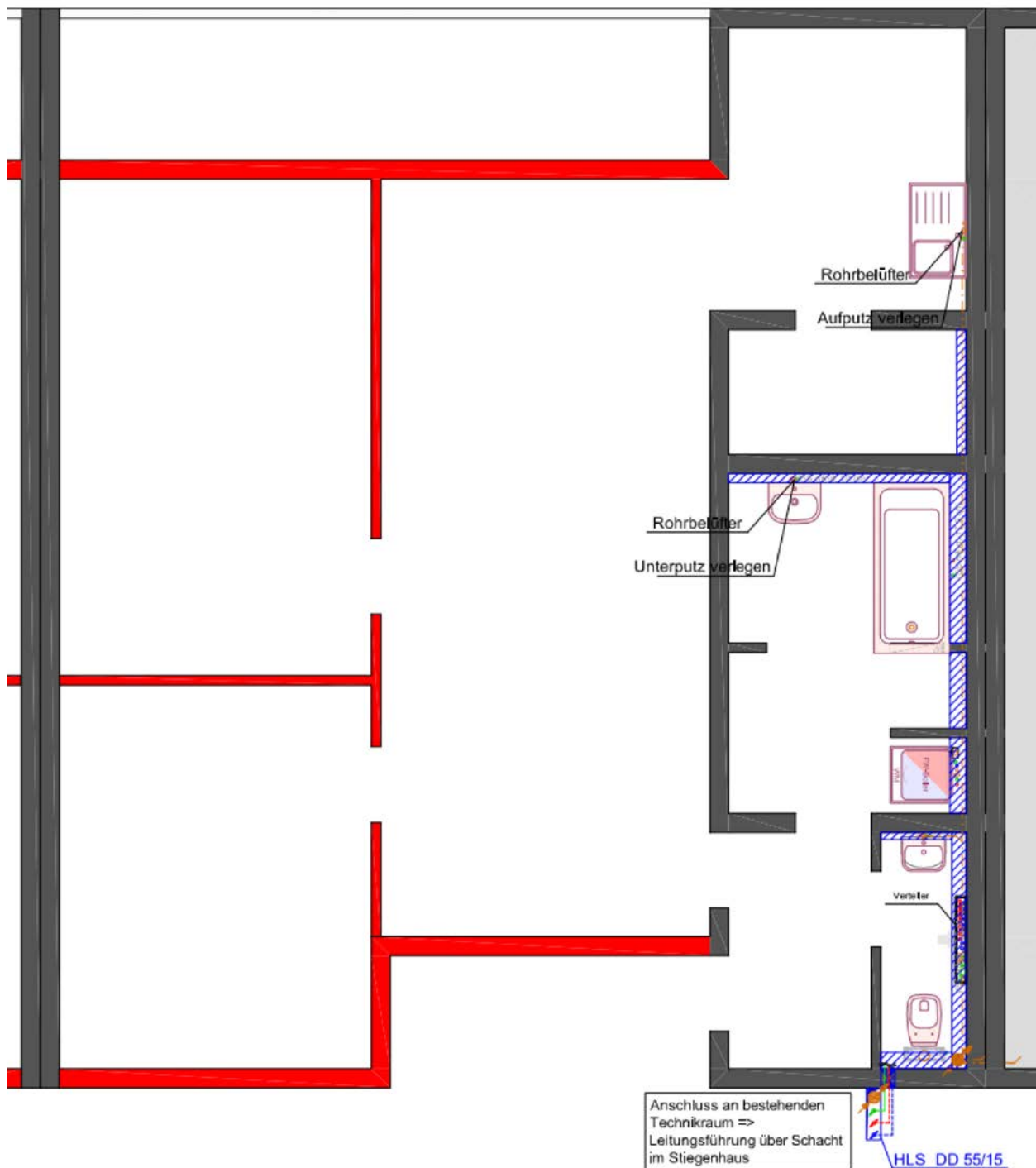
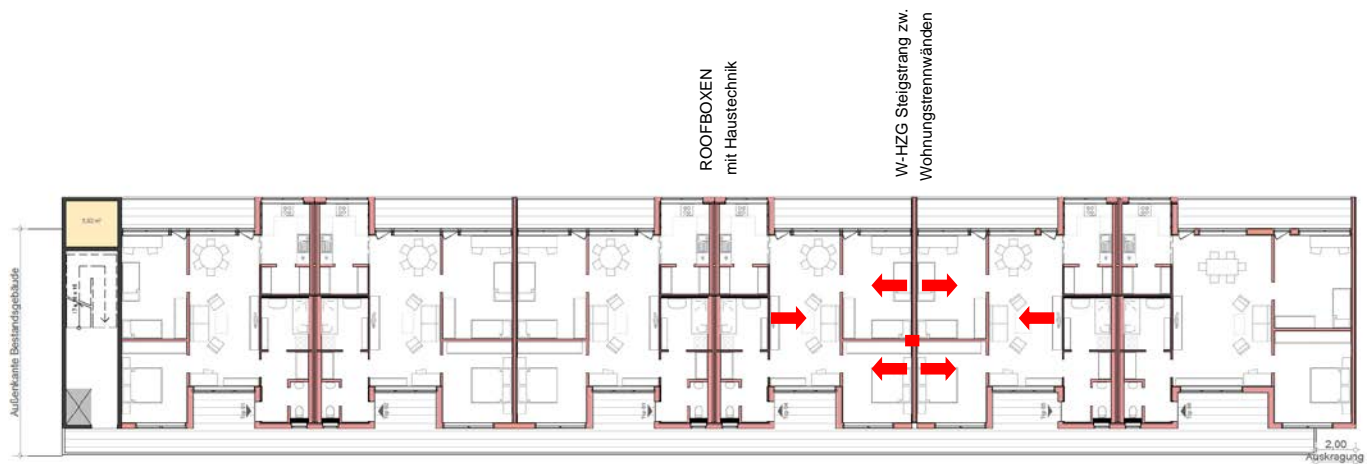


Abbildung 36 Leitungsschema ROOFBOX. Quelle: TBH Ingenieur GmbH

Als Wärmeabgabesystem ist ein Niedertemperatursystem (Wand- oder Fußbodenheizung) oder eine Infrarotwandheizung möglich. Vorteil bei der Infrarotheizung ist der Entfall von wasserführenden Leitungen außerhalb der hoch installierten ROOFBOXen, Nachteil sind die erhöhten Errichtungskosten. Seitens des Bauherrn wird eine Niedertemperaturheizung favorisiert. Bei einer Ausführung als Wandheizung wäre es möglich auf horizontale Verteilungsleitungen (Vor- und Rücklauf) außerhalb der ROOFBOXen zu verzichten, da auf Grund der Grundrisskonzeption die Wandheizungen jeder Wohnung durch vertikale Steigstränge versorgt werden kann.





**Abbildung 37 Schema Wärmeabgabesystem ROOFBOX. Quelle: TBH Ingenieur GmbH**

Für die aktive Solarenergienutzung wurden zwei grundsätzliche Varianten ausgearbeitet:

1) Variante I - Nur Photovoltaik mit Modulfläche pro Wohneinheit

- Fernwärmeanschluss an WE über Haustechnikschächte
  - dezentrale PV Einheiten mit Wechselrichter pro WE
  - Schächte in Laubengang entfallen
  - keine Technikbox
- Standard Module aufgeständert oder smartflower Lösung

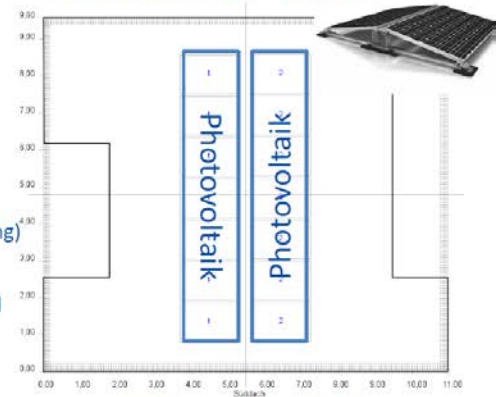
2) Variante II: Photovoltaik und Solarthermie kombiniert

- Fernwärmeanschluss an Pufferspeicher in Technikbox
  - dezentrale PV Einheiten mit Wechselrichter pro Wohneinheit
  - zentrale Solarthermie Einspeisung in Puffer
  - Wärmeverteilung über Schächte in Laubengang
- Aufteilung entsprechend vorhandener Dachfläche  
Kosten- Nutzentechnischer Auslegung

- Mit/ohne Batteriesystem
- Berücksichtigung möglicher Eigenverschattung
- Einhaltung Mindestabstände
- Erforderliche Dachlast ca.  $25 \text{ kg/m}^2$  (Module + Aufständerung)
- Aufständerung abhängig von Dachgegebenheiten
  - » Durchdringungsfrei mit Ballastierung
  - » Befestigung am Dachaufbau
- **Variante Ia: Ost-West  $10^\circ$** 
  - » 14 Module => 3,36 kWp
- **Variante Ib: Süd  $45^\circ$** 
  - » 17 Module => 4,08 kWp



