

# IEA Energie in Gebäuden und Kommunen Annex 56: Energie-, Emissions- und Kostenoptimierte Gebäudesanierung

K. Höfler,  
S. Geier,  
J. Maydl,  
D. Venus

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**3/2017**

## **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>

# IEA Energie in Gebäuden und Kommunen Annex 56: Energie-, Emissions- und Kostenoptimierte Gebäudesanierung

DI Dr. Karl Höfler, DI David Venus,  
DI Dr. Julia Maydl, DI Sonja Geier  
AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Gleisdorf, Februar 2016

**Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie**

**IEA** FORSCHUNGS  
KOOPERATION

Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at) gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



# Inhaltsverzeichnis

Aktualisierte Kurzfassung .....	4
Abstract.....	6
1 Einleitung .....	8
1.1 Ausgangssituation/Motivation des Projektes.....	8
1.2 Beschreibung des Standes der Technik.....	9
1.3 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema.....	11
1.4 Kurzbeschreibung des Aufbaus des Ergebnisberichts.....	11
2 Hintergrundinformation zum Projekttinhalt .....	12
2.1 Darstellung des gesamten Kooperationsprojektes und der Aufgabe der österreichischen Beteiligung.....	12
2.2 Beschreibung der österreichischen Kooperation.....	13
2.3 Beschreibung der Projektziele, Methodik und Vorgangsweise .....	13
3 Ergebnisse des Projektes .....	15
3.1 Entwicklung der Berechnungsmethodik .....	15
3.1.1 Life Cycle Assessment (LCA).....	15
3.1.2 Lebenszykluskosten (LCC).....	17
3.1.3 Analyse der Co-benefits .....	21
3.2 Generische Berechnungen („generic calculations“) .....	24
3.3 Innovative Gebäudesanierungen zur Inspiration und Motivation .....	28
3.3.1 „Shining Examples“ .....	28
3.3.2 „Case Studies“ .....	31
3.4 Ableitung von Handlungsempfehlungen.....	38
4 Vernetzung und Ergebnistransfer .....	39
4.1 Darstellung der österreichischen Zielgruppe, für die die Projektergebnisse relevant sind ...	39
4.2 Wie wurden die relevanten Stakeholder in das Projekt eingebunden?.....	39
4.3 Beschreibung der Relevanz und des Nutzens der Projektergebnisse .....	41
5 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen .....	43
5.1 Was sind die in dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse für das Projektteam?.....	43
5.2 Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter? .....	43
5.3 Für welche anderen Zielgruppen sind die Projektergebnisse relevant und interessant und wer kann damit wie weiterarbeiten?.....	44
5.4 Weiterführende nationale Forschungs- bzw. IEA-Kooperationsprojekte .....	45
6 Verzeichnisse.....	46
6.1 Literaturverzeichnis .....	46
6.2 Abbildungsverzeichnis.....	46
6.3 Tabellenverzeichnis .....	47
6.4 Abkürzungsverzeichnis.....	47
Anhang .....	48

# AKTUALISIERTE KURZFASSUNG

## **Ausgangssituation/Motivation**

Um unseren Klimawandel verlangsamen oder stoppen zu können, muss eine signifikante Reduktion der Treibhausgase erfolgen. Energieeffizienz ist zwar ein wesentliches, aber nicht das einzig ausschlaggebende Kriterium. Die Herausforderung in der Gebäudesanierung ist wesentlich größer als im Neubau, die Komplexität in der Umsetzung weitaus höher und alle Gebäude(qualitäts-)standards wurden bis jetzt nahezu ausschließlich für den Neubaubereich entwickelt. Es fehlen Ziel- und Grenzwerte, die auf die Komplexität bei Sanierungen eingehen. Vielfach wurden bisher, in Ermangelung anderer Alternativen, Ziel- und Grenzwerte aus dem Neubaubereich unverändert übernommen und im Sanierungsbereich verwendet. Aus derzeitiger (wirtschaftlicher) Sicht wird es aber schwierig, wenn nicht unmöglich, den gesamten Gebäudebestand hochwertig hinsichtlich dieser Neubaustandards zu sanieren.

## **Inhalte und Zielsetzungen**

Um die Sanierungsraten zu erhöhen und den Treibhausgasausstoß im Gebäudesektor nachhaltig zu reduzieren, sind Lösungen für kosteneffiziente Sanierungen notwendig. Aus diesem Grund war das Ziel der vorliegenden Forschungsk Kooperation im Rahmen des IEA EBC Annex 56 die Entwicklung einer Methodik für die kosteneffiziente Optimierung von Energiebedarf und Treibhausgasemissionen bei der Gebäudesanierung. Im Rahmen des IEA EBC Annex 56 sollte aber nicht nur diese Methodik entwickelt, sondern auch gleichzeitig die richtige Balance zwischen Energieeffizienzmaßnahmen und Maßnahmen zum Einsatz erneuerbarer Energieträger gefunden werden. Die entwickelte Methodik soll in weiterer Folge die Basis für die Bewertung von energetischen Sanierungsmaßnahmen bilden, wobei neben der Beurteilung energetischer Kriterien auch ökologische und ökonomische Kriterien in diese umfassende Analyse miteinbezogen werden. Darüber hinaus sollen sogenannte „co-benefits“ den Mehrwert einer Sanierung abbilden. Das Ziel war daher die Entwicklung einer Berechnungsmethodik für kosteneffiziente Sanierungen zur Energie- und Treibhausgasreduktion auf Basis von Lebenszykluskosten (Life Cycle Costs - LCC) und einer Lebenszyklusanalyse (LCA) unter Berücksichtigung von co-benefits als Mehrwert der Sanierung.

## **Methodische Vorgehensweise**

Um diese Ziele zu erreichen, wurden im Bereich der Methodik Definitionen, Bewertungs- und Berechnungsrichtlinien entwickelt, Ziel- und Grenzwerte (Primärenergie und Emissionen) untersucht sowie Lebenszyklusanalysen und Kosten-Nutzen-Analysen für Gebäudesanierungen durchgeführt.

