

e80³-Gebäude SP2

Subprojekt 2 (SP2) „Konzeptentwicklung“ des Leitprojektes
e80³ Sanierungskonzepte zum Plus-Energiehaus mit
vorgefertigten aktiven Dach- und Fassadenelementen,
integrierter Haustechnik und Netzintegration

K. Höfler, R. Kunesch

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

20/2012

Impressum:

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

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

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

e80³-Gebäude SP2

Subprojekt 2 (SP2) „Konzeptentwicklung“ des Leitprojektes e80³
Sanierungskonzepte zum Plus-Energiehaus mit vorgefertigten
aktiven Dach- und Fassadenelementen, integrierter Haustechnik
und Netzintegration

DI Dr. Karl Höfler, DI Sonja Geier, DI Armin Knotzer, DI David Venus
(AEE – Institut für Nachhaltige Technologien)

DI Helmuth Kreiner, DI Alexander Passer (TU Graz)

DI Erich Feix, BM Anton Mössner (Ennstal SG)

Mag. Christian Krainer, DI Alexander Lackner, DI Fladendorfer
(ÖWG/ÖWGES)

Arch. DI Werner Nussmüller, DI Tobias Weiss
(Architekten Nussmüller ZT GmbH)

DI Volker Taschil (GAP-Solution)

Ing. Johann Hollerer (Stadtwerke Kapfenberg)

Dr. Rudolf Kunesch (KUNESCH Consulting ZT GmbH)

Gleisdorf, Oktober 2011

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



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

1. Aktualisierte Kurzfassung.....	4
2. Abstract.....	7
3. Inhalte und Ergebnisse des Projektes	9
3.1 Allgemeine Einführung in die Thematik	9
3.2 Ausgangssituation / Motivation des Projektes.....	9
3.3 Zielsetzung des Projektes	10
3.4 Kurzbeschreibung des Aufbaus des Endberichts	10
4. Hintergrundinformation zum Projekthinhalte.....	12
4.1 Beschreibung des Standes der Technik	12
4.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema	12
4.3 Innovationsgehalt des Projektes.....	14
4.4 Verwendete Methoden	14
4.5 Beschreibung der Vorgangsweise	17
4.5.1 Vertiefte Bestandserhebung	17
4.5.2 Festlegung Ziele und Anforderungen.....	18
4.5.3 Konzeption thermische Gebäudehülle und Energieversorgung.....	18
4.5.4 Festlegung Monitoringkonzept und wirtschaftliche Evaluierung	18
5. Ergebnisse des Projektes.....	19
5.1 Beschreibung der Projektergebnisse.....	19
5.1.1 AP 1 Bestandserhebung	19
5.1.2 AP 2 Ziel- und Anforderungsdefinition.....	35
5.1.3 AP 3 Konzeption thermische Gebäudehülle.....	42
5.1.4 AP 4 Konzeption Energieversorgung	60
5.1.5 AP 5 Monitoring- und Auswertungskonzept	84
5.1.6 AP 6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und LCA	87
5.2 Meilensteine	96
5.2.1 Ablauf- und Zeitplan SP2.....	96
5.2.2 Übergeordneter Ablauf- und Zeitplan.....	96
6. Detailangaben in Bezug auf die Programmlinie	97
6.1 Einpassung in das Programm	97
6.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms	97
6.3 Einbeziehung der Zielgruppen.....	97
6.4 Beschreibung der Umsetzungs-Potentiale für die Projektergebnisse.....	98
7. Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen.....	99
7.1 Erkenntnisse für das Projektteam.....	99
7.2 Weitere Vorgangsweise	100
7.3 Weitere Zielgruppen.....	101
8. Ausblick und Empfehlungen	102
9. Verzeichnisse.....	103
9.1 Literaturverzeichnis	103
9.2 Abbildungsverzeichnis.....	104
9.3 Tabellenverzeichnis.....	106
10. Anhang.....	106

1. Aktualisierte Kurzfassung

1.1 Ausgangssituation / Motivation

Im Gegensatz zum Neubau müssen in der Sanierung die Gegebenheiten des Bestandes berücksichtigt werden und ein Hauptaugenmerk auf die Reduktion des Energieverbrauchs liegen. Die Zielsetzung ist daher die signifikante Verbesserung der thermischen Qualität der Gebäudehülle und die Implementierung einer innovativen Energiegewinnung und Energieversorgung.

Die Verbesserung der thermischen Qualität bedeutet eine Minimierung der Transmissions- und Lüftungswärmeverluste unter Berücksichtigung der erforderlichen Sanierungsmaßnahmen aus einer vertieften Bestandserhebung. Daher muss die thermische Gebäudehülle in Varianten- und Designstudien hinsichtlich Geometrie, Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten, sowie Reduktionen von Wärmebrücken optimiert werden. Eine Gegenüberstellung von konkurrierenden Maßnahmen soll die Vor- und Nachteile aufzeigen und eine Entscheidungshilfe bieten.

Gleichzeitig muss das Ziel aber auch die Optimierung des Einsatzes einer solaren Energieproduktion (Solarthermie und Photovoltaik) sein.

1.2 Inhalte und Zielsetzungen

Die wesentlichen Inhalte und Ziele des Subprojektes 2 „Konzeptentwicklung“ sind:

- ∞ Weiterführende vertiefte Bestandserhebung des IST-Zustandes der Demonstrationsprojekte
- ∞ Definition von Zielwerten und Anforderungsprofilen für Plus-Energie-Sanierungen (SOLL-Zustand)
- ∞ SOLL - IST Analyse der Demonstrationsgebäude
- ∞ Optimierte Sanierungskonzepte der thermischen Gebäudehülle und Haustechnik zur Reduktion des Heizwärmebedarfs (HWB) der Demonstrationsprojekte um mind. 80%
- ∞ Erarbeitung eines innovativen Energieversorgungskonzeptes zur Erreichung des Plus-Energiestandards mit Netzintegration

1.3 Methodische Vorgangsweise

Das Subprojekt 2 wurde grundsätzlich in sechs Arbeitspakete gegliedert, wobei in jedem Arbeitspaket unterschiedliche methodische Ansätze gewählt wurden.

AP 1 - Bestandserhebung

- ∞ Vertiefte Bestandserhebung inkl. Messungen und MieterInnenbefragungen
- ∞ Vorortbegehungen mit den zuständigen Hausverwaltungen und ProjektpartnerInnen
- ∞ Berechnung der Energiekennzahlen nach dem OIB-Monatsbilanzverfahren

- ∞ Recherche der gegebenen Nachbarschaftssituation (Strom- und Wärmenetze)

Die Bestandserhebung wurde gemeinsam mit den relevanten ProjektpartnerInnen durchgeführt und durch erforderliche Messungen ergänzt.

AP 2 - Ziel- und Anforderungsdefinition, Ableitung der Sanierungsstrategie

- ∞ Recherchen, Erarbeiten Bilanzierungsverfahren
- ∞ Gegenüberstellungen und vergleichende Betrachtungen
- ∞ Ableitung von konkreten Maßnahmen

Fokus in AP 2 war jedoch die Gegenüberstellung vom SOLL-IST-Zustand und der daraus resultierenden Ableitung von konkreten (Bau- und Sanierungs-)Maßnahmen.

AP 3 - Konzeption thermische Gebäudehülle

- ∞ Ausarbeitung von je 3 Design- und Variantenstudien
- ∞ Gegenüberstellung und vergleichende Betrachtungen – Diskussionsprozess im Projektteam
- ∞ Berechnung von je 2 definierten Varianten nach dem OIB-Monatsbilanzverfahren

Das Ziel ist die Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes der thermischen Gebäudehülle zur Reduktion des Heizwärmebedarfs (HWB) der Demonstrationsprojekte um mind. 80%.

AP 4 - Konzeption Energieversorgung

- ∞ Konzeptentwicklung von Energieproduktion, -speicherung, -verteilung und -abgabe
- ∞ Entwicklung eines angepassten Lüftungssystems
- ∞ Erstellung von Wärme- und Stromlastprofilen
- ∞ Recherchen zu Stromverbrauchsreduktionen (Hilfs- und Haushaltsstrom)
- ∞ Variantenuntersuchungen zur Abdeckung von Spitzenlasten

In Arbeitspaket 4 war das Ziel die Entwicklung eines angepassten, innovativen Energie- und Haustechniksystems für die Demonstrationsprojekte.

AP 5 – Monitoring- und Auswertungskonzept

- ∞ Erstellung allgemeines Konzept für netzintegrierte Plus-Energiegebäude (aufbauend auf AP 2)
- ∞ Ableitung Grobkonzept für Monitoring- und Auswertungskonzept für beide Demonstrationsprojekte
- ∞ Laufende Abstimmung mit Methodik der Evaluierung im Rahmen der Haus der Zukunft Plus - Leitprojekte

AP 6 – Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

- ∞ Recherche u. Festlegung der Bewertungsgrundlagen für die Bewertung der Lebenszykluskosten und der umweltbezogenen Qualität
- ∞ Bewertung des gewählten Energieversorgungskonzeptes

Die Bewertung des Energieversorgungskonzeptes erfolgt dabei in Abstimmung mit relevanten Normen (wie z.B. ÖNorm B1801-3) und den Rahmenbedingungen aus der Haus der Zukunft Plus – Leitprojektlinie hinsichtlich der Energieverbrauchskosten und der Kosten für die Betriebsführung.

Ziel des Subprojektes 2 ist ein ausgearbeitetes Energieversorgungskonzept für die Sanierung der Demonstrationsobjekte zu Plus-Energiegebäuden im Netzverbund.

1.4 Ergebnisse

Aufbauend auf das Subprojekt 1 „Grundlagen“ wurde mit Hilfe von zusätzlichen Unterlagen (Plänen, Abrechnungen ...) und Vorortbegehungen, mit den zuständigen Hausverwaltungen der ÖWG und der ennstal SG, eine vertiefte Bestandserhebung durchgeführt.

Die Festlegung einer gültigen Bilanzierungsmethodik für netzintegrierte Plus-Energiegebäude in der Sanierung war erforderlich, um eine Vorgabe und ein Konzept für die Energieversorgung zu erarbeiten. Durch die Gegenüberstellungen und vergleichende Betrachtungen vom SOLL-IST-Zustand und der daraus resultierenden Ableitung konnten konkrete (Bau- und Sanierungs-)Maßnahmen erarbeitet werden.

Mittels der Ergebnisse der Arbeitspakete 1 (vertiefte Bestandserhebung) und Arbeitspaket 2 (Plus-Energiebilanzierung / Ableitung von konkreten Maßnahmen aus dem SOLL-IST-Vergleich) wurde in weiterer Folge die Konzeption der thermischen Gebäudehülle in Arbeitspaket 3 durchgeführt. Das Ergebnis ist ein umfassendes Sanierungskonzept zur Reduktion des Heizwärmebedarfs der Demonstrationsprojekte um mindestens 80%.

In Arbeitspaket 4 wurde anschließend ein innovatives, angepasstes Energie- und Haustechnikkonzept für Plus-Energiegebäude in der Sanierung entwickelt. Dabei wurden sowohl die Energiebereitstellung, als auch die Energiespeicherung, -verteilung und -abgabe detailliert betrachtet und für das jeweilige Demonstrationsprojekt erarbeitet. Ebenso erfolgte die Ausarbeitung eines angepassten Lüftungskonzeptes.

Aufbauend auf die Festlegung der Plus-Energie-Bilanzierungsmethodik in AP 2 wurde im Arbeitspaket 5 ein darauf abgestimmtes Messtechnikkonzept entwickelt und anschließend festgelegt. Ebenso wurde die geplante Messdatenerfassung erläutert sowie Angaben über die Auswertung der Messdaten gemacht.

In Arbeitspaket 6 erfolgte die Lebenszykluskostenanalyse (LCCA) für die ausgewählten Kostengruppen auf Basis der bestehenden Lebenszykluskostennorm im Facilitymanagement GEFMA 220 Teil 1 bzw. Teil 2.

Im ersten Schritt wurde zu diesem Zweck eine Grobabschätzung der Wirtschaftlichkeit auf Basis ausgewählter Errichtung- und Folgekosten durchgeführt. Die Basis dazu bildeten ausgewählte Errichtungskosten gem. ÖNORM B1801-1 für die Kostenbereiche Bauwerk-Rohbau, -Technik und -Ausbau sowie für die Nutzungskosten gem. ÖNORM B1801-2 ausgewählte Erhaltungs- und Betriebskosten. Anschließend wurde die Sanierungsvariante zum Plus-Energie-Gebäude mit einer Passivhaussanierungsvariante verglichen.

Die Ergebnisse aus SP2 bilden die Basis für die Umsetzung eines Demonstrationsobjektes zum Plusenergiegebäude in Kapfenberg.

2. Abstract

2.1 Starting point / motivation

Compared with newly constructed buildings, in retrofit the conditions of the existing building have to be particularly regarded and the focus has to be on the reduction of the energy consumption of the building. Therefore the aim is the improvement of the thermal quality of the building envelope and the implementation of an innovative energy production and energy supply system.

The improvement of the thermal quality includes the reduction of the thermal losses (transmission and ventilation) and the consideration of the necessary measures, which are based on an in-depth investigation. So the thermal envelope has to be optimized regarding the geometry, heat losses and thermal bridges. This will be done by different studies.

At the same time the requirements of an optimized solar energy production (solar thermal and photovoltaic) have to be considered as well: a comparison of different measures should deliver the advantages and disadvantages of each solution. With this information the decision will be eased.

2.2 Objectives and contents

The objectives and aims of the sub-project 2 “development of concepts” in the regarded report period are:

- ∞ Additional in-depth investigation of the actual state of the demonstration-project*
- ∞ Definition of target values and requirements for plus-energy-retrofits (target state)
- ∞ Target/actual analysis of the demonstration-project
- ∞ Optimized retrofit-concepts for the thermal envelope to achieve a min. 80% reduction of the heating demand of the demonstration-project
- ∞ Development of an innovative energy supply concept to reach the plus-energy-standard with grid integration

2.3 Methods of treatment

Sub-project 2 was divided into six work-packages. In each work-package different methodical approaches were used:

WP 1 - In-depth investigation

The in-depth investigation was carried out with the relevant project partners and supplemented by necessary measurements.

WP 2 - Definition of the objectives and requirements; deduction of the retrofit-strategy

The main focus in WP2 was the comparison of the target and actual state. Thereof the specific measures for the building and retrofit works were deducted.

WP 3 - Conception of the thermal envelope

The aim is the development of a retrofit-concept for the thermal envelope to reduce the heating demand of the demonstration-project by min. 80%.

WP 4 - Conception of the energy supply system

The objective of WP4 is the development of an innovative energy supply concept to reach the plus-energy-standard with grid integration.

WP5 – monitoring and evaluation concept

In WP 5 an overall concept for net-integrated plus-energy-buildings will be created. Additionally the main concept for the monitoring and evaluation of the demonstration projects will be deduced. This includes also an ongoing agreement with the methodology of the evaluation within the framework of the Building of Tomorrow Plus – key projects.

WP6 – efficiency analysis

The aim of WP6 is the research and the determination of the basis of assessment for the life-cycle-costs and the environmental quality of the demonstration projects and the assessment of the chosen energy supply system.

2.4 Results

Sub-project 2 should, based on the choice of the appropriate demonstration-project in sub-project 1, develop an innovative concept for the active and passive building envelope and the energy supply system for plus-energy-buildings in retrofit. The realignment of the building to an intelligent energy producer in heat and electricity grids not only includes the minimisation of the losses and the maximisation of the energy gains but rather also the optimal integration into the heat and electricity grids and the utilization of synergies in the direct vicinity. Innovative concepts optimize the heat and electricity supply from the energetic perspective and also in the way of running the cables by integration into the building envelope.

The objective is to obtain a concept (for each demonstration-project) for the retrofit to a plus-energy-building out of a progressively development process. This development process represents the basis for the further realization of the whole key-project.

3.3 Zielsetzung des Projektes

Das Subprojekt 2 soll, basierend auf der Auswahl der geeigneten Demonstrationsprojekte in Subprojekt 1 ein innovatives Konzept für die passive und aktive Gebäudehülle und die Energieversorgung von Plus-Energiegebäuden in der Sanierung entwickeln.

Die Neuorientierung des Gebäudes hin zum intelligenten Energieproduzenten in Wärme- und Stromnetzen berücksichtigt nicht nur die Minimierung von Verlusten und die Maximierung möglicher Energiegewinne, sondern auch die optimale Einbindung in Wärme- und Stromnetze oder Synergien mit der Nachbarschaft.

Innovative Konzepte optimieren die Wärme und Stromversorgung aus energetischer Sicht, aber auch in der Art der Leitungsführung durch Integration in die Gebäudehülle.

Ziel ist es je Demonstrationsgebäude ein Konzept für die Sanierung zum Plus-Energiegebäude aus einem stufenweisen Entwicklungsprozess zu erhalten, der als Grundlage für die weiteren Subprojekte des übergeordneten Leitprojektes dient.

Zusammengefasst ergeben sich für das Subprojektes 2 „Konzeptentwicklung“ folgende konkrete Ziele:

- ∞ Weiterführende vertiefte Bestandserhebung des IST-Zustandes der Demonstrationsprojekte
- ∞ Definition von Zielwerten und Anforderungsprofilen für Plus-Energie-Sanierungen (SOLL-Zustand)
- ∞ SOLL – IST Analyse der Demonstrationsgebäude
- ∞ Optimierte Sanierungskonzepte der thermischen Gebäudehülle zur Reduktion des Heizwärmebedarfs (HWB) der Demonstrationsprojekte um mind. 80%
- ∞ Erarbeitung eines innovativen Energieversorgungskonzeptes zur Erreichung des Plus-Energiestandards mit Netzintegration
- ∞ Entwicklung eines Monitoring- und Auswertungskonzeptes im Vorfeld
- ∞ Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Energieversorgungskonzeptes

3.4 Kurzbeschreibung des Aufbaus des Endberichts

Der publizierbare Ergebnisbericht beinhaltet alle wesentlichen Informationen über die Ziele, die Inhalte, die Ergebnisse und Schlussfolgerungen dieses Subprojektes 2 (SP2) „Konzeptentwicklung“ im Rahmen des Leitprojektes „e80^3-Sanierungskonzepte zum Plus-Energiehaus mit vorgefertigten aktiven Dach- und Fassadenelementen, integrierter Haustechnik und Netzintegration“.

Der entsprechenden Anlagen, Dokumentationen und Berechnungen sind im Anhang angeführt.

Inhalt:

- ∞ Publizierbarer Endbericht - 106 Seiten
- ∞ Anhang 1: Thermografischer Bericht Demonstrationsprojekt "Johann-Böhmstraße, Kapfenberg"
- ∞ Anhang 2: Fragebogen für BewohnerInnen
- ∞ Anhang 3: Ergebnisse der Tageslichtmessungen aller untersuchten Wohnungen
- ∞ Anhang 4: Ergebnisse der Schallmessungen
- ∞ Anhang 5: Fotodokumentation zur Erhebung der Baukonstruktionen und der Bauphysik
- ∞ Anhang 6: Energieausweise Bestand Demonstrationsprojekt "Johann-Böhmstraße, Kapfenberg" und Demonstrationsprojekt "Radegunderstraße, Graz"
- ∞ Anhang 7: Design- und Variantenstudien Demonstrationsprojekt "Johann-Böhmstraße, Kapfenberg" und Demonstrationsprojekt "Radegunderstraße, Graz"
- ∞ Anhang 8: Energieausweise Sanierung Demonstrationsprojekt "Johann-Böhmstraße, Kapfenberg" und Demonstrationsprojekt "Radegunderstraße, Graz"
- ∞ Anhang 9: Präsentationen Workshops
- ∞ Anhang 10: Veröffentlichungen

4. Hintergrundinformation zum Projektinhalt

4.1 Beschreibung des Standes der Technik

Konzepte für Plus-Energiegebäude (Neubau oder Sanierung) bedeuten eine Erweiterung des Aufgabengebietes des Gebäudes und der Gebäudehülle. Das Gebäude wurde bis jetzt isoliert betrachtet- „energieautonom“. Optimierungen wurden innerhalb der Systemgrenze des einzelnen Gebäudes vorgenommen. In der Betrachtung der Gebäudehülle dominierten passive Funktionen (Witterungsschutz, Trennung Innen- und Außenraum, teilweise konstruktive Funktionen, Belichtung über Fenster,..).

Die Zielsetzung Plus-Energiegebäude in der Sanierung zu erreichen, bedeutet eine Neuorientierung in folgender Hinsicht:

- ∞ Auswahl der Energieträger und der Energiegewinnungsstrategie
- ∞ Integration zusätzlicher (aktiver) Funktionen in die Gebäudehülle

Die Wahl der Energieträger wird bei dezentralen Einspeisungen die Stabilität und Sicherheit der Versorgungsnetze beeinflussen. Nicht nur eine optimale Abdeckung des eigenen Bedarfes ist die Zielsetzung, sondern auch überschüssige Energie zum richtigen Zeitpunkt ins Netz einzuspeisen oder vor der Netzeinspeisung zwischenspeichern. Die Auswahl der Energiegewinnungsstrategie wird somit nicht nur eine Frage des einzelnen Gebäudes sondern eine Betrachtung der Nachbarschaft (mögliche Synergien) oder Netzstrukturen sein.

Der Aufbau von intelligenten Netzen (Smart Grids) für die Stromversorgung ist in den Anfängen. Die Integration von Gebäuden als „intelligente“ Knoten in diesem Netz wird noch rudimentär betrieben. Intelligentes Netzmanagement bedeutet auch die Beeinflussung des Verbrauches und der Produktion. Essentiell in diesem Projekt ist nicht das Netz an sich, sondern sind die Auswirkungen auf die Energieversorgung innerhalb der Systemgrenze des Gebäudes (Abdeckung von Lastspitzen, Verbrauchsanpassung).

Die neuen Funktionen der Hülle und das neue Selbstverständnis des Gebäudes als Energieproduzent und Knoten in einem intelligenten Netz wird sich auch in der Formensprache der architektonischen Gestaltung zeigen.

4.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema

Im Rahmen von nationalen und internationalen Vorprojekten wurde dieser Themenbereich ansatzweise behandelt. Die Ergebnisse dieser Projekte flossen in dieses Arbeitspaket SP2 ein.

Vorprojekte und deren Abgrenzung zum Projekt:

∞ **IEA – ECBCS Annex 50 – Vorfabrizierte Systeme für ganzheitliche Sanierungskonzepte für Geschosswohnbauten**

Projektlaufzeit: 2007- 2010

Abgrenzung:

- Es fehlen die IndustriepartnerInnen zur Entwicklung neuer Technologiekomponenten (vor allem im Bereich der „aktiven“ solarthermischen Komponenten und der Haustechnikmodule).
- Projektfokus liegt auf der Entwicklung und Optimierung der einzelnen Komponenten für das Gebäude. Die Betrachtung des Gebäudes im Netzverbund und der Ausgleich über Netze
- Keine ökologische Evaluierung der entwickelten Module, keine Lebenszyklusbetrachtung.

∞ **Passivhausstandard und -komfort in der Altbausanierung Mehrgeschossiger Wohnbau in Graz/Liebenau – Dieselweg**

Projektlaufzeit: 2007- 2009

Abgrenzung:

- Im Projekt Dieselweg wurde eine Konzeptentwicklung für ein konkretes Projekt vorgenommen.
- Es findet keine Betrachtung des Netzverbundes und der Möglichkeiten des Ausgleiches über Netze statt.
- Keine ökologische Evaluierung der entwickelten Module, keine Lebenszyklusbetrachtung.

∞ **IEA - SHC Task 40/ ECBCS - Annex 52 NZEB – „Entwicklung von netzintegrierten Null-Energiegebäuden“**

Projektlaufzeit: 2008 – 2013

Abgrenzung:

- Im Projekt NZEB liegt der Schwerpunkt auf der international harmonisierten Definition von Nullenergiegebäuden. Die innovativen Lösungsmöglichkeiten sollen für zwar für den Neubaubereich, als auch für die Sanierung ausgearbeitet werden – allerdings mit dem Schwerpunkt der Betrachtung des Ausgleiches über Netze. Es wird aber nicht im Detail auf die Problematik und Herausforderungen bei Sanierungen eingegangen, bzw. wird auch nicht auf die Vorfertigung oder Sanierung im bewohnten Zustand fokussiert.

∞ **Coloured Collector Facades for Solar Heating Systems and Building Insulation“**

Projektlaufzeit: 2003-2005

Abgrenzung:

- Das Projekt konzentrierte sich auf die technologische Optimierung von Kollektoren, die auch formale Gestaltungsspielräume bieten.

Ziel dieses Leitprojektes „e80^3“ ist es, wesentliche Verbesserungen aufzuzeigen und diese auf Basis der vorliegenden Projektergebnisse aus Vorprojekten weiterzuführen.

4.3 Innovationsgehalt des Projektes

Die großflächige Integration von vorgefertigten Aktivkomponenten in die Fassaden- und Dachkonstruktion wurde an keinem Projekt in dieser Gesamtbetrachtung realisiert.

Das Plus-Energiegebäude kann nicht mehr, wie in der gängigen Praxis üblich, getrennt in die Bereiche Hochbau und Gebäudetechnik entwickelt werden. Die Integration neuer (aktiver) Funktionen im Gebäude, vor allem in der Gebäudehülle bedeutet eine neue Formensprache. Konkurrierende Maßnahmen müssen in einem kooperativen Prozess zwischen Gestaltfindung und Energieversorgung abgewogen werden, um in einer optimierten Lösung zusammengefasst werden zu können. Die Gebäudehülle wird nicht nur hinsichtlich der thermischen Qualität maximiert werden. Aus Sicht der Integration großflächiger Kollektoren oder Photovoltaikmodulen werden nun Anforderungen hinsichtlich Orientierung, Neigung und Positionierung relevant.

Die im Subprojekt 2 durchgeführte Entwicklungsarbeit soll den neuen Kommunikation- und Entwicklungsprozess aufzeigen und neue, innovative Konzepte für hochwertige Sanierungen zu netzintegrierten Plus-Energiegebäuden hervorbringen.

4.4 Verwendete Methoden

Das Subprojekt 2 (SP2) "Konzeptentwicklung" bildet die Basis für die weiteren Schritte und Subprojekte innerhalb des Leitprojektes „e80^3“.

Prinzipiell fand im Zuge des gesamten Leitprojektes ein intensiver Know-how-Transfer mit bereits laufenden oder beginnenden HdZ-Projekten statt.

Die Abstimmung erfolgte im Rahmen des LP-Managements. Die Ergebnisse wurden durch den Projektleiter in das gegenständliche Subprojekt eingebracht.

Das Subprojekt SP2 ist in sechs Arbeitspakete gegliedert:

AP 1 Bestandserhebung

Ziel des Arbeitspaketes war die vertiefte Erhebung des projektrelevanten IST-Zustandes der Demonstrationsgebäude als Basis für die weiteren Arbeiten in Subprojekt 2 und 3.

Diese Bestandserhebung baute auf die bereits erhobenen Basisdaten aus ersten Bestandaufnahmen im Subprojekt 1 auf; diese Basisdaten wurden nun detailliert erhoben, um eine Grundlage für die Konzeption der Energieversorgung zu erhalten.

Die Bestandserhebung wurde gemeinsam mit den relevanten ProjektpartnerInnen durchgeführt und durch erforderliche Messungen und Thermografieaufnahmen ergänzt werden.

Ergebnis:

- ∞ Bericht IST-Zustand der Demonstrationsprojekte.

AP 2 Ziel- und Anforderungsdefinition, Ableitung der Sanierungsstrategie

Ziel des Arbeitspaketes 2 war die Definition der Zielwerte und Anforderungsprofile für Sanierungen von Wohngebäuden zu Plus-Energiegebäuden. Weder national noch

international lag derzeit eine harmonisierte Bilanzierungsmethodik für Plus-Energiegebäude, bzw. Sanierungen mit Plus-Energie-Zielsetzung vor.

Die Ableitung und Erarbeitung des Bilanzierungsverfahrens wurde daher aus Erkenntnissen eines laufenden IEA Joint Project SHC Task 40 und ECBCS Annex 52 „Towards Net Zero Energy Solar Buildings“ und einer Recherche über nationale Lösungswege erarbeitet. Weiters musste diese Definitionen und die Methodik mit der Zielsetzung des Leitprojektes e80³ abgeglichen werden: 80% Energieeffizienz, -80% CO₂-Emissionen, 80% erneuerbare Energieträger.

Die daraus resultierenden Ziel- und Kennwerte wurden durch Anforderungen aus den individuellen Demonstrationsprojekten ergänzt und ergeben den SOLL-Zustand, der durch die Sanierung angestrebt wird.

Fokus in AP 2 war jedoch die Gegenüberstellung von SOLL–IST-Zustand und der daraus resultierenden Ableitung von konkreten (Bau-und Sanierungs-) Maßnahmen.

Ergebnisse:

- ∞ Bilanzierungsmethodik des Plus-Energiegebäudes
- ∞ Maßnahmenkatalog für die Umsetzung der Demonstrationsprojekte

AP 3 Konzeption thermische Gebäudehülle

Die Konzeptentwicklung für die Sanierung zum Plus-Energiegebäude wurde zur effizienten Bearbeitung in zwei Teile gesplittet: im ersten Teil (AP3) wird ein Schwerpunkt auf die passiven Komponenten gelegt, im zweiten Teil auf die aktiven Komponenten (AP4).

Wesentlich war hier über ein Maßnahmenbündel den Bedarf so weit als möglich bzw. sinnvoll zu reduzieren. Die Bandbreite der Varianten reichte vom minimalen Einhausen der bestehenden Hülle über moderate Erweiterungen (Einhausen der Balkone oder geringfügige Erweiterungen) bis hin zu Nachverdichtungsmaßnahmen (Dachgeschossbau, Anbauten, Aufstockungen). Je Demonstrationsprojekt wurden drei Varianten aufgezeigt.

Gleichzeitig mussten aber auch die Anforderungen aus der Optimierung hinsichtlich der Nutzung, einer möglichen Nachverdichtung und einer eventuellen solaren Energieproduktion (Solarthermie und PV) berücksichtigt werden: Die Vor- und Nachteile von konkurrierenden Maßnahmen (Vergrößerung der Hüllflächen zur Erhöhung der solaren Energieproduktion und Nachverdichtung vs. schlechtere GeometrieKennwerte) wurden diskutiert und verglichen.

Der Entwicklungsprozess wird iterativ durchgeführt, drei Varianten (je Demonstrationsgebäude) entwickelt (minimale, moderate optimale Erweiterung der Gebäudehülle), je zwei Varianten wurden anschließend evaluiert (nach OIB-Monatsbilanzverfahren), eine Variante wurde für die weitere Bearbeitung in AP4 empfohlen.

Ziel war ein Sanierungskonzept der thermischen Gebäudehülle zur Reduktion des Heizwärmebedarfs (HWB) der Demonstrationsprojekte um mind. 80% zu erarbeiten.

Ergebnis:

- ∞ Optimiertes Sanierungskonzept für die Gebäudehülle der Demonstrationsgebäude

AP 4 Konzeption Energieversorgung

Die Entwicklung der Energiekonzeption wurde in drei Stufen durchgeführt:

- ∞ Konzept zur Produktion und Gewinnung von Wärme und Strom
- ∞ Konzept zur Speicherung und Verteilung innerhalb des Gebäudes
- ∞ Einspeisung der Plus-Energie in Wärme- und Stromnetze

In der ersten Stufe wurde die Konzeption einer innovativen und angepassten Energiegewinnungsstrategie unter Berücksichtigung der Kriterien:

- ∞ Verfügbarkeit der Energieträger vor Ort,
- ∞ Potenzial zur Erreichung des Plus-Energie-Zieles,
- ∞ Minimierung der CO₂-Emissionen,
- ∞ Ökologie,
- ∞ Wirtschaftlichkeit und Kosten

für jedes der Demonstrationsgebäude erarbeitet.

In der zweiten Stufe wurde auf Basis des Sanierungskonzeptes der thermischen Hülle (aus AP3) und der Energiegewinnungsstrategie (aus Stufe 1) ein innovatives Verteil- und Speicherkonzept erarbeitet und mittels statischer Berechnung bzw. im Bedarfsfall für Teilbereiche mittels dynamischer Simulation evaluiert.

In der dritten Stufe wurde eine optimierte Einbindung der Gebäude in die jeweiligen Netze angestrebt. Daher wurden innovative Komponenten (Kommunikation und Laststeuerung) zur Unterstützung des Aufbaus von Smart Grids in die Konzepte integriert.

Ergebnis:

- ∞ Ausgearbeitetes Energieversorgungskonzept für die Sanierung der Demonstrationsobjekte zu Plus-Energiegebäuden im Netzverbund

AP 5 Monitoring- und Auswertungskonzept

Die Zielsetzung in der Sanierung Plus-Energie zu erreichen erforderte eine Überarbeitung der bisher üblicher Monitoring und Auswertungskonzepte.

Die Änderung betrifft sowohl die Energieflüsse innerhalb der Systemgrenze des Gebäudes, als auch die Schnittstellen. Daher mussten die Anforderungen zur Überprüfung der Plus-Energie-Zielsetzung und der Bilanzierung und Auswertung aus AP2 eingearbeitet werden.

Aus einem allgemeinen Konzept wurde anschließend das Grobkonzept für Monitoring und Messtechnik der beiden Demonstrationsprojekte abgeleitet. Außerdem musste eine Abstimmung des Monitoring- und Messtechnikkonzeptes mit der Methodik der Evaluierung im Rahmen der hdz- Leitprojekte stattfinden.

Ergebnisse:

- ∞ Allg. Monitoring und Messtechnikkonzept für netzintegrierte Plus-Energiegebäude
- ∞ Grobkonzept Monitoring – und Messtechnik für Demonstrationsgebäude

AP 6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Als Grundlage für den weiteren Verlauf des Leitprojektes wurden die Bewertungsgrundlagen für die Bewertung der Lebenszykluskosten und der umweltbezogenen Qualität festgelegt. Die Methodik wurde mit relevanten Normen (wie z.B: ÖNorm B1801-3) abgestimmt. Die Definition der relevanten Parameter wurde außerdem mit den Rahmenbedingungen, die sich aus dem hdz-Leitprojektlinie ergeben, abgeglichen.

Die umfassende Lebenszykluskostenanalyse können erst nach Subprojekt SP3 „Technologie – und Komponentenentwicklung“ durchgeführt werden, da erst in SP3 eine Definition der Materialien, der Aufbauten und der Entwicklung der Sanierungsmodule und Technologien erfolgt.

Im Stadium der Konzeptentwicklung in SP 2 konnte nur das gewählte Energieversorgungskonzept bewertet werden. Die Bewertung der Folgekosten für den Betrieb des Gebäudes – die Energieverbrauchskosten und Kosten für die Betriebsführung (Bedienung, Wartung, Instandhaltung) durch das gewählte Energieversorgungskonzeptes wurde daher als erster Baustein erarbeitet.

Ergebnis:

- ∞ Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Folgekosten der Energieversorgungskonzepte der Demonstrationsprojekte - als Baustein für die umfassende Lebenszykluskostenanalyse und ökologische Bewertung am Ende des SP 3 „Technologie- und Komponentenentwicklung“

4.5 Beschreibung der Vorgangsweise

4.5.1 Vertiefte Bestandserhebung

Im ersten Schritt wurde aufbauend auf die Arbeiten im Subprojekt 1 eine vertiefte Bestandserhebung der beiden festgelegten Demonstrationsprojekte durchgeführt. Diese vertieften Untersuchungen bildeten die Grundlage für sämtliche Arbeiten in diesem Subprojekt 2.

Im Besonderen wurde bei diesen Analysen auf folgende Punkte eingegangen:

- ∞ Wärmebrücken und vorhandene augenscheinlicher Mängel
- ∞ Komfortrelevante Parameter
- ∞ Verbrauchsdaten für Heizung, Brauchwarmwasser und Strom
- ∞ Rechnerische Energieanalyse
- ∞ Bestehende Netzsituation

Als wesentliches Instrument der Bestandserhebung fungierten mehrere Begehungen der Gebäude und MieterInnenbefragungen vor Ort. So erfolgte z.B. die Erhebung der Baukonstruktion, der Bauphysik, der Gebäudetechnik sowie der bestehenden Energieversorgung zum einen mit Hilfe der Bestandspläne der Gebäude und zum anderen aber auch durch Vorortbegehungen.

4.5.2 Festlegung Ziele und Anforderungen

Anschließend wurden zukünftige Ziele und Anforderungen nach der Sanierung für die beiden Demonstrationsgebäude festgelegt. Durch einen Vergleich mit dem IST-Zustand (aus der vertieften Bestandserhebung) konnten anschließend konkrete Sanierungsmaßnahmen abgeleitet werden.

Gleichzeitig erfolgte im zweiten Schritt auch die Festlegung einer gültigen Bilanzierungsmethodik für netzintegrierte Plus-Energiegebäude in der Sanierung. Erst nach Definition der dieser ließen sich die erforderlichen zusätzlichen Sanierungsmaßnahmen zur Erreichung des Plus-Energie-Ziels ableiten.

4.5.3 Konzeption thermische Gebäudehülle und Energieversorgung

Im dritten Schritt wurde anschließend, basierend auf die festgelegten Ziele und Anforderungen der sanierten Demonstrationsprojekte, die Konzeption der thermischen Gebäudehülle sowie der Energieversorgung durchgeführt.

Der Schwerpunkt lag dabei auf der Ausarbeitung von Design- und Variantenstudien mit Hinblick auf die Reduktion der Wärmeverluste und der Optimierung der aktiven und passiven Energiegewinnung. Dazu wurden u.a. Vor- und Nachteile konkurrierender Maßnahmen aufgezeigt und bewertet sowie 2 detaillierte Variantenstudien evaluiert.

Der Schwerpunkt der Energieversorgungskonzeption lag auf der Erarbeitung einer innovativen und angepassten Energiegewinnung, -speicherung sowie -verteilung und -abgabe mit gleichzeitiger Berücksichtigung der Möglichkeiten der Spitzenlastabdeckung. Ebenso wurde eine innovative und angepasste Lüftungsstrategie erarbeitet und festgelegt.

Das Ergebnis dieser Arbeiten war die Empfehlung einer optimierten Variante der thermischen Gebäudehülle sowie der Energieversorgung für die beiden Demonstrationsprojekte.

4.5.4 Festlegung Monitoringkonzept und wirtschaftliche Evaluierung

Aufbauend auf den Arbeiten der Energieversorgungskonzeption wurde ein Monitoringkonzept erstellt, das die Erfassung der thermischen und elektrischen Energieflüsse zur Bilanzierung der Primärenergie vorsieht. Über die Primärenergiebilanzierung hinausgehend werden im Monitoringkonzept die Vermessung der Systemparameter des Heizungs- und Lüftungssystem vorgesehen, um eine optimale Einstellung von Heizungs- und Lüftungssystem und damit einen optimalen Betrieb der Anlage zu ermöglichen. Ebenso ist die Erfassung der Komfortparameter Temperatur, Feuchte und CO₂ - Konzentration vorgesehen, deren Vermessung die Möglichkeit einer Evaluierung des Benutzerkomforts bietet.

Zusätzlich erfolgte eine Lebenszykluskostenanalyse (LCCA) für die ausgewählten Kostengruppen auf Basis der bestehenden Lebenszykluskostennorm im Facilitymanagement GEFMA 220 Teil 1 bzw. Teil 2.

Im ersten Schritt wurde dazu eine Grobabschätzung der Wirtschaftlichkeit auf Basis ausgewählter Errichtung- und Folgekosten durchgeführt. Die Basis dazu bildeten ausgewählte Errichtungskosten gem. ÖNORM B1801-1 für die Kostenbereiche Bauwerk-Rohbau, Technik und -Ausbau sowie für die Nutzungskosten gem. ÖNORM B1801-2 ausgewählte Erhaltungs- und Betriebskosten.

5. Ergebnisse des Projektes

5.1 Beschreibung der Projektergebnisse

5.1.1 AP 1 Bestandserhebung

Im Zuge der Arbeiten im AP 1 wurde eine vertiefte Bestandserhebung der Demonstrationsobjekte als Basis für die weiteren Arbeitspakete AP2, AP3 und AP4 durchgeführt. Dazu wurden aufbauend auf die vorliegenden Basisdaten aus dem Subprojekt 1 „Grundlagen“ nachfolgende Punkte erhoben bzw. durchgeführt:

- ∞ Feststellen von Wärmebrücken und vorhandener augenscheinlicher Mängel
- ∞ Feststellen komfortrelevanter Parameter durch Befragung der MieterInnen
- ∞ Feststellen komfortrelevanter Parameter durch Messungen
- ∞ Erhebung der Verbrauchsdaten für Heizung, Brauchwarmwasser und Strom
- ∞ Erste Energieanalyse
- ∞ Erhebung der bestehenden Netzsituation oder Identifikation der potentiellen Synergien in der Nachbarschaft

Als wesentliches Instrument der Bestandserhebung im Arbeitspaket 1 fungierten mehrere Begehungen der Gebäude und MieterInnenbefragungen vor Ort. So erfolgte z.B. die Erhebung der Baukonstruktion, der Bauphysik, der Gebäudetechnik sowie der bestehenden Energieversorgung zum einen mit Hilfe der Bestandspläne der Gebäude und zum anderen aber auch durch Vorortbegehungen. Nachfolgende Abbildung 1 zeigt Ausschnitte der durchgeführten Vorortbegehungen der beiden Demonstrationsprojekte.