Variante Ia - Ost - West



Variante Ib - Süd

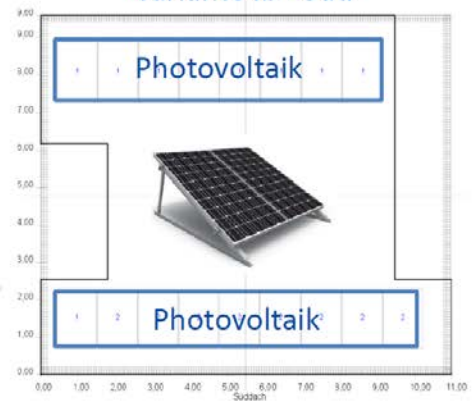


Abbildung 38 Übersicht Variante I - Nur Photovoltaik Quelle: TBH Ingenieur GmbH

- » 2-achsig nachgeführtes PV-System mit 2,31 kWp (Monozellen)
- » Große Traglast der Dachfläche erforderlich (ca. 690 kg – Abklärung Statik)
- » Verbesserung des Eigenverbrauchsanteils durch Nachführung
- » Inkl. Windwächter für Sicherheitsposition bei zu hohen Windlasten

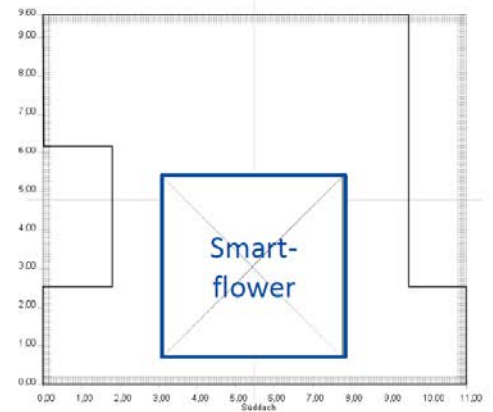


Abbildung 39 Variante Ic - Photovoltaik smartflow Komplettsystem (mit/ohne Batteriesystem). Quelle: TBH Ingenieur GmbH

- » Photovoltaik - Süd 30°, 17 Module => 4,08 kWp
- » Solarthermie 7,5 m<sup>2</sup> pro WE (ca. 30 kg/m<sup>2</sup> - Kollektoren inkl. Aufständering)
- » Einbindung Solarthermie in zentralen Pufferspeicher
- » Pufferspeichersituierung in Technikbox => 2.600 Liter bei gesamt 37,5 m<sup>2</sup>
- » Einbindung Fernwärme, Leitungsführung über Haustechnikschacht
- » Verteilung über Laubengang
- » Abwasserleitungen über separate Schächte

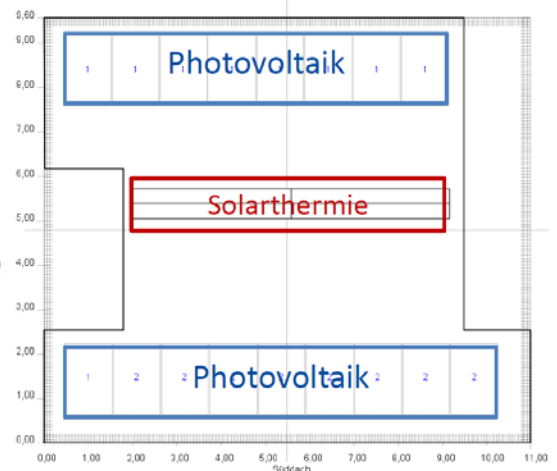


Abbildung 40 Variante II - Photovoltaik dezentral/Solarthermie zentral. Quelle: TBH Ingenieur GmbH

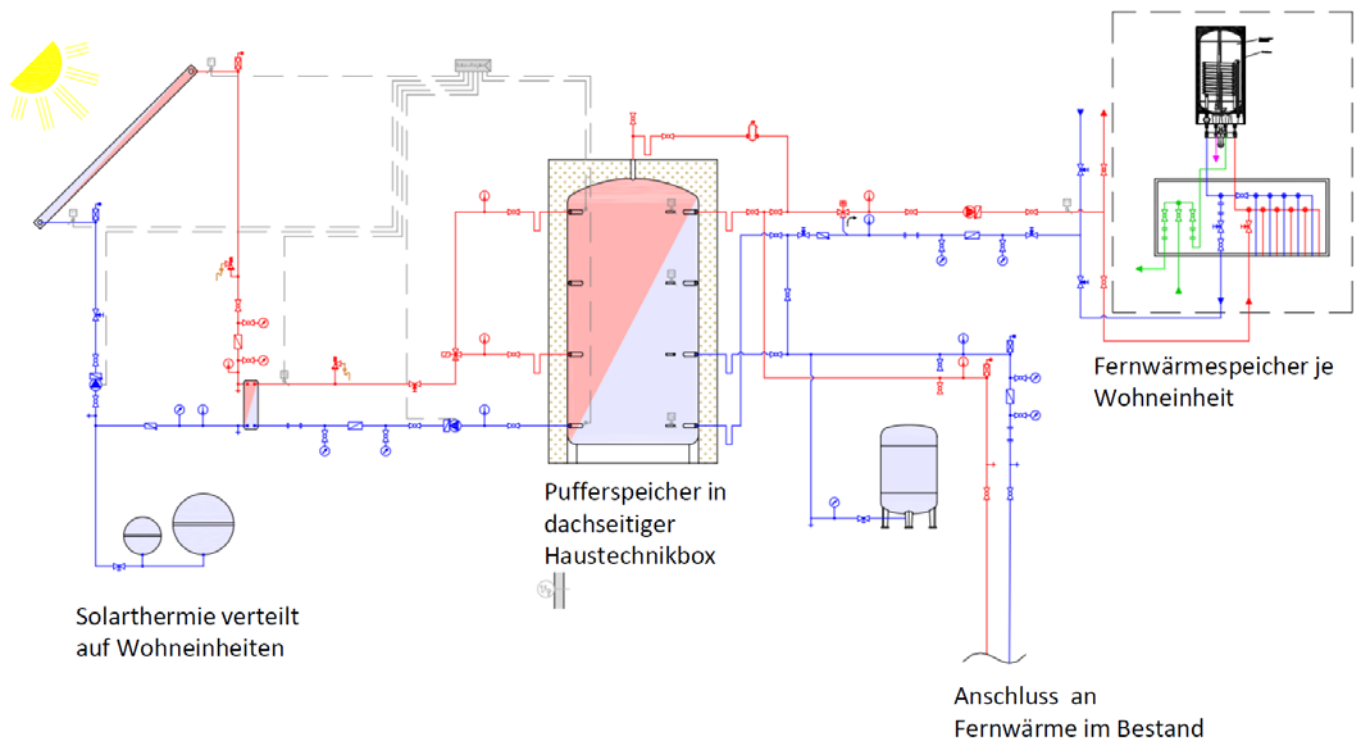


Abbildung 41 Heizungsschema Solarthermie mit zentralem Pufferspeicher. Quelle: TBH Ingenieur GmbH

### 2.3.2.4.1 Kostentechnische Bewertung

Seitens des Bauträgers GSWB wurde der Wunsch geäußert eine kostenmäßige Bewertung der vorgeschlagenen Haustechnikkonzepte zu erhalten. Diese ist nachstehend angeführt:

#### 2.3.2.4.1.1 Kosten PV pro Wohneinheit

- |                             |          |                        |
|-----------------------------|----------|------------------------|
| ▪ Variante Ia: Ost-West 10° | 3,36 kWp | € 5.100.- (exkl. UST)  |
| ▪ Variante Ib: Süd 45°      | 4,08 kWp | € 6.200.- (exkl. UST)  |
| ▪ Variante II: smartflow    | 2,31 kWp | € 10.500.- (exkl. UST) |

#### 2.3.2.4.1.2 Kosten Solarthermie

- |   |                        |
|---|------------------------|
| ▪ 7,5 m <sup>2</sup> /WE => 37,5 m <sup>2</sup> | € 24.000.- (exkl. UST) |
|---|------------------------|

#### 2.3.2.4.1.3 Kosten Heizung/Lüftung/Sanitär/Elektro/WE

- |           |                        |
|-----------|------------------------|
| ▪ HLS     | € 16.000.- (exkl. UST) |
| ▪ Elektro | € 4.000.- (exkl. UST)  |