Der Arbeitsplan des Projektes in der internationalen Kooperation war in vier Subtasks gegliedert:

- Subtask A - Methodology
- Subtask B - Tools
- Subtask C - Case Studies
- Subtask D - User Acceptance and Dissemination



## Ergebnisse

Im IEA EBC Annex 56 erfolgte die Entwicklung einer Berechnungsmethodik für kosteneffiziente Sanierungen auf Basis dreier Analysen:

- Lebenszyklusanalyse - „Life Cycle Assessment (LCA)“
- Lebenszykluskosten - „Life Cycle Costs (LCC)“
- Analyse des zusätzlichen Nutzens, der durch die Sanierung entsteht und über die Energie-, Emissions- und Kosteneinsparung hinaus geht - im IEA EBC Annex 56 als „co-benefits“ bezeichnet

Darüber hinaus wurde der Einfluss unterschiedlicher energetischer Sanierungsmaßnahmen auf die Treibhausgasemissionen, den Gesamt-Primärenergiebedarf (erneuerbar und nicht-erneuerbar) sowie auf die Lebenszykluskosten untersucht. Dies erfolgte anhand generischer Gebäude („generic buildings“) als auch anhand konkreter und realer Sanierungsprojekte („case studies“). Dabei wurde die Wirkung von Energieeffizienzmaßnahmen, wie z.B. die Dämmung der Gebäudehülle, aber auch Maßnahmen zum Einsatz erneuerbarer Energie, wie z.B. Solarthermie und Photovoltaik, analysiert.

Aus sämtlichen Untersuchungen und Analysen konnten schlussendlich Handlungsempfehlungen für die drei Zielgruppen (1) PolitikerInnen, (2) EntscheidungsträgerInnen, wie professionelle GebäudeeigentümerInnen und InvestorInnen, und (3) Multiplikatoren wie z.B. ArchitektInnen, PlanerInnen und die Bauindustrie, für zukünftige kosteneffiziente Sanierungen in Richtung „nearly zero-energy“ und „nearly zero-emissions“ abgeleitet werden.

# ABSTRACT

## **Starting point and motivation**

A significant reduction of the greenhouse gas emissions is necessary to slow or stop the climate change. The increase of the energy-efficiency of the buildings is a common implemented option but not the only determining criteria. The challenge to renovate our existing building stock is higher than to build new energy efficient buildings. Furthermore all building and quality standards have been developed for new buildings. Target and limit values, which meet the complexity of renovations, are missing. Therefore the building and quality standards for new buildings are applied to renovated buildings without any adaptations. From an economic point of view it will be very difficult, if not impossible, to renovate the total existing building stock to a high energy efficient level according to those quality standards for new buildings.

## **Contents and objectives**

To increase the renovation rate of the existing building stock and to reduce the greenhouse gas emissions of the building sector, solutions for cost efficient renovations are required. For that reason the objective of the IEA EBC Annex 56 is to develop a methodology for cost effective energy and carbon emissions optimization in building renovation. Within the frame of the Annex 56 not only this methodology should be developed, furthermore also the right balance between energy efficient measures and the use of renewable energy sources should be found. The developed methodology provides the basis for the assessment and evaluation of energy related renovation options. A comprehensive analysis of the different renovation options is necessary to find the appropriate measures for each individual building. Energetic, ecological and economic criteria are part of this comprehensive analysis, including also co-benefits as overall added values. The goal was to develop a methodology for cost effective energy and carbon emissions optimizations in building renovations with the help of Life Cycle Cost (LCC) analysis, Life Cycle Assessments (LCA) and with the identification of co-benefits as an added value to the energy and carbon emissions reduction.

## **Methods**

To reach these objectives definitions, assessment and calculation guidelines were developed as well as target and limit values for the primary energy demand and the greenhouse gas emissions were investigated. Life Cycle Cost analysis and Life Cycle Assessments were performed for the different renovation measures.

- Subtask A - Methodology
- Subtask B - Tools
- Subtask C - Case Studies
- Subtask D - User Acceptance and Dissemination

## Results and conclusions

In the IEA EBC Annex 56 a methodology for cost effective building renovations was developed based on three different analyses:

- Life Cycle Assessment (LCA)
- Life Cycle Costs (LCC)
- Analysis of the additional benefit of the renovation, besides the energy, greenhouse gas and cost reductions - in the IEA EBC Annex 56 referred to as “co-benefits”

Beyond that the influence of different energy related renovation measures on the greenhouse gases, the primary energy (renewable and non-renewable) and the life cycle costs was investigated. This was done by the investigation of generic buildings and also of specific real renovation projects (“case studies”). For these buildings the impact of energy efficiency measures, e.g. insulation of the building envelope, and the impact of measures to use renewable energy sources, e.g. solar thermal installation and photovoltaic, were analyzed.

Finally, recommendations for actions could be derived from all the investigations and analyses for the three target groups (1) policy makers, (2) decision makers, like professional owners, investors, promoters, and (3) multipliers, like architects, planners, consultants and professionals of construction and building renovation industry. All recommendations are focused on future cost effective building renovations towards “nearly zero-energy” and “nearly zero-emissions”.

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation/Motivation des Projektes

Sowohl in der Europäischen Union als auch in Österreich zählt der Gebäudesektor, zusammen mit der Industrie und dem Verkehr, zu den größten Energieverbrauchern. Rund ein Drittel des Endenergieverbrauchs können dem Gebäudesektor zugeschrieben werden.

Ein Blick auf den österreichischen Gebäudebestand, im konkreten Fall die großvolumigen Wohngebäude in Abbildung 1, zeigt, dass vor allem in der Epoche zwischen 1960 und 1980 eine große Anzahl an Gebäuden errichtet wurden, die Großteils von energetisch schlechter Qualität sind und mittlerweile ein Alter erreicht haben, wo eine Sanierung erstmalig erforderlich ist.

Der Fakt, dass gerade in den Gebäuden der Epoche 1960 bis 1980 enormes energetisches Sanierungspotenzial liegt zeigt Abbildung 2. Dazu wurde der durchschnittliche Heizwärmebedarf jeder Epoche mit der Gebäudeanzahl und -fläche pro Epoche multipliziert. Dadurch erhält man sozusagen den Gesamt-Heizwärmebedarf jeder Epoche. Geht man dann noch zusätzlich von einer jährlichen Sanierungsrate von 1% bis 3,2% aus (je nach Sichtweise, siehe [1]) besteht noch großes Sanierungspotenzial.