**Abbildung 1: Vorortbegehungen der beiden Demonstrationsprojekte;
links: „Radegunderstraße, Graz“ am 18.11.2010; rechts: „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“
am 24.09.2010 (Quelle: AEE INTEC)**

5.1.1.1 Feststellen von Wärmebrücken und vorhandener augenscheinlicher Mängel

Um eine detaillierte Aussage über die thermischen Schwachstellen des Gebäudes zu erhalten, wurde zusätzlich zu den diversen anderen Methoden der Bestandsaufnahme eine thermografische Analyse des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ durchgeführt. Dazu wurde das „Technische Büro für Bauphysik – Veronika Leski“ in Knittelfeld mit einer thermografischen Aufnahme des Gebäudes und seiner Details beauftragt.

Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen dazu einen Auszug aus dem entstandenen thermografischen Bericht. Der komplette Bericht ist in Anhang 1 ersichtlich.

Abbildung 2 zeigt die thermografische Aufnahme des Gebäudes (NO-Ansicht). Deutlich zu erkennen sind darin die Unterschiede zwischen beheizten und unbeheizten Wohnungen. So sind im vorderen Bereich des Gebäudes die obersten zwei Wohnungen bzw. die obersten zwei Stockwerke unbeheizt. Die darunterliegenden Wohnungen sind hingegen beheizt, welches durch die deutlich höheren gemessenen Oberflächentemperaturen erkennbar ist. Die Geschoßdecken zwischen den einzelnen Stockwerken weisen eine deutlich höhere Temperatur auf, was auf höhere Wärmeverluste durch das Fehlen von Rostdämmungen in diesem Bereich deuten lässt. In diesem Fall spricht man von sogenannten materialbedingten Wärmebrücken. Neben den beheizten und unbeheizten Wohnungen sowie der Geschoßdecken zeichnen sich in Abbildung 2 auch die Fensteranschlüsse und der Sockelbereich des Gebäudes ab.

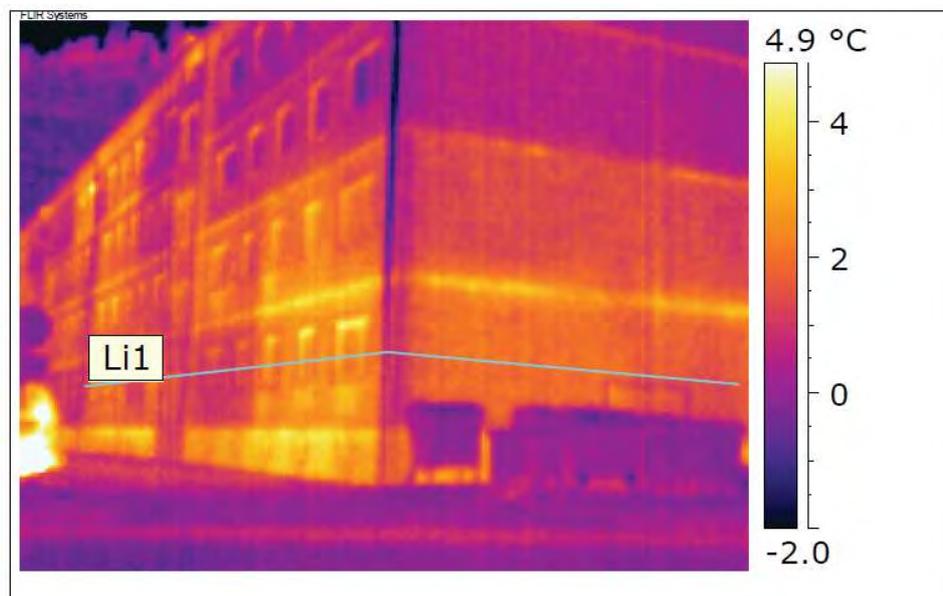


Abbildung 2: Thermografische Aufnahme des Gebäudes (NO-Ansicht)
(Quelle: Thermografischer Bericht - technisches Büro für Bauphysik Leski Veronika)

Abbildung 3 zeigt eine detaillierte Aufnahme eines Balkons, welcher sich auf der Westseite des Wohngebäudes befindet. Dabei zeigen sich deutlich höhere Temperaturen im Bereich der Kanten und Ecken. Dabei handelt es sich um sogenannte konstruktive und materialbedingte Wärmebrücken, die auf Grund der Geometrie und des Einsatzes unterschiedlicher Materialien in diesem Bereich entstehen.

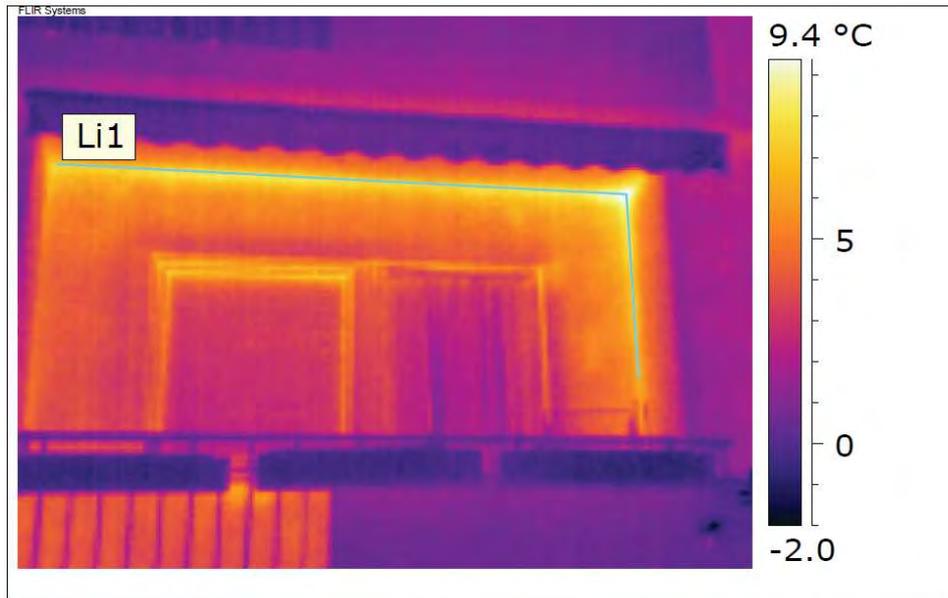


Abbildung 3: Thermografische Aufnahme eines Balkons
 (Quelle: Thermografischer Bericht - technisches Büro für Bauphysik Leski Veronika)

Wie die oberen beiden Abbildungen auszugsweise darstellen, werden in der thermografischen Analyse die konkreten Schwachstellen des Gebäudes aufgezeigt. Details zu den in Abbildung 2 und Abbildung 3 ersichtlichen Aufnahmen sind dem thermografischen Bericht in Anhang 1 zu entnehmen. Darin finden sich auch weitere Ausschnitte des Gebäudes mit den dazugehörigen detaillierten Analysen.

Aufgrund der durchgeführten Recherchen, Messungen und Berechnungen ergeben sich aus derzeitiger Sicht für die betrachteten Demonstrationsprojekte vorrangig folgende „Schwachstellen“ durch Wärmebrücken (siehe Abbildung 4):

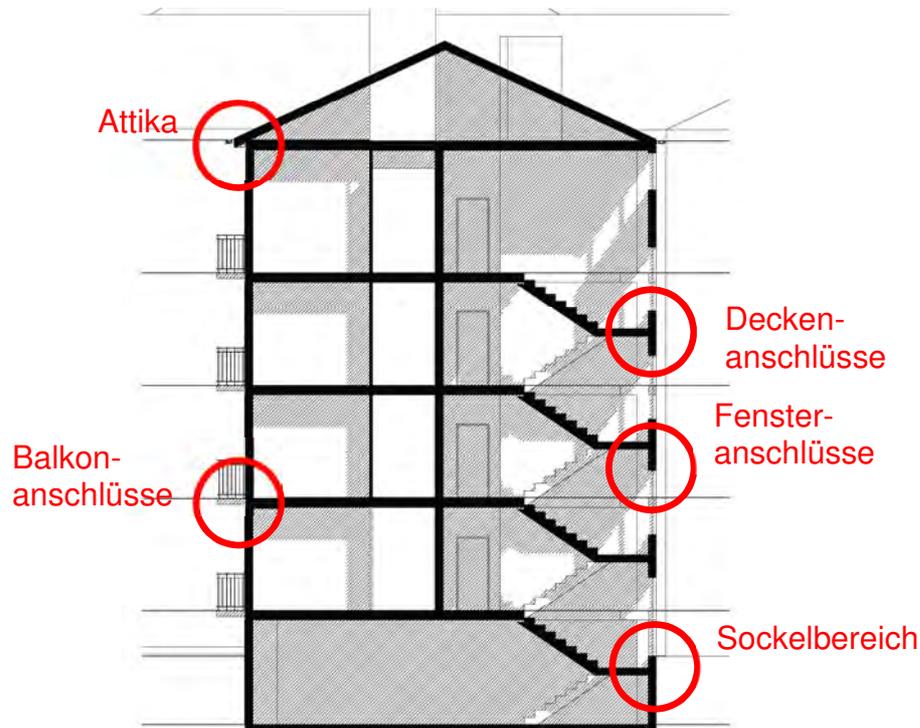


Abbildung 4: Ermittelte „Schwachstellen“ – Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH; Bearbeitung durch AEE INTEC)

Bei der Vorortbegehung der Gebäude konnten ebenso augenscheinliche Mängel festgestellt und dokumentiert werden. Nachfolgende Abbildung 5 zeigt dazu einen Auszug einiger dieser festgehaltenen Mängel. Von links oben im Uhrzeigersinn: Putzschäden außen; Putzschäden in einer Wohnung; zugeklebte Belüftung; Schimmel in einer Wohnung.



Abbildung 5: Festgestellte augenscheinliche Mängel – Auszug (Quelle: AEE INTEC)

5.1.1.2 Feststellen komfortrelevanter Parameter durch Befragungen der MieterInnen

Die Erhebung der komfortrelevanten Parameter erfolgt mittels MieterInnenbefragungen und teils gezielter Messungen. Dazu wurde ein Fragebogen zusammengestellt, der die wichtigsten Parameter abbilden soll. Dieser Fragebogen wurde anschließend bei der Befragung direkt eingesetzt.

Der erarbeitete Fragenkatalog ist in nachfolgender Abbildung 6, aber auch in Anhang 2 ersichtlich. Abgefragt werden dabei unter anderem Punkte wie Empfindung der Raumtemperatur, der Raumfeuchte und der Luftqualität, etwaige Lärmbelastungen und die Einstellung der BewohnerInnen zur Sanierung.

AEE INTEC e80^3 – SP 2 Bestandserhebung – Fragebogen BewohnerInnen **HAUS der Zukunft**

I. Allgemeine Information über die Wohnung

Adresse: _____

Haus: _____ Stiege: _____ Stockwerk: _____

In der Wohnung seit (Jahr): _____

Wohnraum: _____ Räume (exkl. Küche und Badezimmer) _____ m²

II. Bewertung des thermischen Komforts

Wie empfinden Sie allgemein die Temperatur in Ihrer Wohnung?

zu kalt passt zu kalt

Im Winter zu kalt

Generell zu warm

Kalte Böden/ Wände im Winter

Zugluft von Fenstern/ Türen

Raumtemperatur nicht beeinflussbar

III. Bewertung der Lärmbedingungen

Wie empfinden Sie generell die Lärmbedingungen in Ihrer Wohnung?

gut ausreichend schlecht

Störender Lärm von Nachbarn (Türen, Gespräche, Dusche, WC, Waschmaschine,...)

Störender Lärm von Außenbereichen, Stiegenhaus,...

IV. Bewertung der Luftqualität in Innenräumen

Wie oft lüften Sie Ihre Wohnung am Tag? _____

Wie lange lüften sie dabei Ihre Wohnung? _____

Warum? _____

Gefühl muffiger Luft

Gerüche von Nachbarn (Kochen, Tabakrauch,...)

Gerüche von draußen (Verkehr, usw.)

AEE Institut für Nachhaltige Technologien

AEE INTEC e80^3 – SP 2 Bestandserhebung – Fragebogen BewohnerInnen **HAUS der Zukunft**

V. Bewertung der Feuchtigkeit in Innenräumen

Wie empfinden Sie die Luftfeuchtigkeit in Ihrer Wohnung?

zu feucht passt zu trocken

Beschlagen die Fenster in Ihrer Wohnung?

ja nein

Verbleibende feuchte Luft im Badezimmer/ Duschaum

Fenster, die regelmäßig mit Kondensat beschlagen sind

Fenster, die vor allem bei kalten Temperaturen mit Kondensat beschlagen sind

VI. Bewertung der Umbauarbeiten

Wie wichtig ist Ihnen die Sanierung Ihres Wohnhauses?

wichtig unwichtig

Wie wichtig wären Ihnen die schnelle Montage der Fassade und der Fenster und die damit verbundene kurze Bauphase?

wichtig unwichtig

Wären Sie bereit, Ihre Wohnung während der Sanierungsarbeiten zu wechseln?

ja nein

Würden Sie die Einhausungen der Balkone als positiv empfinden?

ja nein Warum? _____

VII. Sonstiges

1. Gibt es Zeiten, wo kein warmes Wasser zur Verfügung steht?

ja nein

2. Müssen Sie das Wasser länger laufen lassen, bis warmes Wasser zur Verfügung steht?

ja nein

AEE Institut für Nachhaltige Technologien

Abbildung 6: Fragebogen für BewohnerInnen

In den nachfolgenden Absätzen werden die wesentlichen Ergebnisse der Befragungen der BewohnerInnen des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ kurz dargestellt.

BewohnerInnenstruktur

Die BewohnerInnen beider Häuser können grob in 2 Gruppen eingeteilt werden:

- ∞ BewohnerInnen mit Migrationshintergrund, wovon die meisten in Familien mit 2 bis 5 Kindern und meist auch schon länger (> 10 Jahre) hier wohnen, und
- ∞ Singlehaushalte von ÖsterreicherInnen, die sehr unterschiedlich lange hier wohnen, einige auch seit Errichtung des Gebäudes.

In insgesamt 8 der 25 bewohnten Wohnungen wurden die BewohnerInnen zum thermischen Komfort, zur Lärmsituation, Luftqualität, Feuchtigkeit und zu ihrer Einstellung gegenüber einer Sanierung befragt.

Thermischer Komfort

Die BewohnerInnen zweier kleinerer, im 1. und 2. OG gelegenen, Wohnungen (sozusagen „Sandwichwohnungen“) sind wie zu erwarten mit dem thermischen Komfort weitgehend zufrieden. Die BewohnerInnen zweier größerer Wohnungen, im Haus Nr. 36 gelegen und im Norden an das Haus Nr. 34 grenzend, beurteilen den thermischen Komfort als ebenfalls größtenteils zufriedenstellend.

BewohnerInnen, deren Wohnungen sich allerdings in den Randbereichen bzw. dem obersten Geschoß befinden, sind mit dem thermischen Komfort durchwegs unzufrieden. Geklagt wird dabei vor allem über Kälte und zugige Fenster, weniger allerdings über die Hitze im Sommer.

Lärmbedingungen

Lärm geht beim Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ wenn dann nur von NachbarInnen aus, das sagten alle der Befragten übereinstimmend. Straßenlärm gibt es nach Ansicht der Befragten keinen. 4 der 8 befragten BewohnerInnen sagen, dass ihre NachbarInnen teilweise zu laut sind, wobei zwei davon das „selber in die Hand nehmen“, d.h. mit ihren NachbarInnen reden und die anderen zwei BewohnerInnen mit ihren Problemen zur Hausverwaltung gehen.

Luftqualität

Die Luftqualität in den Wohnräumen wird durchgehend als gut beurteilt. Die BewohnerInnen lüften nach Bedarf. In zwei Wohnungen waren einzelne Fenster gekippt, nur in einer davon gab es Schimmelprobleme in einigen Eckbereichen.

Die BewohnerInnen zweier Wohnungen, die über ostseitig gelegene Fenster verfügen, gaben an, dass sie in der warmen Jahreszeit hin und wieder Gerüche aus der Kleingartensiedlung gleich daneben wahrnehmen. Einerseits vom Grillen und Lagerfeuern, andererseits von gelagertem Kompost. Dieser Zustand hätte sich aber in den letzten Jahren gebessert. Geruchliche Beeinträchtigungen von der Straße bzw. vom Verkehr sind übereinstimmend nicht vorhanden.

Zusätzlich gaben BewohnerInnen von 2 der 8 befragten Wohnungen an, dass es Geruchsbelästigung vom Gang bzw. von NachbarInnen gibt. Nur eine Bewohnerin bemerkt zusätzlich manchmal muffigen Geruch aus dem Kanal des Badezimmers. In den Badezimmern bzw. WC-Räumen befinden sich Belüftungsöffnungen, die aber teilweise von BewohnerInnen geschlossen wurden und in einzelnen Wohnungen Probleme durch eindringendes Regenwasser oder Kondensat verursachen.

Feuchtigkeit

Zu hohe Feuchtigkeit ist offensichtlich nur in einer Wohnung zu bemerken. Alle Befragten, außer einem, geben an, mit zu hoher oder zu niedriger Luftfeuchtigkeit keine Probleme zu haben. Verbleibende Luftfeuchte in den Badezimmern und Küchen sind temporär und werden abgelüftet. Fenster beschlagen teilweise (in nicht direkt beheizten Räumen oder in solchen mit trocknender Wäsche), stellt aber für keine der BewohnerInnen ein ernsthaftes Problem dar. Während der Besichtigung waren nur in einer Wohnung beschlagene Fenster ersichtlich.

In zwei Wohnungen gibt es wie erwartet Schimmelprobleme an den relevanten Stellen wie geometrische Wärmebrücken und verstellte Decken- und Außenwandbereiche. In einer dieser zwei Wohnungen ist die Luftfeuchtigkeit offensichtlich zu hoch, was in einer ungedämmten Wohnung im obersten Geschoß bei Temperaturen über 20°C (wurde so vorgefunden) wie zu erwarten Schimmelprobleme auslöst. In der zweiten Wohnung schimmelte es vor allem in den Ecken und hinter Kästen der Schlafzimmer, die ausgekühlt wirkten. Beide

Wohnungen werden von großen Familien mit Kindern bewohnt, was natürlich aus gesundheitlichen Überlegungen bedenklich erscheint.

Mängel

Die Wohnungen wurden durchwegs in relativ gutem Zustand vorgefunden. Notwendige Renovierungsarbeiten, wie z.B. Erneuerung der Böden oder Austausch der Warmwasserboiler, wurden in regelmäßigen Abständen von der gemeinnützigen Wohn- und Siedlungsgenossenschaft ennstal durchgeführt. Andere Mängel stellen daher nur Individualfälle dar.

Die einzig zu erwähnenden Mängel scheinen in beiden Häusern die Wasserleitungen zu sein, da zwei der Befragten und zusätzlich vor allem der Hausmeister von „regelmäßigen“ Rohrbrüchen sprechen, die belegbar sind, und bei der Begehung auch direkte Wasserschäden in kleinerem Ausmaß erkennbar waren. Das lässt auf ein möglicherweise veraltetes Wasserverteilsystem schließen, das erneuert werden sollte.

Einstellung zu möglicher Sanierung

Allen Befragten ist die Sanierung des Gebäudes ein Anliegen, zwei der BewohnerInnen sehr wichtig. Nur die Hälfte der Befragten wünscht eine schnelle Montage der Fassade bzw. der Fenster, den anderen ist das egal. Ebenso sagt die Hälfte der BewohnerInnen, dass sie für die Zeit der Sanierung nicht gerne umziehen würden, aber nur eine Bewohnerin würde dann definitiv ausziehen. Die restlichen befragten BewohnerInnen würden einen kurzzeitigen Umzug akzeptieren, „wenn es unbedingt sein muss“.

Die Frage, ob die Balkone eingehaust werden sollten oder nicht, beantworten nur zwei BewohnerInnen eindeutig mit JA - auf jeden Fall. Den anderen befragten BewohnerInnen ist dies nicht so wichtig bzw. eine Bewohnerin möchte jedenfalls den Balkon erhalten. Der Grund, warum die Balkone eingehaust werden sollen, wird mit weniger Störungen durch NachbarInnen angegeben.

Sonstiges

Vor etwa 15 Jahren wurden alle Fenster von der gemeinnützigen Wohn- und Siedlungsgenossenschaft ennstal durch 2-Scheiben-wärme- und sonnenschutzverglaste Kunststofffenster ersetzt. In den begangenen Wohnungen wurde nirgends Innendämmung angetroffen.

In 7 Wohnungen gibt es Vorhänge, die während der Begehung zugezogen waren. In 6 Wohnungen wurden nachträglich Innenjalousien montiert, in 2 davon auch die Fenster gegen 3-Scheiben-Holzfenster der Firma Internorm getauscht. Außenliegender Sonnenschutz ist nirgends installiert.

Zusammenfassung der Befragung

Der Gesamteindruck während der Befragungen und der Begehung des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ war sehr positiv. Vor allem die Gruppe der BewohnerInnen mit Migrationshintergrund wirkt zufrieden. Der Austausch zwischen ursprünglich aus Österreich stammenden BewohnerInnen und diesen Familien findet zwar nur wenig statt und ist sicherlich verbesserungswürdig, fast alle befragten und angetroffenen BewohnerInnen wirken aber so, als hätten sie mit Differenzen und verschiedenen Einstellungen leben und umgehen gelernt, sodass ein Zusammenleben möglich ist.

Die nachfolgende Tabelle 1 gibt noch einmal einen Überblick über die wesentlichen Ergebnisse der Befragungen.

Tabelle 1: Kurzübersicht der Ergebnisse der MieterInnenbefragung beim Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: AEE INTEC)

Thema	Anzahl
Zu kalt im Winter	4 von 8
Zu warm im Sommer	2 von 8
Lärm von NachbarInnen	4 von 8
Geruchsbelästigungen durch NachbarInnen	2 von 8
Geruchsbelästigungen von Kleingärten	2 von 8
Feuchtigkeit in Innenräumen zu hoch	1 von 8
Offensichtliche Schimmelprobleme	2 von 8
Nachträglich eingebaute Innenjalousien	6 von 8
Sanierung des Wohnhauses wichtig	8 von 8
Schnelle Montage der Fassade/Fenster wichtig	4 von 8
Keine Bereitschaft, Wohnung für die Sanierung zu verlassen	1 von 8
Einhausungen der Balkone gewünscht	2 von 8

5.1.1.3 Feststellen komfortrelevanter Parameter durch Messungen

Tageslichtangebot

Im Zuge der Vorortbegehungen und MieterInnenbefragungen wurden gleichzeitig auch Spotmessungen der Beleuchtungsstärke in den einzelnen Wohnungen durchgeführt. Diese sollen Auskunft über das derzeitige Tageslichtangebot in den Wohnungen geben. Für die Messungen wurde ein sogenanntes „Luxmeter“ verwendet, wobei dabei die Beleuchtungsstärke an verschiedenen Stellen in den Wohnungen ermittelt wurde.

Richtwerte zur Beleuchtung von Arbeitsstätten werden in der ÖNORM EN 12464-1 als Wartungswerte festgelegt. Diese Wartungswerte dürfen im Bereich der Sehaufgaben nicht unterschritten werden. Für Bürotätigkeiten wie Schreiben, Lesen und Datenverarbeitung beträgt dieser Wartungswert 500 lx. Im Wohnbau gibt es keine konkreten Vorschriften, wobei für Wohnzimmer 100 bis 300 lx typisch sind.

Auszugsweise werden nachfolgend Ergebnisse der acht besichtigten Wohnungen dargestellt (Abbildung 7). Im Detail handelt es sich um zwei Wohnungen des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“, Nr. 34. Eine komplette Aufstellung aller Ergebnisse ist in Anhang 3 ersichtlich.

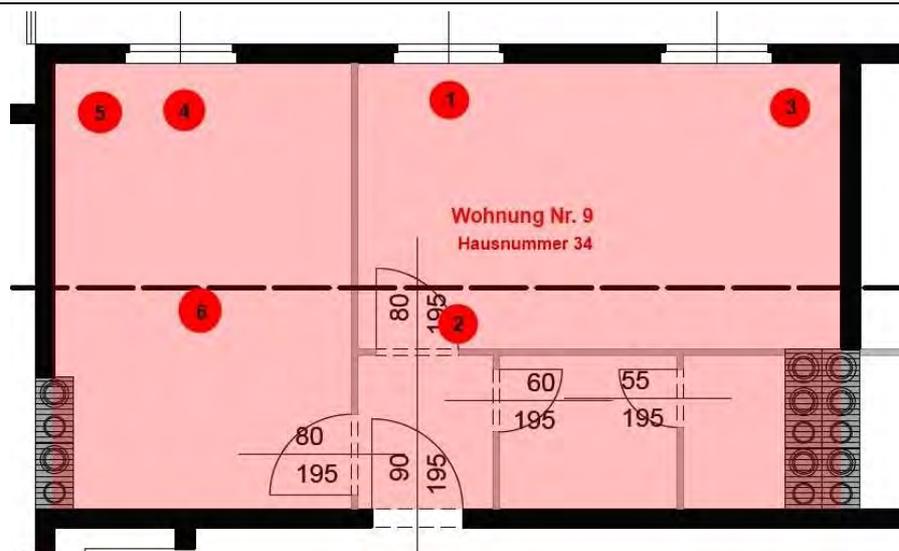
Auf der linken Seite befindet sich der vergrößerte Wohnungsgrundriss mit der Markierung der einzelnen Messstellen. Daneben wurden die ermittelten Beleuchtungsstärken in den einzelnen Messpunkten aufgelistet. (Quellen der Abbildungen: Nussmüller Architekten ZT GmbH; anschließend bearbeitet durch AEE INTEC)

Wohnungsgrundriss mit Lage der Messpunkte

Gemessene Beleuchtungsstärken in den einzelnen Messpunkten



1	850 lx
2	150 lx
3	130 lx
4	1000 lx
5	660 lx
6	220 lx
7	180 lx



1	270 lx
2	30 lx
3	165 lx
4	200 lx
5	75 lx
6	20 lx

Abbildung 7: Auszug aus den Ergebnissen der Tageslichtmessungen

Schallmessungen

Ein weiteres Ziel der Bestandserhebung war die Feststellung der derzeitigen bauakustischen Situation im Gebäude zwischen den bestehenden Wohnungen vor der Sanierung.

Dazu wurden Messungen der Luftschall- und Trittschalldämmung zwischen zwei Räumen im Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ durchgeführt. Beauftragt wurde das Unternehmen „VATTER & Partner ZT-GmbH“ aus Gleisdorf. Die Messungen fanden anschließend am 23.08.2011 statt. Abbildung 8 zeigt Aufnahmen der bauakustischen Untersuchung.



Abbildung 8: Links: Senderraum mit „Trittschallhammerwerk“; rechts: Empfangsraum mit Empfangsmikrofon (Quelle: Vatter & Partner ZT-GmbH)

Die Luftschalldämmung wurde insgesamt in zwei Wohnräumen gemessen, um so die Schallausbreitung in horizontale sowie in vertikale Richtungen zu berücksichtigen. Das Ergebnis der Messungen ist in nachfolgender Abbildung 9 bzw. auch in Anhang 4 ersichtlich.

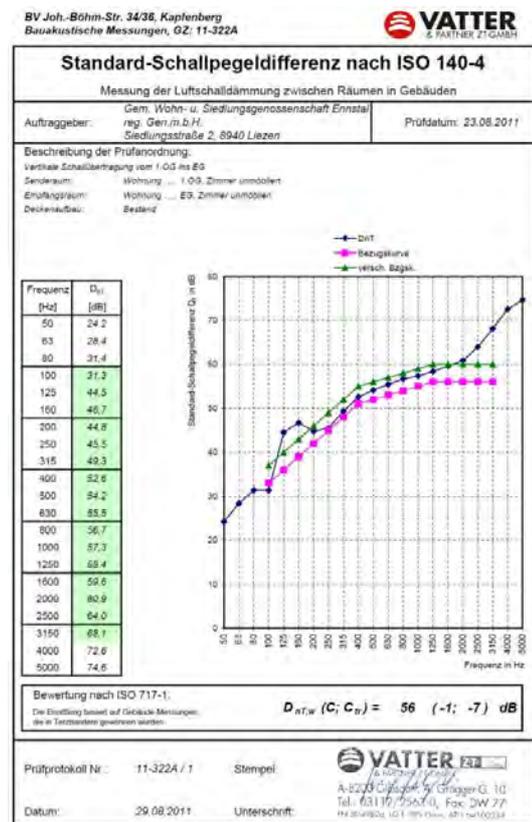
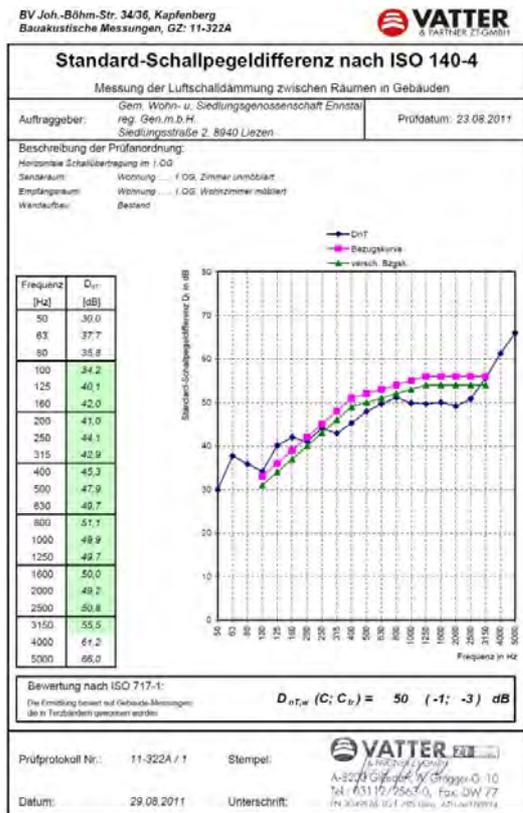
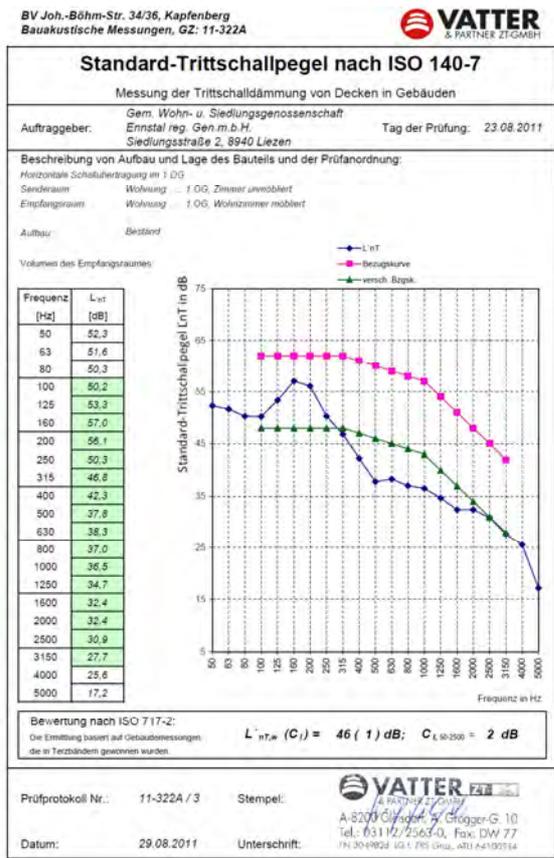


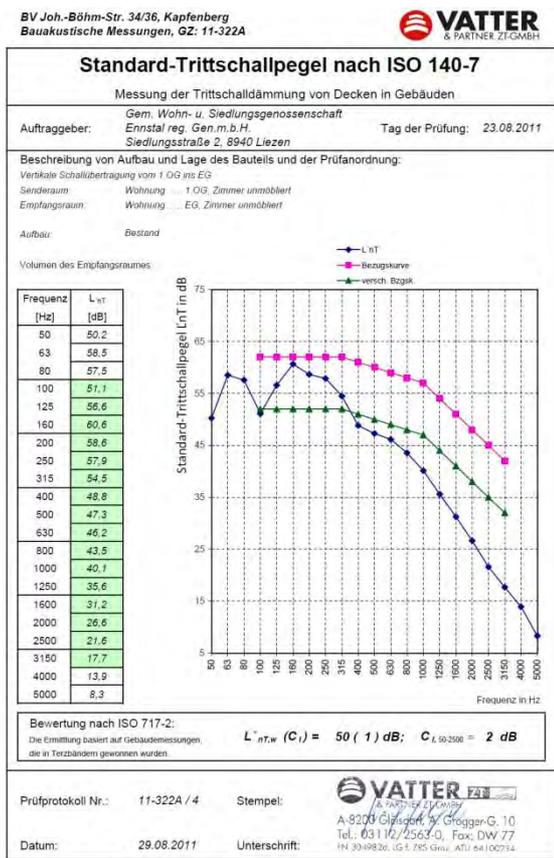
Abbildung 9: Messergebnisse der bauakustischen Überprüfung – Luftschalldämmung (Quelle: Vatter & Partner ZT-GmbH)

Ebenso wurde die Trittschalldämmung der Decken im Gebäude gemessen und bewertet. Das Ergebnis dieser Messung ist in Abbildung 10 sowie ebenfalls in Anhang 4 ersichtlich.



LnTw_horizontal, Prüfprotokoll

1 von 1



LnTw_vertikal, Prüfprotokoll

1 von 1

Abbildung 10: Messergebnisse der bauakustischen Überprüfung – Trittschalldämmung (Quelle: Vatter & Partner ZT-GmbH)

Nachfolgend werden nun die gewonnenen Messergebnisse mit den entsprechenden Forderungen der ÖNORM B 8115-2 „Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz“ gegenübergestellt und verglichen (siehe Tabelle 2). Im Anschluss an die Tabelle erfolgen eine kurze Beschreibung der erzielten Resultate und die daraus abgeleitete Schlussfolgerung sowie eine Darstellung der weiteren Auswirkungen auf das Projekt.

Tabelle 2: Ergebnisse der bauakustischen Überprüfung im Vergleich mit den Anforderungen lt. ÖNORM B 8115-2

Wert	Anforderung lt. ÖNORM B 8115-2	Messung	Bemerkung
Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ – vertikal	$\geq 55 \text{ dB}$	56 dB	Erfüllt
Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ – horizontal	$\geq 55 \text{ dB}$	50 dB	Nicht erfüllt
Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ – vertikal	$\leq 48 \text{ dB}$	50 dB	Nicht erfüllt
Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ – horizontal	$\leq 48 \text{ dB}$	46 dB	Erfüllt

Wie die Gegenüberstellung in Tabelle 2 zeigt, wird bei zwei von vier Messergebnissen die Anforderung auch tatsächlich erreicht. Aus diesem Grund ist es im Zuge der Sanierung

notwendig die Schalldämmung der Bauteile zu verbessern um somit die entsprechenden Forderungen der ÖNORM B 8115-2 zu erfüllen.

Zur Verbesserung der Schalldämmung der Wohnungstrennwände sollen diese infolge der Sanierung mit einer Vorsatzschale ausgestattet werden. Im Detail handelt es sich dabei um eine biegeeweiche, leichte Vorsatzschale. Diese sind federnd auf der vorhandenen Wandkonstruktion befestigt. Eine Hohlraumdämpfung durch Einbau einer Mineralwollschicht im Schalenzwischenraum kann die schalldämmende Wirkung zusätzlich verbessern. Zur Verbesserung der Schalldämmung im Decken- bzw. Fußbodenbereich können grundsätzlich zwei bauliche Maßnahmen angewandt werden. Entweder wird der bestehende Fußbodenaufbau erneuert und mit einer Trittschalldämmung versehen, oder es wird eine abgehängte Decke montiert, die die Schallübertragung mindern soll. Auf Grund der begrenzten vorhandenen Raumhöhen wird in diesem Fall die Erneuerung des Fußbodenaufbaus bevorzugt.

Die oben beschriebenen Maßnahmen beziehen sich dabei auf den Schallschutz im Inneren des Gebäudes. Naturgemäß gilt es auch den Schallschutz nach außen zu verbessern. Dies wird im vorliegenden Fall hauptsächlich über den Einbau neuer thermisch hochwertiger Fenster mit 3-Scheiben-Verglasung erreicht. Diese sind zwar primär aus thermisch-energetischen Gründen notwendig, erfüllen gleichzeitig aber auch den Nutzen des verbesserten Schallschutzes.

Anzumerken sei, dass das wesentliche Ziel des vorliegenden (übergeordneten) Leitprojektes ein hochwertiger Sanierungsstandard ist, welcher unter anderem auch besondere Anforderungen an den Schallschutz stellt. Dieser Umstand stellt ein großes Anliegen des gesamten Projektteams dar und soll an dieser Stelle besonders hervorgehoben werden.

5.1.1.4 Erhebung der Verbrauchsdaten Heizung, Brauchwarmwasser und Strom

Nachfolgend dargestellte Ergebnisse und Analysen beziehen sich allesamt auf das Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“. Die entsprechenden Daten wurden im Zuge der Vorortbegehungen erhoben bzw. wurden zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung gestellt.

Heizung

Die derzeitige Energieversorgung der Wohnungen wird mit Gasetagenheizungen oder Elektro-, Öl- und Holzeinzelöfen gewährleistet. Das heißt, es gibt keine zentrale Energieversorgung, obwohl eine Fernwärmeleitung etwa acht Meter nördlich des Gebäudes vorbeiläuft.

In einer der Wohnungen hatte rund drei Wochen vor der Besichtigung der alte Ölofen gebrannt und wurde nun durch eine Stromdirektheizung ersetzt.

Im Haus Nr. 34 werden sieben Wohnungen mit Gasetagenheizungen beheizt, drei davon wurden auch besichtigt. Zwei weitere besichtigte Wohnungen werden je mit Holzbriketts-Einzelöfen in der Küche und mit Stromdirektheizung (Hochtarif (HT)) beheizt. Eine jetzt leer stehende Wohnung wurde ebenfalls mit Gas beheizt. Die Energieträger der restlichen zwei Wohnungen sind unbekannt.

In Tabelle 3 findet sich eine Übersicht der Energieträger, Bruttogeschoßflächen und Energiekennzahlen auf Endenergiebasis laut Gasabrechnungen der letzten drei Jahre und Angaben der BewohnerInnen.

Tabelle 3: Energieträger und -kennzahlen der derzeit 11 bewohnten Wohnungen – Johann-Böhmstraße 34, Kapfenberg (Quelle: ennstal SG, Stadtwerke Kapfenberg, AEE INTEC)

Wohnung*	Personenzahl	Energieträger	Bruttogeschoßfläche in m ²	Spez. Verbrauch in kWh/m ² a
Top 2	n.b.	Erdgas	108	128
Top 5	n.b.	Erdgas	84	171
Top 7	4	Erdgas	105	61
Top 9	1	Strom (HT)	44	n.b.
Top 11	6	Erdgas	105	64
Top 14	5	Erdgas	84	79
Top 15	1	Holzbricketts	44	64
Top 17	n.b.	n.b.	84	n.b.
Top 20	n.b.	Erdgas	108	119
Top 21	2	Erdgas	44	62
Top 22	1	n.b.	44	n.b.
gesamt	2,8	-	bewohnt 854 (gesamt 1.327)	Ø 94

* Fetter Schriftzug... Wohnung besichtigt

Die BewohnerInnenanzahl ist in beiden Häusern nicht genau bekannt. Aus den Wohnungen, wo die Personenzahl bekannt ist, ergibt sich ein Schnitt von 2,8 Personen pro Wohnung bzw. Haushalt.

Im Haus Nr. 36 werden sechs Wohnungen mit Gasetagenheizungen beheizt, eine davon wurde auch besichtigt. Zwei weitere besichtigte Wohnungen werden mit Stromdirektheizungen, eine mit Hochtarif (HT) und eine mit Niedertarif (NT), beheizt. Eine jetzt leer stehende Wohnung wurde ebenfalls mit Strom beheizt. Die Energieträger der restlichen sechs Wohnungen sind unbekannt.

In Tabelle 4 findet sich eine Übersicht der Energieträger, Bruttogeschoßflächen und Energiekennzahlen auf Endenergiebasis laut Gasabrechnungen der letzten drei Jahre und Angaben der BewohnerInnen.