### 2.3.2.4.2 Energetische Bewertung

	Annahmen					Ergebnisse					
	PV Leistung	Batterie-speicher	Solart-hermie $A_{kolll}/V_{Speic} her$	Ausricht-ung/ Neigung PV	Ausricht-ung/ Neigung Solar	Jahresstro mbedarf	Spezifi-scher Kollektor-ertrag	Eigenverb rauchs-anteil PV	Netz-bezug	Wärme-bedarf	solarer Deckungs-grad
Variante Ia	3,36 kWp	-	-	Ost-West/10°	-	3.829 kWh	893 kWh/kWp	31 %	2.880 kWh	8.101 kWh	-
Ia mit Batterie	3,36 kWp	7 kWh	-	Ost-West/10°	-	3.829 kWh	893 kWh/kWp	50 %	1.767 kWh	8.101 kWh	-
Variante Ib	4,08 kWp	-	-	Süd/45°	-	3.829 kWh	1.034 kWh/kWp	26 %	2.728 kWh	8.101 kWh	-
Ib mit Batterie	4,08 kWp	7 kWh	-	Süd/45°	-	3.829 kWh	1.034 kWh/kWp	45%	1.293 kWh	8.101 kWh	-
Variante Ic	2,31 kWp	-	-	2 achsig nachgefü hrt	-	3.829 kWh	1373 kWh/kWp	45 %	2.399 kWh	8101 kWh	-
Ic mit Batterie	2,31 kWp	2,3 kWh	-	2 achsig nachgefü hrt	-	3.829 kWh	1373 kWh/kWp	50 %	2.068 kWh	8101 kWh	-
Variante II	4,08 kWp	-	5 x 7,5 m <sup>2</sup> (37,5m <sup>2</sup> )	Süd/30°	Süd/50°	3.829 kWh	1.034 kWh/kWp	26 %	2.880 kWh	5.350 kWh	34%
II mit Batterie	4,08 kWp	7 kWh	5 x 7,5 m <sup>2</sup> (37,5m <sup>2</sup> )	Süd/45°	Süd/50°	3.829 kWh	1.034 kWh/kWp	45 %	1.293 kWh	5.350 kWh	34%

Abbildung 42 Energetische Bewertung der Varianten (Simulation auf Basis: Familie mit 2 Kindern, ein El-ternteil berufstätig). Quelle: TBH Ingenieur GmbH

### 2.3.2.5 Ökobilanzierung

Die vorliegende Ökobilanz untersucht die Umweltwirkungen des Projekts ROOFBOX - „Ressourcenschonende Nachverdichtung von großvolumigen Mehrfamilienhäusern mit vorgefertigten Raumzellen in Holzbauweise“. Anhand der Fallstudie „Billrothstraße“ in Salzburg wird das Potential einer Wohn-raumerweiterung in Bezug auf emissionsfreie Nachverdichtung im Bestand untersucht.

#### 2.3.2.5.1 Ziel und Untersuchungsrahmen

##### 2.3.2.5.1.1 Ziel der Studie

Ziel der Studie ist die Darstellung der Umweltwirkungen, die sich bei einer Nachverdichtung (Variante 2) eines bestehenden Nachkriegswohnbaus durch die ROOFBOX mit einer angenommenen Lebensdauer von 50 Jahren, der Instandhaltung in dieser Zeit und der anschließenden Entsorgung der Gebäudekon- struktion ergeben.

##### 2.3.2.5.1.2 Untersuchungsrahmen

Auf Grund der Komplexität und des Umfanges fokussierte sich die Ökobilanzierung nur auf die einge- setzten Baumaterialien der Aufstockung. Die Gegenüberstellung weiterer ökologischer „Einspareffekte“ im Vergleich zu einem Neubau ist von vielen Parametern (Lage, Verkehrsinfrastruktur, Bebauungsdich-

te, Bauweise, etc.) abhängig. Folgende ökologischen „Einspareffekte“ die sich im Vergleich zu einem Neubau ergeben sind nicht in die Bilanzierung eingeflossen:

- Keine neue Bodenversiegelung (bis auf die zusätzlichen PKW-Stellplätze und die Grundfläche des neuen Treppenhaus)
- Keine neuen Erschließungswege
- Keine neue technische Infrastruktur (Strom ,Wasser, Wärme, EDV) zur Erschließung eines Grundstücks
- Keine neue soziale Infrastruktur (täglicher Bedarf, etc.)
- Reduktion des Heizwärmebedarfs des Bestandsgebäudes (keine Wärmeverluste über letzte Geschossdecke des Bestandes)

Untersucht wird der gesamte Lebenszyklus der im Rahmen der Aufstockung der ROOFBOX in der Fallstudie Billrothstraße Salzburg verwendeten Baumaterialien von ihrer Herstellung über die Instandhaltung bis zur Entsorgung. Verwendet wird dafür ein vereinfachtes Rechenverfahren basierend auf die ÖNORM EN ISO 14040. Dabei werden folgende Bauteile berücksichtigt:

- Außenwände inklusive Fenster
- Dach
- Geschossdecken inkl. Fußbodenaufbau und -belägen
- Innenwände
- Türen
- Kleinteile wie Balkone, Geländer, Stützen, Unterzüge, etc.

Da dieses vereinfachte Verfahren zwar die Datenaufnahme erheblich vereinfacht, aber die Anschlüsse und bestimmte Bauteile vernachlässigt werden, wird das Gesamtergebnis mit dem Faktor 1,1 multipliziert. Produkte und Aufwendungen, die sich nur auf den Baustellenbetrieb beziehen werden nicht berücksichtigt. Transporte werden vernachlässigt. Die Nutzungsdauer der ROOFBOX wird mit 50 Jahren angenommen. Alle Bauteile, deren Lebensdauer weniger als 50 Jahre beträgt, werden innerhalb des Gebäudelebenszyklus entsprechend ausgetauscht. Das bedeutet, dass die Umweltwirkungen für Herstellung und Entsorgung des Bauteils nochmals anfallen.

### **2.3.2.5.1.3 Funktionelle Einheit**

Die funktionelle Einheit gemäß ÖNORM EN ISO 14040, welche die Grundlage für die vorliegende Untersuchung darstellen, ist die funktionelle Einheit mit 1m<sup>2</sup> Nutzfläche (NFL) bezogen auf eine Nutzungsdauer von 50 Jahren festlegt. Daraus ergeben sich die Flächen- und jahresbezogenen Umweltwirkungen über den Lebenszyklus für Konstruktion. Für das Treibhauspotential bedeutet dies beispielweise: kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent / m<sup>2</sup>NFL\*a.

### **2.3.2.5.1.4 Systemgrenzen**

Bei der Definition der Systemgrenze für diese Ökobilanzierung wird der Produktlebenszyklus möglichst bis zu den Elementarflüssen untersucht. Aufgenommen werden alle In- und Outputs, die mit der Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung der Gebäudekonstruktion zusammenhängen. Ausgenommen sind Transport- und Bauprozesse. Da es sich um ein Bestandsgebäude handelt, das nachverdichtet wird,

wird der bestehende Gebäudeteil der Billrothstrasse sowie der ostseitige Erschließungsturm/ Lift nicht in der Bilanz berücksichtigt.

### 2.3.2.5.1.5 Übersicht der Bauteile

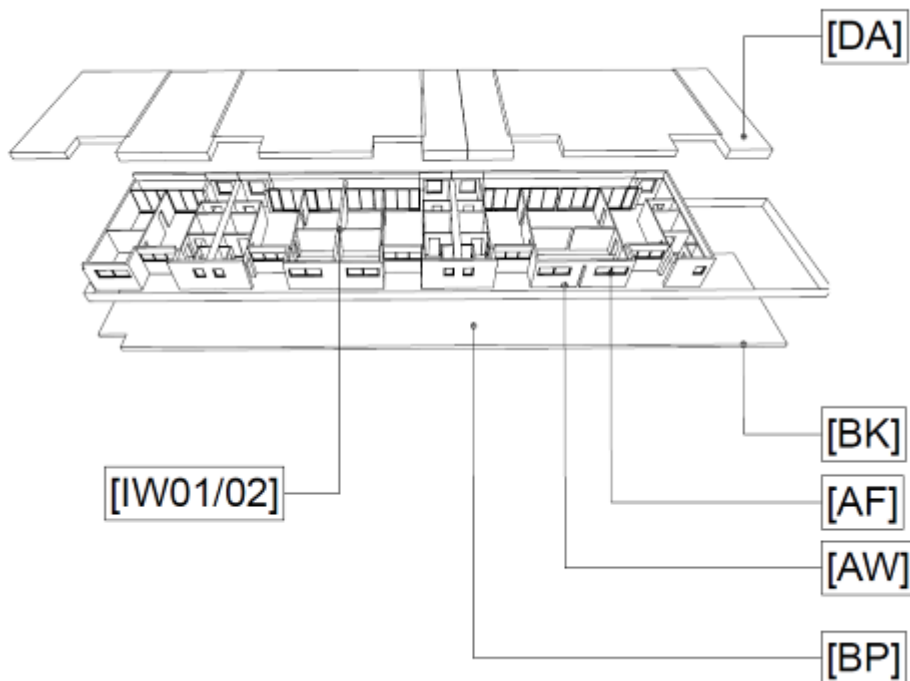


Abbildung 43 Übersicht der in der Bilanz berücksichtigten Bauteile (eigene Darstellung)

Tabelle 1 Übersicht der in der Bilanz berücksichtigten Bauteile (eigene Darstellung)

Bauteil	Abkürzung
Außenwand	AW
Außenfenster / Verglasungen	AF
Massive Innenwand	IW02
Leichte Innenwand	IW01
Bodenplatte Roofbox	BP
Aussendecke Roofbox	DA
Kleinelemente (Türen, Überzüge auf Bestand, etc.)	KT
Balkonplatte	BK