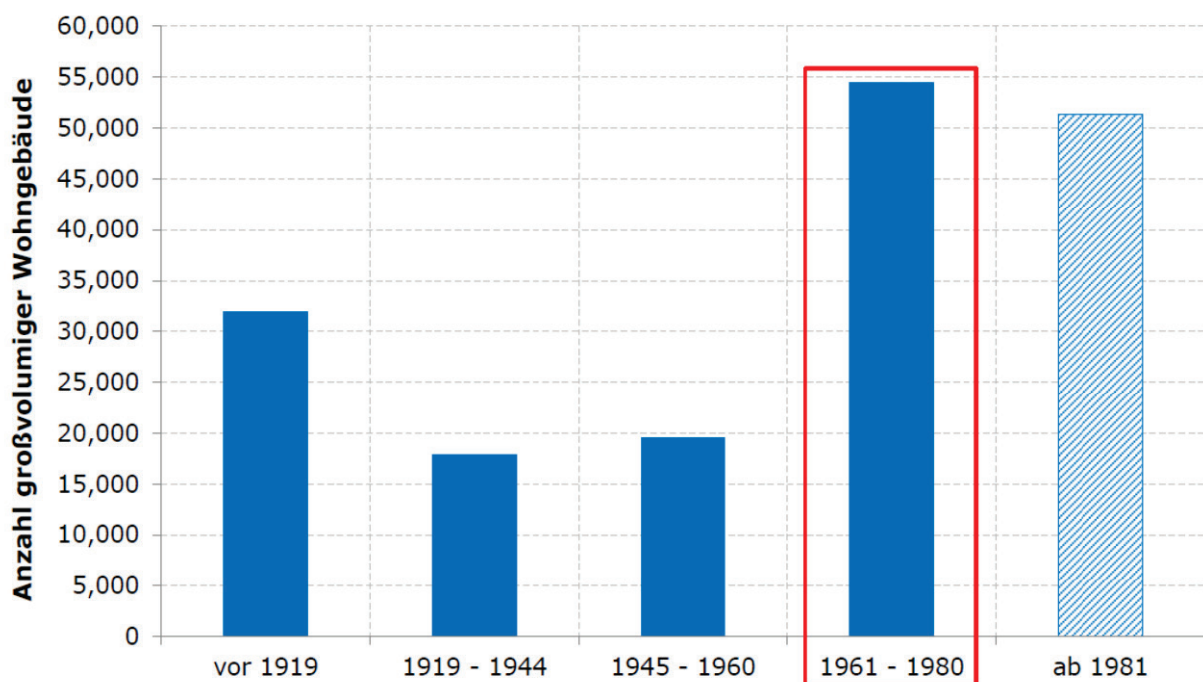
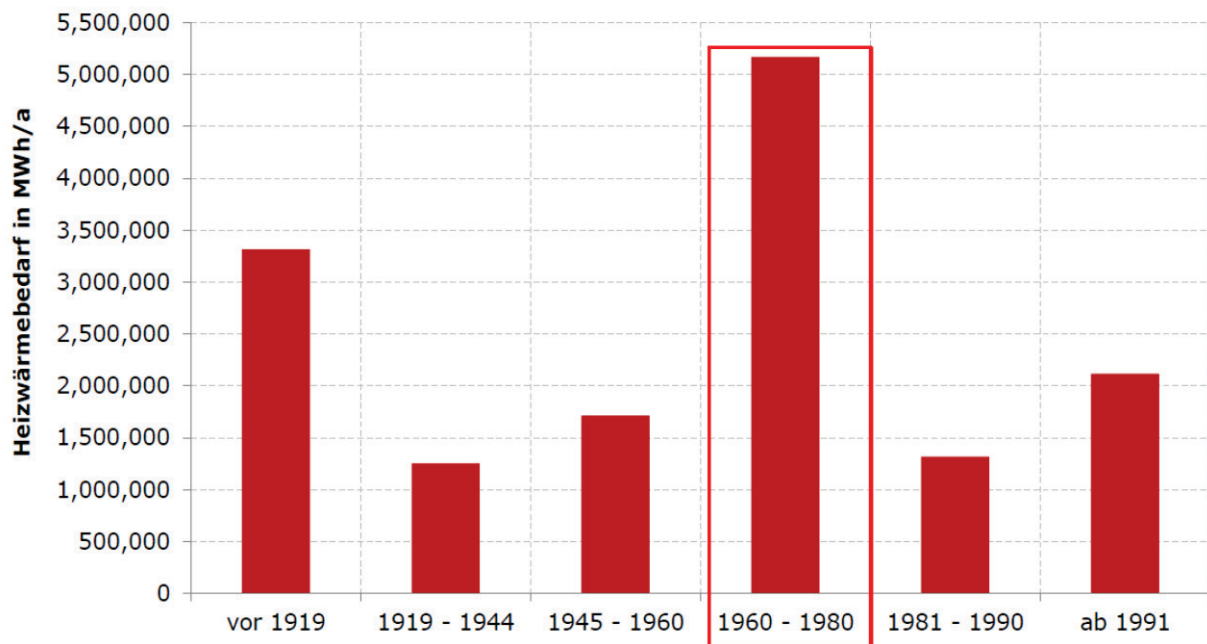


Abbildung 1: Anzahl der großvolumigen Wohngebäude in Österreich (Quelle: Basisdaten von Tabula - Episcopo [2], [3], Aufbereitung durch AEE INTEC)



**Abbildung 2: Gesamter Heizwärmebedarf aller großvolumigen Wohngebäude pro Epoche (Quelle: Basisdaten von Tabula - Episcopo [2], [3], Aufbereitung durch AEE INTEC)**

Das gegebene Sanierungspotenzial bringt aber gleichzeitig auch Schwierigkeiten mit sich. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Sanierungsziele wie z.B.:

- Geringe Energie- oder sogar Primärenergieverbrauchswerte
- Geringe Treibhausgasemissionen
- Erhöhung der thermischen Behaglichkeit
- ...

müssen bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Kosten Sanierungsmaßnahmen gefunden werden, die eine Erreichung der Sanierungsziele möglich machen. Solche Maßnahmen können sowohl Wärmedämmmaßnahmen an der Gebäudehülle, als auch Maßnahmen an der Haustechnik (inkl. Wechsel des Energieträgers) sein. Darüber hinaus muss auch über den Einsatz erneuerbarer Energieträger vor Ort nachgedacht werden.