Tabelle 4: Energieträger und -kennzahlen der derzeit 14 bewohnten Wohnungen – Johann-Böhmstraße 36, Kapfenberg (Quelle: ennstal SG, Stadtwerke Kapfenberg, AEE INTEC)

Wohnung*	Personenzahl	Energieträger	Bruttogeschoßfläche in m ²	Spez. Verbrauch in kWh/m ² a
Top 1	1	n.b.	21	n.b.
Top 2	n.b.	Erdgas	84	225
Top 3	n.b.	Erdgas	45	225
Top 4	1	Erdgas	46	188
Top 7	1	n.b.	21	n.b.
Top 8	n.b.	n.b.	84	n.b.
Top 11	1	Erdgas	114	87
Top 12	1	n.b.	21	n.b.
Top 13	n.b.	n.b.	84	n.b.
Top 15	n.b.	n.b.	46	n.b.
Top 16	1	Strom (NT)	114	67
Top 18	n.b.	Erdgas	84	200
Top 20	1	Strom (HT)	46	111
Top 21	7	Erdgas	72	332
gesamt	1,8	-	bewohnt 882 (gesamt 1.327)	Ø 179

* Fetter Schriftzug... Wohnung besichtigt

Die durchschnittliche Personenanzahl pro Wohnung bzw. Haushalt liegt bei rund 1,8 Personen (berechnet aus den derzeit bekannten Daten).

Brauchwarmwasser und Strom

Das Brauchwarmwasser wird in den Wohnungen beider Häuser mit Niedertarif(NT)-Strom bereitgestellt. In den letzten Jahren wurden nahezu alle Warmwasserboiler durch die gemeinnützige Wohn- und Siedlungsgenossenschaft ennstal erneuert. Sämtliche Boiler wurden von den Stadtwerken Kapfenberg geliefert und montiert. Die Verteilungen der Brauchwarmwasserbereitung sind durchwegs kurz, denn die Warmwasserboiler sind überwiegend in den Badezimmern, vereinzelt in den Küchen, montiert. Die Küchen als Brauchwarmwasserentnahmestellen sind durchwegs neben den Badezimmern angeordnet, d.h. auch die Leitungen dorthin sind sehr kurz.

Laut Handbuch für Energieberater [1] beträgt bei einer solchen Bereitstellung die zu erwartende Endenergiemenge (Stromverbrauch) pro Person 748 bis 988 kWh – je nach Speicherverlusten. Vergleicht man die tatsächlichen Verbrauchszahlen des Demonstrationsprojekts „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (siehe Tabelle 5) mit diesen Zahlen aus dem Handbuch, so liegt der Stromverbrauch für die Warmwasserbereitstellung vor allem im Haus 36, aber auch im Haus 34 sehr niedrig. Das dürfte an der sehr energieeffizienten Bereitstellung als auch am sparsamen Verbrauch der BewohnerInnen liegen.

Tabelle 5: Stromverbrauchskennzahlen des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Stadtwerke Kapfenberg, AEE INTEC)

Kennzahlen für 1 Jahr	Haus Nr. 34	Haus Nr. 36	Durchschnitt
Haushaltsstrom [kWh/Wohnung]	2.926	1.997	2.462
Allgemeinstrom [kWh/Wohnung]	143	56	93
WW-Strom [kWh/Wohnung]	1.618	1.155	1.387
WW-Strom [kWh/Person*]	677	483	580
Haushaltsstrom [kWh/m ² _{BGF}]	37,7	31,4	34,6
Allgemeinstrom [kWh/m ² _{BGF}]	1,8	0,9	1,35
* Laut Statistik Austria – Mikrozensus 2009 – leben in einem durchschnittlichen steirischen Haushalt 2,39 Personen.[2]			

Der durchschnittliche Haushaltsstromverbrauch liegt beim Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ ziemlich exakt im österreichischen Durchschnitt, den die Statistik Austria [3] für 2008 mit 2.533 kWh/Haushalt und Jahr ohne Warmwasserbereitung angibt. Der jährliche Allgemeinstromverbrauch vor allem für Gang- und Kellerbeleuchtung liegt bei durchschnittlich 1.209 kWh pro Haus bzw. 93 kWh/Wohnung.

5.1.1.5 Erhebung Baukonstruktion und Energieanalyse

Zur Durchführung einer ersten Energieanalyse bei den Demonstrationsprojekten „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ und „Radegunderstraße, Graz“ war es im ersten Schritt notwendig genügend Informationen über die gegebene Baukonstruktion und die Bauphysik zu sammeln.

Die Erhebung der relevanten Daten (Baukonstruktion, Bauphysik, Gebäudetechnik und Energieversorgung) erfolgte zum einen mittels vorhandener Unterlagen und Plänen der Gebäude und zum anderen mittels der bereits erwähnten Vorortbegehungen. Die Erhebungen wurden vom „Zivilingenieur für Wirtschaftsingenieurwesen im Bauwesen DI Johann Wolfesberger“ aus Graz durchgeführt. Abbildung 11 zeigt dazu Auszüge aus der erstellten Fotodokumentation, welche Auskünfte über die gegebenen Baukonstruktionen und Bauphysik gibt. Die komplette Fotodokumentation ist in Anhang 5 ersichtlich.



Abbildung 11: Erhebung Baukonstruktion und Bauphysik – Auszug (Quelle: DI Wolfesberger)

Im zweiten Schritt konnte im Anschluss, aufbauend auf die durchgeführten Erhebungen, die Energiekennzahlen der beiden Demonstrationsobjekte mit Hilfe des OIB-Monatsbilanzverfahrens ermittelt werden. Nachfolgende Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnungen. Die kompletten Energieausweise sind in Anhang 6 ersichtlich.

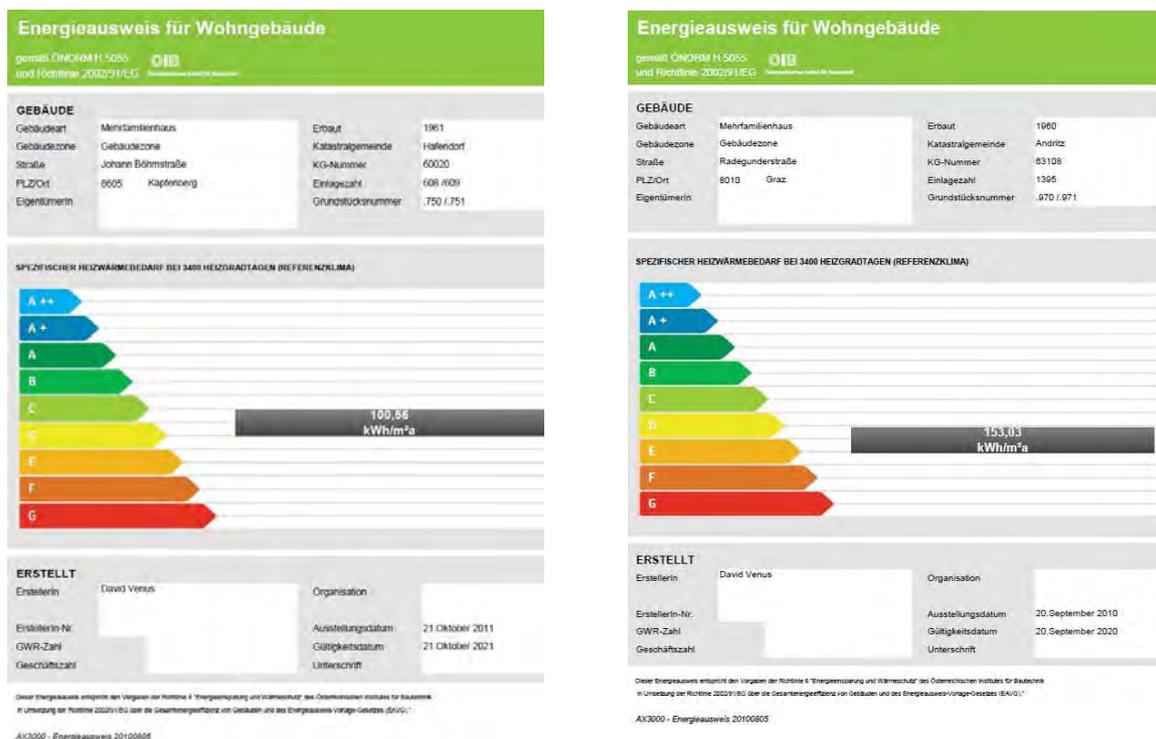


Abbildung 12: Berechnete Energiekennzahlen der Demonstrationsprojekte; links: „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“; rechts: „Radegunderstraße, Graz“

5.1.1.6 Erhebung der bestehenden Netzsituation oder Identifikation der potentiellen Synergien in der Nachbarschaft

Zur Erhebung der bestehenden Netzsituation im Nahbereich der untersuchten Demonstrationsprojekte konnte auf bereits vorhandene Pläne und Unterlagen zurückgegriffen werden. Abbildung 13 zeigt dazu beispielhaft die Stromleitungsführung um das betrachtete Objekt „Johann-Böhmstraße 34/36“ in Kapfenberg.



Abbildung 13: Stromleitungsführung in der Umgebung des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Stadtwerke Kapfenberg GmbH)

Bezüglich einer möglichen Warmwasserversorgung durch die thermische Solaranlage der angrenzenden Objekte werden Gespräche geführt.

Im Berichtszeitraum konnte allerdings keine Zustimmung erlangt werden. Im Rahmen der weiteren Generalplanung (SP4) sind jedoch weitere Gespräche geplant.



Abbildung 14: Mögliche Warmwasserversorgung in der Umgebung des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“

5.1.2 AP 2 Ziel- und Anforderungsdefinition

Zu Beginn der Arbeiten im AP 2 galt es anfänglich die allgemeine Basis für die Sanierung zum Plus-Energiegebäude zu erarbeiten.

Dies bestand aus zwei wesentlichen Aspekten:

- ∞ Bestimmung der bau- und haustechnischen Ziel- und Anforderungskriterien
- ∞ Festlegung einer für dieses Projekt gültigen Definition der Plus-Energie-Bilanzierungsmethodik

5.1.2.1 Bau- und Haustechnische Ziel- und Anforderungskriterien

Sanierungsstrategien werden im ersten Schritt hauptsächlich vom IST – Zustand der Gebäude (in bau- und haustechnischer Hinsicht) geprägt. Die Definition des angestrebten Ziels der Sanierung (SOLL - Zustand) ist ein angestrebtes Ergebnis, das sich aus den Zielvorgaben der Gebäudeeigentümer/innen, eventueller Förderbestimmungen oder gesetzlicher Vorgaben ergibt.

Die Erhebung des IST – Zustandes wurde bereits in AP 1 erläutert. Für die Zieldefinition wurden allgemeine, zukünftige Anforderungen an die Gebäude festgelegt. Diese wurde in einem gemeinsamen Workshop mit den ProjektpartnerInnen diskutiert und fixiert (Workshop am 03.11.2010). Das Ergebnis ist eine Gegenüberstellung der IST- und SOLL-Bedingungen und zugehöriger Maßnahmen.

Nachfolgende Tabelle 6 zeigt diese Zusammenstellung des SOLL-IST-Vergleichs.

Tabelle 6: Ziel- und Anforderungsdefinition – Vergleich IST- u. SOLL-Zustand

Kriterium	IST - Zustand	SOLL - Zustand
Abstellräume > 1,0 m²	Keine vorhanden!	Nein
Aufstockung des DG		Momentan nicht angedacht!
Barrierefreier Zugang und Erschließung	Nein	Zukünftig soll ein barrierefreier Zugang möglich sein!
Baustoffe		Baustoffliste laut TQB-Auflistung soll eingehalten werden!
Bilanzierung Plus-Energie		Bilanz muss positiv sein!
CO₂ - Reduktionen		Mind. 80% Reduktion gegenüber Bestand
Dachgeschoßausbau	Nein	Nein
Dachtypologie	Satteldach	Satteldach belassen oder Flachdach, wegen statischer Belastung durch Photovoltaik-elemente
Elektroinstallationen innerhalb der Wohnungen	E-Installationen sind absolut veraltet und nicht mehr Stand der Technik	Erneuerung der Leitungen soll jedenfalls erfolgen
Elektroleitungen	Veraltet	Bestehende Leitungen sollen ausgetauscht werden
Endenergiebedarf		Ziel: 60 kWh/m ² _{BGfA}
Energieträger für Raumheizung	Gas, Elektro	Solarthermie, Fernwärme, Wärmepumpe
Energieträger für Warmwasser	Gas, Elektro	Solarthermie, Wärmepumpe
Erneuerung der Fenster	Veraltet	Dreifachverglasung und evt. Lüftungselemente

Kriterium	IST - Zustand	SOLL - Zustand
Erweiterungen (Balkone, Anbauten)	Keine vorhanden!	Balkonerweiterungen sollen eingeplant werden, evt. Wintergärten und Laubengänge einplanen
Fahrradabstellplätze	Keine im Freien, lediglich im Kellerabteil	Im Freien überdeckte Abstellplätze vorsehen.
Fassadentypologie	Regelmäßig	Soll beibehalten werden!
Heizwärmebedarf	~ 100-150 kWh/m ² _{BGFA}	< 15 kWh/m ² _{BGFA}
Kaltwasserleitungen	Veraltet	Bestehende Leitungen sollen ausgetauscht werden
KFZ-Abstellplätze	Geringe Anzahl vorhanden!	Keine zusätzlichen sollen angedacht werden
LCA-Bewertung		Ja
LCC-Bewertung		Ja
Luftdichtheit		Lt. ÖNorm bzw. Vorgabe OIB
MieterInnenbefragungen		Sollen durchgeführt werden!
Monitoringsystem		Soll installiert werden!
Natürlich belichtete und belüftete Küchen	Vorhanden	Sollen wieder eingeplant werden
Natürlich belichtete und belüftete Sanitärräume	Teilweise vorhanden	Sollen nach außen verlegt werden.
Primärenergiebedarf		Ziel: 150 kWh/m ² _{BGFA}
Qualitätssicherung		Begleitende Qualitätssicherung während der Planung, Umsetzung und Ausführung, Monitoring wird zwei Jahre nach Bezug ausgewertet.
Raumluftqualität (CO₂, Temperatur,...)		Wird mittels Dauer- und Spotmessungen überprüft
Schallschutz	Bestand	Bestand, Verbesserung der Außenhülle inkl. Fenster; Verbesserungen des inneren Schallschutzes wenn erforderlich (Messungen)
Speichersystem Heizung	Kein Speichersystem vorhanden, nur Etagenheizungen mit Gasthermen und Einzelelektroheizungen!	Erneuerung der Heizungsanlage soll zentral erfolgen, Anschluss soll jederzeit für die BewohnerInnen nachrüstbar sein.
Speichersystem Warmwasser	Kein zentrales Speichersystem vorhanden, nur Etagenheizungen mit Gasthermen und Einzelelektroheizungen!	Erneuerung der Warmwasseranlage soll zentral erfolgen, Anschluss soll jederzeit für die BewohnerInnen nachrüstbar sein.
Steigleitungen Heizung	Keine vorhanden!	Installation der Leitungen soll jedenfalls nach Möglichkeit von Außen (Zugänglichkeit) erfolgen
Stromerzeugung		Über Photovoltaikanlage, vorzugsweise am Dach ca. 400 m ²
Synergien in der Nachbarschaft ((Wärme-) Netze)	Keine	Werden Zurzeit geprüft, evt. Warmwasserversorgung des Nachbarhauses
Tageslichtnutzung	Zur Zeit ausreichend	Muss nach der Sanierung

Kriterium	IST - Zustand	SOLL - Zustand
		(tieferer Leibern, 3-fach Verglasung etc.) optimiert werden!
Trennung von Bad und WC	Teilweise	Soll nach Möglichkeit eingeplant werden
Verteilleitungen Heizung	Teilweise vorhanden, auf Putz verlegt	Erneuerung bzw. neue Leitungen auf Putz verlegen
Wärmeabgabesystem	Radiatoren und Elektroheizungen	Niedertemperaturheizung: Radiatoren, Sockelleistenheizung, etc.
Wärmebrücken	Massiv vorhanden	Wärmebrückenfreie Konstruktion
winterliche Besonnung der Wohnungen	Ja	Ja
wohnungsbezogene, zugeordnete Freiräume (Balkone, Terrassen,...)	Ja	Ja
Zufahrtsmöglichkeiten	Ja	Ja
zugeordnete Kellerabteile	Ja	Ja

5.1.2.2 Definition der Bilanzierungsmethodik

Der erste Schritt erfasste noch keine Maßnahmen, die mit dem Erreichen des „Plus-Energiezieles“ verknüpft sind. Erst nach Definition der Bilanzierungsmethodik lassen sich in einer Feedbackschleife diese zusätzlichen Maßnahmen ableiten (siehe weitere Projektverlauf mit der Wahl des Energiekonzeptes).

Festlegen des Bilanzierungssystems

Eine weitere Zielsetzung des Arbeitspaketes 2 war die Festlegung einer gültigen Bilanzierungsmethodik für netzintegrierte Plus-Energiegebäude in der Sanierung. Grundsätzlich gibt es noch keine gesetzlich oder normative geregelte Methodik der Bilanzierung in Österreich. Es kann aber durch die Juryvorgaben für die Haus der Zukunft Plus - Leitprojekte, aus Vergleichen mit der Bilanzierungspraxis im europäischen und internationalen Vergleich und aus Erfahrungen bereits realisierter Plus-Energiegebäude in Österreich eine Bilanzierungsmethodik aufgestellt werden, die mit derzeitigen nationalen, europäischen und internationalen Entwicklungen konform ist.

Für die Bilanzierung von Plus-Energiegebäuden wurde seitens der Jury den Haus der Zukunft Plus Leitprojekten folgende Definition in der Antragsphase vorgegeben:

Unter „Plus-Energie-Gebäude“ wird ein Gebäude verstanden, dessen jährlicher Primärenergieverbrauch vor dem Hintergrund höchster Energieeffizienz unter der vor Ort produzierten erneuerbaren Energie liegt. Unter „vor Ort“ wird innerhalb der Grenzen der Siedlung oder des Gebäudes bzw. in unmittelbarer Nachbarschaft hierzu verstanden.

Die Definition umfasst alle Anwendungen innerhalb eines Gebäudes bzw. einer Siedlung zur Funktionsgewährleistung. Der Energiebedarf für Mobilität (insb. Motorisierten Individualverkehr) und Produktion im Falle von Produktionsbetrieben (z.B. Druckerei) ist nicht zu berücksichtigen.[3]

Diese Definition fixiert bereits zwei grundlegende Bilanzierungsregeln:

- ∞ Bilanzierung auf Basis der Primärenergie
- ∞ Bilanzierungszeitraum ein Jahr

Erfahrungen und Erkenntnisse aus laufenden internationalen Forschungsvorhaben, an denen AEE INTEC beteiligt ist, wie das IEA Joint Project SHC Task 40 / ECBCS Annex 52 – Towards Net Zero Energy Solar Buildings“ untermauern diese beiden Bilanzierungsregeln.

Die in Deutschland bisher realisierten „Netto Nullenergiegebäude“ basieren ebenfalls meistens auf der primärenergetischen Jahresbilanz, wobei die Primärenergiefaktoren aus normativen Quellen wie zum Beispiel GEMIS 4.5 verwendet werden.

In Österreich werden Plus-Energiegebäude, trotz fehlender normativer und gesetzlich fehlender Grundlagen, schon seit etwa 10 Jahren entwickelt und auch verwirklicht. (Bürogebäude AEE Kärnten, „GEMINI-Haus“ in Weiz, Plusenergiewohnen Weiz). Auch in diesen Beispielen fand die Bilanzierung auf Jahresbasis statt. Während bei den Projekten, die auf der Technologiekombination „Photovoltaik und Wärmepumpe“ basieren zumeist die Bilanzierung mittels endenergetischer Kennwerte erfolgt, werden für Projekte mit solarthermischen Anlagen und/ oder Biomasse bereits Primärenergiekennwerte verwendet. Leider sind in Österreich die verwendeten Konversionsfaktoren sehr unterschiedlich und Ergebnisse verschiedener Projekte sehr schwer vergleichbar. Bei Verwendung des Passivhaus Projektierungs Paketes (PHPP) werden die in diesem Tool angeführten Faktoren, die auf den deutschen GEMIS–Faktoren beruhen und nur den nicht erneuerbaren Anteil wiedergeben, verwendet. Andere verwendete Faktoren sind GEMIS 4.5¹ oder Konversionsfaktoren laut EN 15603². Daher findet man Bilanzen für Gebäude auf Basis von PHPP-Primärenergiefaktoren, die nur den „nicht erneuerbaren Anteil“ berücksichtigen (Sanierung Schule Schwanenstadt) und somit für Biomasse den Faktor 0,2 ansetzen. Andere wiederum verwenden die GEMIS-Datenbank als Grundlage, die auch den gesamten Primärenergieaufwand ausweist (Bürogebäude AEE Kärnten) und somit den Energieträger Biomasse nur begrenzt erneuerbar darstellt (Faktor 1,177 für Pellets nach GEMIS 4.5).

Abgesehen von der Wahl der Datengrundlage für die Primärenergie stellt sich auch die Frage des Bewertungssystems – wird der Verbrauch der Ressource Primärenergie bewertet oder wird die durch Einspeisung eingesparte „Netz“energie mit Gutschriften belegt?

Jede primärenergetische Bilanzierung kann somit auf zwei unterschiedlichen Arten erfolgen:

- ∞ Ressourcenorientiert – und somit mit dem PEF des jeweiligen Energieträgers
- ∞ Gutschriftenorientiert – und somit mit dem PEF für den „ersetzten/ eingesparten“ Energieträger des Netzes

Anhand eines einfachen Beispiels, einem „all-electric“ Gebäude (zum Beispiel Photovoltaikanlage kombiniert mit Wärmepumpe), sieht man die Unterschiede: Eine

¹ Die Werte, die in Österreich auf Basis GEMIS 4.5 vom Umweltbundesamt ermittelt wurde weichen vor allem bei Strom von den deutschen Werten erheblich ab.

² Die klima:aktiv Gebäudebewertung bietet für die Nachweisführung mittels OIB die Option die Faktoren laut EN 15603 zu verwenden (gesamte Primärenergie), bei Nachweisführung mittels PHPP wird auf die Konversionsfaktoren laut PHPP (nur nicht erneuerbarer Anteil).

ressourcenorientierte Bilanzierung bewertet die vor Ort produzierte elektrische Energie aus einer Photovoltaikanlage mit dem Faktor 1,0 (PEF gesamt), den Verbrauch aus dem Netz mit Faktoren wie 2,074 (Stromaufbringung Österreich 2004-2007 laut GEMIS 4.5). Eine Bilanzierung mit unterschiedlichen Faktoren für Produktion und Verbrauch bildet zwar den tatsächlichen Verbrauch an Ressourcen ab, bedeutet aber (bei oben genannten Faktoren) mindestens doppelt so viel vor Ort produzieren zu müssen um ausgewogen bilanzieren zu können.

Sinnvoller erscheint eine Bilanzierung, die Gutschriften für den vor Ort produzierten Strom in der Höhe der damit eingesparten Primärenergie aus dem Netz, vergibt. Somit wird der Strom immer mit demselben Faktor bewertet und bilanziert. Eine Methodik, die nun auch zur Bilanzierung für alle anderen Energieträger (Solarthermie, Biomasse, KWK und deren Einspeisung in Wärmenetze) angewandt werden sollte. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass die Wärmenetze weitaus unterschiedlicher gestaltet sein können (Fernwärme- oder Nahwärmenetze, Mikronetze,..) und sich die Bestimmung des Primärenergiefaktors des Netzes weitaus komplexer gestaltet.

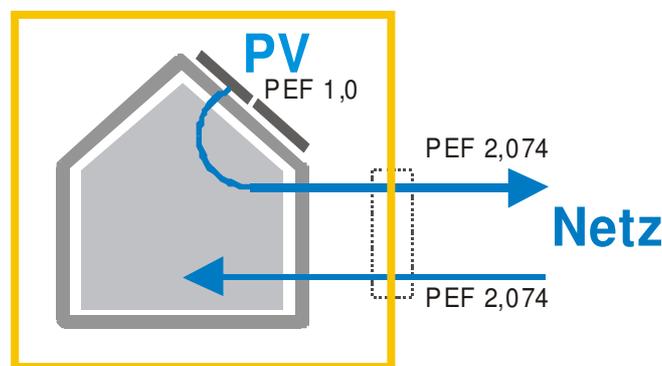


Abbildung 15: Ressourcenorientierte Bilanzierung versus Gutschriften für eingespeiste dezentral produzierte Energie am Beispiel eines „all-electric“ Gebäudes (Photovoltaikanlage und Wärmepumpe) (Quelle: AEE INTEC)

Abgesehen von wenigen Beispielen (hauptsächlich Neubauten) ist die Energiebilanz nicht zwingenderweise mit festgesetzten energetischen Bedarfsgrenzwerten (wie z.B.: Erreichen des Passivhausstandards) verknüpft. Die Basis in der Sanierung sind energieeffiziente Gebäude, die die gesetzlichen Anforderungen deutlich unterschreiten, aber nicht notwendigerweise Passivhausstandard erreichen.

Der Weg in der Bilanzierung findet daher zweistufig statt:

- ∞ Reduktion des Verbrauches und Erhöhen der Energieeffizienz – Nachweis mittels gängiger Rechenverfahren
- ∞ Einsatz erneuerbarer Energieträger zur Energieerzeugung vor Ort – Gegenüberstellung der gelieferten und der eingespeisten Energie

Im ersten Schritt wird demzufolge der rechnerische Nachweis für die energetische Gebäudequalität mittels OIB-Berechnungsverfahren [5] oder Passivhaus Projektierungs Paket [6] bestimmt. Die Berechnung findet bei beiden im Monatsbilanzverfahren statt, die Darstellung des Ergebnisses erfolgt üblicherweise nur als Jahresbilanz. Die Bewertung bei beiden fokussiert auf den Heizwärmebedarf. Ausgewiesen wird aber auch der Endenergiebedarf. Die Angaben für den Primärenergiebedarf sind im OIB-Nachweis und die Treibhausgas-

emissionen bei beiden noch blinde Felder. Daher wird im zweiten Schritt aus dem ermittelten Endenergiebedarf (in Abhängigkeit des Betrachtungsumfanges) der Primärenergiebedarf ermittelt und mit der erzeugten Primärenergie vor Ort gegenübergestellt (Bilanzierung).

Dieser zweistufige Ansatz ist auch im europäischen und internationalen Vergleich ein durchaus üblicher.

Auf Basis der Endenergie werden nun Heizwärme-, Warmwasser- und Heiztechnikenergiebedarf bei Berechnungen laut OIB abgebildet. Kühlenergie wird für Wohngebäude nicht erfasst³. Im Unterschied zum PHPP erfasst der rechnerische Nachweis laut OIB für Wohngebäude weder die Beleuchtungsenergie noch die Energie für den Haushalt. Laut Definition der Jury sind aber „*alle Anwendungen innerhalb eines Gebäudes bzw. einer Siedlung zur Funktionsgewährleistung*“ in den Betrachtungsumfang zu inkludieren. Womit zumindest auch die Energie für Lüftung und Beleuchtung jedenfalls in die Bilanzierung inkludiert werden muss, für den Haushaltsstrom diese Definition nicht klar Auskunft gibt. Erfahrungen aus messtechnischen Untersuchungen von Wohngebäuden zeigen, dass Verbräuche für Heizung und Warmwasser bereits signifikant reduziert werden konnten.[7] Die nutzungsspezifischen Haushaltsstromverbräuche hingegen bereits nahezu 50% des gesamten Energieverbrauches bei Wohngebäuden betragen und Potential für signifikante Reduktionen bergen. Um diese auch aufzuzeigen erscheint es sinnvoll, diese in der Bilanzierung mitzuerfassen, auch wenn sich ExpertInnenmeinungen national und international hier unterschiedliche Auffassungen widerspiegeln. Im weiteren Projektverlauf ist es geplant, hier mittels spezifischer Maßnahmen auf diese Sektoren genauer einzugehen (Identifikation des Potentials und der Möglichkeiten)

Die Erzeugung der erneuerbaren Energie vor Ort erfolgt bei den meisten realisierten Beispielen am Gebäude selbst oder an einem Nebengebäude (Carports, Garagen, ...). In Ausnahmen ergänzen Beteiligungen an den Bilanzausgleich vor Ort. Dies erscheint sinnvoll, wenn auf Grund der Bebauungsdichte und gleichzeitig verbrauchsintensiven Gebäuden die vorhandenen Ressourcen am Gebäude oder Grundstück nicht ausreichen den hohen Bedarf zu decken.

Für die Definition innerhalb des Leitprojektes sind weder der städtische Kontext mit hoher Bebauungsdichte, noch eine verbrauchsintensive Nutzung gegeben. Die Systemgrenze wird daher in Anlehnung an die Vorgaben der Jury („*Grenzen der Siedlung, des Gebäudes oder in unmittelbarer Nachbarschaft*“) mit der Grundstücksgrenze definiert. Die angeführte Nachbarschaft wird hier (auch wenn selbst die EBPD „*am Standort oder in der Nähe*“ [8] als zulässig definiert) ausgeschlossen – Nachbarwohngebäude sollen nicht zur Abdeckung des eigenen Bedarfes herangezogen werden.

Nachfolgende Abbildung 16 zeigt im wesentlichen die Bilanzierungsmethodik und deren relevanten Einflussgrößen.

³ Laut OIB – Richtlinie 6 - Pkt.7.3 ist die sommerliche Überwärmung von Gebäuden zu vermeiden. Bei Neubau und umfassender Sanierung von Wohngebäuden ist die ÖNorm B 8110-3 einzuhalten.

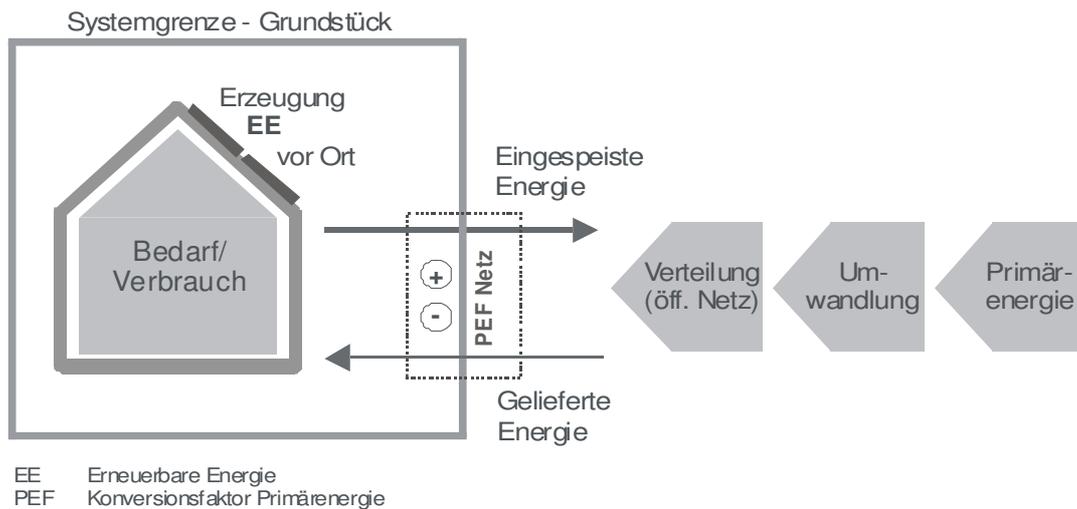


Abbildung 16: Darstellung der Bilanzierungsmethodik und relevanter Einflussgrößen (Quelle: AEE INTEC)

Zusammenfassend können fünf Bilanzierungsprinzipien festgelegt werden:

Bilanzierungszeitraum	1 Jahr
Bewertungsindikatoren	Primärenergie
Bewertungssystem	Gutschriftenorientiert
Bilanzierungsumfang	Heizung, Warmwasser, Heiztechnik- und Hilfsenergien, Beleuchtung, Lüftung, Haushalt ^{*)}
Bilanzierungsgrenze	Grundstück

^{*)} Die Abdeckung des Haushaltsstromes wird eine sehr große Herausforderung im weiteren Projektverlauf sein. Es ist geplant Konzepte zu entwickeln, die auf einer Zweistufigkeit basieren: Im ersten Schritt muss eine signifikante Reduktion des Verbrauches stattfinden, erst dann wird der verbleibende Restenergiebedarf mittels z.B. Photovoltaikanlagen vor Ort abgedeckt. Es ist bereits absehbar, dass der derzeitige durchschnittliche Haushaltsstromverbrauch in Österreich (laut Statistik Österreich) sehr große Photovoltaikanlagen und damit verbundene hohe Investitionskosten erfordert. Investitionen, die mit keiner Verbesserung der Energieeffizienz oder des BewohnerInnenkomforts einhergehen. Neben den Ergebnissen einer umfangreichen Literaturrecherche konnte ebenfalls auf die Erfahrungen und Erkenntnisse aus laufenden internationalen Forschungsvorhaben der AEE INTEC, wie dem Projekt „IEA Joint Project SHC Task 40 / ECBCS Annex 52 – NZEB – Entwicklung von netzintegrierten Null-Energiegebäuden“, zurückgegriffen werden.

5.1.3 AP 3 Konzeption thermische Gebäudehülle

Unter Bezugnahme der in AP 2 festgelegten Ziele und Anforderungen und unter Berücksichtigung der Optimierung der thermischen Gebäudehülle war das Ziel des Arbeitspaketes AP 3 die Erstellung unterschiedlicher Design- und Variantenstudien für die beiden Demonstrationsprojekte. Gleichzeitig sollten Vor- und Nachteile von konkurrierenden Maßnahmen aufgezeigt und gegenübergestellt werden bzw. eine Optimierung der Gebäudehüllfläche für die Integration von solarthermischen Kollektoren und Photovoltaikanlagen erfolgen. Je Demonstrationsprojekt sollten zwei Variantenkombinationen nach dem OIB-Monatsbilanzverfahren evaluiert und zusammen mit den bereits gewonnenen Erkenntnissen eine Empfehlung einer optimierten Variante abgegeben werden.

5.1.3.1 Ausarbeitung von je 3 Design- und Variantenstudien

Im ersten Schritt wurden daher unterschiedliche Design- und Variantenstudien für die beiden Demonstrationsprojekte entworfen. Berücksichtigt wurden dabei der erarbeitete Maßnahmenkatalog aus AP2 sowie die Optimierung der thermischen Gebäudehülle (Geometrie, Transmissions- und Lüftungswärmeverluste, Wärmebrücken, usw.).

Demoprojekt Graz, Radegunderstraße (ÖWG):

In den dargestellten Varianten wurde versucht, die bereits vorhandenen grundsätzlichen Anforderungen an das sanierte Gebäude einzuarbeiten. Dies sind u.a:

- ∞ Aktive Elemente zur Energieerzeugung müssen wahrgenommen werden → „Plus-Energie“ soll sichtbar sein
- ∞ „Doppelfassade“ zur Schallschutzverbesserung (gegen Verkehrslärm der stark frequentierten Radegunderstraße)
- ∞ Jede Wohnung soll einen eigenen Balkon erhalten (vorgestellt u. thermisch getrennt)
- ∞ Keine Ausführung eines Laubengangs, da die Einplanung eines Aufzuges nicht erforderlich ist (3-geschossig).

Abbildung 17 bis Abbildung 20 zeigen dazu einen kurzen Überblick der entstandenen Design- und Variantenstudien des Demonstrationsprojektes „Radegunderstraße, Graz“. Diese reichen dabei von grundsätzlichen Designstudien bis hin zu bereits detaillierten Betrachtungen der einzelnen Sanierungsmaßnahmen und -schritte.

Eine vergrößerte Darstellung der Abbildungen findet sich in Anhang 7.



**Abbildung 17: Designstudie 1 – „Radegunderstraße, Graz“
(Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)**



**Abbildung 18: Designstudie 2 – „Radegunderstraße, Graz“
(Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)**



**Abbildung 19: Designstudie 3 mit Darstellung der geplanten Sanierungsmaßnahmen –
„Radegunderstraße, Graz“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)**



**Abbildung 20: 4 Schritte der thermischen Sanierung – „Radegunderstraße, Graz“
(Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)**

Demoprojekt Kapfenberg, Johann-Böhmstraße (ennstal SG):

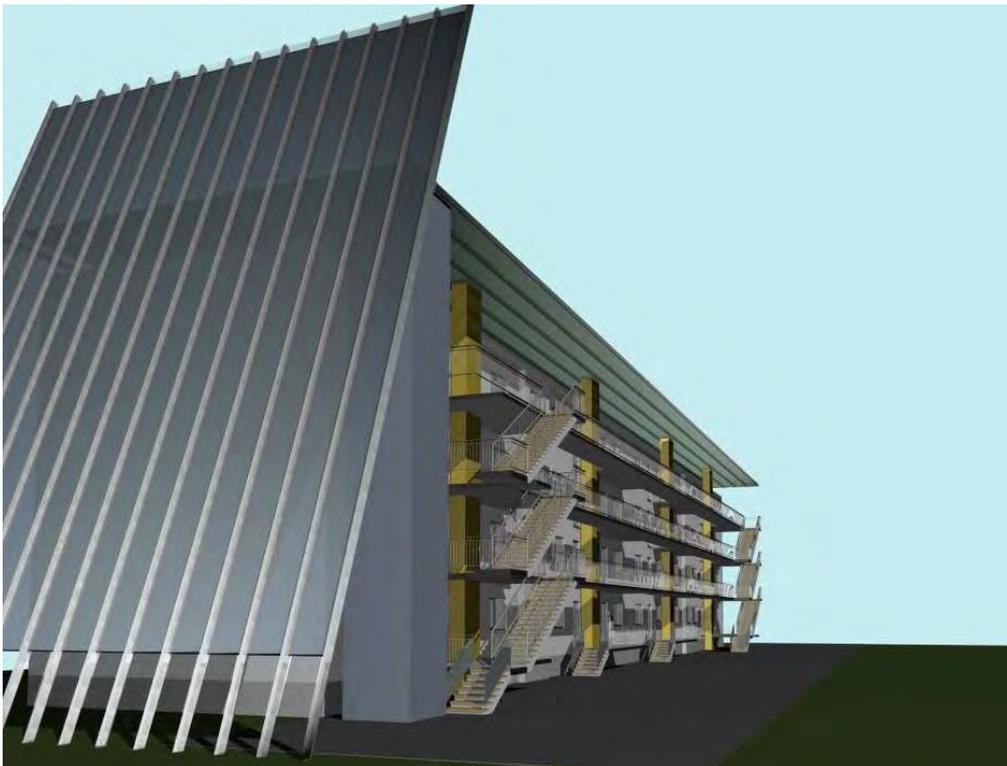
Wie für das oben dargestellte Demonstrationsprojekt „Radegunderstraße, Graz“ wurden ebenso für das Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ Design- und Variantenstudien konzipiert. Diese werden nachfolgend dargestellt (Abbildung 21 bis Abbildung 24 bzw. auch in Anhang 7) und reichen wiederum von einfachen Designstudien bis hin zu bereits detaillierten Sanierungsmaßnahmen und -schritten.