**Tabelle 2 Auflistung der Bauteilschichten mit den Umweltauswirkungen je Kilogramm (eigene Darstellung)**

**Flachdach [DA]**

**Umweltauswirkungen der Schichten je Kilogramm**

Baustoffschicht									
Schichtnummer		Dichte [Kg/m <sup>3</sup> ]	Treibhauspotential (GWP)	Ozonabbaupotential (ODP)	Photochemisches Oxidationspotential (POCP)	Versauerungspotential (AP)	Eutrophierungspotential (EP)	Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	Total erneuerbare Primärenergie (PERT)
1	BSP Platte	478.00	-2	0.000000014	0.00010	0.00082	0.000	3.079	23.137
2	Styropor	18.00	3	0.000000015	0.02389	0.00667	0.001	85.000	1.233
3	Dampfbremse	900.00	4	0.000000007	0.00359	0.01189	0.001	90.020	2.925
4	Gefälledämmung	18.00	3	0.000000015	0.02365	0.00660	0.001	84.150	1.221
5	Dach-Abdichtungsbahn	1,125.00	3	0.000000004	0.00116	0.00515	0.000	92.940	1.709

**Außenwand [AW]**

**Umweltauswirkungen der Schichten je Kilogramm**

Baustoffschicht									
Schichtnummer		Dichte [Kg/m <sup>3</sup> ]	Treibhauspotential (GWP)	Ozonabbaupotential (ODP)	Photochemisches Oxidationspotential (POCP)	Versauerungspotential (AP)	Eutrophierungspotential (EP)	Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	Total erneuerbare Primärenergie (PERT)
1	Gipskartonplatte	900.00	0.245	0.000000000	0.000	0.000	0.000	3.779	0.186
2	BSP Platte	478.00	-1.726	0.000000014	0.000	0.001	0.000	3.079	23.137
3	Holzständer	529.00	-1.365	0.000000001	0.000	0.001	0.000	8.129	20.189
4	Dämmung	41.00	0.838	0.000000036	0.000	0.007	0.001	13.776	2.435
5	Winddichtung	600.00	2.595	0.000000000	0.001	0.005	0.000	90.308	2.598
6	Konterlattung	529.00	-1.365	0.000000001	0.000	0.001	0.000	8.129	20.189
7	Konterlattung	529.00	-1.365	0.000000001	0.000	0.001	0.000	8.129	20.189
8	Lattung	493.00	-1.465	0.000000029	0.000	0.001	0.000	3.225	21.095



<b>Geschoßdecke [GD]</b>		<b>Umweltauswirkungen der Schichten je Kilogramm</b>							
<b>Baustoffschicht</b>									
<b>Schichtnummer</b>		<b>Dichte [Kg/m³]</b>	<b>Treibhauspotential (GWP)</b>	<b>Ozonabbaupotential (ODP)</b>	<b>Photochemisches Oxidationspotential (POCP)</b>	<b>Versauerungspotential (AP)</b>	<b>Eutrophierungspotential (EP)</b>	<b>Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)</b>	<b>Total erneuerbare Primärenergie (PERT)</b>
1	Holzboden	292.75	-0.972	0.00000012	0.00067	0.00398	0.001	11.221	61.281
2	OSB-Platten	605.00	-1.539	0.00000003	0.00024	0.00142	0.000	7.868	22.562
3	OSB-Platten	605.00	-1.539	0.00000003	0.00024	0.00142	0.000	7.868	22.562
4	Trittschall Dämmplatte	85.00	1.633	0.00000000	0.00053	0.00733	0.001	20.941	1.902
5	BSP Platte	478.00	-1.726	0.00000001	0.00010	0.00082	0.000	3.079	23.137
6	OSB-Platten	605.00	-1.539	0.00000003	0.00024	0.00142	0.000	7.868	22.562
7	Deckentram	529.00	-1.365	0.00000000	0.00009	0.00119	0.000	8.129	20.189
8	Dämmung	41.00	0.838	0.00000004	0.00039	0.00673	0.001	13.776	2.435
9	Winddichtung	600.00	2.595	0.00000000	0.00117	0.00461	0.000	90.308	2.598
10	Lattung	493.00	-1.465	0.00000003	0.00022	0.00096	0.000	3.225	21.095

<b>Einzelbauteile</b>		<b>Umweltauswirkungen der Schichten je Kilogramm</b>							
<b>Baustoffschicht</b>									
<b>Schichtnummer</b>		<b>Dichte [Kg/m³]</b>	<b>Treibhauspotential (GWP)</b>	<b>Ozonabbaupotential (ODP)</b>	<b>Photochemisches Oxidationspotential (POCP)</b>	<b>Versauerungspotential (AP)</b>	<b>Eutrophierungspotential (EP)</b>	<b>Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)</b>	<b>Total erneuerbare Primärenergie (PERT)</b>
1	Beton Überzüge	2,400.00	0.104	0.00000000	0.00001	0.00017	0.000	0.416	0.047
2	Türen	2,000.00	0.755	0.00000001	0.00035	0.00337	0.000	8.030	0.860

**Innenwände Umweltauswirkungen der Schichten je Kilogramm**

**Massiv [IW01]**

Schichtnummer	Baustoff		Treibhauspotential (GWP)	Ozonabbaupotential (ODP)	Photochemisches Oxidationsbildungspotential (POCP)	Versauerungspotential (AP)	Eutrophierungspotential (EP)	Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	Total erneuerbare Primärenergie (PERT)
	Dichte [Kg/m³]								
1	BSP Platte	478.00	-1.726	0.000000014	0.00010	0.00082	0.000	3.079	23.137
2	BSP Platte [Trennwand]	478.00	-1.726	0.000000014	0.00010	0.00082	0.000	3.079	23.137
3	Lattung	493.00	-1.465	0.000000029	0.00022	0.00096	0.000	3.225	21.095
4	Mineralwolle	46.25	1.569	0.000000000	0.00057	0.00738	0.001	18.329	1.630
5	Gipsfaser Platte	1,150.00	0.330	0.000000000	0.00004	0.00038	0.000	5.047	0.272

**Innenwände Leicht Umweltauswirkungen der Schichten je Kilogramm**

**[IW02]**

Schichtnummer	Baustoff		Treibhauspotential (GWP)	Ozonabbaupotential (ODP)	Photochemisches Oxidationsbildungspotential (POCP)	Versauerungspotential (AP)	Eutrophierungspotential (EP)	Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	Total erneuerbare Primärenergie (PERT)
	Dichte [Kg/m³]								
1	Gipsfaser Platte	1,150.00	0.330	0.000000000	0.000	0.000	0.000	5.047	0.272
2	Lattung	493.00	-1.465	0.000000029	0.000	0.001	0.000	3.225	21.095
3	Mineralwolle	46.25	1.569	0.000000000	0.001	0.007	0.001	18.329	1.630
4	Gipsfaser Platte	1,150.00	0.330	0.000000000	0.000	0.000	0.000	5.047	0.272

**Balkonplatte [BK]      Umweltauswirkungen der Schichten je Kilogramm**

Schichtnummer	Baustoff	Treibhauspotential (GWP)	Ozonabbaupotential (ODP)	Photochemisches Oxidationspotential (POCP)	Versauerungspotential (AP)	Eutrophierungspotential (EP)	Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	Total erneuerbare Primärenergie (PERT)	
1	BSP Platte	478.00	-2	0.000000014	0.000	0.001	0.000	3.079	23.137
2	Styropor	18.00	3	0.000000015	0.024	0.007	0.001	85.000	1.233
3	Dampfbremse	900.00	4	0.000000007	0.004	0.012	0.001	90.020	2.925
4	Gefälledämmung	18.00	3	0.000000015	0.024	0.007	0.001	84.150	1.221
5	Dach-Abdichtungsbahn	1,125.00	3	0.000000004	0.001	0.005	0.000	92.940	1.709

**Glasfassade / Fenster / Glasgeländer [AF]      Umweltauswirkungen der Schichten je Kilogramm**

Schichtnummer	Baustoff	Treibhauspotential (GWP)	Ozonabbaupotential (ODP)	Photochemisches Oxidationspotential (POCP)	Versauerungspotential (AP)	Eutrophierungspotential (EP)	Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	Total erneuerbare Primärenergie (PERT)	
	Dichte [Kg/m³]								
1	Verglasung	1,000.00	1.911	0.000000001	0.00051	0.00801	0.001	23.425	0.696
2	Holzrahmen	529.00	-1.365	0.000000001	0.00009	0.00119	0.000	8.129	20.189
3	KVH Ständer	529.00	-1.365	0.000000001	0.00009	0.00119	0.000	8.129	20.189
4	Verglasung Portale	1,000.00	1.911	0.000000001	0.00051	0.00801	0.001	23.425	0.696
5	Verglasung Geländer	1,000.00	1.911	0.000000001	0.00051	0.00801	0.001	23.425	0.696

### 2.3.2.5.1.6 Anforderungen an die Datenqualität

Die Massenermittlung der Bauteile erfolgte auf Basis der Standardbauteilaufbauten und der jeweiligen Bauteilfläche. Diese Daten wurden aus den Planunterlagen (Planstand 14.6.2016) und der Flächenberechnung von Nussmüller Architekten ZT GmbH entnommen.