## 1.2 Beschreibung des Standes der Technik

Gerade in wirtschaftlich angespannten Zeiten ist der erforderliche Dimensionssprung – eine Verdoppelung der Sanierungsrate bei gleichzeitiger revolutionärer Änderung der derzeit üblichen Qualitätsstandards in der Sanierung auf breiter Ebene (und nicht nur in „Leuchtturmprojekten“) - eine wirkliche Herausforderung. Das von AEE INTEC in den Jahren 2005 – 2009 koordinierte Projekt „ökosan“ zeigt, dass hochwertige Sanierungen notwendig sind, um eine nachhaltige Wertsteigerung im Gebäudebestand zu erreichen, aber die Steigerung der Energieeffizienz und Verbesserung der thermischen Qualität um mehr als 90% in keinem der untersuchten Gebäude erreicht werden kann, bzw. kostenmäßig in der Investition nicht mehr erfassbar ist. Optimierungen und Verbesserungen der thermischen Gebäudehülle und die Steigerung der Energieeffizienz sind oft sehr aufwändige Maßnahmen. Die Option, eine Sanierung kostengünstiger umsetzen zu können, dabei aber im

Endeffekt dieselben ökologischen und klimapolitischen Ziele zu erreichen, ist noch nicht verankert. Gesetzliche Vorschriften oder Lenkungsmaßnahmen (wie Förderungen) benötigen wissenschaftliche Grundlagen und auf europäischer bzw. internationaler Ebene eine Harmonisierung.

Österreich ist, wie alle anderen Länder in der EU, gefordert die Vorgaben der EPBD für neue und bestehende Gebäude mittels nationaler Gesetzgebung und Normung umzusetzen. Auch ist die Anforderung an Behörden als Vorreiter in Umsetzung und Strategieentwicklung eine besonders große: Die „Vorreiterrolle der öffentlichen Hand [...] wie beispielsweise die Festlegung von Zielen, um Anreize für den Umbau von Gebäuden, die saniert werden, zu Niedrigstenergiegebäuden zu vermitteln.“

Damit rücken auch von Behörden genutzte bestehende Gebäude ins Licht. Diese Gebäude sind zumeist kleinere oder größere Verwaltungsgebäude mit Büronutzung. Somit ist die öffentliche Hand in den nächsten Jahren massiv gefordert, ihre Vorbildfunktion wahrzunehmen und ihre Gebäudeparks in der Bewirtschaftung auf die zukünftigen Entwicklungen abzustimmen.

#### *Stand der Demonstrationsprojekte in Österreich*

Die Technologieprogramme „Haus der Zukunft“ und „Haus der Zukunft Plus“ konnten beispielgebend in den letzten zehn Jahren eine Reihe an Innovationen auslösen, neben einer Vielzahl an Forschungsprojekten wurde auch eine Reihe an Demonstrationsprojekten realisiert. Allerdings zeigt die Liste der Projekte, dass die wissenschaftlich-theoretischen Projekte dominieren und nur wenige Umsetzungen im Sanierungsbereich von Mehrfamilienwohnhäusern aus den Jahren 1945-80 erfolgreich realisiert werden konnten (z.B. Kierling – Klosterneuburg, Dieselweg – Graz, Makartstrasse – Linz, Johann-Böhmstraße - Kapfenberg).

#### *Sanierungspraxis in Österreich*

Standards im Neubau sind in vielen Normen oder auch unterschiedlichen Gebäudebewertungssystemen enthalten (klima:aktiv, TQB, Green Building, Blue Building,...). Großangelegte Monitoringprojekte für innovative Neubauten liefern Ergebnisse, die Auswertungen im Hinblick auf die Zielerreichung ermöglichen.

Trotzdem sind in der Umsetzung von hochwertigen Sanierungen im (sozialen) Wohnbau ohne zusätzliche Förderungen (neben der Wohnbauförderung) GebäudeeigentümerInnen und BauträgerInnen noch sehr zögerlich. Kräftige Impulse am Markt zur Erhöhung der Sanierungsraten und Verbesserung des Sanierungsstandards wären dringend vonnöten. Damit ist das Einbringen und Sichtbarmachen weiterer Demonstrationsgebäude von entscheidender Bedeutung um für den Markt mehr Vorbilder aufzuzeigen und stärkere Impulse setzen zu können.

### **1.3 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema**

AEE INTEC war im Haus der Zukunft Plus Leitprojekt „e80<sup>3</sup>-Gebäude - "Sanierungskonzepte zum Plus-Energiehaus mit vorgefertigten aktiven Dach- und Fassadenelementen, integrierter Haustechnik und Netzintegration" für die Projektkoordination verantwortlich. Das Projekt verfolgte das Ziel der hocheffizienten Sanierung von bestehenden Gebäuden und Siedlungen im urbanen Raum. Zentraler Fokus waren Gebäude, die zwischen 1950 und 1980 errichtet wurden.

Die Umsetzungen im Haus der Zukunft Plus - Leitprojekt fand nur auf nationaler Ebene mit nationalen ProjektpartnerInnen statt. Die Sanierungsstrategie war eine möglichst hochwertige Sanierung mittels vorgefertigter Sanierungsmodule. Der Fokus lag auf der Verbesserung der thermischen Gebäudehülle in Kombination mit dem Einsatz erneuerbarer Energieträger und Netzintegration. Dagegen war die Zielsetzung im IEA EBC Annex 56 die Identifikation wesentlicher Benchmarks mit vergleichbaren Projekten internationaler PartnerInnen, sowie die Studie der Relevanz der „Grauen Energie“ („Embodied Energy“) in der Sanierung, die Ableitung von Standards, Erfahrungswerten und die Entwicklung von Tools für Wohngebäudesanierungen.

Ein weiteres Vorprojekt war das Haus der Zukunft Plus Leitprojekt „BIGMODERN - Nachhaltige Modernisierungsstandards für Bundesgebäude der Bauperiode der 50er bis 80er Jahre“, welches von der BIG Bundesimmobiliengesellschaft geleitet wurde. Das Projekt zielte darauf ab, Nachhaltigkeits- und Klimaschutzkriterien für die Modernisierung von Bundesgebäuden der Nachkriegsperiode zu entwickeln. Diese Zielkriterien sollten im Rahmen von Demonstrationsprojekten auf ihre Praxistauglichkeit hin überprüft werden und in weiterer Folge als wesentliche Leitprinzipien in den Planungs- und Ausführungsprozessen für sämtliche zukünftige Modernisierungsvorhaben der BIG definiert werden.