Wiederum wurde versucht die bereits vorhandenen grundsätzlichen Anforderungen an das sanierte Gebäude in die Design- und Variantenstudien einzuarbeiten. In diesem Fall sind dies unter anderem:

- ∞ Aktive Elemente zur Energieerzeugung müssen wahrgenommen werden → „Plus-Energie“ soll sichtbar sein
- ∞ Jede Wohnung soll einen eigenen Balkon erhalten (vorgestellt u. thermisch getrennt)
- ∞ Errichtung eines Laubengangs zur barrierefreien Erschließung der Wohnungen bei gleichzeitiger Erhöhung der Wohnnutzfläche (vorgestellt u. thermisch getrennt)



**Abbildung 21: Designstudie 1 – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“
(Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)**



**Abbildung 22: Designstudie 2 – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“
(Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)**



Abbildung 23: Designstudie 3 mit Analyse der Fassadenflächen hinsichtlich der Möglichkeit solarer Energieproduktion – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)

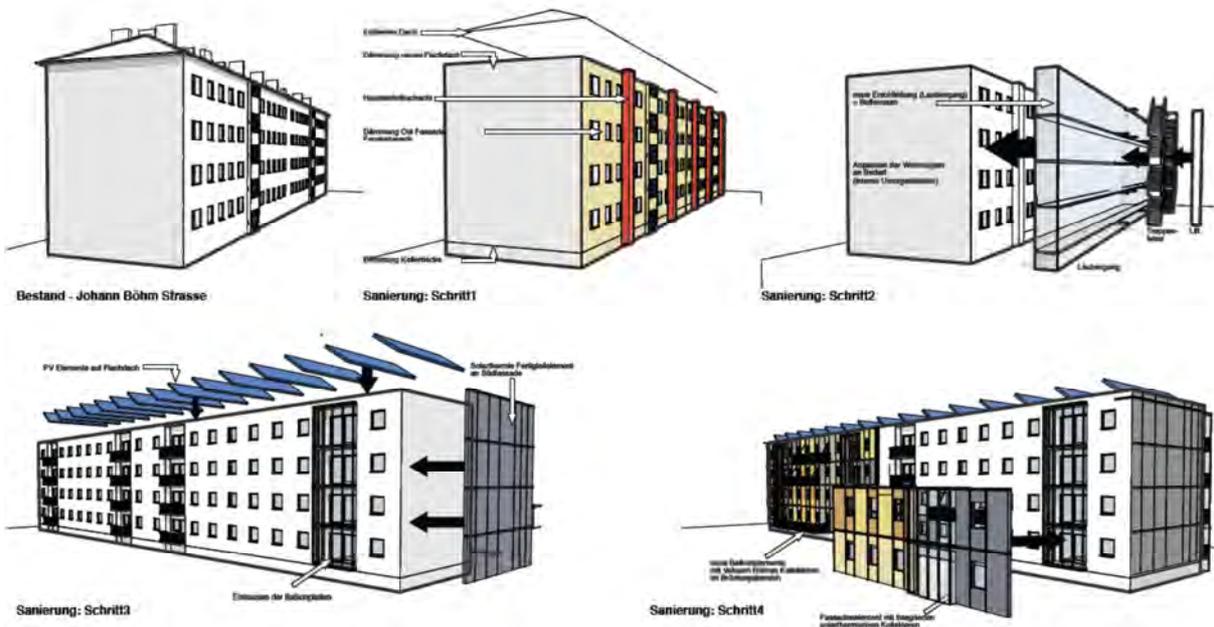


Abbildung 24: 4 Schritte der thermischen Sanierung – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)

5.1.3.2 Gegenüberstellung Vor- und Nachteile von konkurrierenden Maßnahmen

Im Zuge der Arbeiten im Arbeitspaket 3 wurde die optimale Ausführung des geplanten Laubengangs auf der Ostseite des Gebäudes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ überprüft. Zur Diskussion standen dabei grundsätzlich eine offene, als auch eine geschlossene Ausführungsvariante. Würde der Laubengang geschlossen errichtet werden, so entstünde in diesem Bereich ein unbeheizter Pufferraum, der theoretisch eine Reduktion der Wärmeverluste an dieser Außenwand zur Folge hätte.

Bevor in den nachfolgenden Absätzen auf einige Vor- und Nachteile eines geschlossenen Laubenganges eingegangen wird, erfolgt an dieser Stelle zuerst eine allgemeine Beschreibung der Errichtung des Laubengangs und der daraus möglichen Grundrissänderungen beim Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“.

Abbildung 25 zeigt den digitalisierten Bestandsgrundriss des Demonstrationsprojektes mit bereits angefügtem Laubengang (blau hervorgehoben). Durch die Errichtung des Laubengangs ist es möglich die Wohnungen von außen zu erschließen, so dass das derzeitige innenliegende Stiegenhaus nicht mehr von Nöten ist und daher anders genutzt werden kann. Dadurch ist eine Ausnutzung dieser Fläche als Wohnnutzfläche möglich, erfordert aber gleichzeitig eine Umgestaltung der Wohnungsgrundrisse.

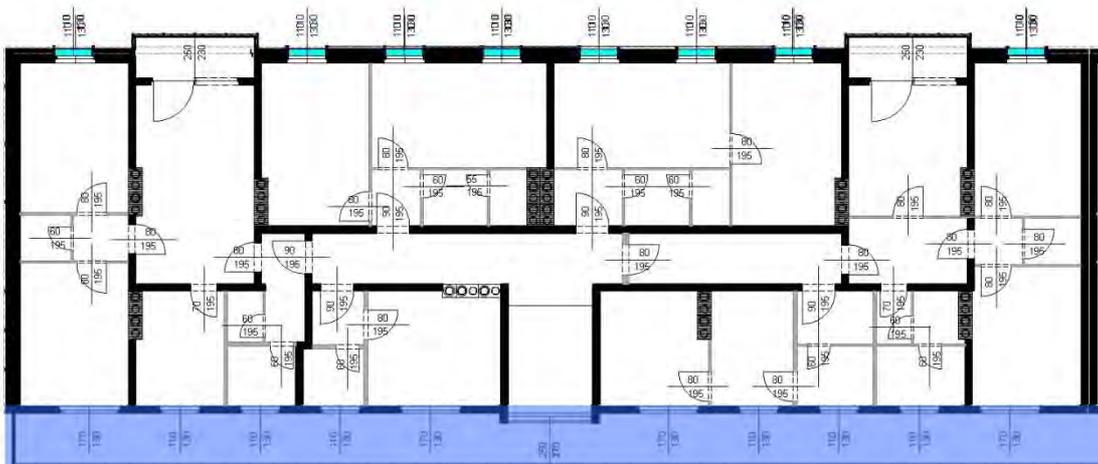
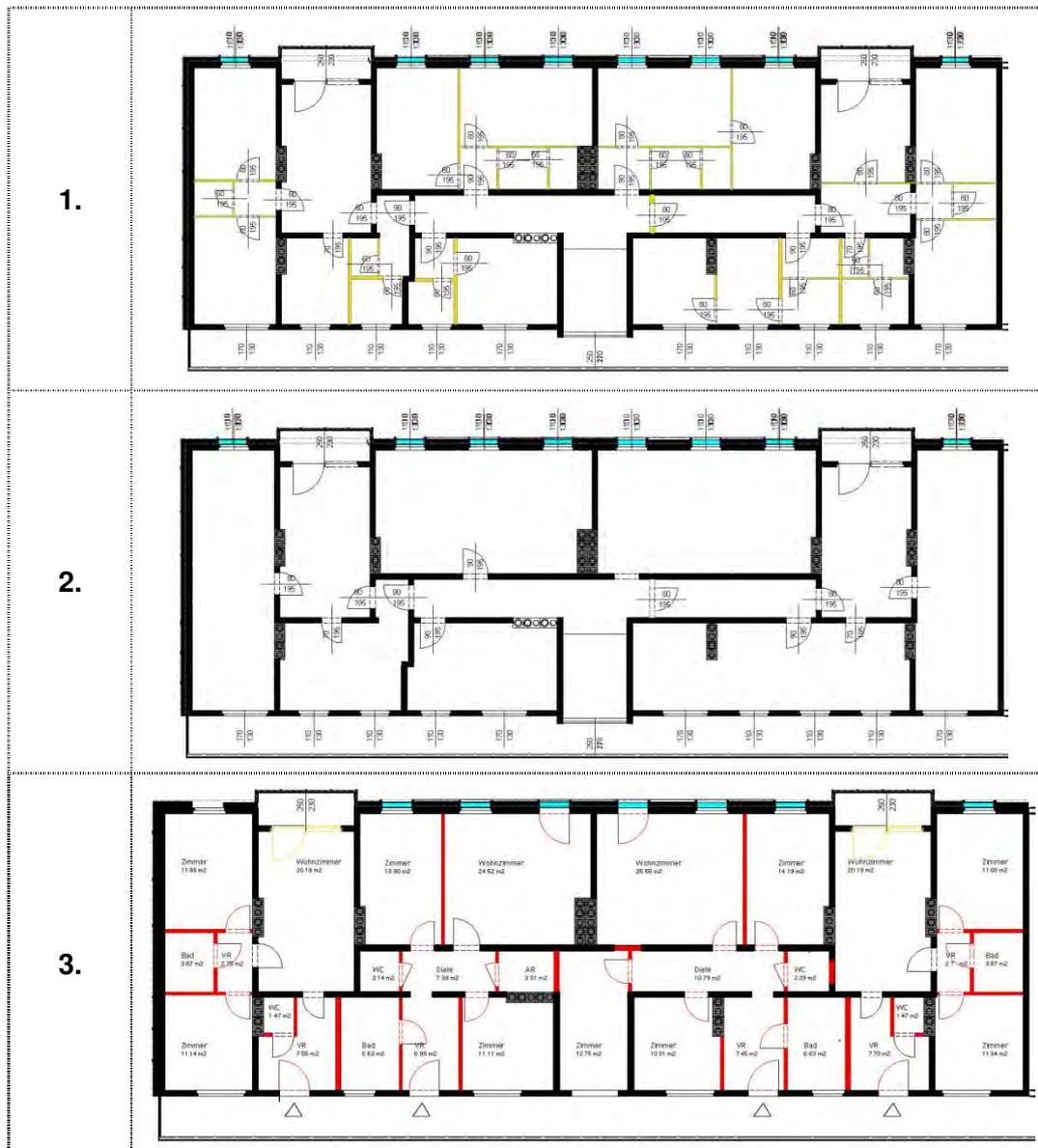


Abbildung 25: Bestandsgrundriss mit angefügtem Laubengang – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)

Nachfolgende Abbildung 26 zeigt die schrittweise Veränderungen der Wohnungsgrundrisse beim Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“. Im ersten Schritt werden sämtliche nichttragenden Wände, die nicht mehr benötigt werden, entfernt (gelb markierte Wände). Dadurch entstehen großflächige Bereiche (siehe 2.), die anschließend neu gestaltet werden können. Neu eingesetzte Wände, aber auch Türen (innen wie außen), ermöglichen eine Neugestaltung der Wohnungsgrundrisse, welche den heutigen Anforderungen (Standards) gerecht werden können. Diese neuen Bauteile werden unter Punkt 3. zur besseren Übersicht rot dargestellt.



**Abbildung 26: 3 Schritte der Grundrissänderungen – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“
(Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)**

Schlussendlich entstehen pro Stockwerk acht Wohnungen, die sich weiterhin in der Wohnungsgröße unterscheiden und allesamt einen zeitgemäßen Wohnungsgrundriss aufweisen (siehe Vorentwurf Abbildung 27).

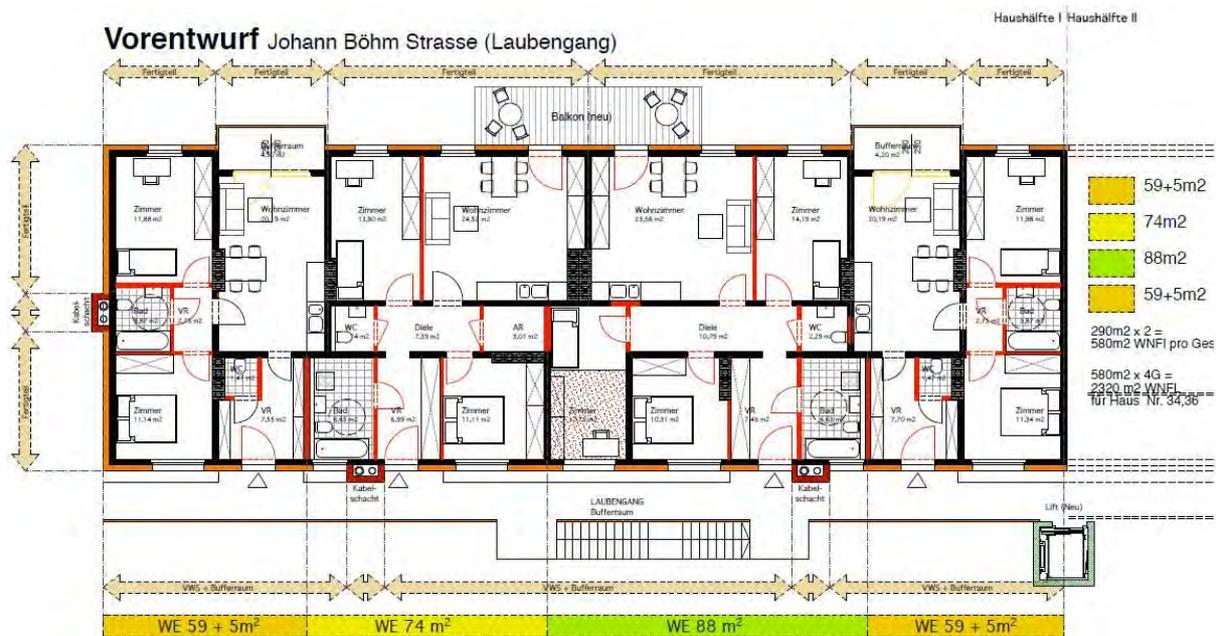


Abbildung 27: Vorentwurf Sanierungsvariante mit Laubengang und neuer Grundrissgestaltung – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)

Wie schon erwähnt, besteht nun grundsätzlich die Möglichkeit den geplanten Laubengang in einer offenen Bauweise, oder als einen eigenen abgeschlossenen Bereich zu errichten. Um nun die optimale Ausführungsvariante zu finden, wurden im ersten Schritt Vor- und Nachteile beider Konstruktionsweisen gesammelt, gegenübergestellt und anschließend daraus eine Empfehlung abgeleitet.

Tabelle 7 zeigt dazu die Gegenüberstellung einiger Vor- und Nachteile eines geschlossen ausgeführten Laubenganges. Im Anschluss an die Tabelle erfolgt eine kurze Beschreibung der einzelnen Punkte.

Tabelle 7: Vor- und Nachteile eines geschlossenen Laubenganges - Auszug

Vorteile	Nachteile
+ Zusätzlicher Wärmepuffer gegen Osten	– Investitionskosten höher
+ Witterungsschutz für Regen und Schnee vorhanden	– Wartungsaufwand höher
+ zusätzliche Glasflächen für PV-Module vorhanden	– Eventuell sommerliche Überwärmung
	– Be- und Entlüftung der angrenzenden Wohnräume problematisch bei Fensterlüftung
	– Brandschutz ist zu prüfen

Der wesentliche Vorteil eines geschlossenen Laubenganges ist der zusätzlich entstehende Pufferraum vor der Ostfassade des Gebäudes. Dadurch sollten theoretisch die Wärmeverluste im Winter reduziert und so der Heizwärmebedarf des Gebäudes gesenkt werden.

Zur konkreten Überprüfung wurden beide Ausführungsvarianten (offener / geschlossener Laubengang) mit dem OIB-Monatsbilanzverfahren überprüft und so die Energiekennzahl der beiden Ausführungsvarianten ermittelt. Als Basis dient das thermisch sanierte Gebäude

welches einmal mit zusätzlichem Pufferraum und einmal ohne berechnet wurde. Die Beschreibung der dabei geplanten Maßnahmen sowie das Ergebnis der Energieausweissberechnung ist in Kapitel 5.1.3.4 auf Seite 54 ersichtlich.

Als weiterer Pluspunkt kann festgehalten werden, dass ein geschlossener Laubengang einen deutlich besseren Witterungsschutz bietet als eine offene Ausführung. Vor allem im Winter hat dies den Vorteil, dass sich keine Schnee- und Eisablagerungen am Laubengang ansammeln können. Somit sind regelmäßige Schnee-, Eis- aber auch Laubentfernungen nicht notwendig. Infolgedessen erhöht dies auch die Sicherheit der verkehrenden BewohnerInnen (Thema „Rutschgefahr“ !!). Die, durch die Einhausung des Laubengangs entstehende, zusätzliche Glasfläche kann mit PV-Modulen ausgestattet werden, wodurch die Stromproduktion vor Ort erhöht wird.

Diesen erwähnten Vorteilen stehen aber auch konkrete Nachteile gegenüber. So ist eine geschlossene Bauweise naturgemäß mit höheren Investitionskosten verbunden. Nicht nur müssen Fenster und Türen angeschafft und montiert werden, auch haben Wände und Decken den Anforderungen an tragende Bauteile und Decken zu entsprechen (Brandschutz!!).

Ein besserer Witterungsschutz bedeutet gleichzeitig aber auch, dass die Fenster des geschlossenen Laubengangs regelmäßig gereinigt werden müssen. Dies hat einen, insgesamt gesehen, doch höheren Wartungsaufwand zur Folge, als es bei einer offenen Ausführung der Fall wäre.

Ein zusätzlicher Pufferraum vor der Ostfassade hat zwar einen energetischen Einspareffekt im Winter zur Folge (Reduktion Heizwärmebedarf), gleichzeitig sorgt dieser Puffer aber auch für eine erhöhte Wärmebelastung im Sommer. Da die Sonnenstrahlung bereits in den Morgenstunden in den Pufferraum eintritt, erhöht sich bis zu der Mittagszeit die Temperatur im Pufferraum derart, dass dies auch negative Auswirkungen auf die Raumtemperaturen in den Wohnungen haben kann. Zwar kann man dieser Erhöhung der Temperatur im Pufferraum entgegenwirken, in dem öffnbare Fenster oder Lüftungsklappen vorgesehen werden, jedoch müssen diese dann auch regelmäßig betätigt werden, was wiederum ein erhöhtes Bewusstsein (und auch Zeitaufwand) erforderlich macht.

Wird der Laubengang in einer geschlossenen Bauweise errichtet, ergibt sich des Weiteren der Nachteil, dass eine Be- und Entlüftung der angrenzenden Wohnräume (über händische Fenster- oder automatische mechanische Lüftung) nicht über den geschlossenen Laubengang möglich ist. Nicht zu unterschätzen ist zudem das Thema „Brandschutz“. Dies betrifft nicht nur die Anforderungen an tragende Bauteile und Decken, sondern auch die spezielle Anforderungen an den Laubengang, um im Fall eines Brandes ein gesichertes Verlassen der Wohnungen zu ermöglichen. Hierzu sind die konkreten Bestimmungen aus einschlägigen Richtlinien und Normen einzuhalten.

Unter Berücksichtigung aller oben erwähnten und zum Teil beschriebenen Kriterien wurde die Entscheidung getroffen, trotz energetischer Vorteile im Winter (Reduktion Heizwärmebedarf), den geplanten Laubengang beim Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ in einer offenen Bauweise zu errichten. Aus diesem Grund wurde nur mehr eine offene Konstruktion weiterverfolgt.

Anmerkung: Beim Demonstrationsprojekt „Radegunderstraße, Graz“ wurde generell auf die Errichtung eines Laubenganges verzichtet, da dort die Installation eines außenliegenden

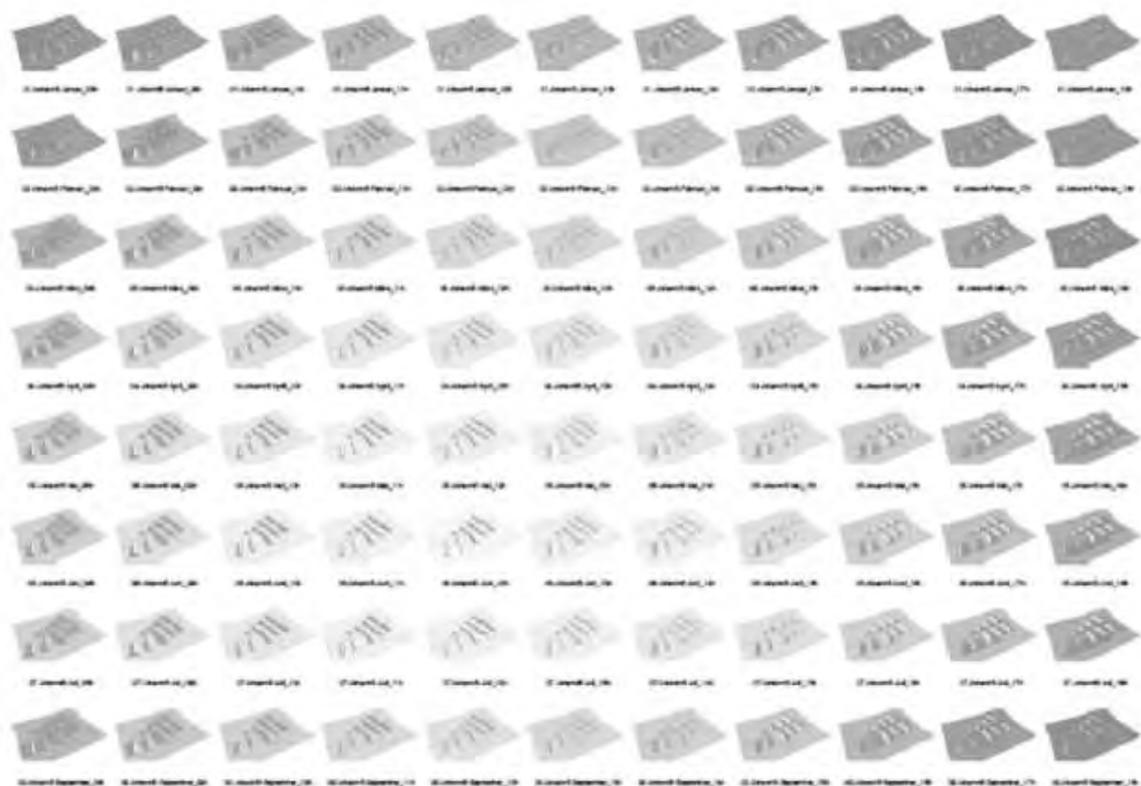
Aufzugs nicht angedacht ist. Die notwendige Barrierefreiheit wird bei diesem Gebäude über Treppenlifte im untersten Geschoß erreicht.

5.1.3.3 Optimierung der Gebäudehüllfläche für die Integration von solarthermischen Kollektoren und Photovoltaikanlagen

Um die Besonnung der Gebäude und somit das Potenzial zur Ausnutzung der passiven solaren Gewinne und des Einsatzes solarthermischer Anlagen sowie von Photovoltaikanlagen bestimmen zu können, wurden unterschiedliche Sonnenstudien an den beiden Demonstrationsobjekten durchgeführt.

Dabei wurde zum einen auf computerunterstützte Verfahren zurückgegriffen, zum anderen wurden aber auch einfache Fotografien herangezogen, um so Auskunft über Sonneneinstrahlung und Verschattung der Fassadenflächen zu erhalten.

Abbildung 28 zeigt die simulierte Besonnung des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ sowie der umliegenden Gebäude über den Jahresverlauf. Aus dieser Simulation können wichtige Erkenntnisse über Sonnenstand, Verschattung durch umliegende Gebäude, Schattenwurf, usw. gewonnen werden.



**Abbildung 28: Sonnenstudie mittels Software – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“
(Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)**

Eine weitere Möglichkeit zur Analyse der Sonneneinstrahlung besteht darin, das Gebäude hinsichtlich der maximalen Solarstrahlung auf die jeweiligen Fassaden- und Dachflächen zu untersuchen. Diese Betrachtung erfolgt für das Bestandsgebäude in Abbildung 29. Darin wurde für die einzelnen Fassaden- wie Dachflächen die jährliche solare Einstrahlung ausgegeben. Dabei zeigt sich, dass auf der Südfassade naturgemäß höhere Werte erzielt werden, wie auf der Westfassade. Des Weiteren kann aber auch festgehalten werden, dass

eine geringere Neigung der Fläche zur Horizontalen (siehe z.B. Dach) eine deutlich höhere jährliche Einstrahlung zur Folge hat.

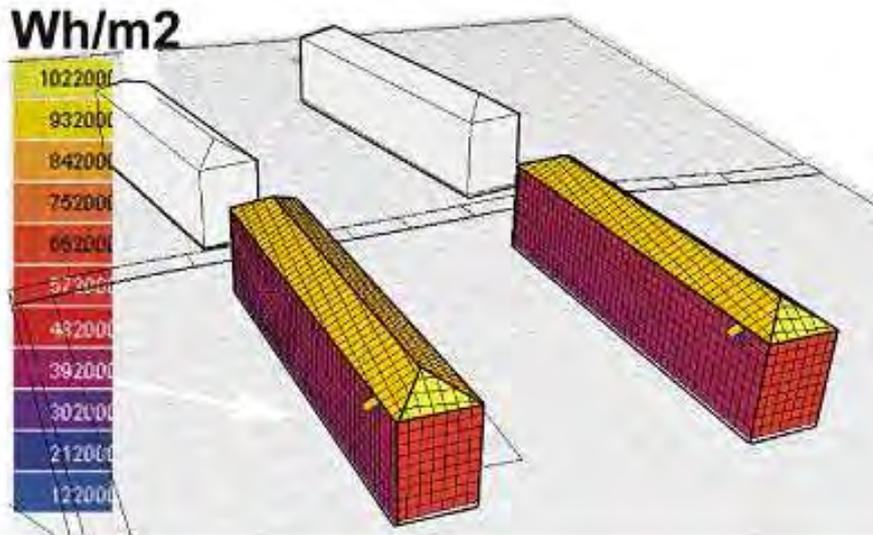


Abbildung 29: Ermittlung der Solarstrahlung auf die Gebäudehülle mittels Software – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ – Bestand (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)

Abbildung 30 zeigt auf der rechten Seite die jährliche Solarstrahlung auf das bestehende Satteldach sowie die derzeit bestehende Südfassade. Das Gebäude auf der linken Seite stellt eine optimierte Sanierungsvariante dar. In dieser Sanierungsvariante wurde durch bauliche Maßnahmen versucht jene Gebäudeflächen mit höchster solarer Einstrahlung zu vergrößern, um so die jährlichen Erträge von solarthermischen Kollektoren und Photovoltaikanlagen zu erhöhen. So wurde z.B. an der Südfassade ein sogenanntes „Solarsegel“ geplant. Dieses Solarsegel weist dabei eine geringere Neigung zur Horizontalen auf, als die bestehende Südfassade. Dadurch kann die Einstrahlung auf diese Fläche erhöht werden. Durch eine zusätzliche Vergrößerung der Bauteilfläche (im Vergleich zur bestehenden Südfassade) kann der Ertrag der dort geplanten Energieerzeuger nochmals vergrößert werden.

Das bestehende Satteldach ist für die Montage von solarthermischen Kollektoren sowie Photovoltaikanlagen nur bedingt geeignet. Zum einen ergibt sich durch die vorhandene Ausrichtung und Neigung des Daches ein gewisser Minderertrag im Vergleich zu einer optimalen Orientierung und zum anderen müsste die bestehende Dachkonstruktion an das zusätzliche Gewicht der Kollektoren angepasst werden. Aus diesem Grund wird angedacht, das vorhandene Dach zu entfernen und eine neue Flachdachkonstruktion im Zuge der Sanierungsarbeit zu errichten. Zusätzlich dazu soll auch am Dach ein „Solarsegel“ integriert werden. Dieses Segel weist eine größere Fläche bzw. bessere Ausrichtung und Neigung auf als das alleinige Flachdach und kann somit die Erträge der solaren Energieerzeugung erhöhen.

Des Weiteren ergibt sich der Vorteil, dass das Solarsegel gleichzeitig auch als Witterungsschutz für den Laubengang gegen direkten Niederschlag sowie als zusätzliche Verschattungseinrichtung zur Vermeidung von sommerlicher Überwärmung in den Wohnungen fungieren kann/soll.

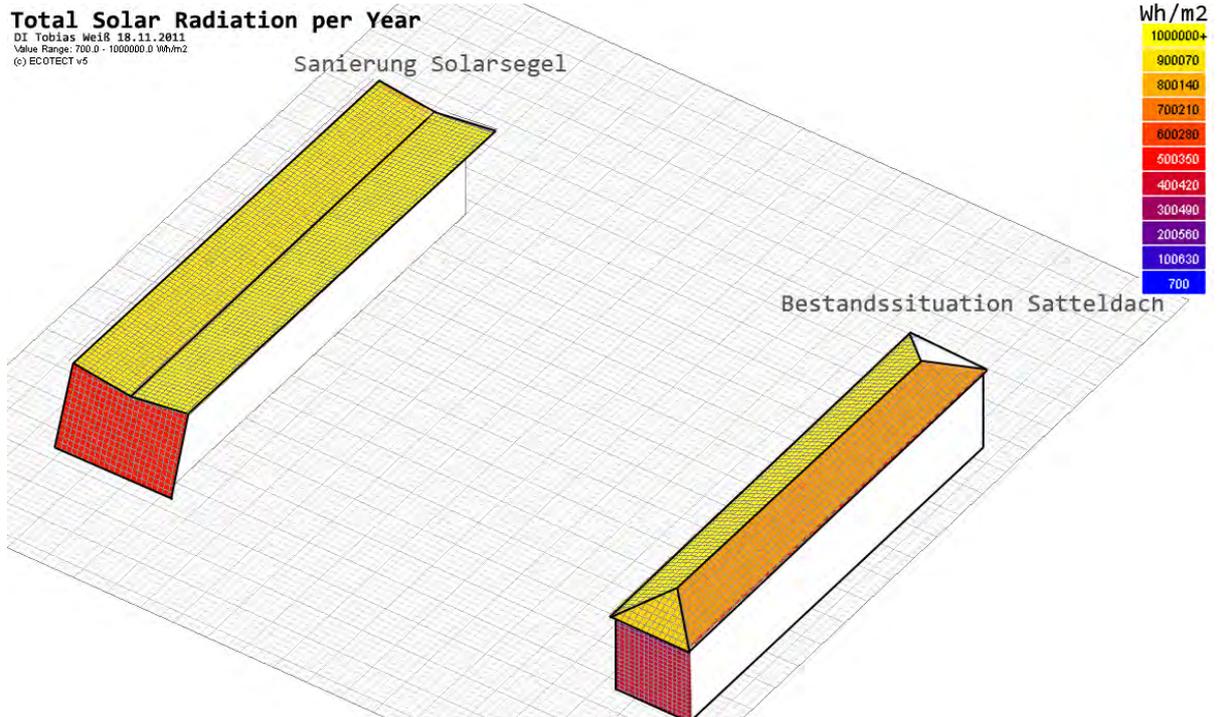


Abbildung 30: Vergleich Solarstrahlung Bestand und Sanierungsentwurf – „Johann-Böhmsstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)

Wie schon erwähnt wurden nicht nur Computersimulationen herangezogen, sondern auch reale Fotoaufnahmen verwendet, um eine Auskunft über die Sonneneinstrahlung und die gegebene Verschattung des Gebäudes zu erhalten.

Abbildung 31 zeigt dazu Sonnenstudien mittel zeitgestaffelter Foto-Aufnahmen der West-, Ost- und Südfassaden des Demonstrationsobjektes „Johann-Böhmsstraße, Kapfenberg“ an einem typischen Wintertag (Februar 2010).

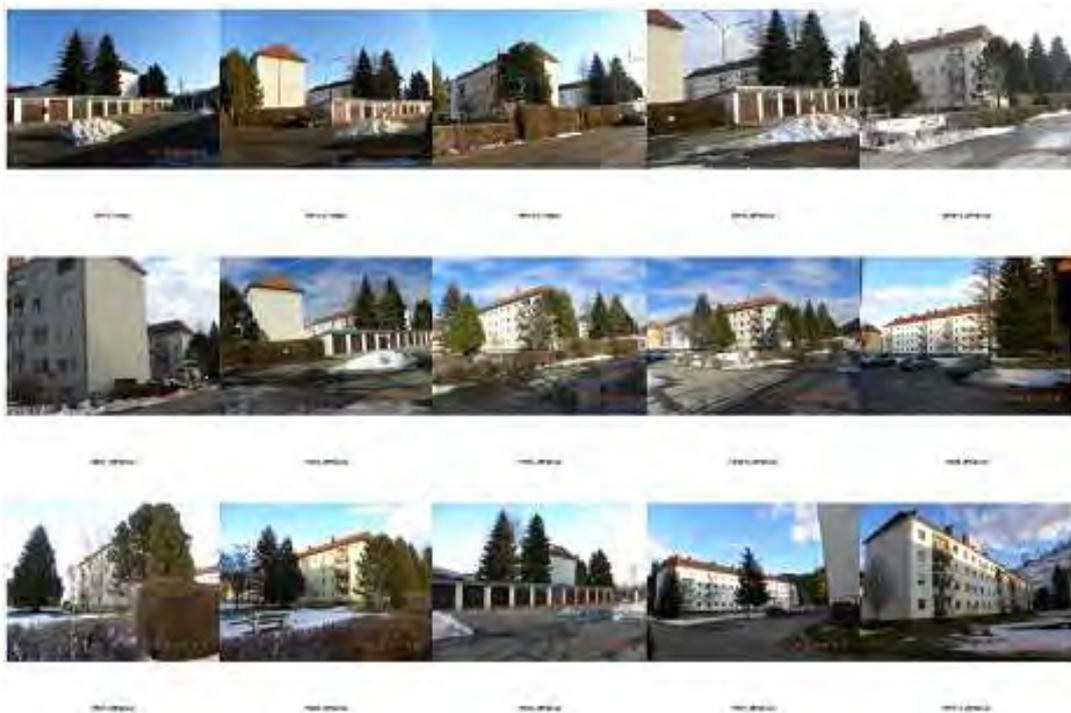


Abbildung 31: Zeitgestaffelte Fotoaufnahmen im Februar 2010 – „Johann-Böhmsstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)

Auch die durchgeführten Vorortbegehungen ermöglichten eine Vergegenwärtigung der diesbezüglichen Situation. Nachfolgende Fotos in Abbildung 32 sollen dazu einen Eindruck der vorgefundenen Situation geben.



Abbildung 32: Besonnung und Verschattung – Situation am 18.01.2011 – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: AEE INTEC)

Naturgemäß eignen sich südorientierte Flächen am besten zur aktiven solaren Energieerzeugung. Auf Grund der Ost-West-Orientierung des Baukörpers stehen solche Flächen nur in sehr begrenztem Ausmaß zur Verfügung. Daher wird, wie schon erwähnt, in weiterer Folge angedacht, an der Südfassade des Gebäudes ein sogenanntes „Solarsegel“ anzubringen. Dabei handelt es sich um eine zusätzliche geneigte Fläche, die zum einen mehr Platz zur Anbringung von solarthermischen Kollektoren oder Photovoltaikkollektoren bietet, zum anderen aber auch gleichzeitig durch die Neigung (ca. 70°) den jährlichen Ertrag der entsprechenden solarthermischen oder Photovoltaikanlage in der Übergangszeit und im Winter erhöht. Darüber hinaus entsteht als positiver Nebeneffekt zusätzlicher Raum unterhalb dieses „Solarsegels“, der in weiterer Folge als Technikraum genutzt werden könnte. Mögliche Ausführungsvarianten dieses „Solarsegels“ sind in den vorangegangenen Designstudien auf Seite 45 und 46 ersichtlich (Abbildung 21 bis Abbildung 23 sowie Abbildung 30). Ebenso soll das bestehende Satteldach durch einen Flachdachaufbau ersetzt und gleichzeitig auch am Dach eine großflächige Photovoltaikanlage errichtet werden.

5.1.3.4 Evaluierung von je 2 Variantenkombinationen nach dem OIB-Monatsbilanzverfahren

In diesem Kapitel erfolgt nun die Darstellung der Ergebnisse der energetischen Bewertung der unterschiedlichen Sanierungsvarianten nach dem OIB-Monatsbilanzverfahren. Im ersten Schritt erfolgt dazu eine kurze Beschreibung der einzelnen evaluierten Sanierungsvarianten, wobei deren wesentlichen Eckpunkte aufgezeigt werden.

Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“

Für das betrachtete Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ sind drei Varianten definiert worden, die anschließend mittels OIB-Monatsbilanzverfahren bewertet wurden. Das wesentliche Ergebnis dieser Bewertung stellt der Heizwärmebedarf (HWB) dar. Der HWB ist dabei die einzige Kenngröße, die die grundsätzliche thermisch-energetische Qualität des Gebäudes nach der Sanierung widerspiegelt. Der HWB beinhaltet nicht das Verfahren der NutzerInnen.

Variante 1:

Zur Reduktion der Transmissionswärmeverluste müssen die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der wärmeübertragenden Außenbauteile auf ein Minimum gesenkt werden. Um dies zu erreichen sind verstärkt Wärmedämmmaßnahmen im Bereich der thermischen Gebäudehülle notwendig. So werden z.B. an der obersten Geschoßdecke (Außendecke) insgesamt 30 cm Wärmedämmung angebracht. Dadurch reduziert sich der U-Wert beispielsweise von $U=0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf $U=0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ähnliche Wärmedämmmaßnahmen werden auch bei den anderen Bauteilen durchgeführt. So ergeben sich deutlich reduzierte U-Werte der sanierten Gebäudehülle. Tabelle 8 zeigt eine Gegenüberstellung der U-Werte des Bestandsgebäudes sowie der Sanierungsvariante 1.

Tabelle 8: Vergleich U-Werte Bestand und Sanierungsvariante 1 – Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“

Bauteil	U-Wert Bestand in $\text{W/m}^2\text{K}$	U-Wert Variante 1 in $\text{W/m}^2\text{K}$
Außenwand	0,87	0,14
Fenster	2,50	1,00
Oberste Geschoßdecke	0,74	0,10
Kellerdecke	0,39	0,30

Die Reduktion der Lüftungswärmeverluste erfolgt durch eine Verbesserung der Luftdichtheit der Gebäudehülle. Um diese zu erreichen ist es notwendig, im Zuge der Planung ein Luftdichtheitskonzept zu entwickeln, welches an die Art und Ausführung der jeweiligen Demonstrationsprojekte angepasst ist. Frühzeitig muss dabei entschieden werden, ob die luftdichte Schicht an der Innen- oder Außenseite der Gebäudehülle, oder sogar in der Konstruktion verläuft. Eine besondere Beachtung gilt es außerdem auf Übergänge von wechselnden Materialien zu legen. Ebenso ist auf eine sorgfältige Ausführung von Durchdringungen zu achten. Generell gilt es bei der Herstellung der Luftdichtheitsschicht auf eine sorgfältige Ausführung der Arbeiten aller am Bau Beteiligten zu achten (Thema „Qualitätssicherung“). Die Entwicklung eines, an das Demonstrationsprojekt angepassten, Luftdichtheitskonzeptes erfolgt im Zuge der Arbeiten des Subprojektes 4 „Demoprojekt“ des übergeordneten Leitprojektes.

Durch die geplanten konkreten Maßnahmen sollte die Luftdichtheit auf einen n_{50} -Wert von $1,0 \text{ h}^{-1}$ gesenkt werden können. Weitere Maßnahmen zur Verringerung der Lüftungswärmeverluste, wie z.B. Einsatz einer Wärmerückgewinnung, sind in der Sanierungsvariante 1 nicht geplant. Die Belüftung der Wohnungen findet weiterhin, wie beim Bestand, über eine manuelle Fensterlüftung statt.

Der geplante Laubengang wird in der Variante 1 als offen angenommen (kein Pufferraum vor der Ostfassade!).

Variante 2:

In der Sanierungsvariante 2 werden die gleichen bautechnischen Wärmedämmmaßnahmen eingeplant wie in der zuvor beschriebenen Variante 1. Die U-Werte dieser Variante decken sich daher 100%ig mit den in Tabelle 8 dargestellten U-Werten des sanierten Gebäudes.

Zur Reduktion der Lüftungswärmeverluste wird in der Sanierungsvariante 2, zusätzlich zur Verbesserung der Luftdichtheit des Gebäudes auf einen n_{50} -Wert von $1,0 \text{ h}^{-1}$, auch eine mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) eingeplant. Dabei wird über

das Abluftsystem aus den Sanitarräumen sowie der Küche die „verbrauchte Luft“ abgesaugt. Bevor diese jedoch ins Freie geführt wird, gibt sie die enthaltene Wärme über einen Wärmetauscher an die bereits gefilterte Außenluft ab. Die so erwärmte Zuluft wird anschließend den einzelnen Wohn- und Schlafräumen wieder zugeführt. Dadurch ergeben sich zum einen Energieeinsparungen aber auch ein höherer thermischer und hygienischer Komfort sind die Folge. Der Wärmebereitstellungsgrad des Wärmetauschers sollte dabei mindestens 75% betragen.

Der geplante Laubengang wird auch in der Sanierungsvariante 2 in einer offenen Bauweise einkalkuliert, d.h. es entsteht vor der Ostfassade des Gebäudes kein zusätzlicher Pufferraum.

Variante 3:

Variante 3 entspricht großteils der oben beschriebenen Sanierungsvariante 2. Der einzige Unterschied liegt darin, dass hier von einem geschlossenen Laubengang ausgegangen wird. Dieser geschlossene Laubengang wirkt wie ein Pufferraum und reduziert auf diese Weise zusätzlich die Wärmeverluste der Ostfassade nach außen.

Demonstrationsprojekt „Radequnderstraße, Graz“

Für das betrachtete Demonstrationsprojekt „Radequnderstraße, Graz“ wurden hingegen nur zwei Sanierungsvarianten definiert. Eine dritte Variante, mit Berücksichtigung eines geschlossenen Laubengangs, entfällt auf Grund der in Kapitel 5.1.3.2 beschriebenen Punkte (→ kein Aufzug geplant, daher auch keine Errichtung eines Laubengangs angedacht).