Insgesamt wurde folgende Reihenfolge der Datenerhebung angesetzt:

1. Verwendung von Ökobilanzdaten für konkrete eingesetzte Bauprodukte (z.B. EPD - Environmental product declarations)

wenn diese nicht verfügbar waren

2. Verwendung von durchschnittlichen Ökobilanzdaten aus der Ökobau.dat / Baubook Datenbank (implementiert in die verwendete Software)

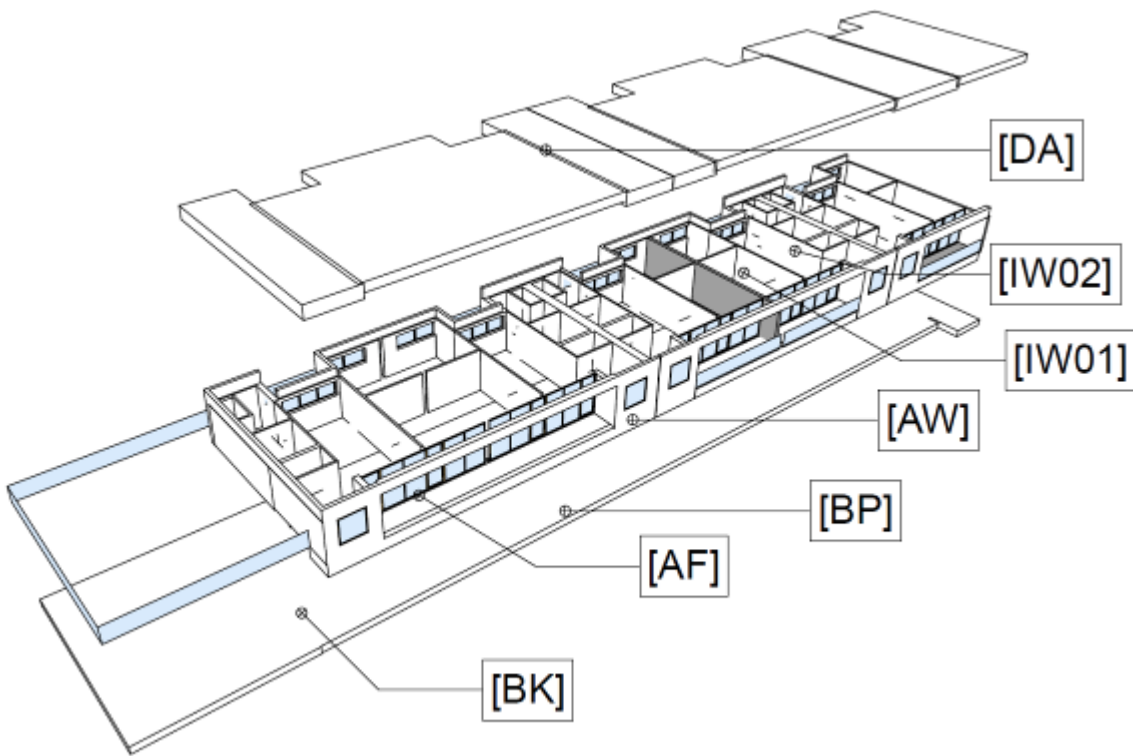
wenn diese nicht verfügbar waren

3. Verwendung von Datensätzen aus anderen Quellen (z.B. Literatur)

### 2.3.2.5.2 Wirkungsabschätzung

Die ÖNorm ISO 14040 legt sich nicht auf bestimmte Wirkungskategorien fest. Für die vorliegende Untersuchung wurden folgende Wirkungskategorien betrachtet:

- Eutrophierungspotential (EP)
- Ozonabbaupotential (ODP)
- Photochemisches Oxidantienbildungspotential (POCP)
- Primärenergieinhalt, nicht erneuerbar (PEI)
- Ressourcenverbrauch, fossile Energieträger
- Treibhauspotential (GWP 100)
- Versauerungspotential (AP)



**Abbildung 44 Übersicht der in der Bilanz berücksichtigten Bauteile (eigene Darstellung)**

Um den Rahmen dieses Berichts nicht zu sprengen, werden nachstehend nur die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung für das Treibhauspotential (GWP 100), das Versäuerungspotential (AP) und der Primärenergieinhalt nicht erneuerbar (PEI) angeführt.

### 2.3.2.5.2.1 Treibhauspotential

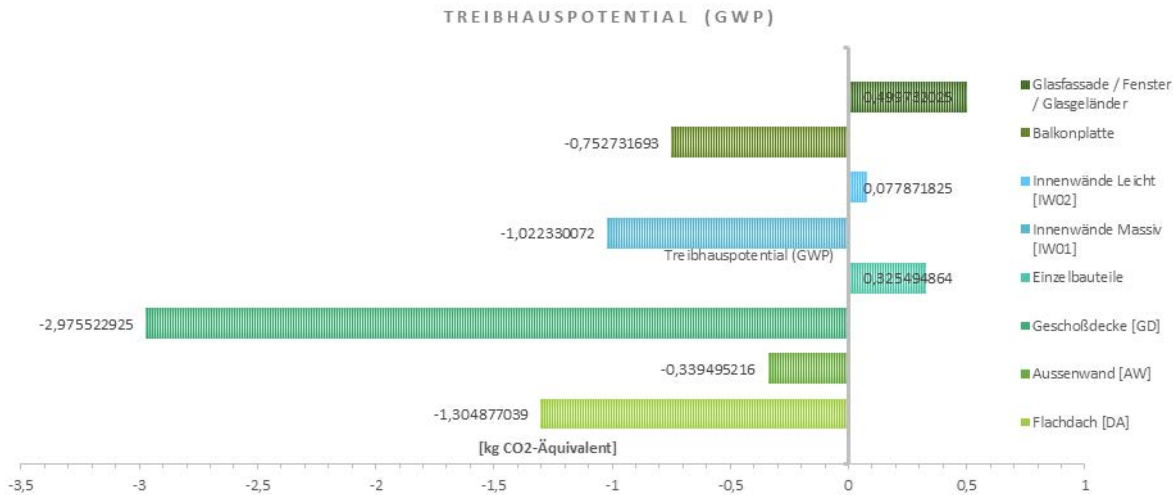


Abbildung 45 Treibhauspotential [GWP] der einzelnen Bauteile bezogen auf 1m² WNFI. (eigene Darstellung)

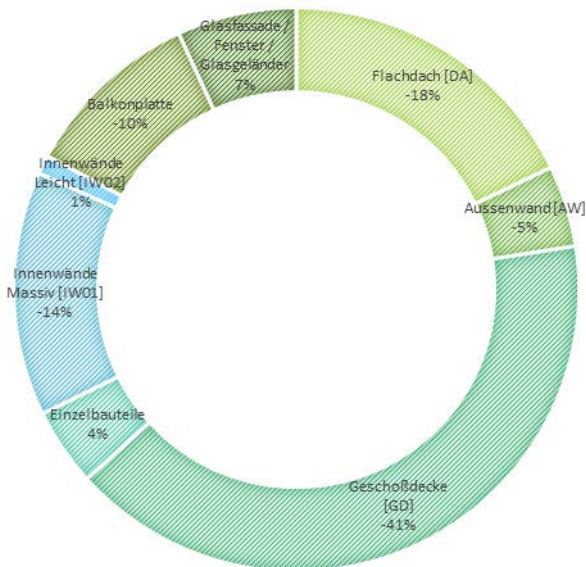


Abbildung 46 Anteil der einzelnen Bauteile am Treibhauspotential [GWP] der Roofbox (eigene Darstellung)

Bauteilbezogen hat die neue Deckenkonstruktion der ROOFBOX den größten Beitrag zur sehr guten Treibhausbilanz der ROOFBOX. Gefolgt vom Flachdach und den massiven Innenwänden. Durch die Verwendung von Brettsperrholzplatten und Holzwerkstoffen kann in der Konstruktion viel Kohlenstoff im Holz gespeichert werden was zur einer negativen Treibhausbilanz führt. Das Treibhauspotential [GWP] der Gebäudekonstruktion der ROOFBOX liegt bei nur -58% des Referenzwerts (Vgl. Auswertung - S56 - 57).