### **1.4 Kurzbeschreibung des Aufbaus des Ergebnisberichts**

Der publizierbare Ergebnisbericht beinhaltet alle wesentlichen Informationen über die Ziele, Inhalte, Ergebnisse und Schlussfolgerungen dieses, als IEA Forschungskoooperation durchgeführten, Projektes.

Inhalt:

- Publizierbarer Ergebnisbericht 48 Seiten
- Anhang 1: Bericht zur IEA EBC Annex 56 Berechnungsmethodik
- Anhang 2: Bericht zu den „co-benefits“
- Anhang 3: Bericht zu den generischen Berechnungen
- Anhang 4: Broschüre „Shining Examples“
- Anhang 5: Bericht zu den „Case Studies“
- Anhang 6: „Case Study“ Kapfenberg
- Anhang 7: IEA EBC Annex 56 Newsletter
- Anhang 8: Conference Proceedings

## 2 Hintergrundinformation zum Projektinhalt

### 2.1 Darstellung des gesamten Kooperationsprojektes und der Aufgabe der österreichischen Beteiligung

ExpertInnen aus 11 Ländern kooperierten im Rahmen des IEA EBC Annex 56. Die vertretenen Länder waren: *Dänemark, Finnland, Italien, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und die Tschechische Republik.*

Die Funktion des Operating Agent zur Koordination des IEA EBC Annex 56 hatte Prof. Manuela Almeida (University of Minho, Portugal) inne. Unterstützt wurde sie von den vier Subtask-Leitern und Co-LeiterInnen.

Das Arbeitsprogramm des Projektes wurde in vier Subtasks (Arbeitspakete) unterteilt um die Bearbeitung inhaltlich zu strukturieren. Jeder Subtask wurde von einem Subtask-Leader (Arbeitspaketleiter) geleitet, die/der von einem Co-Leader unterstützt wird.

Als Subtask-Leader und Subtask-Co-Leader fungierten:

<b>Subtask A</b>	Leader	Walter Ott (econcept, Schweiz)
	Co-Leader	Manuela Almeida (University of Minho, Portugal)
<b>Subtask B</b>	Leader	Piercarlo Romagnoni (University of Venice, Italien)
	Co-Leader	Guri Krigsvoll (Oslo and Akershus University College of Applied Sciences, Norwegen)
<b>Subtask C</b>	Leader	Karl Höfler (AEE INTEC, Österreich)
	Co-Leader	Ove Mørck (Cenergia Energy Consultants, Dänemark)
<b>Subtask D</b>	Leader	Rui Fragoso (Portuguese Energy Agency, Portugal)
	Co-Leader	Åke Blomsterberg (Lund University, Schweden)

Die wesentlichste Aufgabe von AEE INTEC im IEA EBC Annex 56 war die inhaltliche und organisatorische Leitung von Subtask C.

Darüber hinaus wurden nationale Definitionen, Standards und Know-how in das Projekt der Internationalen Forschungskoooperation eingebracht. Ebenso wurden nationale Erfolgsbeispiele aus dem Haus der Zukunft Plus Technologieprogramm (z.B. Plus-Energie-Sanierung Kapfenberg) eingebracht und oftmals einem internationalen Fachpublikum präsentiert. Die österreichischen Ergebnisse wurden des Weiteren durch Beteiligung an der gemeinsamen Annex-Dissemination, Verbreitung und Publikation des Knowhows und der Ergebnisse aus der aktuellen internationalen Forschung, zielgruppengerecht in Österreich präsentiert.



## 2.2 Beschreibung der österreichischen Kooperation

Im vorliegenden Projekt der Internationalen Forschungskoooperation war AEE INTEC als einziger österreichischer Partner vertreten. Weitere österreichische ProjektpartnerInnen gab es im Konsortium nicht.

Im Zuge der Projektstätigkeiten gab es allerdings Kontakte zur Bundesimmobilien Gesellschaft (BIG), da das Amtsgebäude in Bruck an der Mur als „Shining Example“ in den IEA EBC Annex 56 eingebracht wurde.

Darüber hinaus erfolgten Abstimmungsgespräche mit DI Dr. Alexander Passer von der TU Graz, der im IEA EBC Annex 57 „Evaluation of Embodied Energy and Carbon Dioxide Emissions for Buildings“ ebenso an der Lebenszyklusbewertung mitarbeitete und dort die Plus-Energie-Sanierung Kapfenberg als Case Study eingebracht hat.

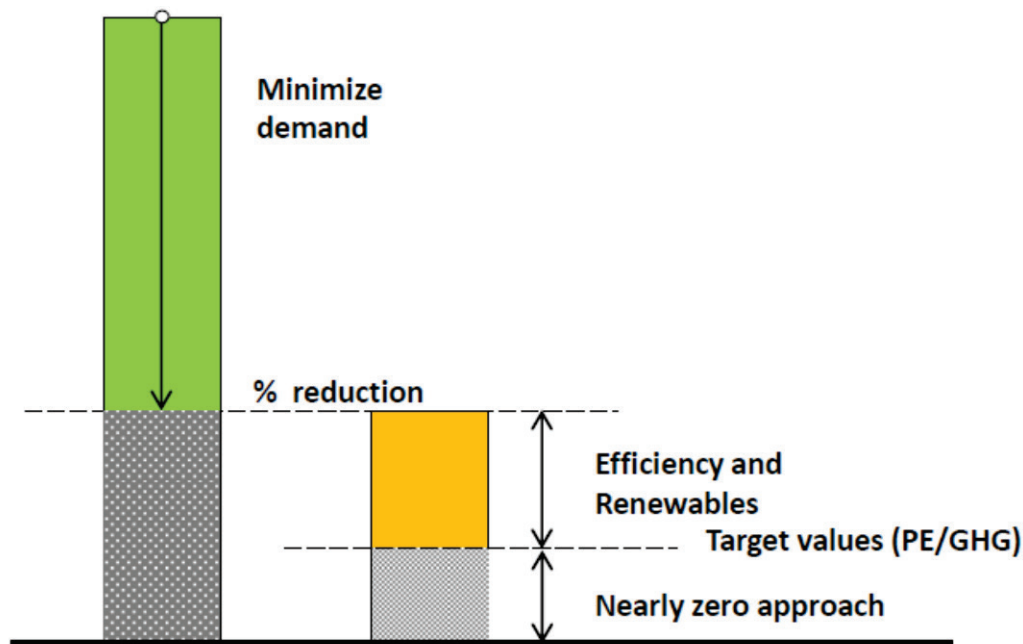
## 2.3 Beschreibung der Projektziele, Methodik und Vorgangsweise