Variante 1:

Wie auch schon zuvor, ist es unbedingt notwendig, die Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Bestandsaußenbauteile zu senken, um so die Transmissionswärmeverluste des Gebäudes zu reduzieren. Aus diesem Grund werden bei der Berechnung ähnliche Wärmedämmmaßnahmen eingeplant, wie bereits beim Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“. Die daraus resultierenden U-Werte der Sanierungsvariante 1 sind in Tabelle 9 im Vergleich mit den Bestandswerten dargestellt.

Tabelle 9: Vergleich U-Werte Bestand und Sanierungsvariante 1 – Demonstrationsprojekt „Radequnderstraße, Graz“

Bauteil	U-Wert Bestand in W/m²K	U-Wert Variante 1 in W/m²K
Außenwand	1,66	0,18
Fenster	2,50	1,00
Oberste Geschoßdecke	1,66	0,12
Kellerdecke	0,40	0,40

Die Reduktion der Lüftungswärmeverluste erfolgt wiederum durch eine Verbesserung der Luftdichtheit der Gebäudehülle (siehe Beschreibung Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“). Durch konkrete Maßnahmen sollte die Luftdichtheit auf einen n_{50} -Wert von $1,0 \text{ h}^{-1}$ gesenkt werden können. Weitere Maßnahmen zur Verringerung der Lüftungswärmeverluste (Bsp. raumluftechnische Anlage mit Wärmerückgewinnung) sind auch in dieser Sanierungsvariante 1 nicht geplant.

Variante 2:

In der Sanierungsvariante 2 werden wiederum die gleichen bautechnischen Wärmedämmmaßnahmen eingeplant wie in der zuvor beschriebenen Variante 1. Die U-Werte dieser Variante decken sich daher 100%ig mit den in Tabelle 9 dargestellten U-Werten des sanierten Demonstrationsprojektes „Radegunderstraße, Graz“.

Zur Reduktion der Lüftungswärmeverluste und zur Erhöhung des thermischen sowie hygienischen Komforts in den Wohnungen wird in der Sanierungsvariante 2, zusätzlich zur Verbesserung der Luftdichtheit des Gebäudes auf einen n_{50} -Wert von $1,0 \text{ h}^{-1}$, auch eine mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) eingeplant. Der Wärmebereitstellungsgrad des Wärmetauschers sollte dabei wiederum mindestens 75% betragen.

Berechnungsergebnisse

Die in den oberen Absätzen beschriebenen Sanierungsvarianten wurden anschließend nach dem OIB-Monatsbilanzverfahren bewertet und der Heizwärmebedarf der einzelnen Varianten ermittelt. Nachfolgende Tabelle 10 zeigt eine Zusammenstellung der gewonnenen Ergebnisse. Zusätzlich werden auch die Mindestanforderungen an den Heizwärmebedarf der beiden Demonstrationsprojekte lt. OIB-Richtlinie 6 dargestellt. Die dazugehörigen Energieausweise sind im Anhang 8 zu entnehmen.

Tabelle 10: Ergebnis der Energieausweisberechnungen für die beiden Demonstrationsprojekte

		„Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“	„Radegunderstraße, Graz“
Heizwärmebedarf	Variante 1	24,86 kWh/m ² _{BGFa}	28,29 kWh/m ² _{BGFa}
	Variante 2	11,74 kWh/m ² _{BGFa}	15,40 kWh/m ² _{BGFa}
	Variante 3	8,38 kWh/m ² _{BGFa}	-
	Mindestanforderung lt. OIB-Richtlinie 6	48,67 kWh/m ² _{BGFa} bzw. 40,67 kWh/m ² _{BGFa} ¹⁾	54,21 kWh/m ² _{BGFa} bzw. 46,21 kWh/m ² _{BGFa} ¹⁾
¹⁾ beim Einsatz einer Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung reduziert sich der maximal zulässige Heizwärmebedarf um 8 kWh/m ² _{BGFa} (Quelle: OIB-Richtlinie 6 - Ausgabe: Oktober 2011)			

Wie das Ergebnis der Energieausweisberechnung zeigt, könnte beim Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ durch die geschlossene Bauweise des Laubengangs auf der Ostseite des Gebäudes der Heizwärmebedarf um rund 3,4 kWh/m²_{BGFa} gesenkt werden (Vergleich Variante 2 u. 3). Dies entspricht einer Reduktion von knapp 30% zur Variante mit offenem Laubengang.

Des Weiteren zeigt sich, dass die Mindestanforderungen an den Heizwärmebedarf lt. OIB-Richtlinie 6 von allen Sanierungsvarianten, sowohl beim Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ als auch beim Demonstrationsprojekt „Radegunderstraße, Graz“, deutlich unterschritten werden.

Zusätzlich wird deutlich, dass der Unterschied zwischen manueller Fensterlüftung und mechanischer Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung rund 13 kWh/m²_{BGFa} beträgt (Vergleich Varianten 1 u. 2). Dies entspricht in den konkreten beiden Fällen einer Reduktion von rund 53% beim Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ und von rund 46% beim Demonstrationsprojekt „Radegunderstraße, Graz“.

5.1.3.5 Empfehlung einer optimierten Variante

Unter Einbeziehung sämtlicher Untersuchungen und Ausarbeitungen im Arbeitspaket 3 kann schlussendlich eine Empfehlung einer optimierten Variante der thermischen Gebäudehülle festgehalten werden. Dies wird nachfolgend kurz dargestellt:

Wärmedämmdicken

Zur Reduktion der Transmissionswärmeverluste sollte das zu sanierende Gebäude mit folgenden Wärmedämmdicken mindestens versehen werden (bei Wärmeleitfähigkeit λ von zirka $0,04 \text{ W/mK}$):

- ∞ Außenwand: 18 – 22 cm
- ∞ Oberste Geschoßdecke: 28 – 34 cm
- ∞ Kellerdecke: $\geq 6 - 10 \text{ cm}$ (je nach Platzbedarf)

Neu eingebaute Fenster sollten eine hohe thermische Qualität aufweisen. Das bedeutet mindestens eine 3-Scheiben-Verglasung mit einem U-Wert des Glases von $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Der gesamte U-Wert des neuen Fensters (U_w) sollte bei rund $0,9 - 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ liegen.

Reduzierung der Wärmebrücken

Im Zuge der Sanierung muss versucht werden die vorhandenen Wärmebrücken auf ein Minimum zu reduzieren. Darunter gehört unter anderem auch die thermische Trennung sämtlicher geplanter Anbauten, wie Laubengang und Balkone.

Um dies zu gewährleisten, können im Wesentlichen drei Verfahren herangezogen werden. Die erste Variante besteht darin, spezielle Dämmelemente zu verwenden, die einerseits die notwendige thermische Trennung der Anbauten vom restlichen Gebäude sicherstellen und zum anderen aber auch die entstehenden Zug- und Druckkräfte aufnehmen können. Ein solches Dämmelement wird allgemein als sogenannter „Iso-Korb“ bezeichnet.

Die zweite Möglichkeit zur Herstellung einer thermischen Trennung ist die Errichtung eines „Auflegers“. Dieser wird dabei thermisch getrennt von der Außenwand an dieser montiert und bietet die Möglichkeit, die geplanten Anbauten an diesem Aufleger zu befestigen. Da die thermisch getrennte Montage des Auflegers in vielen Fällen einfacher und kostengünstiger ist als die komplette thermisch getrennte Montage des Anbaus, wird sehr oft auf dieses Verfahren zurückgegriffen.

Die dritte Variante besteht schlussendlich darin, die geplanten Anbauten mit einem eigenen Tragwerk vor dem Gebäude zu errichten und nur an der Außenwand die erforderliche Rückverankerung sicherzustellen. Bei der Verankerung mit dem eigentlichen Gebäude muss wiederum auf eine ausreichende thermische Trennung geachtet werden (Einsatz spezieller Ankerplatten).

Eine Reduzierung der Wärmebrücken bringt grundsätzlich folgende Vorteile mit sich:

- ∞ Reduktion Energieverbrauch
- ∞ Erhöhung der thermischen Behaglichkeit
- ∞ Erhöhung der Wohnhygiene (Vermeidung von Schimmel)
- ∞ Vermeidung einer Bausubstanzgefährdung

Laubengang

Nach Gegenüberstellung und Analyse der Vor- und Nachteile eines geschlossen ausgeführten Laubengangs wurde die Entscheidung getroffen, diesen in einer offenen Bauweise zu errichten. Dies bedeutet, dass der Laubengang vor der Ostfassade des Gebäudes nicht durch Fenster verschlossen wird und somit kein Pufferraum zwischen Außenluft und Gebäude entsteht.

Bei der Ausführung des Laubengangs muss, wie schon unter Punkt „Reduzierung der Wärmebrücken“ erwähnt, darauf geachtet werden, dass eine thermische Trennung zwischen Laubengang und Gebäudemauerwerk hergestellt wird. Eine detaillierte Entwicklung und Konzeption der thermischen Trennung des Laubengangs erfolgt im Subprojekt 3 „Technologie- und Komponentenentwicklung“ sowie im Subprojekt 4 „Demoprojekt“ des übergeordneten Leitprojektes.

Zusätzlich sollte der Laubengang nicht direkt an die Außenwand des Gebäudes grenzen. Dies bedeutet in weiterer Folge, dass der Laubengang vom Gebäude abgerückt wird und nur einen definierten Zugang zu den Wohnungseingangstüren ermöglicht. Dadurch soll die Möglichkeit des direkten Einblicks in die Fenster der Ostfassade verhindert werden und keine Beeinträchtigung durch verkehrende NachbarInnen entstehen.

Solaresegel

Zur Erhöhung der solaren Gewinne an der Südfassade des Gebäudes sowie am Dach, wird die Errichtung eines Solarsegels empfohlen. Dadurch kann zum einen die Fläche zur Montage von solarthermischen Kollektoren sowie Photovoltaikanlagen erhöht und gleichzeitig deren Ausrichtung optimiert werden. Die detaillierte Entwicklung und Konzeption der Ausführung des Solarsegels am Dach erfolgt im Subprojekt 4 „Demoprojekt“ des übergeordneten Leitprojektes. Aus derzeitiger Sicht lässt sich allerdings sagen, dass aus diversen Gründen eine Aufständigung des Solarsegels vorteilhaft ist. Bei der Ausführung der Aufständigung ist wiederum auf eine thermische Trennung dieser zu achten.

Somit ist auch eine Kontrolle und Wartung der Dachhaut jederzeit möglich und eine eventuelle Verschattung durch Bauelemente (z.B. best. Kamine etc.) wird hintangehalten.

5.1.4 AP 4 Konzeption Energieversorgung

Die Arbeiten im Arbeitspaket 4 „Konzeption Energieversorgung“ sind in drei Stufen unterteilt und werden nachfolgend kurz dargestellt und in den Kapiteln 5.1.4.1 bis 5.1.4.8 detailliert beschrieben:

∞ Produktion von Wärme und Strom

In der ersten Stufe sollten Konzepte zur innovativen Energiegewinnung erstellt werden. Berücksichtigt wurden dabei die Verfügbarkeit der Energieträger vor Ort, das Potenzial zur Erreichung des Plus-Energie-Zieles, Kriterien zur Minimierung der CO₂-Emissionen sowie die Betrachtung der Ökologie, Wirtschaftlichkeit und Kosten. Dabei wurden ebenso unterschiedliche Möglichkeiten zur Spitzenlastabdeckung (Wärme wie Strom) untersucht und bei der Konzeption der Energieerzeugung berücksichtigt.

∞ Speicherung und Verteilung

In der zweiten Stufe wurde ein Wärmelastprofil erstellt und anschließend auf Basis der Arbeiten im Arbeitspaket 3 und der Energiegewinnungsstrategie aus Stufe 1 ein innovatives Verteil- und Speicherkonzept erarbeitet.

∞ Einspeisung in Netze

Zuallerletzt wurde in Stufe 3 eine optimale Einbindung der Gebäude in vorhandene bzw. neu zu errichtende Netze (Strom- und Wärme) angestrebt. Innovative Komponente zur Unterstützung des Aufbaus von Smart Grids wurden ebenso untersucht wie Laststeuerungsmöglichkeiten der konkreten Wärmenetze.

5.1.4.1 Konzeption einer innovativen und angepassten Energiegewinnungsstrategie

Wärme

Die Grundwärmeversorgung des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ erfolgt über eine solarthermische Anlage. Die Solarthermiekollektoren werden dabei in das „Solarsegel“, welches an der Südseite des Gebäudes errichtet wird, integriert. Insgesamt werden so zirka 200 m² solarthermische Kollektoren verbaut. Die solarthermische Anlage soll zur Brauchwarmwasserbereitung und Heizungseinbindung im Winter und Übergangszeiten dienen.

Da aus derzeitiger Sicht eine mechanische Abluftanlage mit WRG, mit Frischluftzufuhr über die Fenster (Fensterschlitze) bzw. Außenwandöffnungen im Zuge der Sanierung angedacht ist (siehe Kapitel 5.1.4.2), wird die gleichzeitige Installation einer Abluft-Wärmepumpe empfohlen. Diese kann das annähernd konstante Energiepotential der Abluft (Ablufttemperatur rund 20-22°C) als Wärmequelle der Wärmepumpe ausgenutzt werden, um einen zusätzlichen Beitrag zu Bereitstellung der Heizwärme und des Brauchwarmwassers zu leisten. Da die Leistungs- und Arbeitszahlen von Wärmepumpen, und somit deren energetische Effizienz, sehr stark von der Temperaturdifferenz zwischen Verdampfungs- und Kondensationstemperatur abhängig sind, wird davon ausgegangen, dass durch die sehr hohe Verdampfungstemperatur der Abluft (im Vergleich zur Außenluft), ein sehr energieeffizienter Betrieb der Abluft-Wärmepumpe möglich ist.

Zur Spitzenlastabdeckung soll beim vorliegenden Demonstrationsprojekt das Fernwärmenetz der Stadtwerke Kapfenberg dienen. Nach Erarbeitung und Gegenüberstellung der unterschiedlichen Technologien wurde im konkreten Fall die Fernwärmeversorgung als die

effizienteste Möglichkeit der Spitzenlastabdeckung definiert. Dieses besteht nämlich zu einem großen Teil aus Abwärme (50-60%), welche von den Betriebsstätten der Böhler Edelstahl GmbH & Co KG generiert werden kann.

Weitere erneuerbare Energieträger, wie Windkraft, Wasserkraft oder Blockheizkraftwerk wurden im Rahmen der Bestandserhebung untersucht. Diese wurden jedoch aus wirtschaftlichen und technischen Gründen bzw. Machbarkeit (z.B. Feinstaubproblematik) abgelehnt und nicht weiter verfolgt.

Strom

Die Stromerzeugung beim Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ erfolgt daher ausschließlich über Photovoltaik.

Am Dach des Gebäudes (Flachdach anstatt des vorhandenen Steildaches) ist dazu eine Photovoltaikanlage im Ausmaß von ca. 400 m² / 50 kWp vorgesehen. An der Ostfassade sollen teilweise Dünnschichtmodule in die Laubengangbrüstung integriert werden. An der Westfassade ist eine Fassadenintegration (ebenfalls mit Dünnschichtmodulen) vorgesehen. Zusammen entsteht so an der Ost- und Westfassade eine zusätzliche Fläche von ca. 250 – 300 m². Die exakte Auslegung und Verteilung der Photovoltaikflächen am Dach und an den Fassaden erfolgt im Rahmen der Planung und Umsetzung von SP4.

Abgedeckt werden damit die benötigte Hilfsenergie, die Beleuchtung und der Haushaltsstrom sowie die zu kompensierende Heizenergie (abgeleitet aus der Plus-Energie-Bilanz)

Überschüssige Energie wird in das Stromnetz eingespeist. Vorbehaltsflächen für weitere Photovoltaikflächen sind möglich.

5.1.4.2 Konzeption einer innovativen und angepassten Lüftungsstrategie

Aus den grundsätzlichen Überlegungen hinsichtlich einer innovativen und angepassten Lüftungsstrategie ergeben sich für das betrachtete Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ vier unterschiedliche Lüftungsvarianten/-techniken. Diese sind wie folgt:

- ∞ Einzelraumlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung (WRG)

Bei einer Einzelraumlüftung werden sämtliche Wohn- und Schlafträume einer Wohnung mit einem eigenen dezentralen Lüftungsgerät versehen und auf diese Weise mit Frischluft versorgt. Auf eine Ausstattung der Nassräume mit Lüftungsgeräten wird in der Regel verzichtet.

- ∞ Zentrale Abluftanlage mit WRG

Bei zentralen Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung wird die verbrauchte Raumluft über Ventilatoren in den Ablufträumen (in der Regel Küche, Bad und WC) angesaugt und über Abluftrohre nach außen befördert. Die notwendige Frischluft gelangt durch den entstehenden Unterdruck über Außenluft-Durchlässe oder über Leckagen in die Aufenthaltsräume.

- ∞ Dezentrale Zu- und Abluftanlage mit WRG

(De-)Zentrale Zu- und Abluftanlagen stellen eine Erweiterung der reinen Abluftanlage dar. Der Unterschied besteht darin, dass neben der Abluft auch die Zuluft mechanisch über einen Ventilator gefördert wird. Als Kern der Anlage fungiert ein

zentrales Lüftungsgerät, in dem Zu- und Abluftvolumenstrom durch zwei Ventilatoren aneinander vorbei durch einen Wärmetauscher geführt werden. Dezentral bedeutet in diesem Fall, dass jede Wohnung mit einem eigenen Lüftungsgerät ausgestattet wird und der Betrieb daher unabhängig von den anderen Wohnungen möglich ist.

∞ **Zentrale Zu- und Abluftanlage mit WRG (Komfortlüftung)**

Vom Prinzip her funktioniert eine zentrale Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung gleich wie das oben beschriebene dezentrale System. Nur werden dabei zum Unterschied sämtliche Wohnungen des Demonstrationsgebäudes von nur einem zentralen Lüftungsgerät mit Frischluft versorgt und nicht wie zuvor sämtliche Wohnungen über deren eigenes Lüftungsgerät. Eine individuelle Anpassung des Volumenstroms an die Erfordernisse der BewohnerInnen jeder einzelnen Wohnung ist dennoch möglich und wird über Lüftungsklappen oder drehzahlgeregelte Ventilatoren bewerkstelligt.

Aus derzeitiger Sicht wird die Installation einer zentralen Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung als die beste Lösung angesehen. Zum einen weist dieses System die geringsten Investitions- und Betriebskosten im Vergleich zu den anderen Lüftungssystemen auf und zum anderen handelt es sich aus Sicht des Projektteams um einen sogenannten „Low-Tech-“ Ansatz, welcher als innovativ eingestuft wird und daher genauer untersucht werden sollte.

Insofern erfolgt nun an dieser Stelle eine Beschreibung der wesentlichen Eckdaten der geplanten mechanischen Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (bedarfsabhängige Lüftung gemäß ÖNORM H 6036):

Wie schon erwähnt wird bei einer zentralen Abluftanlage die kontinuierliche Abfuhr der verbrauchten und belasteten Raumluft mittels Abluftventilator sichergestellt. Durch den dadurch entstehenden Unterdruck im Raum wird eine kontinuierliche Zufuhr von gefilterter Außenluft über die Zuluftelemente erreicht.

Die Zuluftelemente werden sowohl in den Fenstern, als auch in den Außenwänden platziert. Abbildung 33 zeigt beispielhaft zwei Zuluftelemente, wobei das am linken Bild ersichtliche Element zur Fenstermontage und das am rechten Bild ersichtliche Element zur Wandmontage vorgesehen ist.



**Abbildung 33: Zuluftelemente – links: für Fenstermontage; rechts: für Wandmontage
(Quelle: Kroboth protech GmbH)**

Die Aufgabe dieser Zuluftelemente besteht darin, den Zuluftvolumenstrom in Abhängigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit in den Wohnungen zu regeln. Dies geschieht über in die

Elemente integrierte Nylonbänder, die jede Feuchtigkeitsänderung wahrnehmen und über eine Mechanik eine Klappe verändern, die anschließend eine Veränderung des Zuluftvolumenstroms bewirken.[9]

Nachfolgende Abbildung 34 zeigt schemenhaft das Verhältnis der Zuluftmenge zur relativen Luftfeuchtigkeit in der Wohnung. Der minimale Zuluftvolumenstrom liegt dabei bei 5 m³/h. Steigt der Wert der relativen Luftfeuchtigkeit über 35% so nimmt auch der Zuluftvolumenstrom zu. Ab 75% relativer Feuchte wird die maximale Zuluftmenge von 40 m³/h erreicht.

Der Abluftvolumenstrom wird durch eine zusätzliche Messung der relativen Luftfeuchtigkeit ständig an die vorherrschenden Bedingungen (Zuluftvolumenstrom) angepasst, so dass die Abluft- der Zuluftmenge entspricht.

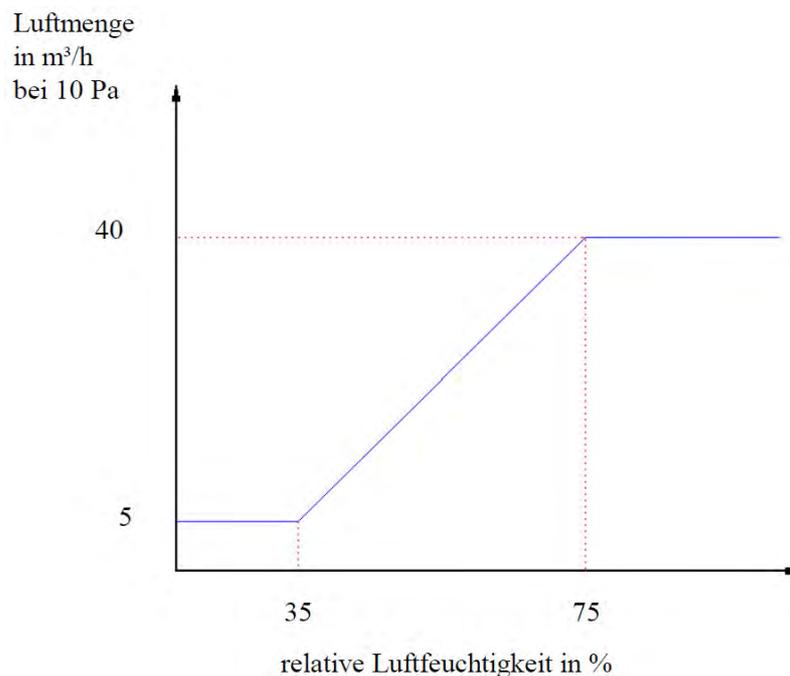


Abbildung 34: Regelung des Zuluftvolumenstroms in Abhängigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit (Quelle: Krobath protech GmbH)

Der Betrieb der mechanischen Abluftanlage wird energetisch durch den Einsatz einer zentralen Wärmerückgewinnung mittels Abluft-Wärmepumpe optimiert (siehe auch Kapitel 5.1.4.1).

Die verbrauchte Raumluft wird über die vorhandenen Kamine pro Wohneinheit abgesaugt und anschließend über Dach abgeführt. Sämtliche Abluftströme werden dort zusammengefasst und dem Verdampfer der Wärmepumpe zugeführt. Das Kondensatorteil der Wärmepumpe gibt anschließend die Wärme an den Energiespeicher ab.

Bei der angedachten Abluft-Wärmepumpe handelt es sich um eine Wärmepumpe in Split-Ausführung. Dies bedeutet, dass sich Verdampfer- und Verflüssigerteil der Wärmepumpe nicht in einem gemeinsamen Gehäuse befinden, sondern räumlich voneinander getrennt sind. Dies hat den Vorteil, dass bei Fortluftführung über Dach der Verdampfer auch im oberen Bereich des Gebäudes angebracht werden kann. Da der Verflüssiger der Wärmepumpe durch die Split-Ausführung nicht an den Verdampfer gebunden ist, kann dieser nahe dem Wärmespeicher angebracht werden.

Abbildung 35 zeigt ein Schema der vorgeschlagenen Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung über eine Abluft-Wärmepumpe.

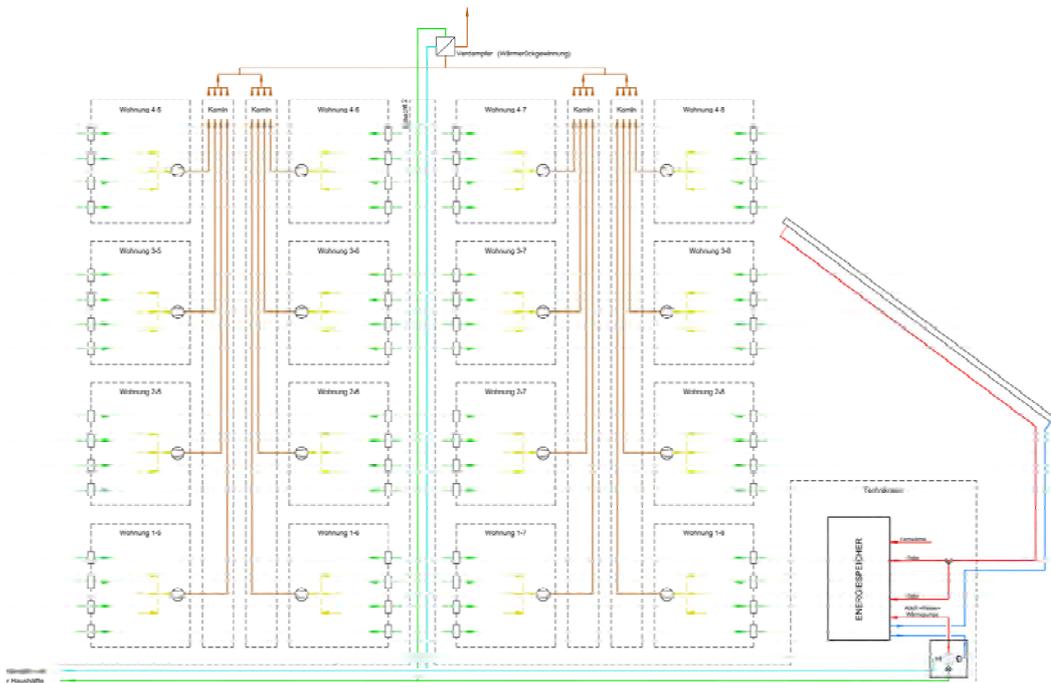


Abbildung 35: Lüftungsschema Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ gemäß ÖNORM H 6036 (Quelle: Kunesch Consulting ZT GmbH)

Da eine Außenluftvorwärmung nicht vorgesehen ist, muss auf die richtige Platzierung der Zuluftelemente im Wohn- und Schlafbereich besonders geachtet werden. Idealerweise werden diese ober- oder unterhalb eines Fensters montiert. Da auch Heizkörper und Radiatoren in der Regel im Fensterbereich installiert werden, kann die kalte, absinkende Luft aus den Zuluftelementen direkt vom Heizkörper oder Radiator erwärmt werden. Das bedeutet die kalte Luft aus den Zuluftelementen sinkt zu Beginn ab, wird dann aber erwärmt und steigt nach oben. Dadurch wird die Bildung eines sogenannten „Kaltluftsees“ und somit Unbehaglichkeit vermieden (Thema „Zugluft“!). Aber nicht nur Heizkörper und Radiatoren können diese Funktion der Erwärmung übernehmen. Auch Fußbodenheizungen oder Sockelleistenheizungen sorgen für eine ausreichende Erwärmung der Zuluft und somit zur Verhinderung von Zugluft.

Hinsichtlich des Einsatzes eines Lüftungssystems gemäß ÖNORM H 6036 ergeben sich folgende Vorteile:

- ∞ Keine Zuluftverrohrung erforderlich
- ∞ Kein Zuluftventilator erforderlich
- ∞ Zentrale Wärmerückgewinnung möglich
- ∞ Zuluftvolumenstrom pro Wohn- und Schlafraum in Abhängigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit des Raumes (mindestens 5 m³/h, max. 40 m³/h)
- ∞ Abluftvolumenstrom pro Küchen-, Bad- und WC-Raum in Abhängigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit des Raumes (mindestens 5 m³/h, max. 40 m³/h)
- ∞ Elektrische Energie für Abluftventilator kann direkt den WohnungsnutzerInnen zugeordnet werden
- ∞ Zuluftfiltertausch durch WohnungsnutzerIn möglich

- ∞ Zuluft- und Abluftelement funktionieren stromlos

Durch die Verminderung der Rohrleitungslängen (da lediglich Abluftleitungen notwendig) ist eine wesentliche Kostenersparnis zu erwarten und somit für zukünftige Bestandsbauten einsetzbar.

Die exakte Auslegung und Verteilung der Photovoltaikflächen am Dach und an den Fassaden erfolgt im Rahmen der Planung und Umsetzung von SP4.

5.1.4.3 Erstellung eines Lastprofils

Lastprofile beschreiben im Allgemein das Abnahmeverhalten eines Verbrauchers. Dazu wird die bezogene Energie oder auch die bezogene Leistung zeitabhängig ermittelt und dargestellt. Dadurch können nicht nur Aussagen über die Höhe der bezogenen Energie- oder Leistung gemacht werden, sondern auch konkrete Informationen über den zeitlichen Verlauf des Bezugs sind so möglich. Lastprofile spielen eine wesentliche Rolle bei der Planung der Energiebereitstellung sowie Energiespeicherung und -verteilung.

Um eine Information über die zu erwartenden Lastprofile beim Demonstrationsprojekt zu erhalten wurden Lastprofile der Passivhauswohnanlage Lodenareal Innsbruck erstellt und ausgewertet. Aus Sicht des Projektteams eignet sich diese Wohnanlage dabei sehr gut für eine Analyse und Auswertung. Dies wird unter anderem auf mehrere Aspekte gestützt. Nachfolgende Punkte sind sowohl bei der Passivhauswohnanlage Lodenareal Innsbruck vorhanden als auch beim betrachteten Demonstrationsprojekt geplant:

- ∞ Sehr energieeffiziente Bauweise (geringe Transmissions- und Lüftungswärmeverluste)
- ∞ Einsatz einer Komfortlüftung zur Reduktion der Lüftungswärmeverluste sowie zur Erhöhung der Behaglichkeit
- ∞ Einsatz einer solarthermischen Anlage zur Wärmeerzeugung vor Ort
- ∞ Wärmeverteilung mittels 2-Leiter-Prinzip und Wohnungsstationen
- ∞ Ähnliche Wohnungsgrößen
- ∞ ...

Nachfolgend werden nun einige dieser ermittelten Lastprofile der Passivhauswohnanlage Lodenareal Innsbruck dargestellt. Die Lastprofile wurden dabei aus 15-Minutenmittelwerten (Haushaltstrom), 5-Minutenmittelwerten (Tagesprofil Heizwärme) als auch aus Tagesmittelwerten (Jahresprofil Heizwärme) erstellt.

Wärme

Abbildung 36 zeigt den Verlauf der bezogenen Heizwärme in kWh/m² Wohnnutzfläche (WNF) über ein Jahr. Die orange Kurve stellt dabei die ermittelten Tagesmittelwerte, die grüne Kurve die daraus ermittelten Monatsmittelwerte dar. Die Analyse der gewonnenen Werte zeigt den erwartenden Verlauf: geringer Heizwärmeverbrauch in den Sommermonaten (ausschließlich zur Brauchwarmwasserbereitung) und einen erhöhten Heizwärmeverbrauch in den Wintermonaten mit einem durchschnittlichen Höchstwert von rund 0,10 kWh/m²_{WNF} im Jänner. Die Tagesspitzen liegen dabei bei rund 0,14 kWh/m²_{WNF}.

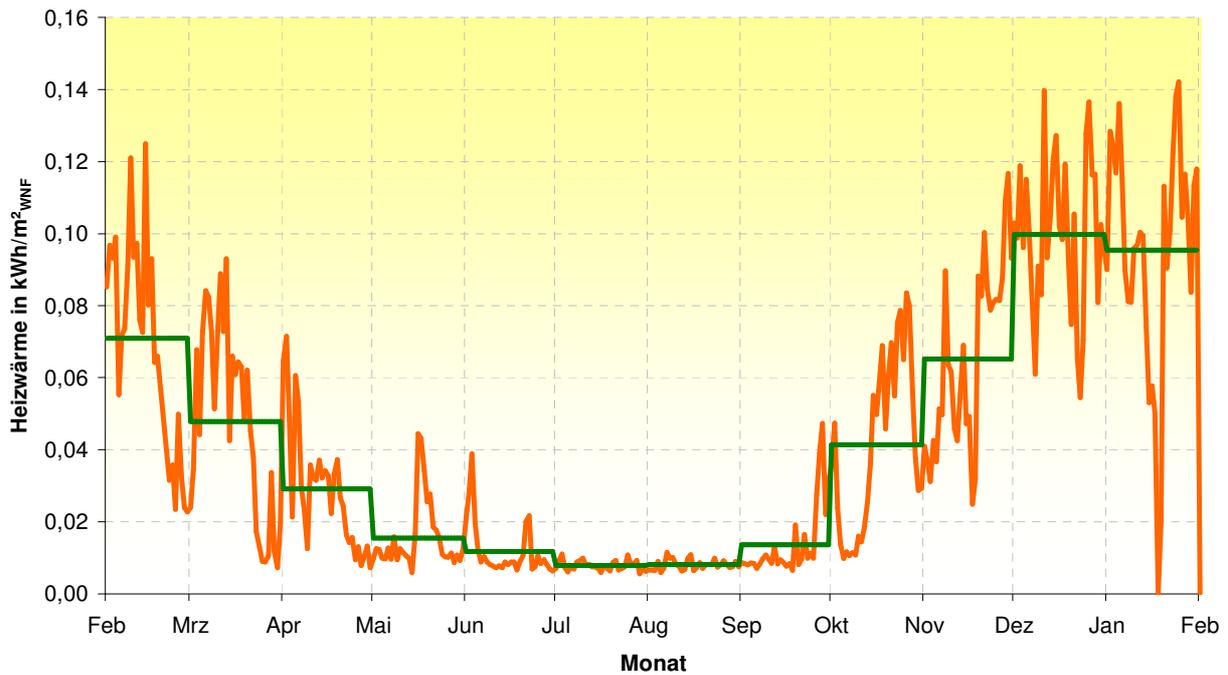


Abbildung 36: Lastprofil Jahr – Heizwärme (Quelle: AEE INTEC)

Als Ergänzung wurden zusätzlich Heizwärmeverbrauch als 5-Minutenmittelwert für einen Winter- und einen Sommertag abgebildet (Abbildung 37 und Abbildung 38).

Abbildung 37 zeigt die bezogene Heizwärme in $\text{Wh/m}^2_{\text{WNF}}$ über einen Tagesverlauf im Winter. Die Auswertung dieser Daten zeigt dabei einen durchschnittlichen Heizwärmeverbrauch von 0,3 bis 0,4 $\text{Wh/m}^2_{\text{WNF}}$, wobei die etwas höheren Werte vor allem am späteren Nachmittag erreicht werden (16:00 bis 18:00 Uhr). Betrachtet man die 5-Minutenmittelwerte so zeigen sich drei wesentliche Spitzen mit höherem Verbrauch um 10:00 Uhr, um 14:00 Uhr sowie um 18:00 Uhr. Der Höchstwert liegt dabei bei rund 0,9 $\text{Wh/m}^2_{\text{WNF}}$.

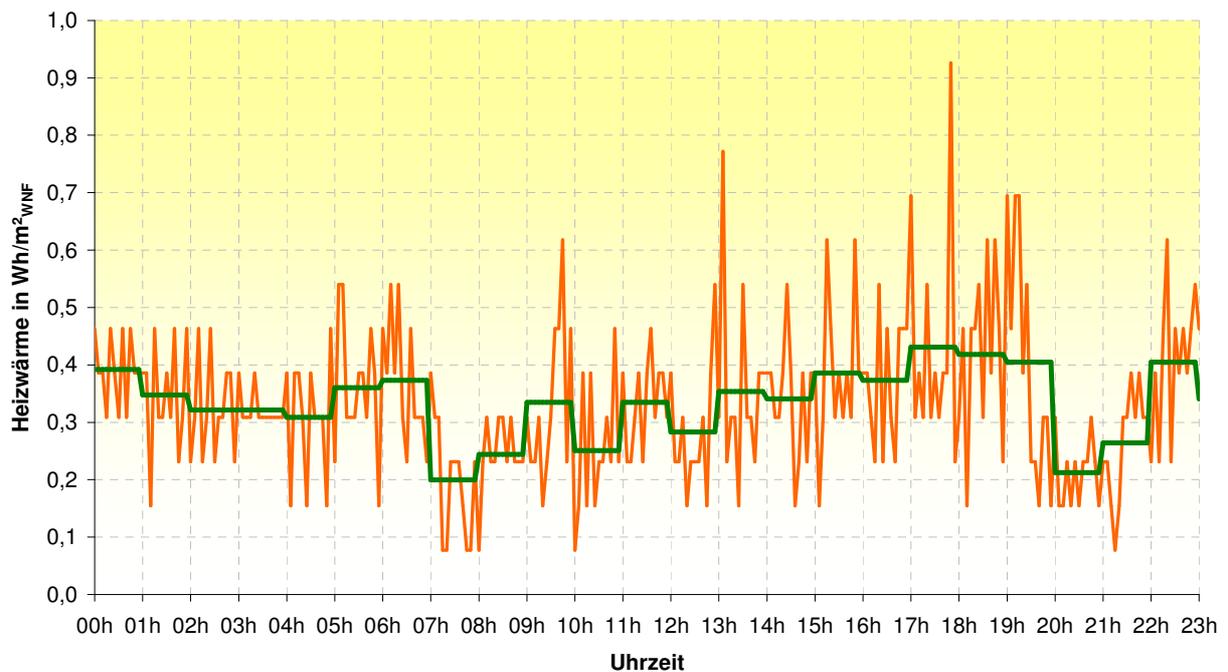


Abbildung 37: Lastprofil Wintertag – Heizwärme (Quelle: AEE INTEC)

Abbildung 38 zeigt den Verlauf der bezogenen Heizwärme für einen Sommertag als 5-Minutenmittelwert (orange Kurve) und als daraus ermittelter Stundenmittelwert (grüne Kurve). Die Analyse der Daten zeigt dabei den zu erwartenden niedrigen Verbrauch, da nur Wärme zur Brauchwarmwasserbereitung von Nöten ist. Wesentlich sind daher die erzielten Spitzenwerte. Diese liegen bei rund 0,3 – 0,4 Wh/m²_{WNF}. Erreicht werden diese um 11:00 Uhr, 16:00 Uhr, 17:30 Uhr, 19:00 Uhr und 20:00 Uhr.

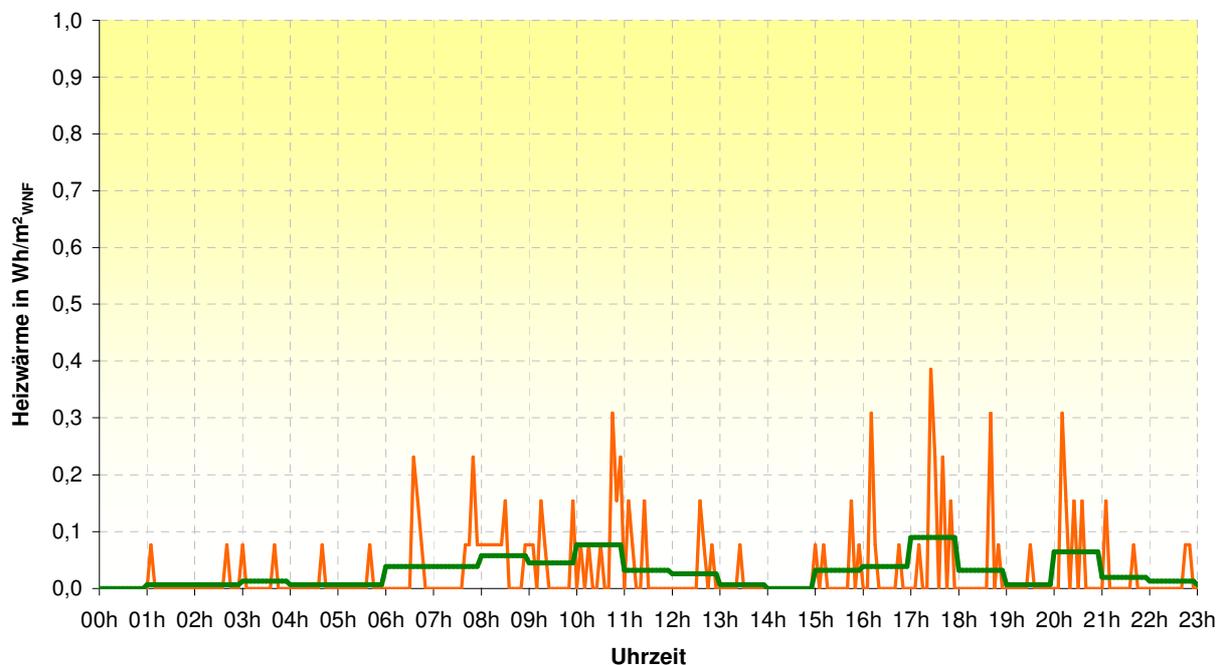


Abbildung 38: Lastprofil Sommertag – Heizwärme (Quelle: AEE INTEC)

Strom

Ebenso wurden Lastprofile zur Kennzeichnung des zeitlichen Verlaufs der bezogenen elektrischen Leistung erstellt. Diese bezieht sich dabei ausschließlich auf den Haushaltsstrom der Wohnungen. Zum einen für einen Wintertag (Abbildung 39) und zum anderen für einen Sommertag (Abbildung 40). Die blaue Kurve beschreibt dabei die ermittelten 15-Minutenmittelwerte, die grüne Kurve die daraus ermittelten Stundenmittelwerte.