### 2.3.2.5.2 Versauerungspotential

VERSAUERUNGSPOTENTIAL [AP]

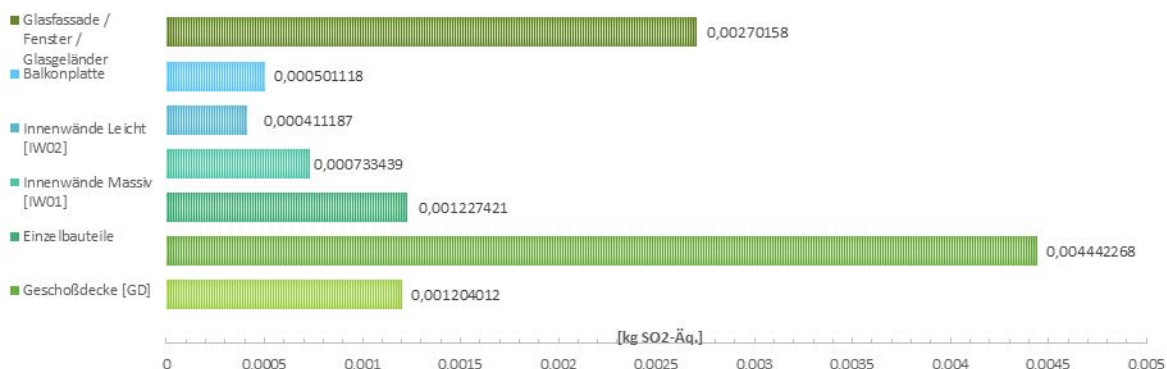


Abbildung 47 Versauerungspotential der einzelnen Bauteile bezogen auf 1m<sup>2</sup> WNF. (eigene Darstellung)

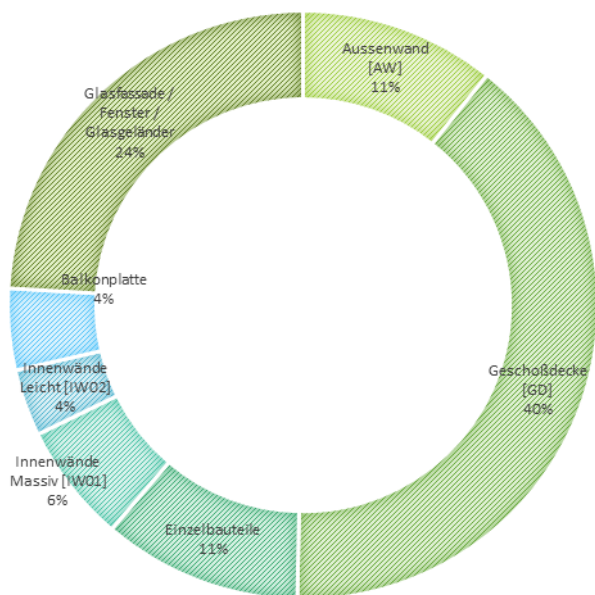


Abbildung 48 Anteil der einzelnen Bauteile am Versauerungspotential der Roofbox (eigene Darstellung)

Die Anteile sind hier bei der Geschoßdecke (Steinwolldämmung, Trittschalldämmung) und bei der Glasfassade (3-Scheiben Isolierverglasung) am höchsten. Das Versauerungspotential der Gebäudekonstruktion der ROOFBOX liegt bei nur 37% des Referenzwerts. (Vgl. Auswertung S56 - 57).

### 2.3.2.5.2.3 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar

PRIMÄRENERGIE NICHT ERNEUERBAR (PE N.E.)

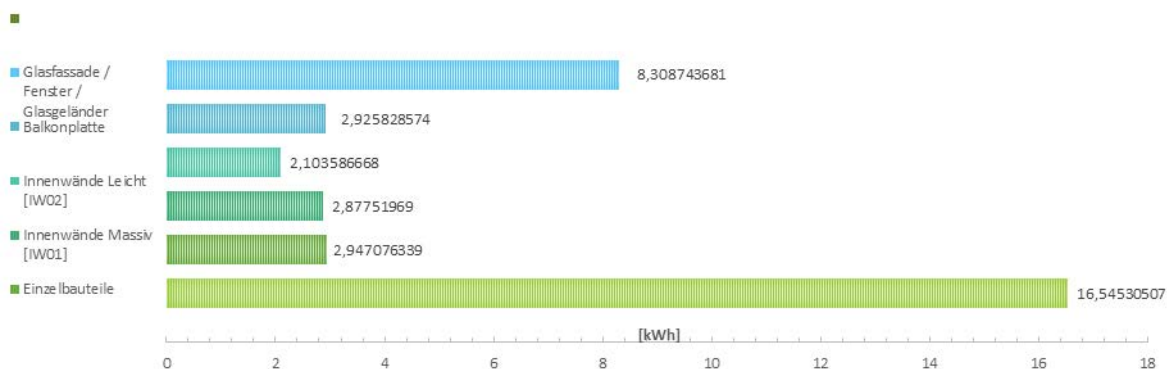


Abbildung 49 Primärenergiebedarf (nicht erneuerbar) der einzelnen Bauteile bezogen auf 1m² WNFI. (eigene Darstellung)

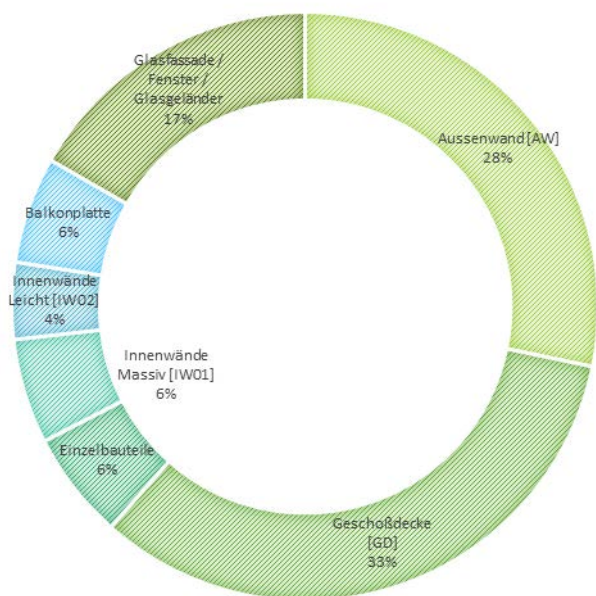


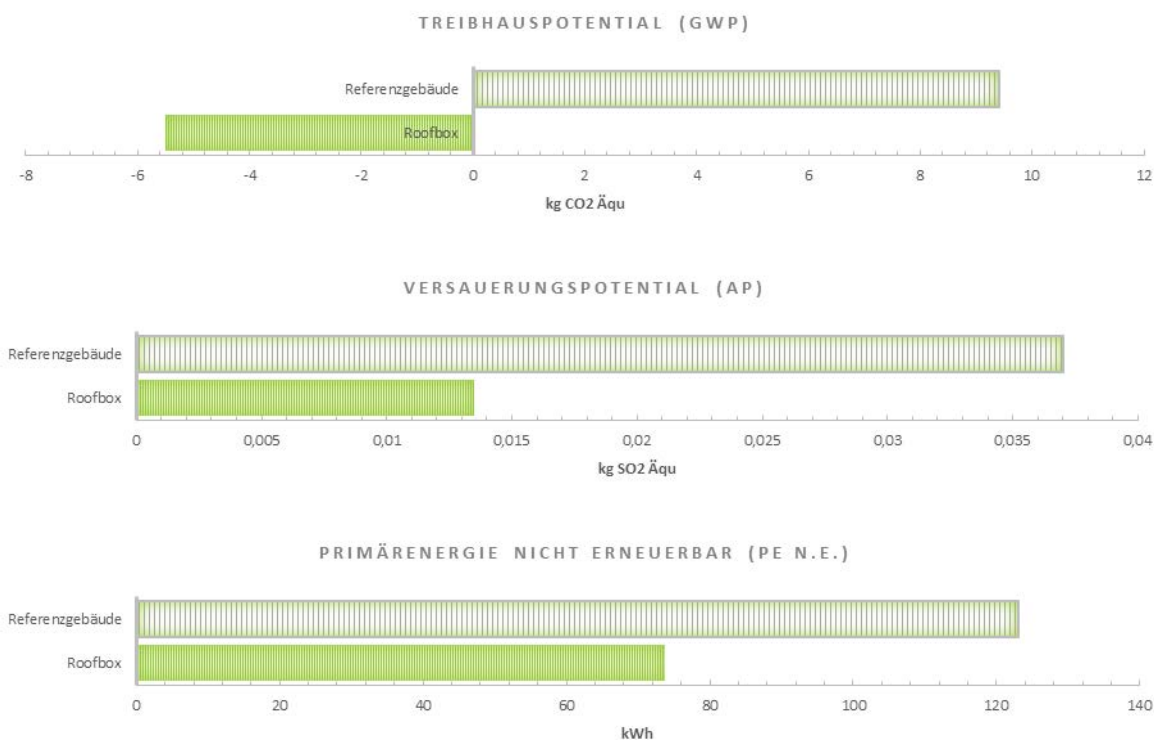
Abbildung 39 Anteil der einzelnen Bauteile an der Primärenergiebedarf (nicht erneuerbar) der Roofbox (eigene Darstellung)

Der Gesamtprimärenergiebedarf (nicht erneuerbar) der Gebäudekonstruktion bei 60% des Referenzwerts (Vgl. Auswertung – S56 - 57). Herstellungenergieintensive Baustoffe (Folien, OSB Platten, Verbundstoffe) fallen hier besonders ins Gewicht.