Die Internationale Forschungskoooperation im Rahmen des IEA EBC Annex 56 verfolgte folgende Projektziele:

- Entwicklung einer neuen Methode zur Berechnung von kosteneffizienten Sanierungen zur Erfüllung von nearly zero energy und nearly zero emissions Zielen
- Bestimmung der optimalen Balance zwischen „Bedarfsreduktion“ und „erneuerbarer Energiegewinnung vor Ort“ unter Betrachtung des Kosten / Nutzen Verhältnisses
- Bestimmung kosteneffizienter Kombinationen von Energieeffizienzmaßnahmen und Maßnahmen zum Einsatz erneuerbarer Energieträger
- Verdeutlichung der Wichtigkeit von co-benefits im Sanierungsprozess
- Sammlung beispielhafter Case Studies um EntscheidungsträgerInnen für energie- und kosteneffiziente Maßnahmen zu motivieren
- Charakterisierung und Verständnis für die Akzeptanz, Motivation, Bedürfnisse, Hindernisse und Treiber eines Sanierungsprozesses
- Entwicklung/Anpassung von Berechnungswerkzeugen zur Unterstützung von EntscheidungsträgerInnen in Abstimmung mit der entwickelten Methodik (inklusive Erstellung von Sanierungsleitfäden)

Es sollten die Fragen beantwortet werden (vgl. Abbildung 3):

- Wie weit kann man mit Energieeffizienzmaßnahmen gehen?
- Ab welchem Punkt sind Maßnahmen zum Einsatz erneuerbarer Energieträger wirtschaftlicher?



**Abbildung 3: Energiebedarfsreduktion vs. Einsatz erneuerbarer Energieträger (Quelle: IEA EBC Annex 56)**

Die Arbeit im IEA EBC Annex 56 war wie bereits erwähnt in vier Subtasks unterteilt:

- Subtask A (STA) – Methodology
- Subtask B (STB) – Tools
- Subtask C (STC) – Case Studies
- Subtask D (STD) – User Acceptance and Dissemination

In Subtask A erfolgte die Aufgabenstellung, Definition von Standards und Entwicklung von Bewertungs- u. Berechnungsleitfäden für Gebäudesanierungen bei gleichzeitiger Optimierung von Energieverbrauch und Reduktion von Treibhausgasemissionen unter der Berücksichtigung der Kosteneffizienz und dem durch die Sanierung erzielten Mehrwert („Added Values“ oder „Co-Benefits“).

In Subtask B war es das Ziel die Entscheidungsfindung in der Sanierung als auch die Optimierung von Sanierungsstrategien mit praktischen Tools zu unterstützen.

Subtask C enthielt einerseits die Sichtbarmachung realisierter zukunftsweisender Projekte und andererseits auch die detaillierte und vertiefte Analyse ausgewählter realisierter Projekte, um Rückschlüsse für weitere Entwicklungen in der Gebäudesanierung zu erlangen. Es sollten dabei sowohl erreichte energierelevante Ergebnisse als auch der Mehrwert der Sanierung, Kosten und Aufwendungen sowie Lessons Learned aufgezeigt und analysiert werden. Sowohl Subtask A als auch Subtask B arbeiteten eng mit Subtask C zusammen.

In Subtask D wurden alle Publikations- und Verbreitungsmaßnahmen zielgruppengerecht geplant und durchgeführt.

## 3 Ergebnisse des Projektes

### 3.1 Entwicklung der Berechnungsmethodik

Die Berechnungsmethodik für kosteneffiziente Sanierungen wurde auf Basis dreier Analysen entwickelt. Diese sind:

- Lebenszyklusanalyse - "Life Cycle Assessment (LCA)"
- Lebenszykluskosten - "Life Cycle Costs (LCC)"
- Analyse des zusätzlichen Nutzens, der durch die Sanierung entsteht und über die Energie-, Emissions- und Kosteneinsparung hinüber hinaus geht - „Co-benefits“

Eine Beschreibung dieser drei Analysen erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln 3.1.1, 3.1.2 und 3.1.3.

#### 3.1.1 Life Cycle Assessment (LCA)

Die LCA Berechnungsmethodik im Rahmen der IEA EBC Annex 56 Forschungs Kooperation enthält nur Prozesse mit einem entsprechenden Beitrag zu den gesamten Umweltauswirkungen von sanierten Gebäuden, die mit vertretbarem Aufwand in der Praxis bewertet werden können. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Integration der grauen Energie und der damit verbundenen Treibhausgasemissionen.

Die Lebenszyklusanalyse wird dabei zur Bewertung und Optimierung von Sanierungsmaßnahmen verwendet. Die Auswirkungen der einzelnen Sanierungspakete werden dadurch bestimmt, indem sie mit jenen Auswirkungen verglichen werden, die bei einer sogenannten SOWIESO-Sanierung entstehen würden, welche nur Maßnahmen enthält die notwendig sind um die vollständige Funktionalität des Gebäudes zu gewährleisten, ohne jedoch den Energiebedarf des Gebäudes zu beeinflussen. Daher werden nur Auswirkungen der Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt, welche den Energiebedarf des Gebäudes reduzieren, wie z.B. Dämmung der Gebäudehülle, Fenstertausch, Änderungen an der Haustechnik, Einsatz erneuerbarer Energieträger.

Temporäre Systemgrenze: die Lebenszyklusanalyse beinhaltet die verschiedenen Phasen des Lebenszyklus der Gebäudesanierung (siehe Abbildung 4). Die darin grün dargestellten Schritte wurden im IEA EBC Annex 56 herangezogen. Der Betrachtungszeitraum sollte dabei so gewählt werden, dass zumindest die Lebensdauer jenes Elements, welches die längste Lebensdauer aufweist, umfasst wird. Im IEA EBC Annex 56 wurde ein Betrachtungszeitraum von 60 Jahren gewählt (Abweichungen davon wurden separat gekennzeichnet).