Die Analyse der Daten für den Wintertag zeigt eine geringe bezogenen Leistung bis zu den Mittagsstunden (11:00 Uhr). Ab diesem Zeitpunkt beginnen die Werte zu steigen und erreichen ihren Höhepunkt zwischen 18:00 Uhr und 20:00 Uhr. Der ermittelte 15-Minutenmittelwert liegt dabei bei rund 1,0 – 1,05 kW, der Stundenmittelwert bei rund 0,85 kW. Ab 20:00 Uhr sinken die Werte wieder deutlich.

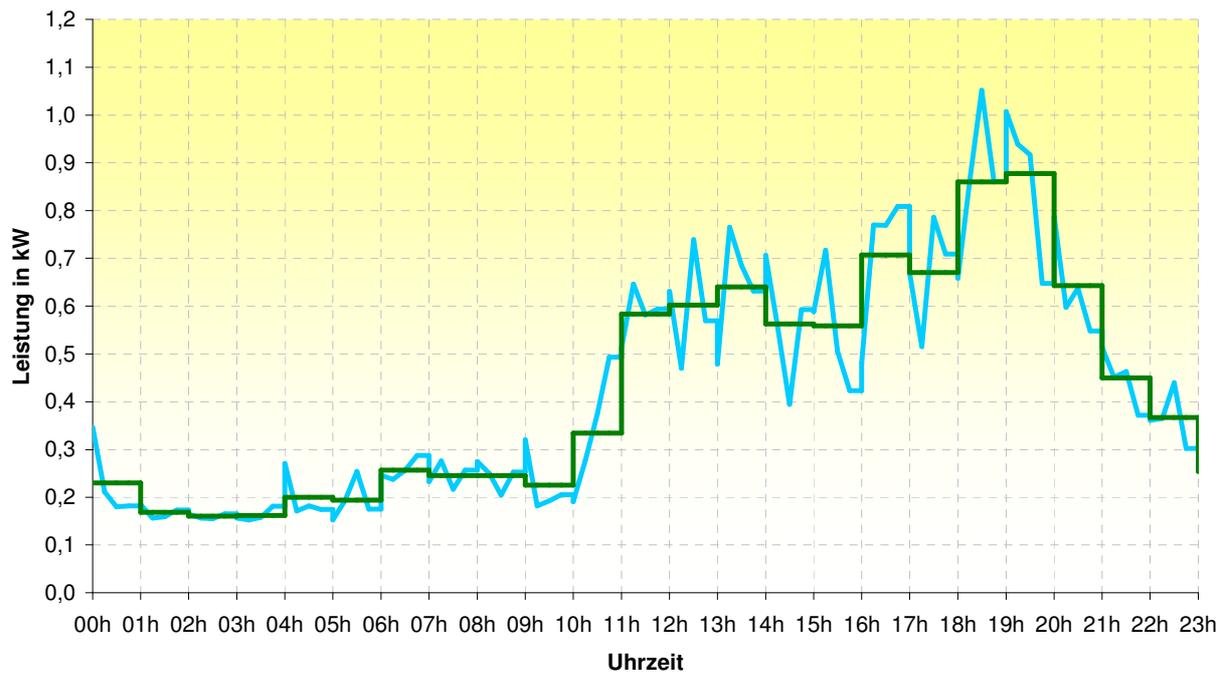


Abbildung 39: Lastprofil Wintertag – Haushaltsstrom (Quelle: AEE INTEC)

Die Analyse der Daten für den Sommertag in Abbildung 40 zeigen deutlich geringere Werte als am vorher dargestellten Wintertag. Im Sommer liegt die bezogene Leistung ständig im Bereich 0,15 – 0,45 kW (Stundenmittelwerte), der Höchstwert der 15-Minutenmittelwerte liegt bei rund 0,5 kW. Dieser Wert wird wie zuvor zwischen 18:00 Uhr und 20:00 Uhr erreicht.

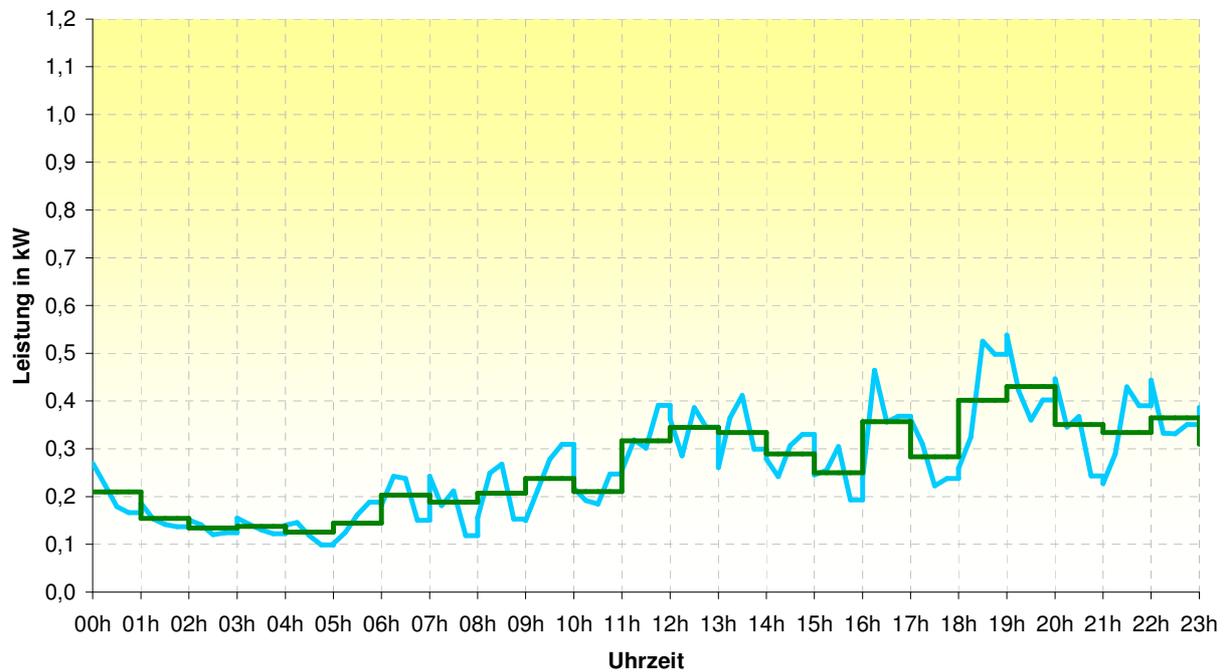


Abbildung 40: Lastprofil Sommertag – Haushaltsstrom (Quelle: AEE INTEC)

5.1.4.4 Ausarbeitung eines innovativen Speicher- und Verteilkonzeptes inkl. Wärmeabgabe

Das Zentrum des haustechnischen Systems (aus wärmetechnischer Sicht) stellt der Wärmespeicher dar. Dieser soll, aus derzeitiger Sicht, unterhalb des neu entstehenden Solarsegels auf der Südseite des Gebäudes platziert werden. Dadurch kann die Rohrleitungslänge zwischen den thermischen Solarkollektoren am Solarsegel und dem Wärmespeicher sehr gering gehalten werden.

Der Wärmespeicher soll als sogenannter „Energiespeicher“ ausgeführt werden. Dies bedeutet in diesem Fall, dass nicht nur die erzeugte Wärme der solarthermischen Kollektoren in den Pufferspeicher transportiert wird, sondern auch die Nutzwärme der Abluft-Wärmepumpe und die vom Fernwärmenetz bezogene Wärme in den gleichen Speicher münden.

Bei einem Betrieb der solarthermischen Anlage nach dem „Low-Flow“-Prinzip und bei einer gleichzeitigen temperaturorientierten Beladung des Speichers (Entstehung unterschiedlicher Temperaturschichten) kann im Wärmespeicher ein hohes Temperaturniveau ohne unerwünschte Durchmischung erreicht werden. Der Speicheranschluss der Kollektoren erfolgt über einen externen Wärmetauscher. Beim Anschluss der Fernwärme an den Pufferspeicher gilt es zu beachten, dass der Rücklaufanschluss eher im unteren Speicherdrittel erfolgen sollte, um so die erforderliche Temperaturspreizung der Fernwärme zu gewährleisten und gleichzeitig den Jahressystemnutzungsgrad zu erhöhen. Der Energiespeicher weist dabei einen Nutzinhalt von zirka 10 – 15 m³ auf.

Ausgehend vom Energiespeicher erfolgt anschließend die Wärmeverteilung im Gebäude über ein Zwei-Leiter-Netz. Ein Verteilsystem, bei dem Brauchwassererwärmung und Raumversorgung über zwei Stränge erfolgt, wird dabei als Zwei-Leiter-Netze bezeichnet. Bei diesem System werden nur ein gemeinsamer Vor- und Rücklaufstrang durch das Gebäude geführt, wobei in der Regel Heizungswasser als Wärmeträgermedium verwendet wird. Die Brauchwarmwassererwärmung erfolgt dezentral in den einzelnen Wohnungen entweder über dezentrale Wohnungsstationen oder über Brauchwasserspeicher.[10]

In diesem Fall wird die Brauchwarmwasserbereitung über dezentrale Wohnungsstationen („Heatbox“) empfohlen. Bei der Anwendung von dezentralen Wohnungsstationen erfolgt die Brauchwarmwasserbereitung über einen Plattenwärmtauscher im Durchflussprinzip. Dadurch, dass die Erwärmung des Brauchwassers nur bei unmittelbarem Bedarf erfolgt, besteht keinerlei Bedenken hinsichtlich der Wasserhygiene. Wohnungsstationen beinhalten alle funktionswichtigen Komponenten, die für den Betrieb der Wärmeversorgung der einzelnen Wohnungen notwendig sind. Dies sind unter anderem Absperrventile, Rückschlagklappe, Sicherheitsventil, Rücklauftemperaturbegrenzer und Differenzdruckregler.[11]

Nachfolgende Abbildung 41 zeigt das Schema einer Wohnungsstation mit dezentraler Brauchwarmwasserbereitung über einen Plattenwärmtauscher und Wärmeabgabe der Heizung über Radiatoren oder Sockelleistenheizung.

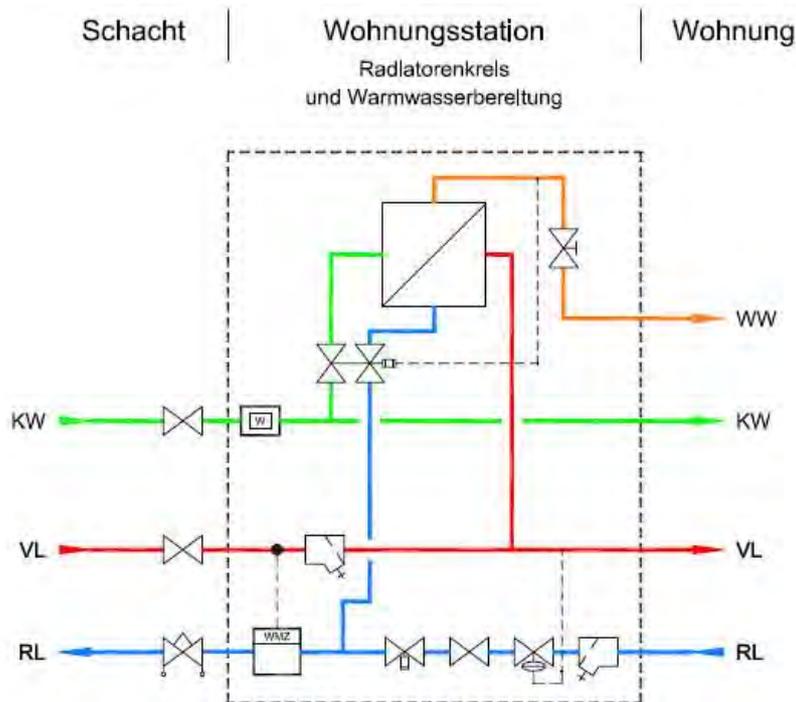


Abbildung 41: Prinzipschema einer Wohnungsstation (Quelle: Kunesch Consulting ZT GmbH)

Für solarunterstützte Wärmenetze nach dem Zwei-Leiter-Prinzip ergeben sich zahlreiche Vorteile gegenüber den Drei- und Vier-Leiter-Versorgungssystemen. Diese sind nach [11] unter anderem:

- ∞ Durch die Wärmeverteilung über zwei Rohrleitungen können die Wärmeverluste deutlich reduziert werden.
- ∞ Die über das Jahr fast konstante Rücklauftemperatur von zirka 30°C ermöglicht eine effiziente Nutzung von thermischen Solarsystemen.
- ∞ Bei Zwei-Leiter-Netzen ergibt sich eine systembedingte solargestützte Wärmeversorgung für Heizung und Brauchwasserbereitung.

Abbildung 42 zeigt das Leitungsschema zur Heizung und Brauchwarmwasserbereitung über dezentrale Wohnungsstationen des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“.

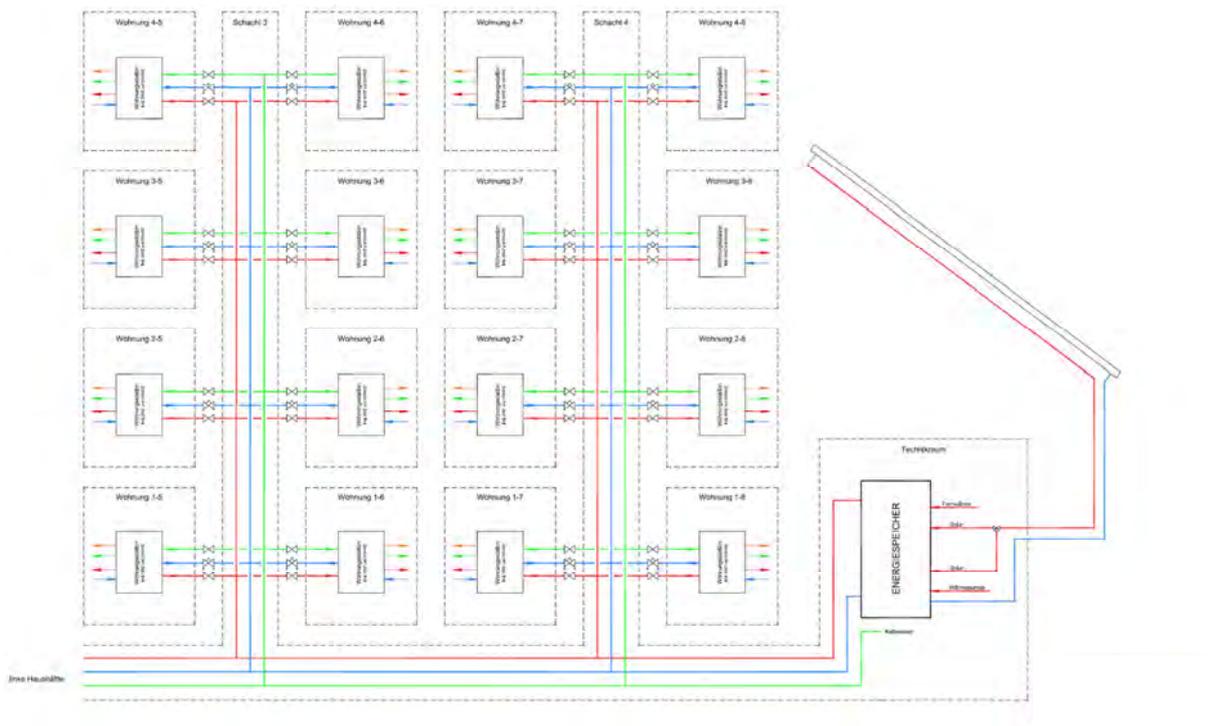


Abbildung 42: Schema Heizung – Brauchwarmwasserbereitung Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Kunesch Consulting ZT GmbH)

Die Wärmeabgabe in den Wohnungen soll anschließend über eine Sockelleistenheizung (sogenannte „Heizleisten“) erfolgen. Der generelle Vorteil gegenüber herkömmlichen Wärmeabgabesystemen, wie Fußbodenheizung oder Heizkörper, liegt darin, dass Sockelleistenheizungen die Raumumschließungsflächen (also die Wände) miterwärmen. Bei höheren Temperaturen der Umschließungsflächen können, mit Hinblick auf die thermische Behaglichkeit, gleichzeitig die Raumlufttemperaturen gesenkt werden. Diese Reduktion der Raumlufttemperatur hätte eine dementsprechende Energieeinsparung zur Folge.

Sanierte Wohnungen sollen in der Zukunft aufgrund der geringen erforderlichen Heizleistungen nicht mehr mit traditionellen Radiatoren oder Heizkörpern hochtemperaturwärmeversorgt werden. Niedertemperaturabgabesysteme oder auch Sockelleistenheizungen können die erforderliche Heizleistung in der Regel ausreichend abdecken. Diese Art der Wärmeabgabe ist trotzdem flink und kann sehr schnell auf die Außentemperaturen und deren Veränderung im Laufe des Tages reagieren. Die zentrale Übergabestation liegt unmittelbar hinter den außen liegenden Haustechnikschächten. Somit ist eine Verteilung der Vor- und Rücklaufrohre auf Putz im Bereich der Sockelleisten möglich. Dadurch ist die Beeinträchtigung der MieterInnen während der Installation nur sehr gering.

Teile dieses Speicher-, Verteil- und Abgabekonzeptes werden derzeit im Neubau eingesetzt. In der Sanierung ist diese Art und Zusammensetzung der einzelnen Haustechnikkomponenten noch nicht realisiert worden und wird daher vom Projektteam als innovative Lösung zur weiteren Umsetzung für Gebäude dieser Epoche angesehen.

5.1.4.5 Unterscheidung Technik-/Hilfsstrom und Haushaltsstrom inkl. Beleuchtung

Zur Analyse der elektrischen Energieflüsse werden diese in zwei Teile getrennt:

- ∞ Technik- und Hilfsstrom, der für den Gebäudebetrieb notwendig ist und nur, wenn überhaupt, in geringem Maß vom Nutzer/ von der Nutzerin beeinflusst werden kann
- ∞ Haushaltsstrom inkl. Beleuchtung, der in größerem Ausmaß vom NutzerInnenverhalten abhängig ist

Erste Studien von umgesetzten Plus-Energiegebäuden im Neubaubereich zeigen, dass die Beeinflussung der Verbrauchsminderung im Bereich des Technik- und Hilfsstromes durch Optimierung im System und dem Einsatz entsprechender Technologie (energiesparende Pumpen, etc.) möglich ist. So können generell z.B. durch den Einsatz einer Hocheffizienz-Heizungspumpe und durch die Optimierung des Heizungsbetriebs bis zu 80% des Stromverbrauchs der Heizungspumpen reduziert werden.[12]

Maßgeblich hat sich allerdings herausgestellt, dass der Verbrauch des Haushaltsstromes, der erstmals mitbilanziert werden muss, durch die Minimierung des Energieaufwandes für den Gebäudebetrieb immer stärker die Gesamtenergiebilanz beeinflusst. Daher ist die Reduktion des elektrischen Energieverbrauchs für Haushaltsgeräte und Beleuchtung eine wesentliche Voraussetzung zur Realisierung eines Plus-Energiegebäudes.

Diese Reduktion des Haushaltsstromverbrauches der einzelnen Wohneinheiten ist ein Entwicklungsprozess, der vor allem organisatorischer Natur ist. Hier ist eine permanente Bewusstseinsbildung im laufenden Betrieb notwendig.

Die durchgeführte Bestandsaufnahme des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ ergab einen durchschnittlichen Haushaltsstrombedarf von 2.462 kWh/Wohnung ohne Strom für Warmwasserbereitung und ohne Allgemiestrom (siehe auch Tabelle 5 auf Seite 32).

Es soll nun untersucht werden, welche Reduktionspotentiale in der tatsächlichen Umsetzung erreichbar sind:

- ∞ Zahlen der Statistik Austria [3] zeigen durchschnittliche Haushaltsstromverbräuche im Bereich um die 2.533 kWh/Jahr und durchschnittlichem Haushalt (ohne WW, Heizung, Lüftung, Allgemiestromanteil).
- ∞ Nach Studien der Energieberatung Niederösterreich [13] würde beim Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ ein energiesparender Haushalt knapp 2.012 kWh/a Strom für den Haushalt inkl. Beleuchtung benötigen (Annahme: niedriger Stromverbrauch – interpoliert). Dies würde einer Reduktion von 450 kWh/(Wohnung u. Jahr) bzw. von knapp 18% entsprechen.
- ∞ Bei Heranziehen von Untersuchungen der TU Wien [14] müsste das sanierte Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ 1.600 kWh/(Wohnung und Jahr) als mögliches Ziel (Annahme: Stromverbrauch energieeffizient – interpoliert) haben. Dies entspricht einer Reduktion von 862 kWh/(Wohnung und Jahr) bzw. von knapp 35% im Vergleich zum Bestandsgebäude.

- ∞ Eigenen (sehr ambitionierten) Berechnungen zufolge müsste eine Reduktion auf einen jährlichen Haushaltsstromverbrauch von 1.360 kWh/Wohnung möglich sein. Dies entspricht einer Verringerung von 1.102 kWh/(Wohnung und Jahr) bzw. von knapp 45% im Vergleich zum Bestandsgebäude. Dabei wurde davon ausgegangen, dass sämtliche Haushaltsgeräte sowie die Beleuchtung in der Wohnung die höchste Energieeffizienz aufweisen (A++ Geräte).

Nachfolgende Abbildung 43 zeigt noch einmal in der Übersicht die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen.

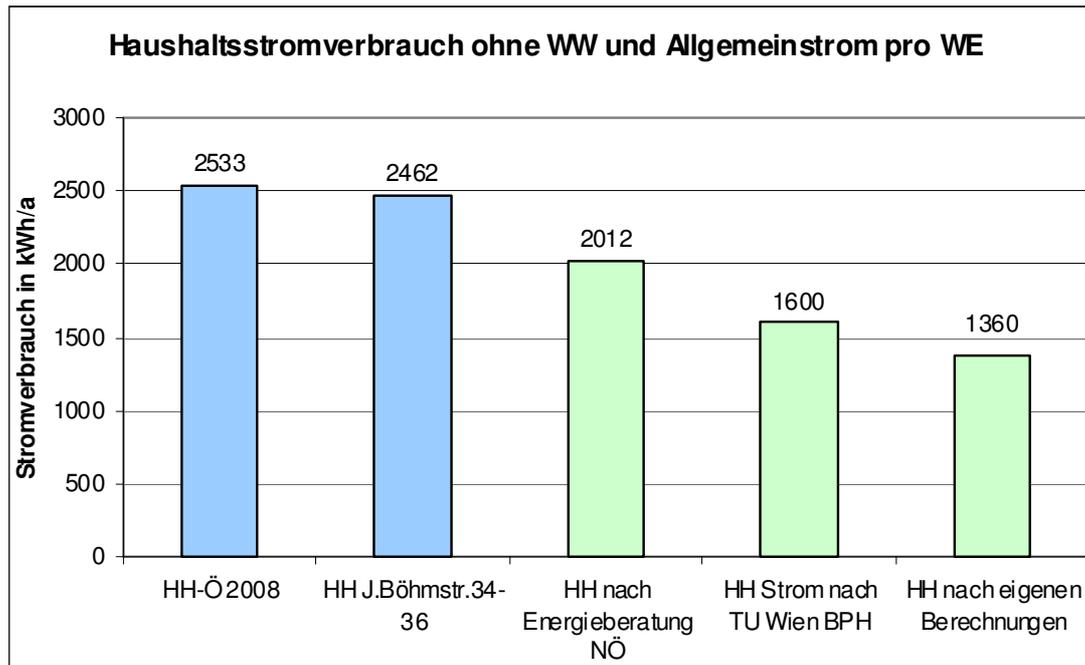


Abbildung 43: Haushaltsstromvergleich für das Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Zusammenstellung AEE INTEC)

Eine deutliche Stromverbrauchsreduktion sollte daher möglich und auch Ziel sein. Diese Reduktion muss über Bewusstseinsbildung der Bewohner/innen in einem Dialog- und Informationsprozess stattfinden. Einen Beitrag dazu können in weitere Folge vielleicht „Smart Meter“ leisten. Diese sollen eine laufende Überwachung des eigenen Stromverbrauchs ermöglichen so zur Bewusstseinsbildung beitragen (siehe auch Kapitel 5.1.4.7).

5.1.4.6 Variantenuntersuchungen zur Abdeckung von Spitzenlasten

Im Zuge der Tätigkeiten im Arbeitspaket 4 wurden ebenfalls Varianten untersucht, die eine energieeffiziente Bereitstellung der auftretenden Spitzenlasten auf Basis erneuerbarer Energieträger ermöglichen sollen. Nachfolgen werden diese kurz dargestellt und deren Einsatz mit Hinblick auf das Demonstrationsprojekt bewertet.

Für die Abdeckung der „Grundlast“ sollen beim Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ ausschließlich solar aktive Technologien sorgen. Aus diesem Grund werden solarthermische Anlagen sowie Photovoltaikanlagen an dieser Stelle nicht aufgezählt und beschrieben, da eine Errichtung dieser von Beginn an geplant war.

Wärme

Fernwärme

Unter einer Fernwärmeversorgung wird im Allgemeinen eine zentrale Wärmeversorgung von Gebäuden, die im Besitz unterschiedlicher EigentümerInnen sind, durch ein Heizwerk oder Heizkraftwerk verstanden. Die Wärmeverteilung erfolgt dabei über das so genannte Fernwärmenetz. Handelt es sich um kleine Netze, so bezeichnet man diese dann oft als Nahwärmenetze.

Ein Fernwärmeversorgungssystem besteht dabei aus folgenden Hauptkomponenten:

- ∞ Fernwärmeerzeugungsanlage
- ∞ Pumpstation und Druckerhaltungsanlage
- ∞ Fernwärmenetz
- ∞ Hausanschluss
- ∞ Hausübergabestation
- ∞ Hausverteilung

Der generelle Vorteil einer Fernwärmeversorgung liegt vor allem darin, dass die Wärme zentral in einem Heiz(kraft)werk erzeugt wird und dadurch viele dezentrale Wärmeversorger entfallen können. Durch den Einsatz einer Kraft-Wärme-Kopplung im Heizkraftwerk (gleichzeitige Strom- und Wärmeproduktion) kann die Wärmebereitstellung zudem sehr energieeffizient mit einem hohen Gesamtwirkungsgrad erfolgen.

Projektbezogen:

Für Einsatz der Fernwärmeversorgung zur Spitzenlastabdeckung beim vorliegenden Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ sprechen des Weiteren zwei konkrete Punkte. Zum einen besteht die Fernwärme der Stadt Kapfenberg zu einem großen Teil aus freier Abwärme der Böhler Edelstahl GmbH & Co KG, was einer sehr ressourcenschonenden Bereitstellung entspricht und zum anderen verläuft die Fernwärmeleitung nur wenige Meter nördlich des betrachteten Gebäudes, was einen einfachen Anschluss an das bestehende Netz bedeuten würde.

Brennstoffkessel

Unter Brennstoffkessel werden alle jene Wärmeerzeuger verstanden, die mittels fester, flüssiger oder gasförmiger Brennstoffe betrieben werden.

Da einige dieser Brennstoffe auf nicht erneuerbaren Energieträgern basieren, scheiden diese Brennstoffkessel für die weitere Betrachtung an dieser Stelle aus. Auch jene Wärmeerzeuger, deren Betrieb zwar mit Brennstoffen aus erneuerbaren Energiequellen (Biogas, Pflanzenöl, etc.) erfolgt, müssen auf Grund der nicht gegebenen Versorgung am betrachteten Standort Kapfenberg ebenfalls ausgeschieden werden.

Projektbezogen:

Der Brennstoff Holz wäre am Standort zwar grundsätzlich verfügbar, mit Hinblick auf die Feinstaubproblematik in der Stadt Kapfenberg wird darauf dennoch verzichtet.

Aus diesem Grund spielen Brennstoffkessel für die weiteren Überlegungen zum Energie- und Haustechnikkonzept für das Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ keine Rolle.

Wärme und Strom

Dezentrale (Haus-)Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung

Neben der Stromproduktion mittels Photovoltaikanlagen können auch Anlagen mit kombinierter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) für die dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung vor Ort verwendet werden. Die Grundidee dieser Anlagen ist es, die bei der Erzeugung der elektrischen Energie anfallende Abwärme direkt für Heizzwecke zu nutzen. Nachfolgende Abbildung 44 zeigt dazu einen vereinfachten Vergleich eines alleinigen Wärmeprozesses mit einem alleinigen Kraftprozess und einem gekoppelten Kraft-Wärme-Prozess.

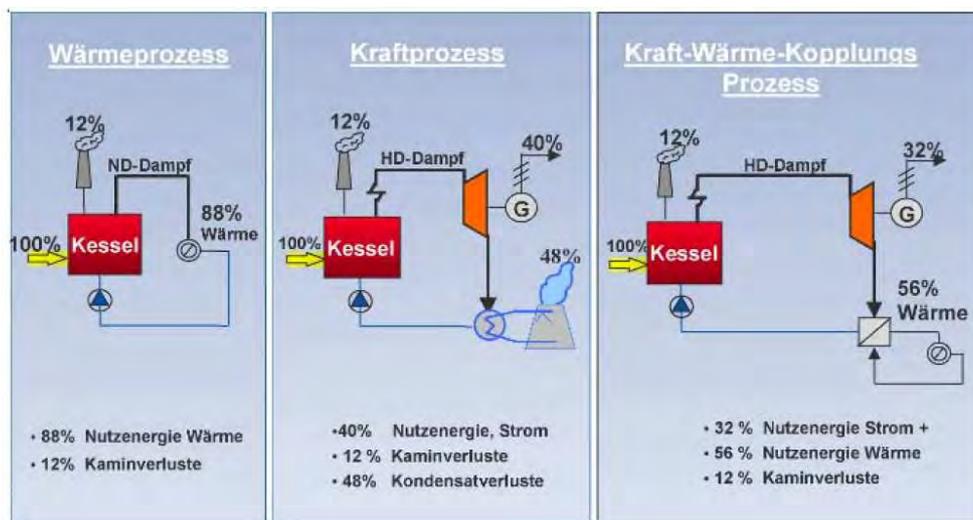


Abbildung 44: Vereinfachter Vergleich Wärmeprozess, Kraftprozess und Kraft-Wärme-Kopplungs-Prozess (Quelle: [15])

Als Brennstoffe für BHKWs mit Verbrennungsmotoren kommen sowohl gasförmige (z.B. Erdgas, Flüssiggas, Biogas) als auch flüssige Brennstoffe (z.B. Heizöl, Biodiesel, Pflanzenöl) in Frage.

Projektbezogen:

Auf Grund der gleichen Problematik der nicht erneuerbaren Energieträger bzw. der nicht gegebenen Versorgungssicherheit am Standort (vgl. Punkt „Brennstoffkessel“ weiter oben im Text) werden Anlagen mit kombinierter dezentraler Kraft-Wärme-Kopplung für die Abdeckung der Spitzenlasten beim Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ nicht herangezogen.

Strom

Kleinwindkraftanlagen

Eine Möglichkeit zur Stromproduktion vor Ort stellen Kleinwindkraftanlagen dar. Dies sind Windkraftanlagen, die mit einer elektrischen Leistung von bis zu über 5 kW direkt am oder neben dem Gebäude installiert werden können. Dabei sind unterschiedliche Ausführungen von Kleinwindkraftanlagen zu finden.

Es gibt Anlagen:

- ∞ mit vertikaler Achse
- ∞ mit horizontaler Achse
- ∞ zur Netzeinspeisung
- ∞ zum Inselbetrieb
- ∞ mit unterschiedlicher Flügelanzahl

Neben der mittleren Windgeschwindigkeit am Standort haben auch Gebäude, Bäume und Hügel in der Umgebung einen direkten Einfluss auf den Ertrag der Kleinwindkraftanlagen.

Aus einer Untersuchung der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) kann für den Standort Kapfenberg ein Windenergiepotenzial von $< 51 \text{ W/m}^2$ Rotorfläche in 70 m Höhe ermittelt werden. Dies ist im Vergleich zu anderen Standorten in Österreich ein äußerst geringer Wert. Diese weisen Werte von bis zu $700\text{-}750 \text{ W/m}^2$ Rotorfläche auf.[16]

Projektbezogen:

Auf Grund der bereits allgemein schlechten Ertragsprognose für den Standort Kapfenberg wird das Potenzial zur Stromerzeugung aus Kleinwindkraftanlagen am Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ nicht weiter untersucht. Die Stadtwerke Kapfenberg betreiben einige Kleinwindkraftwerke – eine Wirtschaftlichkeit ist auf Grund der geringen Windverhältnisse nicht gegeben.

Kleinwasserkraft

Das grundsätzliche Prinzip eines Wasserkraftwerkes ist die Umwandlung der potentiellen Energie des Wassers, das über eine bestimmte Höhendifferenz (auch Fallhöhe genannt) stromabwärts fließt, am unteren Ende der Anlage in elektrische Energie. Das Energiepotential der Anlage ist dabei proportional dem Produkt aus Durchfluss und Fallhöhe.

Zwischen den einzelnen EU Mitgliedsstaaten gibt es keine Übereinkunft über die Definition der Kleinwasserkraft. In Österreich fallen darunter Anlagen bis zu einer Leistung von 10 MW.[17]

Projektbezogen:

Da das Demonstrationsprojekt in Kapfenberg und somit direkt an der Mürz gelegen ist, besteht in diesem Fall theoretisches Potenzial zur Ausnutzung der Kleinwasserkraft vor Ort.

Im Bereich Kapfenberg weist die Mürz eine durchschnittliche Fallhöhe von 4 – 6 m auf. Untersuchungen zur regenerativen Energieversorgung der Industrieregion Bruck an der Mur und Kapfenberg haben allerdings ergeben, dass das technisch nutzbare Potenzial der Mürz derzeit schon fast ausgeschöpft ist. Eine Leistungssteigerung von rund 10% wäre dabei nur

möglich.[18] Eine Errichtung eines neuen Kleinwasserkraftwerkes, ohne die Schließung eines Bestehenden, ist aus derzeitiger Sicht nicht sinnvoll.

Zusätzlich ergibt sich als Nachteil von Kleinwasserkraftwerken, dass derartige Anlagen üblicherweise als Laufkraftwerke ausgeführt werden und diese in der Regel keine Speichermöglichkeiten besitzen und daher für die Abdeckung der Spitzenlast nicht geeignet sind.[17]

5.1.4.7 Integration innovativer Komponenten zur Unterstützung des Aufbaus von „Smart Grids“

Als wesentliche Komponente zum Aufbau eines „Smart Grids“ wird auf langfristige Sicht die Installation von sogenannten „Intelligenten Zählern“ oder „Smart Meter“ als Basisvoraussetzung angesehen.

Laut Definition werden darunter Messeinrichtungen verstanden, die es dem Anschlussnutzer/der Anschlussnutzerin ermöglichen, den genauen Energieverbrauch zum jeweiligen Nutzungszeitpunkt zu ermitteln. Zukünftig soll so der Stromverbrauch der Haushalte in regelmäßigen, kurzen Zeitintervallen gemessen werden. Durch die Einführung von lastvariablen und tageszeitabhängigen Tarifen sollen in Zukunft Anreize zum Energiesparen und zum zeitversetzten Betrieb der Haushaltsgeräte geben (Abbau von Lastspitzen).[19]

In weiterer Folge sollen die Steuerung der Haushaltsgeräte nicht mehr ausschließlich über den Bewohner/die Bewohnerin erfolgen, sondern automatisch entsprechend eingestellter Prioritäten. Z.B. ist es in Zukunft vielleicht möglich, dass die Klimaanlage nur mehr dann laufen, wenn das Energieversorgungsunternehmen gerade genügend Solarstrom anbieten kann.[19]

Die Integration von Smart Meter am Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ wird in Kooperation mit einem Pilotprojekt der Stadtwerke Kapfenberg erfolgen. Dabei soll beispielhaft mindestens eine Wohnung mit energieeffizienten Geräten und Beleuchtungen ausgestattet werden. Die Aufzeichnung des Stromverbrauchs der einzelnen Haushaltsgeräte wird anschließend über Smart Meter erfolgen. So soll eine detaillierte und zeitlich aufgelöste Aussage über den Stromverbrauch der einzelnen Geräte möglich sein.

Für die BewohnerInnen dieser, mit einem Smart Meter ausgestatteten, Wohnung soll eine laufende Überwachung des eigenen Stromverbrauchs über ein Internetportal oder eine SMS-Funktion am Handy ermöglicht werden. Des Weiteren sollen monatliche Stromverbrauchsabrechnungen für zusätzliches Bewusstsein der vorhandenen saisonalen Schwankungen sorgen.

Grundsätzlich soll der Einsatz der energieeffizienten Haushaltsgeräte und Beleuchtung sowie die Installation eines Intelligenten Stromzählers aufzeigen, welche Energiereduktionen tatsächlich möglich sind. Durch eine breite Öffentlichkeitswirkung sollen alle BewohnerInnen des Demonstrationsprojektes zum energiesparenden Betrieb aufgerufen werden, sowohl diejenigen die mit einem Smart Meter ausgestattet werden, als auch diejenigen die zu Beginn über dieses System nicht verfügen werden.

5.1.4.8 Untersuchung der Laststeuerungsmöglichkeiten in den konkreten Wärmenetzen

Am neu errichteten Solarsegel auf der Südseite des Gebäudes sollen rund 200 m² solarthermische Kollektoren installiert werden (siehe Kapitel 5.1.4.1). Diese Fläche reicht aus, um das Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ mit Wärme zur Brauchwarmwasserbereitung und Teilsolaren Heizung zu versorgen. Im Sommer wird allerdings mehr Wärme produziert, als im betrachteten Demonstrationsprojekt von Nöten ist. Um dennoch den Ertrag der solarthermischen Anlage (über das Jahr gesehen) zu optimieren, ist eine zusätzliche, kontinuierliche Wärmeabnahme, vor allem im Sommer, notwendig. Aus diesem Grund wurde bereits die Pufferspeichergröße erhöht, um so mehr Wärme vor Ort zwischenspeichern zu können. Da die Untersuchungen allerdings gezeigt haben, dass diese Maßnahme allein nicht ausreicht, waren weitere Überlegungen zur Laststeuerung des Wärmenetzes notwendig.

Als eine Möglichkeit wurde die Einspeisung der über die thermische Solaranlage erzeugten Wärme in das bestehende Fernwärmenetz der Stadt Kapfenberg angesehen. Da die Fernwärme auch in den Sommermonaten in Betrieb ist, würde sich dies im konkreten Fall auch anbieten. Auf Grund der gegebenen hohen Systemtemperaturen der Fernwärmeversorgung muss diese Variante jedoch ausgeschlossen werden, da ein energieeffizienter Betrieb der solarthermischen Anlage bei den hohen Systemtemperaturen des Fernwärmenetzes nicht gewährleistet werden kann.

Aus diesem Grund kommt nur ein örtlicher Verbrauch der anfallenden Wärmemengen in Frage. Dies bedeutet, dass die Wärme über ein neu zu errichtendes Nahwärmenetz an umliegende Gebäude, die derzeit noch nicht an die Fernwärme angeschlossen sind, verteilt werden könnte. Eine effiziente Steuerung der produzierten Wärmemengen und somit auch ein effizienter Betrieb der solarthermischen Anlage würden auf diese Weise gewährleistet werden. Aus derzeitiger Sicht sind diese notwendigen Abnehmer allerdings noch nicht vorhanden, werden aber weiterhin gesucht.

5.1.4.9 Energiekonzept und Bilanzierung

Abbildung 45 zeigt in einer schemenhaften Darstellung die wesentlichen Komponenten des Energiekonzeptes des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“. Die Piktogramme oberhalb des Gebäudes repräsentieren die eingesetzten Technologien.

So erfolgt die Wärmebereitstellung über die Fernwärme (größtenteils Abwärme) der Stadt Kapfenberg, über eine solarthermische Anlage, sowie einer Abluft-Wärmepumpe.

Zur Stromerzeugung werden Photovoltaikanlagen sowohl am Dach als auch an den Fassaden vorgesehen.