### 2.3.2.5.3 Auswertung

Die Ökobilanz der ROOFBOX wurde mit einem vereinfachten Verfahren zur Ökobilanzierung berechnet, das auf der ÖNORM DIN 14044 beruht. Diese Methode stellt aktuell eine praxisnahe, sowie anerkannte Methode zur Ermittlung der Umweltwirkungen von Gebäuden dar. Die ROOFBOX wurde in der vorliegenden Bilanz des Weiteren mit einem Referenzgebäude verglichen. Dieses Referenzgebäude ist aus dem Nachhaltigkeitsbewertungssystem der DGNB/ ÖGNI entnommen. Das Referenzgebäude, dessen Umweltwirkungen der Konstruktion durch die DGNB / ÖGNI festgelegt sind und das zur besseren Einordnung der Ergebnisse der Ökobilanz dient.



**Abbildung 50 Auswertung für drei ausgewählte Wirkungskategorien der Gesamtkonstruktion – Vergleich mit Referenzgebäude (eigene Darstellung)**

Die Umweltwirkungen der Gebäudekonstruktion liegen in allen betrachteten Wirkungskategorien teilweise erheblich unterhalb denen des Referenzgebäudes. Dies ist vor allem auf zwei Eigenschaften zurückzuführen:

- Die Nutzung der vorhandenen Primärstruktur des Bestandsgebäudes
- Die konsequente Ausführung des Neubaus als Holzbau

Durch die Nutzung der vorhandenen Primärstruktur, die nicht mehr errichtet werden muss und daher ohne Umweltwirkungen in die Bilanz eingeht, wird die Gesamtbilanz für die ROOFBOX entsprechend reduziert.

Die Ausführung des Neubaus als Leichtbau in Holz nutzt die oben beschriebenen Vorteile von Massivholzbauteilen und Holzwerkstoffen. Dies wirkt sich in der Gesamtbilanz, vor allem auf das Treibhauspotential [GWP] äußerst positiv aus. Die größten Umweltwirkungen in der Gebäudekonstruktion resultieren

dementsprechend aus den massereichen Deckenplatten. Die Gebäudekonstruktion hat eine negative CO<sub>2</sub>-Bilanz in der Herstellung und Instandsetzung. Die Umweltwirkungen gegenüber einem Standardgebäude (repräsentiert durch das Referenzgebäude) sind in der Regel über alle Umweltwirkungen sehr stark reduziert. Die gewählte Bauweise und die Nutzung des vorhandenen Gebäudebestands stellt also unter den gegebenen Umständen ein ökologisches Optimum dar, das erhebliche Vorteile gegenüber konventionellen Neubauten hat.

### 3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Projektergebnisse bestätigen die im Antrag angeführten Prämissen bezüglich Energie- und Ressourceneffizienz von vertikalen Nachverdichtungen von großvolumigen Wohnbauten.

An Hand einer Potentialanalyse konnte aufgezeigt werden, dass in Österreich ein großes Potential für die Nachverdichtung von großvolumigen Geschosswohnbauten vorliegt. Grobe Potentialabschätzungen im Rahmen des Projekts haben ergeben, dass sich in Österreich zumindest 2500 Gebäude für eine derartige Aufstockung eignen müssten. Damit ließen sich rund 10% des jährlichen Wohnungsbedarfs abdecken.

Gespräche mit zahlreichen Wohnbauträgern sowie eine umfangreiche Analyse des Gebäudebestandes in Österreich zeigten, dass insbesondere Gebäude mit Mietwohnungen (im Gegensatz zu Eigentumswohnungen ist hier keine Zustimmung der Bewohner zu einer Aufstockung erforderlich) der Baualtersklassen 1960 – 1980 das höchste Potential für Nachverdichtungen haben. Der GBV (österreichischer Verband gemeinnütziger Bauvereinigungen) spricht hier vom sogenannten Fokusbestand für Sanierungen. Darüber hinaus auch eignet sich die städtebauliche und architektonische Gestaltung (einfache, standardisierte konformistische Bebauungsweise, bzw. Gebäudetypologien) für eine standardisierte Nachverdichtung.

Auf Grund zahlreicher konstruktiver und logistischer Vorteile erweisen sich Holzbausysteme mit hohem Vorfertigungsgrad für vertikale Aufstockungen als besonders gut geeignet. Geringes Eigengewicht, Erdbebensicherheit, hoher Vorfertigungsgrad, kurze Bau- und Montagezeiten und eine sehr gute ökologische Performance kennzeichnen die Qualitäten von vorgefertigten Holzbausystemen. Der Projektantrag ging von einem vorgefertigten Holzbaumodul (ROOFBOX - Raumzelle) mit hohem Ausbaugrad (schlüssselfertig) aus. Dieses Konzept punktet durch eine rasche Bauzeit, bringt aber in Bezug auf die Transportlogistik, der beschränkten Modulbreite und den höheren Anteil an Konstruktionsfläche gewisse Nachteile mit sich. Auf Grund o.a. Aspekte wurde im Projektteam ein Konzept entwickelt, dass die Vorteile der Tafel- und der Raumzellenbauweise vereint. Zwischen einzelnen vorgefertigten Raumzellen und den tragenden Brettstapelwänden (Wohnungstrennwände) werden flächige Bauteile mit variablen Elementbreiten montiert. Durch dieses Konzept erhöht sich die Flexibilität bei der Grundrissgestaltung/Anpassung an den Bestand und die Anzahl der der LKW-Fahrten kann verringert werden. Es kann mit diesem System aber auch Raumzelle an Raumzelle montiert werden. In den Raumzellen können Räume mit hohem Installationsaufwand (Bäder, WCs, Küchen, etc.) leicht untergebracht werden, da diese Räume im Gegensatz zu Wohnräumen, geringere Raumbreiten aufweisen.

Neben rein technischen Lösungsansätzen braucht es für eine erfolgreiche Umsetzung von Aufstockungen aber auch soziale und organisatorische Begleitmaßnahmen. Gespräche mit Bauträgern haben gezeigt, dass Aufstockungen nur mit der Einbeziehung der Bewohner der Bestandswohnungen (auch bei

Mietwohnungen) durchführbar sind, da Nachverdichtungen von diesen Bewohnern immer als Beeinträchtigung wahrgenommen werden. Es bedarf daher eines soziologisch begleiteten Prozesses und des Angebots von zusätzlichen Benefits (Balkone, Lift, Wellness am Dach, etc.) an die Bestandsbewohner. An Hand eines Fallbeispiels konnte nachgewiesen, dass das im Projekt entwickelte ROOFBOX – System flexibel auf den Bestand reagieren kann und eine große Bandbreite an Lösungsmöglichkeiten realisierbar sind. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass das ROOFBOX – System zu marktgängigen Errichtungskosten gebaut werden kann, wodurch ein wesentlicher Punkt der für eine breite Umsetzung vorliegt.

## 4 Ausblick und Empfehlungen

Das große Interesse seitens Bauherren, Wohnbauträgern, sowie weiterer Akteure und Stakeholder aus der Baubranche bereits während der Projektlaufzeit bestätigt die Relevanz der im Antrag angeführten Themen. Diese große Resonanz stellt eine gute Grundlage für eine Marktdurchdringung nach der Projektlaufzeit dar.

Der Industriepartner Haas Fertigbau Holzbauwerk hat die ROOFBOX in sein Produktportfolio aufgenommen und plant in den nächsten Jahren Umsetzungen mit Wohnbauträgern. Das im Projekt gewonnene Know-How stärkt die bereits vorhandenen Kompetenzen im Bereich des Holzfertigbaus und macht innovative, österreichische Technologie am internationalen Markt sichtbar.

Die TBH Ingenieur GmbH konnte neue Kompetenzen im Bereich vorgefertigter haustechnischer Systeme aufbauen und wird in Zusammenarbeit mit der Firma Haas an der Umsetzung von ROOFBOX-Projekten arbeiten.

Das Architekturbüro Nussmüller, eines der führenden Büros im Bereich des Holzbaus, konnte neue Erkenntnisse für die Planung von Raumzellen in Holzbauweise erwerben und wird mit den Industriepartnern Haas und TBH Ingenieur GmbH weiterhin in diesem Bereich zusammenarbeiten.

Die Erkenntnisse und Entwicklungen aus dem Forschungsprojekt ROOFBOX werden von den Forschungspartnern AEE INTEC und SIR als Basiswissen in weiteren nationalen und internationalen Forschungsanträgen eingebracht. Das gesamte Projektteam plant die Umsetzung eines Demoprojektes im Rahmen der nächsten nationalen Forschungsausschreibungen.

Das im ROOFBOX-Projekt entwickelte Holzbausystem könnte auf Grund seiner großen Flexibilität auch für die Aufstockung/Nachverdichtung anderer Objekte eingesetzt werden. So wäre zum Beispiel die vertikale Aufstockung von Büro-, Gewerbe-, Schul- und Bildungsbauten mit der ROOFBOX anzudenken.