Physikalische Systemgrenze: die physikalische Systemgrenze beschreibt jene Materialien und Energieströme, welche bei der Lebenszyklusanalyse berücksichtigt werden müssen. Die größten Auswirkungen gehen dabei von den Bauteilen und der Haustechnik aus. Die Bauteile bestehen dabei aus einem (oder mehreren) Baustoff(en). Die Haustechnik wiederum lässt sich über verschiedene Komponenten (wie z.B. Boiler, Pumpen, Ventilatoren,...) beschreiben, welche selbst aus unterschiedlichen Materialien gefertigt sind. Darüber hinaus brauchen diese Haustechnikelemente

mehr oder weniger Energie im Betrieb. Im Zuge der Lebenszyklusanalyse des IEA EBC Annex 56 werden nur jene Bauteile und/oder Haustechnikelemente berücksichtigt, welche im Zuge der Sanierung erneuert oder ergänzt werden, wobei jene Elemente der SOWIESO-Sanierung keine Berücksichtigung finden.

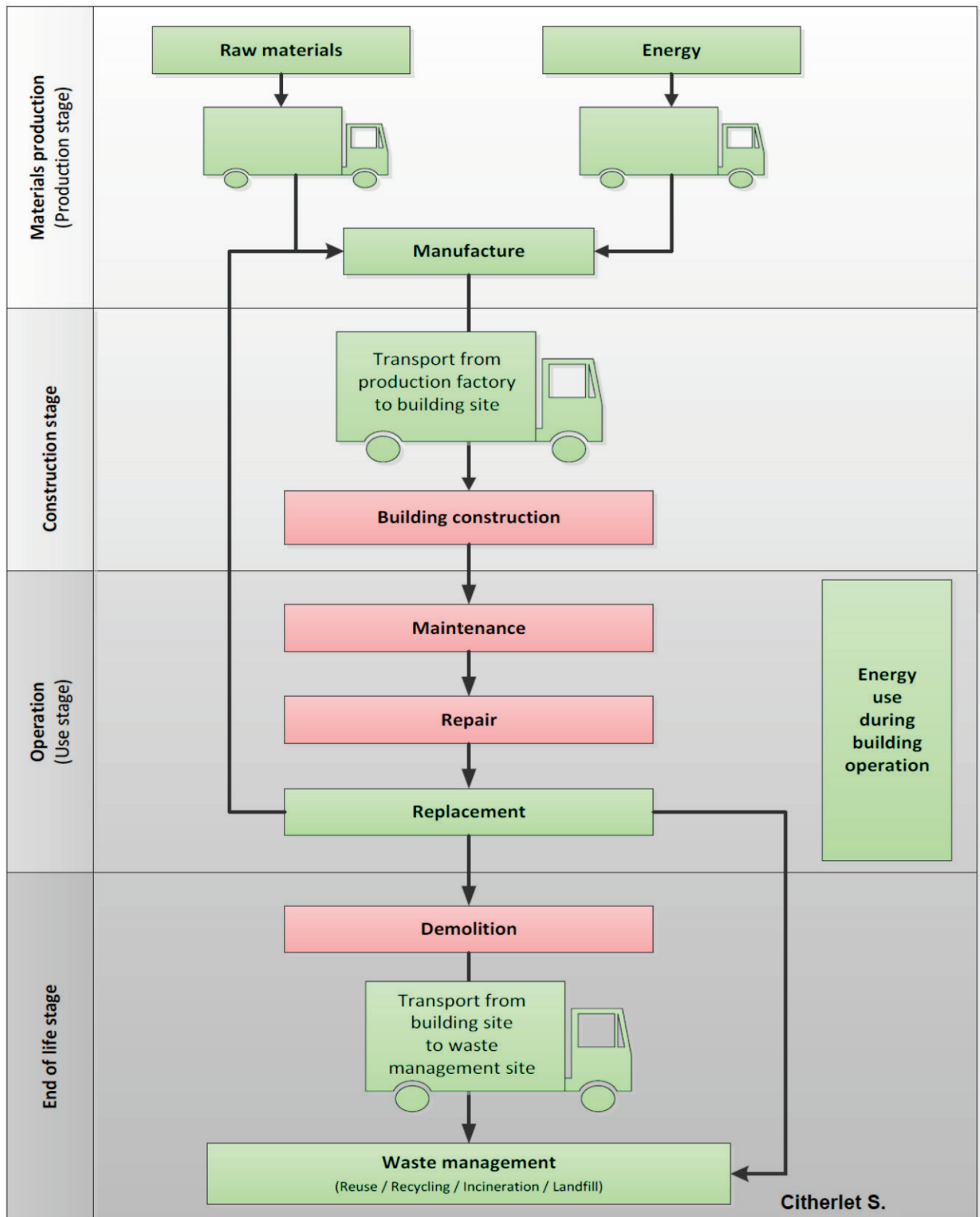


Abbildung 4: Schematische Darstellung der einzelnen Lebenszyklusphasen einer Gebäudesanierung (Quelle: IEA EBC Annex 56)

Lebensdauer und Erneuerung: Die Lebensdauer beschreibt jene Zeitspanne eines Elements in der es seine Funktion erfüllt. Am Ende der Lebensdauer muss das gesamte Element, oder Teile des Elements ersetzt werden. Da nicht alle Teile des Elements (z.B. Baustoffe) nicht zur selben Zeit bzw. zum Teil gar nicht (z.B. Tragstruktur) ersetzt werden müssen gelten diesbezüglich einige Grundsätze:

- Einige (schwere) Schichten sind Teil der Tragstruktur, werden aber möglicherweise dennoch während des Lebenszyklus ersetzt.
- Ein Material, welches sich zwischen zwei Schichten der Gebäudehülle befindet, hat dieselbe Lebensdauer wie die Schicht mit der kürzeren Lebensdauer.
- Ist ein Bauelement so konstruiert, dass innenliegende Schichten einfach ersetzt werden können, so wird bei der Bewertung nur das ersetzte Material berücksichtigt.

Darüber hinaus hängt die Lebensdauer eines Materials von der Art des Bauelements (Außenwand, Fußboden, Dach,...), der Lage des Elements (gegen Außenluft, gegen beheizt, gegen Erde,...) und der Position des Materials innerhalb des Elements ab.

Als Bewertungskriterien wurden die Treibhausgasemissionen und der Gesamt-Primärenergiebedarf (erneuerbar + nicht-erneuerbar) herangezogen.

Weitere Informationen zur Methodik der Lebenszyklusanalyse im IEA EBC Annex 56 kann dem dazu verfassten Bericht (Anhang 1) entnommen werden.