Der Luftaustausch in den Wohnungen erfolgt über eine mechanische Abluftanlage, wobei die Luftzufuhr über die Fenster (Lüftungsschlitze) bzw. über Außenwanddurchlässe erfolgt.

Energieerzeugung kWh/m²a BGF:

Energieerzeugung	Energieträger	Erzeugung gesamt		Erzeugung / m ² BGF	
Strom	PV-Anlage Dach (400m ²)	50.000,00	kWh/a	19,10	kWh/m ² beh. BGF
	Dünnschicht PV-Anlage Laubengang Ost+Dach (450m ²)	14.700,00	kWh/a	5,61	kWh/m ² beh. BGF
	PV-Anlage Fassade West (100m ²)	6.125,00	kWh/a	2,34	kWh/m ² beh. BGF
Wärme	Solarschild (200m ² a` 180 kWh/m ²)	36.000,00	kWh/a	13,75	kWh/m ² beh. BGF
	Fernwärmenetz	69.415,00	kWh/a	26,51	kWh/m ² beh. BGF
Summe		176.240,00	kWh/a	67,32	kWh/m² beh. BGF

Abbildung 47: Zusammenstellung Energieerzeugung des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: AEE INTEC)

Die primärenergetische Bilanzierung zwischen Enwergieverbrauch und Energieerzeugung wird mit den angenommenen Primärenergiefaktoren durchgeführt.

Unter diesen Annahmen ist die Erreichung eines Plus-Energiegebäudes wahrscheinlich. Eine exakte Berechnung mit den tatsächlichen Randbedingungen erfolgt im Rahmen der Umsetzung im SP4.

Primärenergie kWh/m²a BGF:

Primärenergiebilanz	Energieträger	Endenergie BGF	PE-Faktor	Primärenergie BGF	
Energiebedarf	Energiebedarf Strom	22,33	2,35	52,47	kWh/m ² beh. BGF
	Energiebedarf FW (Abwärme 60%)	14,00	0,00	0,00	kWh/m ² beh. BGF
	Energiebedarf FW allg.	9,33	1,13	10,55	kWh/m ² beh. BGF
Summe				63,02	kWh/m² beh. BGF
Energieerzeugung	Strom	27,05	2,35	63,57	kWh/m ² beh. BGF
Summe				63,57	kWh/m² beh. BGF

Abbildung 48: Zusammenstellung Primärenergie des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: AEE INTEC)

Nachfolgend wurde der Vergleich der CO₂-Emissionen zwischen dem Bestand und der Sanierung durchgeführt.

CO₂-Emissionen:

CO₂-Emissionen

Tabelle 3: CO₂-Emissionen Bestand

Energiebedarf	Energieträger	Endenergie [kWh/m ² _{BGFA}]	CO ₂ -Äqu.-Faktor [g/m ² _{BGFA} pro kWh _{end}]	CO ₂ -Äqu. [g/m ² _{BGFA}]
Heizung	80% Erdgas 20% Strom	221,12	309,00	68.326,08
		55,28	624,00	34.494,72
Warmwasser	Strom	17,96	624,00	11.207,04
Haushaltsstrom	Strom	34,60	624,00	21.590,40
Gesamt				135.618,24

Tabelle 4: CO₂-Emissionen Sanierung

Energiebedarf	Energieträger	Endenergie [kWh/m ² _{BGFA}]	CO ₂ -Äqu.-Faktor [g/m ² _{BGFA} pro kWh _{end}]	CO ₂ -Äqu. [g/m ² _{BGFA}]
Heizung	80 % Fernwärme mit Abwärme 20% Solar	19,67	43,05	846,79
		4,92	20,10	98,89
Warmwasser	Solar	18,45	20,10	370,85
Haushaltsstrom	Strom	22,49	624,00	14.033,76
Gesamt				15.350,29

Abbildung 49: Zusammenstellung CO₂-Emissionen des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmerstraße, Kapfenberg“ (Quelle: AEE INTEC)

Eine rechnerische Reduktion der CO₂-Emissionen von ca. 89 % ist möglich.

Somit können lt. Berechnung mit den angenommenen Randbedingungen die Ziele des Gesamtleitprojektes e80³ jedenfalls eingehalten werden!

Projektziele lt. Antrag:



5.1.4.10 Zusammenfassung

Zusammengefasst lassen sich die Arbeiten und Ergebnisse des Arbeitspaketes 4 in nachfolgenden Punkten darstellen. Diese stellen gleichzeitig die geplanten anlagentechnischen sowie nutzerInnenabhängigen Maßnahmen dar.

Anlagentechnische Maßnahmen

- ∞ Wärmebereitstellung über solarthermische Kollektoren und Abluft-Wärmepumpe (Grundlast) sowie über Fernwärme (Spitzenlast)
- ∞ Einplanung eines Schichtspeichers im neuen Technikraum zur Nutzung von
 - Abwärme aus Lüftungsanlage
 - Thermische Solaranlage
 - Fernwärme aus vorwiegend Abwärme
- ∞ Wärmeverteilsystem: 2-Leiter-System für Heizung und Warmwasser mit geringen Vorlauftemperaturen (45 – 48 °C) und möglichst großer Spreizung (10 – 15 K), sowie guter Dämmung der Heizungs-Verteilleitungen
- ∞ Wärmeabgabe durch Sockelleistenheizung
- ∞ Hygienische Warmwasserbereitung in den Wohneinheiten um die Zapf- und Mischverluste zu reduzieren
- ∞ Wassersparende Armaturen/Duschköpfe, um den Energieaufwand für Warmwasser zu reduzieren
- ∞ Raumtemperaturregelung betreffend Heizungsanlage, um sowohl innere und solare Wärmegewinne zu nutzen
- ∞ Stromerzeugung vor Ort über Photovoltaikanlage am Dach und in der Fassade
- ∞ Ventilatoren und Umwälzpumpen energieeffizient
- ∞ Energieeffiziente Geräte und Beleuchtungskörper
- ∞ Energieeffiziente Aufzugsanlage

NutzerInnenabhängige Maßnahmen:

- ∞ Einstellung des Raumtemperatur-Sollwertes möglichst reduzieren (aufgrund der guten thermischen Hülle)
- ∞ Verbrauch an Warmwasser möglichst reduzieren; z.B. Duschen statt Wannenbad

Innovationen:

Nachfolgende Tabelle zeigt einen Vergleich der wesentlichen Eckdaten des Energiekonzepts des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ mit einem, das aus derzeitiger Sicht einem Standard sozialen Wohnbau entspricht.

Tabelle 11: Vergleich Energiekonzept Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ mit Wohnbau-Standard

		Wohnbau-Standard	Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“
Heizung	Bereitstellung	Konventioneller Heizkessel	Solarthermie, Wärmerückgewinnung aus Abluft (Abluft-Wärmepumpe), Fernwärme (größtenteils freie Abwärme)
	Verteilung	Im Gebäude Nicht zugänglich	In den „neuen“ außenliegenden vorgefertigten Schächten Jederzeit zugänglich u. nachrüstbar Verteilung in den Wohnungen auf Putz
	Abgabe	Radiatoren und Heizkörper	Sockelleistenheizung (Niedertemperatur)
Brauch-warm-wasser	Bereitstellung	Konventioneller Heizkessel und Solarthermie	200 m ² solarthermische Kollektoren an der Südseite des Gebäudes
	Verteilung	4-Leiternetz	2-Leiternetz
	Übergabe / Speicherung	Einzelboiler je Wohnung	Wärmeübergabestation („Heatbox“) je Wohnung
Kühlung		Sommerliche Überwärmung ist lt. ÖNORM B 8110-3 zu vermeiden	Sommerliche Überwärmung ist lt. ÖNORM B 8110-3 zu vermeiden
Lüftung		Fensterlüftung	Mechanische Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung über Wärmepumpe
Beleuchtung		Standardleuchten	Hocheffiziente Leuchtmittel, Energiesparlampen; maximale Tageslichtausnutzung
Haushaltsstrom		Standardgeräte	Energieeffiziente Haushaltsgeräte und -führung
Aufzug		Standardgeräte	Energieeffiziente Aufzugsanlage

5.1.5 AP 5 Monitoring- und Auswertungskonzept

5.1.5.1 Messtechnikkonzept

Aufbauend auf AP 2 werden als Bilanzierungsprinzipien die gutschriftenorientierte Bewertung der Energien (Heizungs- und Warmwasserverbrauch, Heiztechnik- und Hilfsenergien, Beleuchtung, Lüftung und Haushalt) auf primärenergetischer Basis angewendet. Das Grundstück stellt die Bilanzierungsgrenze dar. Hierbei wirkt sich die Festlegung der zu verwendenden Primärenergiefaktoren wesentlich auf die Gesamtbilanz aus.

Der zu vermessende Zeitraum wird mit zwei Jahren festgelegt, um nach der Einregulierung der heiz- und lüftungstechnischen Anlagen in der Anfangsphase die Evaluierung des ungestörten Betriebes zu ermöglichen.

Im Folgenden wird für das Demonstrationsprojekt Johann-Böhm-Straße ein Monitoring- und Auswertungskonzept dargestellt.

Das Ziel der Messungen liegt in der Erfassung folgender Energien und Parameter:

- ∞ Gesamtheizenergieverbrauch für das Gebäude in kWh/m²a
- ∞ Gesamtendenergieverbrauch für das Gebäude in kWh/m²a zur Bewertung des Primärenergieverbrauchs mittels Primärenergiefaktoren
- ∞ Zentrale Energiezufuhr zur Spitzenlastabdeckung durch Fernwärme
- ∞ Detaillierte Vermessung der Systemtemperaturen im Heizungs- und Lüftungssystem:
 - Temperaturen im Solarkreis
 - Speichertemperaturen
 - Erfassung von Temperatur, Feuchte und CO₂-Konzentration im Abluft- und Zuluftvolumenstrom
 - Geschwindigkeiten im Abluft- und Zuluftvolumenstrom
 - Wärmemengen des Erdwärmetauschers zur Luftvorwärmung
- ∞ Komfortparameter in 16 Messwohnungen: Raumtemperatur, rel. Feuchte sowie CO₂-Konzentrationen der Raumluft

Die Darstellung des elektrischen Energieverbrauchs soll getrennt nach folgenden Bereichen erfolgen:

- ∞ Gesamtstromverbrauch
- ∞ Getrennte Erfassung des Stromverbrauchs von
 - Lüftungsanlage
 - Abluftwärmepumpe
 - Technikstromverbrauch
 - Allgemeinstromverbrauch
 - Lift
 - Haushaltsstromverbrauch
- ∞ Stromerzeugung durch die Photovoltaikanlage

In einer Messwohnung soll durch detaillierte Vermessung des Haushaltsstromverbrauchs das Einsparungspotenzial im Bereich Haushaltsstrom untersucht werden. Hier sollen der Stromverbrauch Beleuchtung in Wohnzimmer/Schlafzimmer, die Bereiche EDV/Unterhaltungselektronik, der Stromverbrauch der Waschmaschine und die Stromverbraucher in

5.1.5.2 Messdatenerfassung

In Abbildung 47 wird der Datenfluss von den Sensoren über die Messdatenerfassung, Übertragung, Auslesung und Speicherung schematisch dargestellt. Die durch die Sensoren erfassten Signale werden nach Extremwertabfrage und Mittelwertbildung in 5-Min. bzw. 1-Min. gespeichert und mittels PC automatisch ausgelesen. Die Rohdaten werden gespeichert und nach einer Eingangsprüfung in einer SQL-Datenbank für die Auswertung abgelegt.

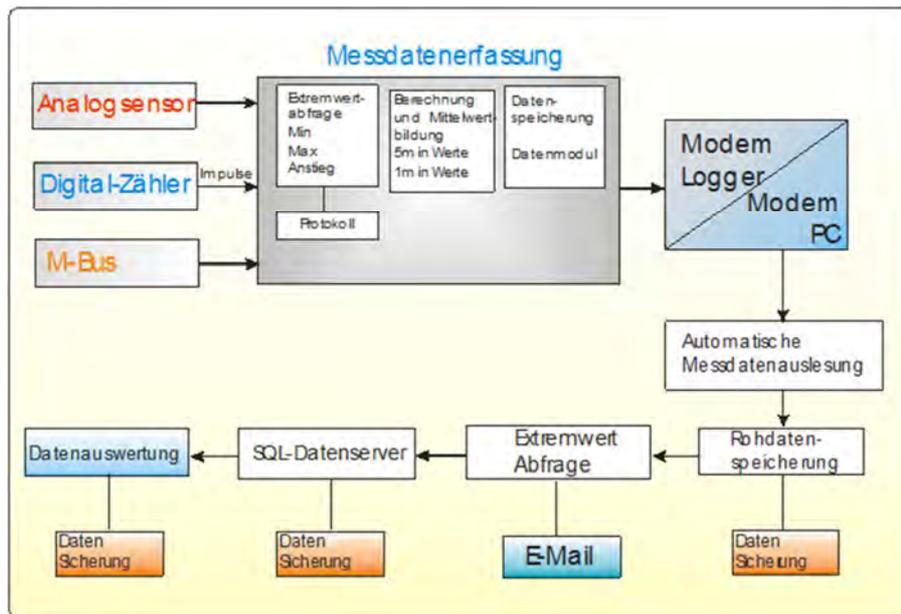


Abbildung 51: Datenflussdiagramm (Quelle: AEE INTEC)

5.1.5.3 Auswertung der Messdaten

Die Auswertung sieht als wichtigste Überblicksgrößen die Ermittlung folgender Kennzahlen vor:

- ∞ Heizenergieverbrauch für das Gebäude in kWh/m²a (Heizwärmeverbrauch und Warmwasser)
- ∞ Endenergieverbrauch für das Gebäude in kWh/m²a
- ∞ Stromverbrauch für das Gebäude in kWh/m²a
- ∞ Primärenergieverbrauch

Diese Größen sollen in Balken- und Kreisdiagrammen dargestellt und für die Evaluierung der erzielten Einsparungen herangezogen werden.

Die Darstellung der Komfortparameter erfolgt in Linien- und Punktdiagrammen:

- ∞ Raumtemperaturen stündlich im Tagesverlauf bzw. als Tages- und Monatsmittelwerte
- ∞ Raumfeuchte stündlich im Tagesverlauf bzw. als Tages- u. Monatsmittelwerte
- ∞ CO₂ Konzentrationen stündlich im Tagesverlauf bzw. als Tages- u. Monatsmittelwerte
- ∞ Darstellung der Raumtemperatur über der Raumluftfeuchte
- ∞ Verteilung der Raumtemperaturen über der Außentemperatur
- ∞ Darstellung der CO₂-Konzentrationen über der Raumluftfeuchte
- ∞ Häufigkeitsdiagramme von Temperaturen, Feuchtigkeiten und CO₂-Konzentrationen

5.1.6 AP 6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und LCA

5.1.6.1 Ausgangslage

Einleitung

Die hochwertige Sanierung zum Plus-Energiehaus ist nur durch ein integratives Sanierungs- und Energiekonzept möglich. Durch eine hochwertige thermische Sanierung der Außenhülle bei gleichzeitiger Integration von energieerzeugenden Aktivelementen (solarthermische Kollektoren und Photovoltaik) sowie einer Netzintegration für Strom und Wärme ist ein Plus-Energiegebäude in der Sanierung möglich.

Die mit einer solchen Sanierung zusammenhängenden baulichen Maßnahmen sind, je nach Sanierungstechnologie, mit unterschiedlich hohen Errichtungs- und Folgekosten sowie spezifischen Umweltwirkungen während der gesamten Gebäudenutzungsdauer verbunden. Heute werden die für eine Sanierung in Frage kommenden Baukonstruktions- und Haustechnikkomponenten meist nur auf Basis deren Errichtungskosten ausgewählt. Demgegenüber stehen die Förderprogramme der Länder („ökologische Wohnbauförderung“) sowie Gebäudezertifizierungssysteme („LEED“⁴, „BREEAM“⁵, „DGNB“⁶, „TQB“⁷), welche neben den Errichtungskosten die zusätzliche Berücksichtigung der Umweltwirkungen der Sanierungskonzepte fordern.

Für die ausgewählten Demonstrationsgebäude des Forschungsprojekts e80³ in Graz und Kapfenberg sollen daher ökonomische und ökologische Vergleichsrechnungen auf Basis verschiedener funktional und technisch gleichwertiger Systemlösungsvarianten (aktiv und/oder passiv) für die Sanierung auf Plus-Energie Standard durchgeführt werden. Die Berechnung der Lebenszykluskosten erfolgt mit Hilfe einer dynamischen Berechnungsmethode (Kapitalwertmethode). Bei der Betrachtung der umweltbezogenen (ökologischen) Qualität des Gebäudes (FprEN15643-3 [20]/ FprEN 15978 [21]) in AP 3 wird mit Hilfe der Methode der Ökobilanzierung nach ÖNORM EN ISO 14040 [22] bzw. ÖNORM EN ISO 14044 [23] der Focus auf die Ermittlung von quantifizierbaren, outputorientierten Wirkungsindikatoren gelegt. Die Beurteilung der ökologischen Qualität der jeweiligen Variante erfolgt dabei im Zuge des SP3.

Die Ergebnisse der Vergleichsrechnungen sollen abschließend in Form von „ökologischen und ökonomischen Amortisationszeiten“ der Sanierungsvarianten (Sanierung auf Passivhausstandard und Sanierung auf Plusenergiestandard) gegenübergestellt werden.

Ausgangslage und Zieldefinition im AP6 – Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Zur Beurteilung der generellen Wirtschaftlichkeit von Sanierungen auf Plus-Energie Standard soll zunächst die Wohnhausanlage (WHA) Johann-Böhmstraße in Kapfenberg herangezogen werden. Zur ersten Grobabschätzung wird die Methode der Lebenszykluskostenanalyse (LCCA⁸) verwendet. Grundsätzlich sieht die Berechnung von Lebenszykluskosten neben der Berücksichtigung der Errichtungskosten auch die Folgekosten (d.h. Nutzungskosten und Beseitigungskosten) vor. Wichtig bei der Ermittlung von Lebenszykluskosten ist, neben der Wahl und Herkunft der Eingangsdaten, vor allem auch die Frage welche Lebenszykluskosten berechnet werden sollen. Grundsätzlich

⁴ Leadership in Energy and Environmental Design – siehe <http://www.usgbc.org>

⁵ Building Research Establishment's Environmental Assessment Method – siehe <http://www.breem.org>

⁶ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. – siehe <http://www.dgnb.de>

⁷ Österreichische Gesellschaft für nachhaltiges Bauen – siehe <https://www.oegnb.net/tqb.htm>

⁸ LCCA steht für Life Cycle Cost Analysis

unterscheidet die ISO 15686-5 [24] die Begriffe Whole-life cost (WLC) und Life-Cycle cost (LCC). WLC berücksichtigen im Gegensatz zu den LCC auch Einnahmen und Externe Kosten. Die folgenden Wirtschaftlichkeitsvergleiche des gegenständlichen Forschungsprojekts werden für ausgewählte Kostengruppen auf Basis von WLC durchgeführt. Da in Österreich bis dato noch kein entsprechender Standard für die Berechnung von Lebenszykluskosten von Gebäuden vorliegt, wird hier die Berechnung in Anlehnung an die bestehende Lebenszykluskostennorm im Facilitymanagement GEFMA [25] 220 Teil 1 bzw. Teil 2 durchgeführt. In dieser Richtlinie wird zwischen dem Begriff Lebenszykluskosten (LzK) und Lebenszykluserfolg (LzE) unterschieden. Im Hinblick auf mögliche Erlöse durch den Einsatz einer PV-Anlage soll daher der nachfolgende Vergleich unter Berücksichtigung ausgewählter Erlöse durchgeführt werden. Die zu untersuchende WHA soll im Wesentlichen durch passive (Optimierung der wärmeschutztechnischen Qualität) und aktive Maßnahmen (Integration von PV und Solar-Elementen) sowie durch ein neues Energieversorgungssystem optimiert werden. Dabei soll vergleichend die neu zu entwickelnde Plusenergie-Fassade einem konventionellen Wärmedämmverbundsystem (WDVS) gegenübergestellt werden.⁹

In einem ersten Schritt soll aufgrund der zurzeit noch unzureichenden Datenlage für eine detaillierte LCA und LCCA-Untersuchung zu diesem frühen Projektstand eine Grobabschätzung der Wirtschaftlichkeit auf Basis ausgewählter Errichtungs- und Folgekosten durchgeführt werden. Die Basis für die erste Abschätzung bilden ausgewählte Errichtungskosten gem. ÖNORM B1801-1 [26] für die Kostenbereiche Bauwerk-Rohbau, -Technik und -Ausbau sowie für die Nutzungskosten gem. ÖNORM B1801-2 [27] ausgewählte Erhaltungs- und Betriebskosten. Die Beseitigungskosten werden aufgrund der derzeit noch unzureichenden Datenlage nicht berechnet. Zusätzlich verlieren diese bei Anwendung einer dynamischen Berechnungsmethode (wie in diesem Fall) bei langen Betrachtungszeiträumen stark an Bedeutung.

5.1.6.2 LCCA-Modellierung

Die Modellierung des Lebenszykluskostenmodells auf Basis bestehender Standards ist von zentraler Bedeutung und ist im Detail in den folgenden Punkten in Anlehnung an GEFMA 220-1 bzw. 2 [28] beschrieben.

Betrachtungszeitraum

Die Vorgabe des Betrachtungszeitraumes ist vom Investor/Bauherren frei zu wählen und ist als jener Zeitraum zu verstehen auf welchen sich die Ermittlung der Lebenszykluskosten beziehen. Sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene werden dazu keine Vorgaben gemacht. Im Hinblick auf eine allfällige Gebäudezertifizierung (TQB) zu einem späteren Zeitpunkt sowie unter Berücksichtigung der Vorgaben in anderen gängigen Gebäudezertifizierungssystemen („LEED“, „BREEAM“, „DGNB“, „TQB“) wird hier ein Betrachtungszeitraum von 50 Jahren angesetzt.

⁹ Für die weitere Betrachtung wird die Ausführung der Fassade als Plusenergie-Fassade mit Var0 und die Passivhaus WDVS-Fassade mit Var1 bezeichnet.

Systemgrenzen

Es wird zwischen der räumlichen, akteursbedingten, prozessbedingten und zahlungsbedingten Systemgrenze unterschieden. Die räumliche Systemgrenze bildet das Gebäude, also die jeweilige Wohnhausanlage. Infolge des Vergleichs von verschiedenen Systemvarianten im Wohnbau wird für die akteursbedingte Systemgrenze die eingangs erwähnte Abgrenzung hinsichtlich LzE vorgenommen. Hinsichtlich der prozessbedingten Systemgrenze werden aufgrund der Fokussierung auf den Systemvergleich unterschiedlicher Fassadenkonstruktionen und der Auswirkungen auf die Gesamtgebäudeperformance in einem ersten Schritt lediglich ausgewählte gebäudebezogene Prozesse berücksichtigt. Im Besonderen werden für die erste Abschätzung der Aufwand für Wartung, Inspektion und Instandsetzung über entsprechende Prozent-Satz-Annahmen von den Errichtungskosten getrennt für Bauwerk und TGA-System ermittelt. Hinsichtlich des Gebäudebetriebes werden die Modelleingangsdaten aus dem Energieausweis der Wohnhausanlageherangezogen. Dadurch werden die verbrauchsgebundenen Kosten für Wärme und Strom berücksichtigt.

Der Prozent-Satz für die Inspektion und Wartung für das Bauwerk wird mit 0,1% der Errichtungskosten der Kostengruppen KG2 und KG4 (gemäß ÖNORM B 1801-1) angenommen. Der %-Satz für die Instandsetzung der relevanten Bauteile nach Ablauf der wirtschaftlichen Nutzungsdauer wird mit 1,2% der Kostengruppen KG2 und KG4 angegeben. Die wirtschaftliche Nutzungsdauer der Bauteile wird aus einschlägiger Literatur (z.B. Nutzungsdauerkatalog der Steirischen Sachverständigen, etc.) entnommen. Der Aufwand für Inspektion und Wartung (in % der Errichtungskosten der Systemkomponenten) der KG3 (TGA) wird aus einschlägigen Regelwerken wie ÖNORM M7140 [29] bzw. VDI-RL 2067 [30] entnommen.

Als zahlungsbedingte Systemgrenze werden jene Kostengruppen verstanden die im Rahmen der Lebenszykluskostenberechnung Berücksichtigung finden. Es werden keine kalkulatorischen Kosten (Abschreibungen, Eigenleistungen, etc.) angesetzt. Jedoch werden Erlöse durch den Einsatz von PV-Technik (d.h. indirekte Erlöse durch die Reduktion des Energieverbrauchs und damit Kostenreduktion) sowie die voraussichtliche Förderung je Sanierungsstandard (Plusenergie bzw. Passivhaus) in der Berechnung der Lebenszykluskosten berücksichtigt. Eine Übersicht über die berücksichtigten Kosten in Anlehnung an GEFMA 220 ist in Abbildung 52 dargestellt.

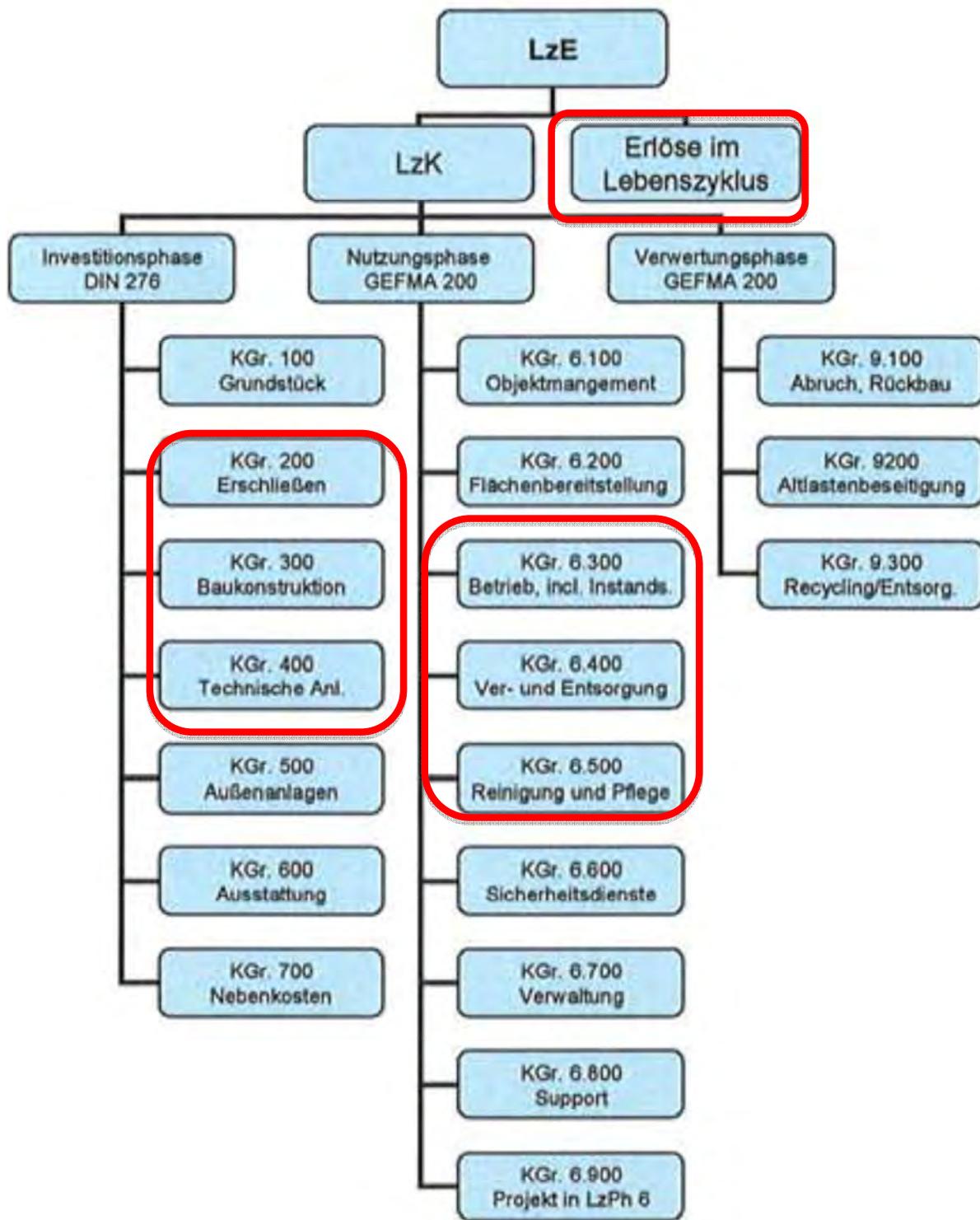


Abbildung 52: Berücksichtigte Kostengruppen nach GEFMA 220-1 bzw. -2



Berücksichtigte Kostengruppen nach GEFMA 220-1 bzw.-2

Die Zuordnung der im Rahmen der gegenständlichen LCCA berücksichtigten Kostengruppen nach DIN 276 bzw. der Nutzungskosten nach GEFMA 220 zur ÖNORM B1801-1 bzw. 2 ist in Abbildung 53 dargestellt.

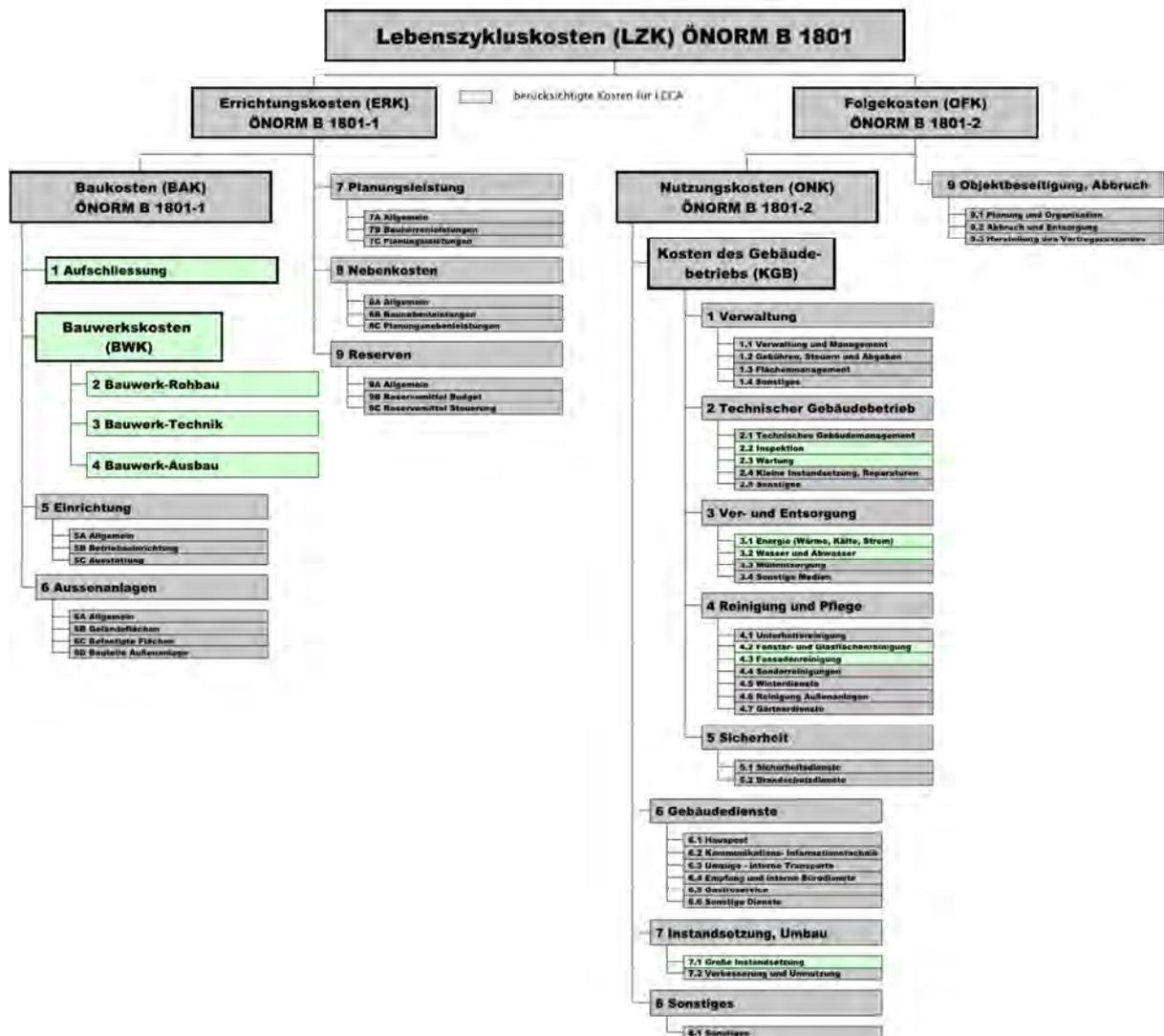


Abbildung 53: Übersicht Lebenszykluskosten nach ÖNORM B 1801-ff

Prognoseansatz

Für die Berechnung der Lebenszykluskosten wird die Kapitalwertmethode¹⁰ herangezogen. Der Kapitalwert ergibt sich aus der Summe aller auf einen bestimmten Bezugszeitpunkt diskontierten Einzahlungen abzüglich der Auszahlungen (=Summe der Barwerte). Die dazugehörige Formel ist in Gleichung 1 ersichtlich [25].

Gleichung 1

K..... Kapitalwert von LzK oder Lz-Erfolg

Z..... Zahlungsdifferenz der jährlichen Ein- und Auszahlungen

i..... Kalkulationszinssatz in Dezimalform (z.B. 0,05; beinhaltet ggf. einen Inflationsanteil

n..... Anzahl der Jahre des Betrachtungszeitraums

¹⁰ Die Kapitalwertmethode ist ein klassisches Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung.

Für die erste Abschätzung der Wirtschaftlichkeit der neuen Fassade stellen sich die Auszahlungen und Einzahlungen – innerhalb der vorab definierten Systemgrenzen – demnach wie folgt dar:

Tabelle 12: Übersicht der Ein- und Auszahlungen

Auszahlungen	Einzahlungen
∞ Errichtungskosten Bauwerk-Rohbau und -Ausbau	α Förderungen
∞ Errichtungskosten Bauwerk-Technik (TGA)	∞ Direkte Gewinne aus Einspeisung PV-Strom
∞ Nutzungskosten für Strom und Wärmebereitstellung	∞ Indirekte Gewinne aus PV und Solar-Nutzung
∞ Nutzungskosten für Wartung und Inspektion der baulichen Anlagen und der Anlagen der TGA	
∞ Instandsetzungskosten Bauwerk und TGA	
∞ Reinigungskosten der Fassade	

Berechnungsparameter

Für die Berechnung der Lebenszykluskosten und damit der Darstellung der Wirtschaftlichkeit der beiden Varianten wurden nachstehende Annahmen getroffen:

- ∞ Kalkulationszinssatz: 5,5% (nominal)
- ∞ Allgemeine Inflationsrate (z.B.: für Bauleistungen): 1,5%
- ∞ Spezifische Inflationsrate (Strom und Wärme): 4,0%

Die wirtschaftliche Nutzungsdauer der einzelnen Systemkomponenten werden für die Bauleistungen Bauwerk-Rohbau und Bauwerk-Ausbau entsprechend dem Nutzungsdauerkatalog der Steirischen Sachverständigen [31] sowie für die Bauleistungen Bauwerk-Technik entsprechend den Vorschlägen aus einschlägigen Richtlinien und Regelwerken abgeleitet und mit den Projektpartnern abgestimmt. Die entsprechenden Nutzungsdauern der Systemkomponenten sind im Detail der Berechnung zu entnehmen.

Prognoseunsicherheit

Durch den langen Betrachtungszeitraum bei der Lebenszykluskostenberechnung von Gebäuden ergibt sich eine gewisse Prognoseunsicherheit.

Da die LCCA im Rahmen des SP2 eine erste Grobabschätzung der Wirtschaftlichkeit der neuen Plusenergie-Fassade darstellt, sollen entsprechende Sensitivitätsanalysen (Variation des Kalkulationszinssatzes, Annahme verschiedener Energiepreis-steigerungsszenarien, etc.) zum Aufzeigen der möglichen Schwankungsbreiten der LCCA-Ergebnisse des Variantenvergleichs zwischen WDVS und Plusenergie-Fassade erst im Rahmen des SP 3 durchgeführt werden.

5.1.6.3 LCCA WHA Johann-Böhmstraße, Kapfenberg

Für die Berechnung zur Verfügung gestellte Unterlagen

- ∞ Bestandserhebungen
ennstal SG, AEE INTEC

- ∞ Planunterlagen
Nussmüller Architekten ZT GmbH

- ∞ Bauteilaufbauten
Nussmüller Architekten ZT GmbH, AEE INTEC, Gap-Solution

- ∞ Kostenschätzung (nach ÖNORM B 1801-1) – Johann-Böhmstraße
Nussmüller Architekten ZT GmbH
 - Aufschließung / Abbruch
 - Bauwerk – Rohbau
 - Bauwerk – Technik
 - Bauwerk – Ausbau

- ∞ Gesamtkosten
Nussmüller Architekten ZT GmbH
 - Umfassende Sanierung
 - Plus Energie Gebäude

- ∞ Verbrauchsdaten, gebäudespezifische Energiekosten
Stadtwerke Kapfenberg, AEE INTEC, ÖWG, ennstal SG
 - Heizung
 - Warmwasser
 - Strom

- ∞ Energieanalyse
AEE INTEC
 - Energiekennzahlen
 - Energieausweis

- ∞ Erträge
AEE INTEC, Photovoltaic Austria Federal Association
 - Fotovoltaik
 - SolarKTG Austria
 - PV Angebot

- ∞ Berechnungstool, Berechnungsparameter
TU-Graz, AEE INTEC
 - Zinssätze
 - Kosten des Gebäudebetriebes

Ergebnisse

Die Variantenvergleiche basieren auf dem LzK-Berechnungstool der GEFMA, welches für die Anwendung in Österreich auf die Vorgaben der ÖNORM B1801-2 entsprechend adaptiert worden ist.

Unter den zuvor beschriebenen Rahmenbedingungen zur Durchführung der LCCA stellen sich die Ergebnisse wie folgt dar:

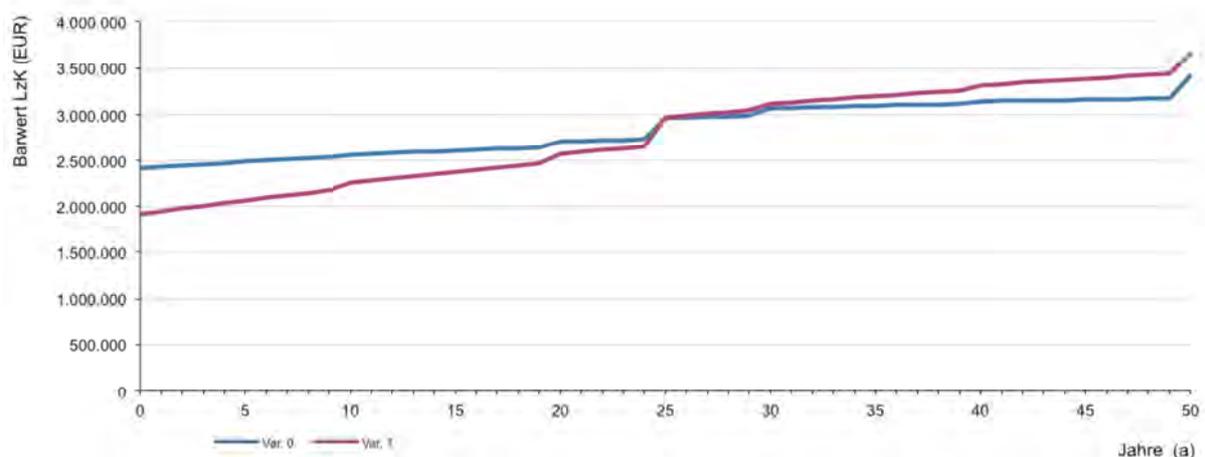


Abbildung 54: Erstabschätzung des Verlaufs der Lebenszykluskosten der beiden Sanierungsvarianten

Abbildung 54 zeigt den Vergleich der beiden Sanierungsvarianten. Bei der Sanierung auf Plusenergiestandard (Var.0) ergeben sich zufolge des neuen innovativen Fassadensystems höhere Investitionskosten als bei der Sanierungsvariante auf Passivhausstandard (Var.1). Betrachtet man jedoch den gesamten Lebenszyklus (50 Jahre) der Fassade ergeben sich nach ca. 25 Jahren geringere kumulierte LzK für die Plusenergiefassade. Dies ist zum einen durch die Gewinne aus der PV-Anlage und zum anderen durch die Vorteile in der Erhaltung der Plusenergiefassade gegenüber der Passivhausfassade bedingt.