## 5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Projektstruktur. Quelle: AEE INTEC.....	6
Abbildung 2	Vergleich der CO2 Emissionen im Personenverkehr 1990 mit 2011 .....	7
Abbildung 3	Vergleich unterschiedlicher Siedlungstypen hinsichtlich Energieverbrauch.....	8
Abbildung 4	Die drei wesentlichen Belastungen aus der Aufstockung mittels ROOFBOX auf den Bestand. Quelle: Haas Fertigbau Holzbauwerk .....	10
Abbildung 5	Auskragende Bauteile verlangen Scheibenaktivierung in der ROOFBOX. Haas Fertigbau Holzbauwerk .....	10
Abbildung 6	Lösungsstrategien zur Abtragung von Belastungen aus der ROOFBOX direkt in den Untergrund. Haas Fertigbau Holzbauwerk.....	11
Abbildung 7	Lasarettet rooftop extensions. Quelle: SmartTES Project Report, 2011 .....	13
Abbildung 8	Alby Duplex apartments in Stockholm. Quelle: SmartTES Project Report, 2011 .....	13
Abbildung 9	Sanierung und Aufstockung Fernpaßstrasse München. Quelle: <a href="http://www.hermann-kaufmann.at/pdfs/07_51.pdf">http://www.hermann-kaufmann.at/pdfs/07_51.pdf</a> , 23.06.2015.....	14
Abbildung 10	Studie für die Aufstockung eines Garagengebäudes. Quelle: Kapfinger, Wieler (Eds.), Riess wood <sup>3</sup> Modulare Holzbausysteme, Springer 2007 pp. 26 et seq. ....	15
Abbildung 11	Aufstockung Ballerup/Dänemark. Quelle: <a href="http://www.vandkunsten.com/uk/Projects/Project/grantofthen---rooftop-housing/98-37.p">http://www.vandkunsten.com/uk/Projects/Project/grantofthen---rooftop-housing/98-37.p</a> .....	16
Abbildung 12	Darstellung der 3 Basismodule. Quelle: Staller, AEE INTEC.....	18
Abbildung 13	Modulvarianten. Quelle: Staller, AEE INTEC.....	19
Abbildung 14	Haustechnikkonzept und Anbindung an die e80^3 Fassade. Quelle: Staller, AEE INTEC.....	21
Abbildung 15	ROOFBOX-Abmessungen mit unterschiedlicher Breite. Quelle: Nussmüller Architekten.....	22
Abbildung 16	ROOFBOX-System mit Raumzellen und dazwischen montierten flächigen Bauelementen. BSP= Brettstapelelement. Quelle: Nussmüller Architekten .....	23
Abbildung 17	Schnitt ROOFBOX-System mit Raumzellen und dazwischen montierten flächigen Bauelementen. BSP= Brettstapelelement. Quelle: Nussmüller Architekten .....	24
Abbildung 18	Schnitt durch den Prototyp der ROOFBOX, der am Firmengelände der Fa. Haas Fertigbau Holzbauwerk in Großwilfersdorf aufgestellt wird. Quelle: Haas Fertigbau Holzbauwerk.....	25
Abbildung 19	Grundriss des Prototyp der ROOFBOX, der am Firmengelände der Fa. Haas Fertigbau Holzbauwerk in Großwilfersdorf aufgestellt wird. Quelle: Haas Fertigbau Holzbauwerk .....	26
Abbildung 20	Luftbild des Wohnquartiers in der Billrothstraße in Salzburg. Die rot gekennzeichneten Objekte wurden für die Aufstockung mit der ROOFBOX ausgewählt. ....	27
Abbildung 21	Ausschnitt Flächenwidmungsplan Stadt Salzburg. Weiss die zwei Baukörper der Billrothstrasse. Quelle: <a href="https://www.salzburg.gv.at/sagisonline">https://www.salzburg.gv.at/sagisonline</a> .....	28
Abbildung 22	Geschoßgrundriss Billrothstrasse .....	29
Abbildung 23	Bestandsschnitt .....	30
Abbildung 24	Bestand Ansicht West.....	30
Abbildung 25	Bestand Ansicht Ost .....	31
Abbildung 26	Lageplan mit den 2 Objekten die mit der ROOFBOX aufgestockt werden.....	32

Abbildung 27	Sonnenstudie Bestand. Quelle: Nussmüller Architekten .....	33
Abbildung 28	Sonnenstudie eingeschossige Aufstockung. Quelle: Nussmüller Architekten.....	33
Abbildung 29	Erschließungskonzept. Quelle: Nussmüller Architekten .....	34
Abbildung 30	Grundrissvarianten. Quelle: Nussmüller Architekten .....	35
Abbildung 31	Variante 1_Bügel. Quelle: Nussmüller Architekten.....	36
Abbildung 32	Ausschnitt Variante 1_Bügel. Quelle: Nussmüller Architekten.....	36
Abbildung 33	Bauablauf – Konstruktionsprinzip ROOFBOX. Quelle: Nussmüller Architekten.....	37
Abbildung 34	Querschnitt ROOFBOX. Quelle: Nussmüller Architekten .....	38
Abbildung 35	Längsschnitt ROOFBOX. Quelle: Nussmüller Architekten.....	39
Abbildung 36	Leitungsschema ROOFBOX. Quelle: TBH Ingenieur Gmbh.....	40
Abbildung 37	Schema Wärmeabgabesystem ROOFBOX. Quelle: TBH Ingenieur Gmbh .....	41
Abbildung 38	Übersicht Variante I - Nur Photovoltaik Quelle: TBH Ingenieur Gmbh.....	42
Abbildung 39	Variante Ic - Photovoltaik smartflow Komplettsystem (mit/ohne Batteriesystem). Quelle: TBH Ingenieur Gmbh.....	43
Abbildung 40	Variante II - Photovoltaik dezentral/Solarthermie zentral. Quelle: TBH Ingenieur Gmbh ..	43
Abbildung 41	Heizungsschema Solarthermie mit zentralem Pufferspeicher. Quelle: TBH Ingenieur Gmbh .....	44
Abbildung 42	Energetische Bewertung der Varianten (Simulation auf Basis: Familie mit 2 Kindern, ein Elternteil berufstätig). Quelle: TBH Ingenieur Gmbh .....	45
Abbildung 43	Übersicht der in der Bilanz berücksichtigten Bauteile (eigene Darstellung) .....	47
Abbildung 44	Übersicht der in der Bilanz berücksichtigten Bauteile (eigene Darstellung) .....	53
Abbildung 45	Treibhauspotential [GWP] der einzelnen Bauteile bezogen auf 1m <sup>2</sup> WNFI. (eigene Darstel- lung) .....	54
Abbildung 46	Anteil der einzelnen Bauteile am Treibhauspotential [GWP] der Roofbox (eigene Darstellung) .....	54
Abbildung 47	Versauerungspotential der einzelnen Bauteile bezogen auf 1m <sup>2</sup> WNFI. (eigene Darstellung) .....	55
Abbildung 48	Anteil der einzelnen Bauteile am Versauerungspotential der Roofbox (eigene Darstellung) .....	55
Abbildung 49	Primärenergiebedarf (nicht erneuerbar) der einzelnen Bauteile bezogen auf 1m <sup>2</sup> WNFI. (eigene Darstellung) .....	56
Abbildung 50	Auswertung für drei ausgewählte Wirkungskategorien der Gesamtkonstruktion – Vergleich mit Referenzgebäude (eigene Darstellung) .....	57

## 6 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Übersicht der in der Bilanz berücksichtigten Bauteile (eigene Darstellung) .....	47
Tabelle 2	Auflistung der Bauteilschichten mit den Umweltauswirkungen je Kilogramm (eigene Darstellung) .....	48

## 7 Kontaktdaten

Heimo Staller

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

8200 Gleisdorf, Feldgasse 19

Tel.: +43 (0)3112 5886-364, Fax: DW 18

E-Mail: [h.staller@aee.at](mailto:h.staller@aee.at)

<http://www.aee-intec.at>

Link ROOFBOX:

<http://www.aee-intec.at/index.php?seitenName=projekteDetail&projekteld=175>

Patrick Lüftenegger

Salzburger Institut für Raumordnung und Wohnen

Schillerstrasse 25 /Stiege Nord, 5020 SALZBURG

Tel.: +43 (0)662 623455-19

Fax.: +43 (0)662 623455-15

E-Mail: [patrick.lueftenegger@salzburg.gv.at](mailto:patrick.lueftenegger@salzburg.gv.at)

[www.sir.at](http://www.sir.at)

Werner Nussmüller

Nussmüller Architekten ZT GmbH

Zinzendorfsgasse 1, 8010 Graz

Tel.: +43 (0)316 381812

Fax: +43 (0)316 381812-9

E-Mail: [buero@nussmueller.at](mailto:buero@nussmueller.at)

[www.nussmueller.at](http://www.nussmueller.at)

Robert Jöbstl

Haas Fertigbau Holzbauwerk GmbH & Co KG

8263 Großwilfersdorf, Radersdorf 62

Tel.: +43 (0)3385 666 – 7047

Fax +43 (0)3385 666 – 27047

E-Mail: [robert.ioebstl@haas-group.com](mailto:robert.ioebstl@haas-group.com)

[www.haas-fertigbau.at](http://www.haas-fertigbau.at)

Benjamin Schaffer

TBH Ingenieur GmbH

Turbagasse 13/2, 7423 Pinkafeld (Zweigstelle)

Tel.: +43 (0) 664 96 56 340

E-Mail: [benjamin.schaffer@tbh.at](mailto:benjamin.schaffer@tbh.at)

[www.tbh.at](http://www.tbh.at)