Anzumerken ist, dass für die Abschätzung der solaren Gewinne aus PV die Berechnungen der KTG Austria als Grundlage herangezogen wurde. Die Amortisationszeit ist weiters wesentlich vom zu erwartenden Einspeisetarif der von der PV-Anlage erzeugten Energie abhängig. Für die 13 jährige Vertragslaufzeit wurde in gegenständlicher LzK-Betrachtung mit einem Einspeisetarif von 33 Cent/kwh gerechnet. Für die Vergütung ab dem 14. Jahr wurde auf Basis heute möglicher Erlöse für Überschussenergie 18 Cent/kwh in Rechnung gestellt. Auch die in der Berechnung je nach Sanierungsvariante zu erwartenden Förderungen stellen eine wichtige Einflussgröße auf die Amortisationszeit dar.

Abbildung 55 zeigt abschließend die Annuität der LzK-Abschätzung für die berücksichtigten Kostengruppen.

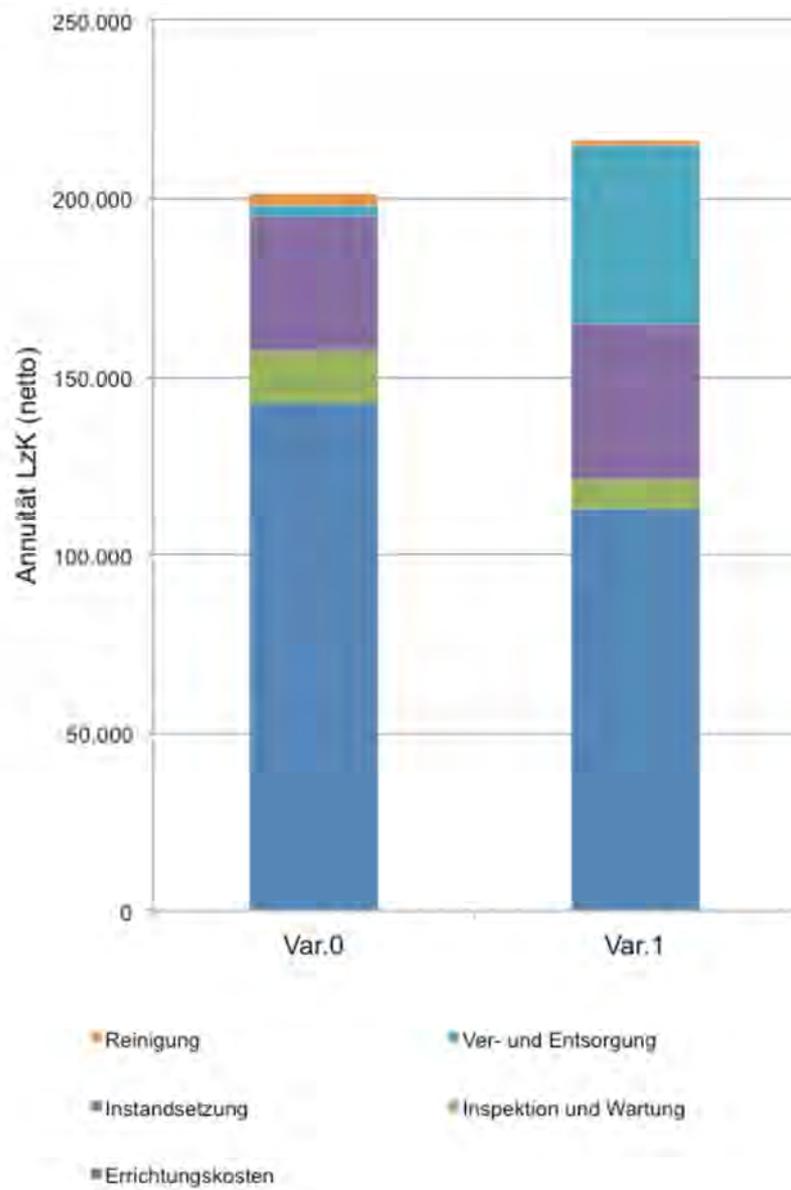
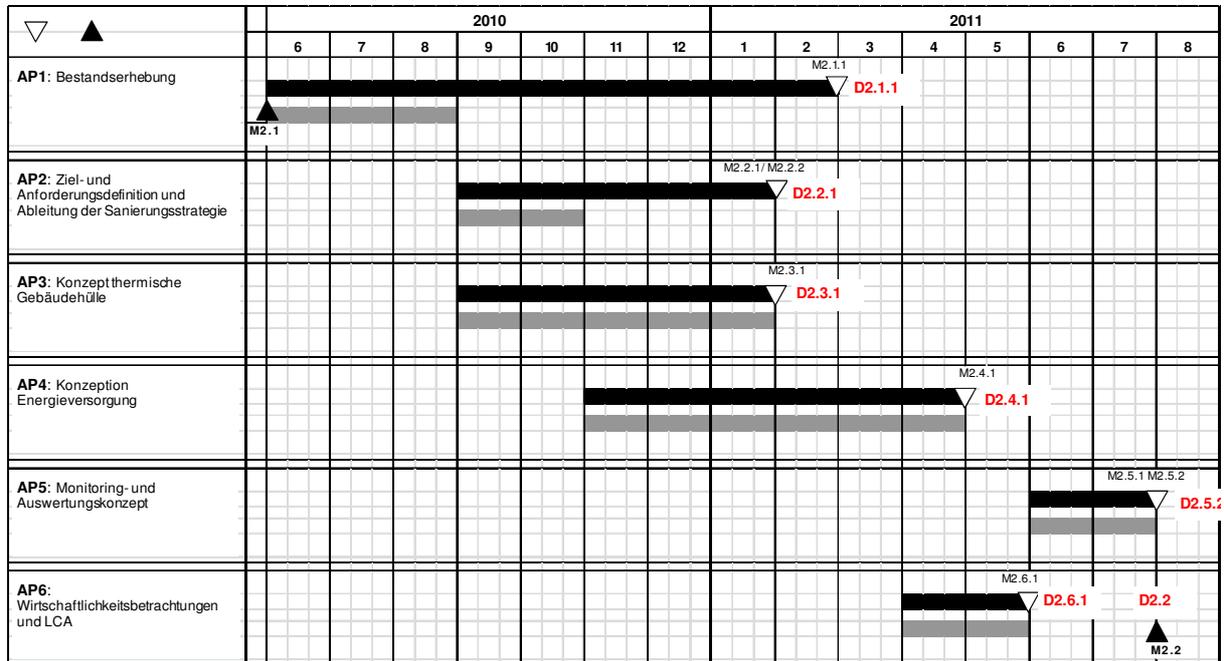


Abbildung 55: Annuität LzK (netto) je Variante

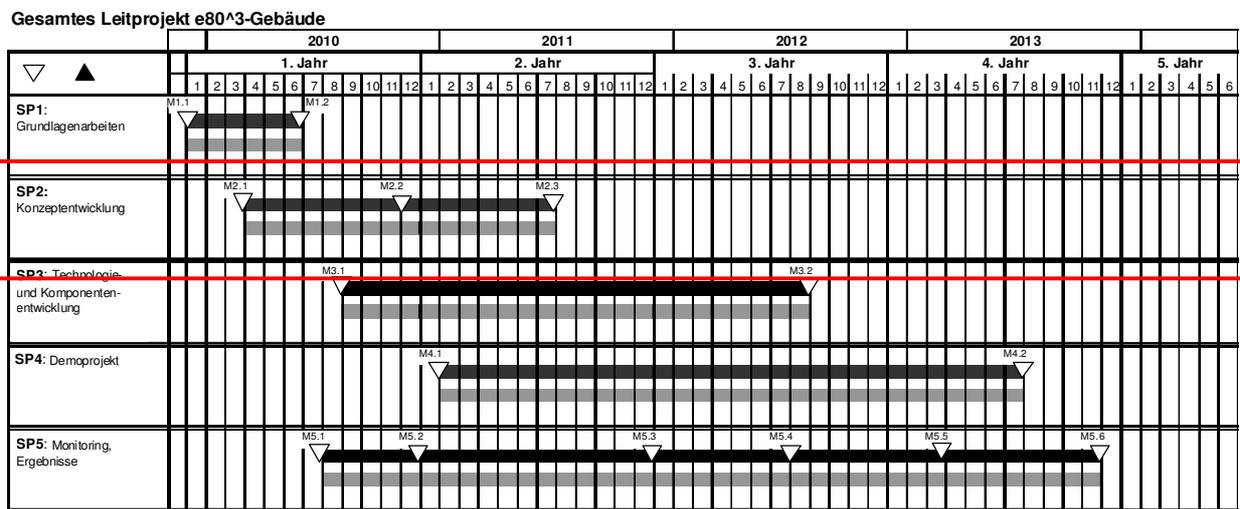
5.2 Meilensteine

5.2.1 Ablauf- und Zeitplan SP2



M2.1	Beginn der Arbeiten für SP2 "Konzeptentwicklung"
M2.1.1	Bericht IST-Zustand der Demonstrationsprojekte*
M2.2.1	Bilanzierungsmethodik des Plus-Energiegebäudes
M2.2.2	Maßnahmenkatalog für die Umsetzung der Demonstrationsprojekte*
M2.3.1	Optimiertes Sanierungskonzept für die Gebäudehülle der Demonstrationsgebäude
M2.4.1	Ausgearbeitetes Energieversorgungskonzept für die Sanierung der Demonstrationsgebäude zum Plus-Energiegeet
M2.5.1	Allgemeines Monitoring- und Messtechnikkonzept
M2.5.2	Konzept Monitoring- und Messtechnik für Demonstrationsgebäude*
M2.6.1	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Folgekosten Energieversorgungskonzept
M2.2	Endbericht Subprojekt 2 "Konzepterstellung"

5.2.2 Übergeordneter Ablauf- und Zeitplan



6. Detailangaben in Bezug auf die Programmlinie

6.1 Einpassung in das Programm

Die Einpassung in die Programmlinie „Haus der Zukunft plus“ erfolgt durch die Umsetzung der Ergebnisse aus SP2 in einem richtungsweisenden Demonstrationsprojekt.

„Leitprojekte: auf dem Weg zum Demonstrationsvorhaben“

- ∞ „Gebäude im Verbund – Siedlung“
- ∞ „Plus-Energie-Siedlungen“ – Entwicklung und Umsetzung von Gebäudeverbänden bzw. Siedlungen auf höchstem Effizienzstandard und unter Einbeziehung von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie (insbesondere Solarenergie)

Somit konnte mit diesem Subprojekt (SP2) ein wichtiger Beitrag zum Erreichen der Ziele der Programmlinie „Haus der Zukunft plus“ geschaffen werden.

6.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms

Im Subprojekt 2 – Konzeptentwicklung wird die Basis für die Umsetzung des Demoprojektes geschaffen, um die Erreichung der Programmziele des gesamten Leitprojektes einzuhalten.

Durch den Wandel des Gebäudes vom Energiekonsumenten zum Produzenten müssen die Funktionen und Aufgaben der einzelnen passiven und aktiven Komponenten neu orientiert werden. Plus-Energie in der Sanierung kann nur erreicht werden, wenn die Konzeption der thermischen Gebäudehülle und das Energieversorgungssystem optimiert und aufeinander abgestimmt sind.

Ziel des Subprojektes ist es, eine Konzeption aufzuzeigen, in der das Gebäude nicht isoliert und als Konsument betrachtet wird, sondern dazu beiträgt, einen Knoten in einem intelligenten Netz zu bilden und aktiv die zukünftige Energieversorgung aufrechtzuerhalten.

6.3 Einbeziehung der Zielgruppen

Die frühzeitige und vollständige Einbindung der aller ExpertInnen bildet die Voraussetzung für einen erfolgreichen Projektablauf und Zielerreichung. Die Einbindung dieser erfolgte durch Abhaltung von Workshops und Treffen mit allen im Projekt beteiligten.

Eine enge Zusammenarbeit erfolgte dabei nicht nur mit sämtlichen ProjektpartnerInnen sondern auch mit jenen Beteiligten, welche im Zuge des Projektes ebenso wichtige Tätigkeiten übernommen haben (Bsp. Technische Büros → Schallmessung, Thermografieaufnahmen, etc.).

Präsentationen bzw. Diskussionen der (Zwischen-)Ergebnisse erfolgten laufend im Rahmen der Leitprojektmanagement-Sitzungen in Wien sowie im Zuge der internationalen Konferenz „ökosan11“ am 30. September 2011 in Graz.

6.4 Beschreibung der Umsetzungs-Potentiale für die Projektergebnisse

Der Begriff Plus-Energiegebäude wird im Neubaubereich schon in vereinzelten Projekten verwendet, bislang gibt es aber noch keine publizierten Ergebnisse über die Erreichung dieses ambitionierten Zieles. In der Sanierung ist die Herausforderung eine noch größere. Technologien aus dem Passivhausbereich in der Sanierung umzusetzen, aber dabei auch die Neuorientierung des Gebäudes hin zum Energieproduzenten zu berücksichtigen, ist möglich, benötigt aber neue Konzepte.

Die Entwicklung neuer, innovativer Sanierungskonzepte mit teilweise bereits bewährten Technologien aus dem Neubaubereich und die im weiteren Projektverlauf unmittelbare Umsetzung bietet die Chance, die Umsetzbarkeit in der Praxis zu beweisen und die Vorteile aufzuzeigen.

Einen wesentlichen Beitrag dazu kann das vorliegende Subprojekt 2 liefern. Zum einen wird eine gültige Definition eines Plus-Energie-Gebäudes erarbeitet und zum anderen wird ein Maßnahmenkatalog als Grundlage für die Umsetzung der Demonstrationsgebäude entworfen. Die erarbeiteten Varianten der Sanierung der thermischen Gebäudehülle sowie des Energie- und Haustechnikkonzeptes tragen ebenfalls zu einer erfolgreichen Umsetzung in der Praxis bei.

Die im Subprojekt 2 erarbeiteten Grundlagen bilden die Voraussetzung für die Implementierung der vorgefertigten Module (Entwicklung in SP3) und des Energiekonzeptes auf die Einreich-, Ausführungs- und Haustechnikplanung des Demonstrationsbauvorhabens (in SP4) und somit die Umsetzung eines Plus-Energie-Gebäudes im Netzverbund.

7. Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

7.1 Erkenntnisse für das Projektteam

Maßgeblich hat sich bei der Bearbeitung des Projektes herausgestellt, dass der Verbrauch des Haushaltsstromes, der erstmals mitbilanziert werden muss, durch die Minimierung des Energieaufwandes für den Gebäudebetrieb immer stärker die Gesamtenergiebilanz beeinflusst und daher die Reduktion des elektrischen Energieverbrauchs für Haushaltsgeräte und Beleuchtung eine wesentliche Voraussetzung zur Realisierung eines Plus-Energiegebäudes bildet. Gleichzeitig hat sich dabei allerdings auch der Umstand aufgetan, dass zur vollständigen Kompensation dieses elektrischen Stromverbrauchs große Flächen an Photovoltaik notwendig sind und dies einen wesentlichen Kostenfaktor darstellt bzw. enormen Einfluss auf die wirtschaftliche Umsetzbarkeit des Sanierungskonzeptes hat.

Eine der obersten Prämissen ist daher die Reduktion der Stromverbrauchswerte des zu sanierenden Gebäudes. Im Bereich des Technik- und Hilfsstromes kann dies durch Optimierungen im System und durch den Einsatz entsprechender Technologien (effiziente Aufzuganlagen, energiesparende Pumpen, etc.) möglich erreicht werden. Die Reduktion des Haushaltsstromverbrauchs erfolgt primär durch den Einsatz einer energieeffizienten Beleuchtung (z.B. LED) sowie durch die Verwendung energieeffizienter Haushaltsgeräte (A+++ Geräte).

Die Reduktion des Haushaltsstromverbrauches der einzelnen Wohneinheiten stellt dabei einen Entwicklungsprozess dar, der vor allem organisatorischer Natur ist. Hier ist eine permanente Bewusstseinsbildung im laufenden Betrieb notwendig.

Nicht nur die Reduktion des Stromverbrauchs, sondern auch die Minimierung des Energiebedarfs für Heizungszwecke stellt eine wesentliche Voraussetzung zur Erreichung des Plus-Energie-Ziels dar. Aus diesem Grund wird eine hochwertige thermische Sanierung des Bestandsgebäudes als unbedingt erforderlich angesehen. Das Ziel muss dabei eine möglichst hohe Reduktion des Heizwärmebedarfs sein! Passivhausstandard ist dabei allerdings keine MUSS-Bedingung!!!

Des Weiteren hat sich bei der Bearbeitung des Projektes herausgestellt, dass bereits im frühen Stadium die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Energieerzeugung überprüft werden müssen. So sind z.B. bei einem geplanten Einsatz von Windrädern zur Stromerzeugung vor Ort dementsprechende Wind- und Ertragsprognosen erforderlich, bei einer beabsichtigten Installation einer Anlage mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) müssen vorab die Einhaltung gegebener Grenzwerte für Feinstaub, Lärm, usw. am gegebenen Standort überprüft werden.

Zusätzlich hat sich gezeigt, dass die untersuchten Gebäude der 60er- und 70er-Jahre Großteils eine Ost-West-Orientierung aufweisen und daher für den Einsatz von Photovoltaik- sowie solarthermischen Anlagen eher bedingt geeignet sind. Vor allem PV-Anlagen sind dabei sehr „empfindlich“ gegen Abweichungen von der idealen Südorientierung und weisen dann einen z.T. deutlich geringeren jährlichen Ertrag auf. Neben der Orientierung hat aber auch die Neigung der PV-Module einen wesentlichen Einfluss auf den elektrischen Ertrag der Anlage. Aus diesem Grund sollten diese möglichst nicht in der Fassade mit einer Neigung von 90° zur Horizontalen installiert werden. Bei der Installation der Photovoltaik-anlage am Dach sollte die Aufständigung so ausgeführt werden, dass die Dachhaut des

Gebäudes weiterhin zugänglich ist und dadurch eine laufende Wartung dieser gewährleistet wird.

Eine Abweichung von der idealen Orientierung und Neigung wirkt sich bei solarthermischen Anlagen nicht so stark auf den jährlichen Ertrag aus. Aus diesem Grund wird auch die Installation von Kollektoren in der Fassade (90° Neigung zur Horizontalen) bzw. in Ost- oder Westausrichtung als Ergebnis dieses Projektes festgehalten. Bei der Dimensionierung der solarthermischen Anlage wird als Ziel eine 100%ige Deckung des Brauchwarmwasserbedarfs des sanierten Gebäudes sowie eine Heizungseinbindung möglich. Dies hat dann allerdings zur Folge, dass die Anlage im Sommer überdimensioniert ist und eine Wärmeabnahme (Wärmeverkauf an umliegende Gebäude!) sinnvoll wäre. Ob diese Abnehmer auch tatsächlich vorhanden sind, muss bereits im Zuge der weiteren Voruntersuchungen im SP4 geklärt werden.

Eine optimale Einbindung (aus technisch-energetischer und wirtschaftlicher Sicht) der Solarthermieanlage in das Heizungssystem macht einen Betrieb dieser im Niedertemperaturbereich notwendig. Im Idealfall können bestehende Flächenabgabesysteme (Fußboden- oder Wandheizung) verwendet, oder im Zuge der Sanierung neu installiert werden. Ist dies nicht möglich können z.B. auch (bestehende) Heizkörper mit niedrigeren Systemtemperaturen betrieben werden. Jedenfalls wird als wesentliches Ergebnis das Ziel der Umsetzung von 2-Leiter-Versorgungssystemen aus dem Neubau auch in der Sanierung sein.

Als weiteres wesentliches Ergebnis der Projektarbeit wird die Notwendigkeit der Installation einer mechanischen Lüftungsanlage angesehen. Nicht nur aus energetischer Sicht (Wärmerückgewinnung aus der Abluft), sondern auch aus Sicht der NutzerInnenbehaglichkeit (Erhöhung der Raumluftqualität → Reduktion der CO₂-Konzentration in den Räumlichkeiten) scheint eine mechanische Lüftungsanlage als unbedingt erforderlich. Die erarbeiteten Ergebnisse zur Lüftungskonzeption (Kapitel 5.1.4.2) stellen aus derzeitiger Sicht eine gute Lösung dar. Hierzu gilt es allerdings zu beachten, dass im Zuge der Umsetzung des Demonstrationsprojektes im Subprojekt 4 noch einige wichtige Punkte / Details dazu abzuklären sind, was eine Änderung bzw. Verbesserung des Lüftungssystems zur Folge haben kann.

Die „Sichtbarmachung“ der geplanten Innovationen (PV, Solar, Haustechnikschächte etc.) ist für das Projektteam ein wesentlicher Faktor für die Umsetzung des Demonstrationsgebäudes. Dies wurde anhand der durchgeführten Designstudien seitens des Architekten eingeplant und sehr gut umgesetzt.

7.2 Weitere Vorgangsweise

Das Subprojekt 2 „Konzeptentwicklung“ bildet die Basis für die weiteren Schritte und Subprojekte innerhalb des Leitprojektes „e80³“, speziell den Demonstrationsprojekten.

So sollen im folgenden Subprojekt 3 „Technologie- und Komponentenentwicklung“ Prototypen für vorgefertigte Fassadenelemente und Ver- und Entsorgungssysteme, unter Einbeziehung der hochbautechnischen und bauphysikalischen Aspekte, entwickelt werden.

Durch diese Weiterentwicklung von vorgefertigten Fassaden- und Dachgrundmodulen, sowie außen liegenden, neuartigen Haustechnikmodulen für bis zu 4-geschossige Gebäude wird es zukünftig möglich sein, sämtliche Gebäude dieser Epochen hochwertig und gleichzeitig wirtschaftlich zu sanieren.

Aufbauend auf bereits realisierte Haus der Zukunft Projekte (wie Markatstraße, Linz) sollen diese Leit- und Leuchtturmprojekte weiterentwickelt, optimiert, perfektioniert und somit von der Einzelfertigung zur Serienfertigung werden.

Die durchgeführten Designstudien und Variantenuntersuchungen im Rahmen von SP2 bilden die Basis für die Prototypentwicklungen in SP3 und für die Gesamtplanung und Umsetzung in SP4.

7.3 Weitere Zielgruppen

Durch Weiterbildungsveranstaltungen und Vortragstätigkeiten an Symposien und Tagungen werden die Ergebnisse des Subprojektes 2 zukünftig verbreitet und weiteren Zielgruppen zugänglich gemacht werden. So fand eine Vorstellung im Rahmen der Veranstaltung „Best-of „Haus der Zukunft“ 2010“ am 22. November 2010 sowie im Zuge der internationalen Konferenz „ökosan11“ am 30. September 2011 in Graz statt.

Des Weiteren soll z.B. der erarbeitete „Maßnahmenkatalog“ Wohnbaugenossenschaften, Bauherrn, Planern etc. am Ende des Projektzeitraumes zur Verfügung stehen und im Zuge der Anwendung zur umfassenden Beurteilung und Lösungsfindung eines innovativen Sanierungskonzeptes den österreichischen Gebäudebestands der Bauepoche 1945 und 1980 laufend weiterentwickelt werden.

8. Ausblick und Empfehlungen

Aus den Arbeiten und Ergebnissen des Subprojektes 2 „Konzeptentwicklung“ des übergeordneten Leitprojektes e80³-Gebäude - "Sanierungskonzepte zum Plus-Energiehaus mit vorgefertigten aktiven Dach- und Fassadenelementen, integrierter Haustechnik und Netzintegration" können unmittelbar weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten abgeleitet werden.

So besteht gewissermaßen weiteres Optimierungspotenzial hinsichtlich der Reduktion des Energieverbrauchs und der erforderlichen Energiebereitstellung. So hat z.B. der Haushaltsstromverbrauch einen wesentlichen Einfluss auf die Erreichung des Plus-Energie-Ziels. Gleichzeitig besteht weiterhin großes Optimierungspotenzial in der energieeffizienten und ressourcenschonenden Energiebereitstellung vor Ort. Zwar können sowohl thermische als auch elektrische Energie vor Ort aus erneuerbaren Energieträgern erzeugt werden, allerdings ergibt sich dabei die Problematik der oft vorhandenen Differenz zwischen Erzeugung und Verbrauch. Weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wären an dieser Stelle notwendig.

Wesentliche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind ebenso hinsichtlich der Entwicklung und Umsetzung von Gebäudeverbänden bzw. Siedlungen erforderlich, um (im Verband gesehen) höchsten Effizienzstandard unter Einbeziehung von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energieträger zu erreichen. Eine intelligente Steuerung bzw. Kommunikation innerhalb des Gebäudeverbandes ist erforderlich, um eine effiziente Laststeuerung zu ermöglichen.

Neben der energetischen Optimierung ist auch die wirtschaftliche Umsetzbarkeit der innovativen Sanierungskonzepte von großer Bedeutung. Derzeit befinden sich derartige Sanierungsmaßnahmen noch im Stadium der Einzelfertigung (Demonstrationsprojekte), durch weiterführende Entwicklungsarbeiten soll allerdings der Sprung zu einer kostengünstigen Serienfertigung und in weiterer Folge zu einem großflächigen Einsatz in der Sanierung des österreichischen Gebäudebestands möglich sein.

Gleichzeitig gilt es laufend das Bewusstsein für hochwertige Sanierungen zu Plus-Energie-Gebäuden aller Beteiligten (öffentliche Förderstellen, Gebäudeverwaltungen, GebäudeeigentümerInnen, aber auch -nutzerInnen) erhöhen. Dazu beitragen kann auf sicherlich eine entsprechende Sichtbarmachung der Energieeffizienz bzw. die ressourcenschonende Energiebereitstellung am / des Gebäudes. Die dazu notwendigen Entwicklungsprozesse betreffen dabei vor allem Architektinnen und Architekten aber auch z.B. HerstellerInnen von solarthermischen Kollektoren oder Photovoltaikanlagen.

9. Verzeichnisse

9.1 Literaturverzeichnis

- [1] Frey K., Haas J., Könighofer K.: Handbuch für Energieberater, Institut für Energieforschung, Joanneum Research. Graz im Jänner 1994
- [2] Statistik Austria: Privathaushalte nach Geburtsland der Haushaltsreferenzpersonen, Haushaltsgröße und Bundesländern – Jahresdurchschnitt 2009, Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung 2009, erstellt am 31.03.2010.
- [3] STATISTIK AUSTRIA (2009): Statistiken – Energie und Umwelt – Energieeinsatz der Haushalte; Durchschnittlicher Stromverbrauch der Haushalte nach Verbrauchskategorien 2008; http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/index.html, aufgerufen am 24.11.2011 um 10:45 Uhr
- [4] Haus der Zukunft Plus - Formular: „Antrag Leitprojekt, Aktionslinie 3.“ Mai 2009. Kapitel 0 – Allgemeine Hinweise
- [5] OIB Österreichisches Institut für Bautechnik: „OIB-Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz“. April 2007 und ergänzender Berechnungsleitfaden „Energietechnisches Verhalten von Gebäuden“; www.oib.or.at
- [6] www.passiv.de
- [7] IBK- Leitfaden. Ergebnisse der messtechnischen Begleituntersuchungen von „Haus der Zukunft“ – Demonstrationsbauten.“ Hrsg. AEE INTEC, Gleisdorf 2010. www.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/messprojekt_leitfaden.pdf
- [8] Richtlinie 2010/31/EU vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Amtsblatt d. Europäischen Union 18.6.2010; Art. 2 Abs. 2
- [9] <http://protech.krobath.com/beschreibung-und-technik.22.htm>, aufgerufen am 25.11.2011 um 13:45 Uhr
- [10] Streicher, W.; Heinz, A.; Mach, Th.; Fink, Ch.; Riva, R. (2002): Solarunterstützte Wärmenetze – Technologien und Komponentenentwicklung; Endbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft; BMVIT; Wien
- [11] Fink, Ch. und Riva, R. (2004): Solarunterstützte Wärmenetze im Geschoßwohnbau – Ein Planungshandbuch mit ganzheitlichem Ansatz; 1. Auflage; Verlag Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE GMBH; Gleisdorf
- [12] Energie Tirol (2009): Heizungspumpen; Informationsbroschüre; http://www.energie-tirol.at/fileadmin/static/folder/ET_Folder_Heizungspumpen.pdf, aufgerufen am 24.11.2011 um 11:15 Uhr
- [13] Umweltschutzverein Bürger und Umwelt (2011): Projekt Energieberatung NÖ; Nachhaltige Energiezukunft; <http://www.energieberatung-noe.at/start.asp?ID=40543&b=6222>, aufgerufen am 24.11.2011 um 11:00 Uhr
- [14] Bednar, Th. (2010): Plus-Energiegebäude: Anforderungen & Wege zur Umsetzung. Definition Plus Energiegebäude; Präsentation am 30. November 2010; http://www.oegut.at/downloads/pdf/hdz-bednar_definition-plus-energie.pdf, aufgerufen am 24.11.2011 um 10:45 Uhr
- [15] Konstantin, P. (2009): Praxisbuch Energiewirtschaft – Energieumwandlung, -transport und -beschaffung im liberalisierten Markt; 2. Auflage; Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg
- [16] ZAMG (2011): Windgefährdung und Windenergiepotential, <http://wms1.zamg.ac.at/beauvort/index.php>, aufgerufen am 02. Mai 2011 um 15:15 Uhr
- [17] European Small Hydropower Association (Hrsg.), 2004: Handbuch zur Planung und Errichtung von Kleinwasserkraftwerken. Titel der englischen Originalfassung: „Layman's Guidebook on how to develop a small hydro site“ (Autor: Celso Penche) Übersetzung ins Deutsche von Bernhard Pelikan

- [18] Tragner, M.; Theißnig, M.; Kraußler, A.; Schloffer, M.; Schuster, D. und Theißnig-Brauhart, I. (2007): Regenerative Energieversorgung einer Industrieregion; Chancen – Potenziale – Grenzen; Projektbericht im Rahmen der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“; BMVIT; Wien
- [19] Müller, K.-J. (2010): Gewinnung von Verhaltensprofilen am intelligenten Stromzähler; Datenschutz und Datensicherheit
- [20] FprEN 15643-3: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Integrierte Bewertung der Qualität von Gebäuden (2. Entwurf).
- [21] FprEN 15978 Nachhaltigkeit von Bauwerken — Bestimmung der Umwelleistung von Gebäuden — Berechnungsmethode. (2010)
- [22] ÖNORM IEN ISO 14040: Umweltmanagement — Ökobilanz — Grundsätze und Rahmenbedingungen (2006)
- [23] ÖNORM EN ISO 14044: Umweltmanagement – Ökobilanz Anforderungen und Anleitungen (2006).
- [24] International Organization for Standardization. (2008). ISO 15686-5:2008-06: Buildings and constructed assets – service life planning, part 5 – Life Cycle Costing.
- [25] German Facility Management Association. (2010b). GEFMA 220-1:2010-09: Lebenszykluskostenermittlung im FM, Einführung und Grundlagen.
- [26] Österreichisches Normungsinstitut. Österreichisches Normungsinstitut. (2009). ÖNORM B 1801-1:2009-06-01: Kosten im Hoch- und Tiefbau: Objekterrichtung.
- [27] Österreichisches Normungsinstitut. Österreichisches Normungsinstitut. (2011). ÖNORM B 1801-2:2011-04-01: Kosten im Hoch- und Tiefbau: Objekt-Folgekosten
- [28] German Facility Management Association. (2010a). FM, GEFMA 220-2:2010-09: Lebenszykluskostenermittlung im FM, Anwendungsbeispiel
- [29] ÖNORM M 7140 - betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach der erweiterten Annuitätenmethode - Begriffsbestimmungen, rechenverfahren.(2004).
- [30] Verein Deutscher Ingenieure. (2010): VDI 2067 Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen Blatt 1 - Entwurf, Grundlagen und Kostenberechnung
- [31] Hauptverband der allgemein beeideten und gerichtlich zertifizierten Sachverständigen Österreichs, Landesverband Steiermark und Kärnten - Nutzungsdauerkatalog der Steirischen Sachverständigen. (2006)

9.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorortbegehungen der beiden Demonstrationsprojekte; links: „Radegunderstraße, Graz“ am 18.11.2010; rechts: „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ am 24.09.2010 (Quelle: AEE INTEC).....	19
Abbildung 2: Thermografische Aufnahme des Gebäudes (NO-Ansicht) (Quelle: Thermografischer Bericht - technisches Büro für Bauphysik Leski Veronika)	20
Abbildung 3: Thermografische Aufnahme eines Balkons (Quelle: Thermografischer Bericht - technisches Büro für Bauphysik Leski Veronika).....	21
Abbildung 4: Ermittelte „Schwachstellen“ – Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH; Bearbeitung durch AEE INTEC)	21
Abbildung 5: Festgestellte augenscheinliche Mängel – Auszug (Quelle: AEE INTEC)	22
Abbildung 6: Fragebogen für BewohnerInnen.....	23
Abbildung 7: Auszug aus den Ergebnissen der Tageslichtmessungen.....	27
Abbildung 8: Links: Senderraum mit „Trittschallhammerwerk“; rechts: Empfangsraum mit Empfangsmikrofon (Quelle: Vatter & Partner ZT-GmbH).....	28
Abbildung 9: Messergebnisse der bauakustischen Überprüfung – Luftschalldämmung (Quelle: Vatter & Partner ZT-GmbH).....	28
Abbildung 10: Messergebnisse der bauakustischen Überprüfung – Trittschalldämmung (Quelle: Vatter & Partner ZT-GmbH).....	29
Abbildung 11: Erhebung Baukonstruktion und Bauphysik – Auszug (Quelle: DI Wolfesberger)	33
Abbildung 12: Berechnete Energiekennzahlen der Demonstrationsprojekte; links: „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“; rechts: „Radegunderstraße, Graz“.....	33
Abbildung 13: Stromleitungsführung in der Umgebung des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Stadtwerke Kapfenberg GmbH).....	34
Abbildung 14: Mögliche Warmwasserversorgung in der Umgebung des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“	34

Abbildung 15: Ressourcenorientierte Bilanzierung versus Gutschriften für eingespeiste dezentral produzierte Energie am Beispiel eines „all-electric“ Gebäudes (Photovoltaikanlage und Wärmepumpe) (Quelle: AEE INTEC)	39
Abbildung 16: Darstellung der Bilanzierungsmethodik und relevanter Einflussgrößen (Quelle: AEE INTEC)	41
Abbildung 17: Designstudie 1 – „Radegunderstraße, Graz“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	43
Abbildung 18: Designstudie 2 – „Radegunderstraße, Graz“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	43
Abbildung 19: Designstudie 3 mit Darstellung der geplanten Sanierungsmaßnahmen – „Radegunderstraße, Graz“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	43
Abbildung 20: 4 Schritte der thermischen Sanierung – „Radegunderstraße, Graz“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	44
Abbildung 21: Designstudie 1 – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	45
Abbildung 22: Designstudie 2 – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	45
Abbildung 23: Designstudie 3 mit Analyse der Fassadenflächen hinsichtlich der Möglichkeit solarer Energieproduktion – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	46
Abbildung 24: 4 Schritte der thermischen Sanierung – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	46
Abbildung 25: Bestandsgrundriss mit angefügtem Laubengang – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	47
Abbildung 26: 3 Schritte der Grundrissänderungen – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	48
Abbildung 27: Vorentwurf Sanierungsvariante mit Laubengang und neuer Grundrissgestaltung – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	49
Abbildung 28: Sonnenstudie mittels Software – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	51
Abbildung 29: Ermittlung der Solarstrahlung auf die Gebäudehülle mittels Software – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ – Bestand (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	52
Abbildung 30: Vergleich Solarstrahlung Bestand und Sanierungsentwurf – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	53
Abbildung 31: Zeitgestaffelte Fotoaufnahmen im Februar 2010 – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Nussmüller Architekten ZT GmbH)	53
Abbildung 32: Besonnung und Verschattung – Situation am 18.01.2011 – „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: AEE INTEC)	54
Abbildung 33: Zuluftelemente – links: für Fenstermontage; rechts: für Wandmontage (Quelle: Krobath protech GmbH)	62
Abbildung 34: Regelung des Zuluftvolumenstroms in Abhängigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit (Quelle: Krobath protech GmbH)	63
Abbildung 35: Lüftungsschema Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ gemäß ÖNORM H 6036 (Quelle: Kunesch Consulting ZT GmbH)	64
Abbildung 36: Lastprofil Jahr – Heizwärme (Quelle: AEE INTEC)	66
Abbildung 37: Lastprofil Wintertag – Heizwärme (Quelle: AEE INTEC)	66
Abbildung 38: Lastprofil Sommertag – Heizwärme (Quelle: AEE INTEC)	67
Abbildung 39: Lastprofil Wintertag – Haushaltsstrom (Quelle: AEE INTEC)	68
Abbildung 40: Lastprofil Sommertag – Haushaltsstrom (Quelle: AEE INTEC)	68
Abbildung 41: Prinzipschema einer Wohnungsstation (Quelle: Kunesch Consulting ZT GmbH)	70
Abbildung 42: Schema Heizung – Brauchwarmwasserbereitung Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Kunesch Consulting ZT GmbH)	71
Abbildung 43: Haushaltsstromvergleich für das Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Zusammenstellung AEE INTEC)	73
Abbildung 44: Vereinfachter Vergleich Wärmeprozess, Kraftprozess und Kraft-Wärme-Kopplungs-Prozess (Quelle: [15])	75
Abbildung 45: Vereinfachtes Schema des Energiekonzepts des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: AEE INTEC)	79
Abbildung 46: Zusammenstellung Energiebedarf des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: AEE INTEC)	79
Abbildung 47: Zusammenstellung Energieerzeugung des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: AEE INTEC)	80
Abbildung 48: Zusammenstellung Primärenergie des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: AEE INTEC)	80
Abbildung 49: Zusammenstellung CO ₂ -Emissionen des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: AEE INTEC)	81
Abbildung 50: Messtechnikschema (Quelle: AEE INTEC)	85
Abbildung 51: Datenflussdiagramm (Quelle: AEE INTEC)	86
Abbildung 52: Berücksichtigte Kostengruppen nach GEFMA 220-1 bzw. -2	90

Abbildung 53: Übersicht Lebenszykluskosten nach ÖNORM B 1801-ff	91
Abbildung 54: Erstabschätzung des Verlaufs der Lebenszykluskosten der beiden Sanierungsvarianten.....	94
Abbildung 55: Annuität LzK (netto) je Variante	95

9.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kurzübersicht der Ergebnisse der MieterInnenbefragung beim Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: AEE INTEC)	26
Tabelle 2: Ergebnisse der bauakustischen Überprüfung im Vergleich mit den Anforderungen lt. ÖNORM B 8115-2	29
Tabelle 3: Energieträger und -kennzahlen der derzeit 11 bewohnten Wohnungen – Johann-Böhmstraße 34, Kapfenberg (Quelle: ennstal SG, Stadtwerke Kapfenberg, AEE INTEC)	31
Tabelle 4: Energieträger und -kennzahlen der derzeit 14 bewohnten Wohnungen – Johann-Böhmstraße 36, Kapfenberg (Quelle: ennstal SG, Stadtwerke Kapfenberg, AEE INTEC)	31
Tabelle 5: Stromverbrauchskennzahlen des Demonstrationsprojektes „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ (Quelle: Stadtwerke Kapfenberg, AEE INTEC).....	32
Tabelle 6: Ziel- und Anforderungsdefinition – Vergleich IST- u. SOLL-Zustand.....	35
Tabelle 7: Vor- und Nachteile eines geschlossenen Laubenganges - Auszug.....	49
Tabelle 8: Vergleich U-Werte Bestand und Sanierungsvariante 1 – Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“	55
Tabelle 9: Vergleich U-Werte Bestand und Sanierungsvariante 1 – Demonstrationsprojekt „Radegunderstraße, Graz“	56
Tabelle 10: Ergebnis der Energieausweisberechnungen für die beiden Demonstrationsprojekte.....	57
Tabelle 11: Vergleich Energiekonzept Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ mit Wohnbau-Standard	83
Tabelle 12: Übersicht der Ein- und Auszahlungen	92

10. Anhang

Anhang 1	Thermografischer Bericht Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“
Anhang 2	Fragebogen für BewohnerInnen
Anhang 3	Ergebnisse der Tageslichtmessungen aller untersuchten Wohnungen
Anhang 4	Ergebnisse der Schallmessungen
Anhang 5	Fotodokumentation zur Erhebung der Baukonstruktionen und der Bauphysik
Anhang 6	Energieausweise Bestand Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ und Demonstrationsprojekt „Radegunderstraße, Graz“
Anhang 7	Design- und Variantenstudien Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ und Demonstrationsprojekt „Radegunderstraße, Graz“
Anhang 8	Energieausweise Sanierung Demonstrationsprojekt „Johann-Böhmstraße, Kapfenberg“ und Demonstrationsprojekt „Radegunderstraße, Graz“