### **3.1.2 Lebenszykluskosten (LCC)**

Eines der wesentlichen Ziele des IEA EBC Annex 56 war die Integration der Lebenszykluskosten in die Bewertung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen. Um kosteneffiziente oder kostenoptimale Lösungen für die umfassende Sanierung zur Energie- und Treibhausgasemissionsreduktion durch Energieeffizienzmaßnahmen und dem Einsatz erneuerbarer Energieträger zu identifizieren, ist die Betrachtung der Lebenszykluskosten unerlässlich. Aus diesem Grund inkludiert die Berechnungsmethodik des IEA EBC Annex 56 auch den Ansatz der Lebenszykluskosten, wobei in der Regel von einer persönlichen Kosten/Nutzen Betrachtung ausgegangen wird. Folgende Kosten werden dabei berücksichtigt:

- Investitionskosten
- Kosten für den Ersatz im betrachteten Zeitraum (in Abhängigkeit der Lebensdauer einzelner Elemente)
- Laufende Kosten: Energiekosten sowie Kosten für Wartung und Instandhaltung

Förderungen für energetisch relevante Sanierungsmaßnahmen wurden nicht berücksichtigt, da die Bewertung der Kosten und Nutzen nicht von derzeit aktuellen Förderprogrammen beeinflusst werden soll (EigentümerInnen und InvestorInnen werden bei der Bewertung konkreter Sanierungsprojekte mögliche Förderungen natürlich in Betracht ziehen, bei eher allgemeinen Bewertungen wie im IEA EBC Annex 56 hätten diese Förderungen das Bild und somit die Aussage verfälschen können und

wurden daher ausgeschlossen).

Die persönliche Kostenbetrachtung ist nicht nur für EigentümerInnen und InvestorInnen von Bedeutung sondern auch für politische EntscheidungsträgerInnen, um die Auswirkungen möglicher politischer Entscheidungen auf den privaten Sektor zur betrachten. Die Kostenberechnung erfolgt dabei dynamisch, unter Berücksichtigung zukünftiger Kosten und Nutzen (Anwendung der Gesamtkosten-Berechnung oder der Annuitätskostenberechnung).

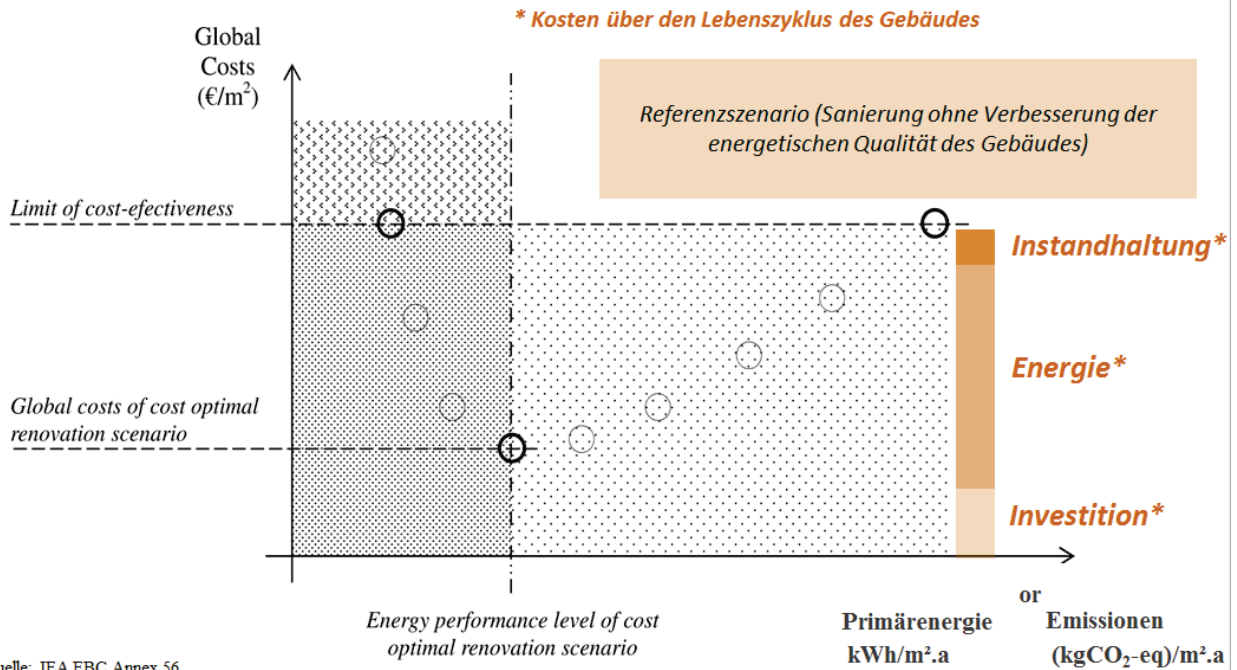
Wie auch bei der Lebenszyklusanalyse werden bei der Lebenszykluskostenbetrachtung sämtliche energetischen Sanierungsmaßnahmen mit einer sogenannten SOWIESO Sanierung verglichen. Diese Referenzvariante enthält wiederum nur Maßnahmen die keinen Einfluss auf den Energiebedarf des Gebäudes haben, sondern nur Maßnahmen die „sowieso“ zur Erhaltung der Funktionalität des Gebäudes notwendig sind.

Die Bewertung kosteneffizienter Sanierungen erfolgt dabei nicht durch die ausschließliche Betrachtung des Lebenszyklus des Gebäudes bei unterschiedlichen Sanierungsmaßnahmen, sondern auch immer unter Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen und des Gesamt-Primärenergiebedarfs, welche wiederum auch über den Lebenszyklus berechnet wurden. So können jene Sanierungsmaßnahmen einfach identifiziert werden, welche einerseits zu einer Einsparung der Treibhausgasemissionen und/oder des Primärenergiebedarfs führen und andererseits auch die Lebenszykluskosten reduzieren können.

Als Darstellungsform der Berechnungsergebnisse wurde im IEA EBC Annex 56 eine Gegenüberstellung der Lebenszykluskosten auf der y-Achse mit den Treibhausgasemissionen und/oder dem Gesamt-Primärenergiebedarf auf der x-Achse gewählt (siehe beispielhaft in den nachfolgenden Abbildungen).

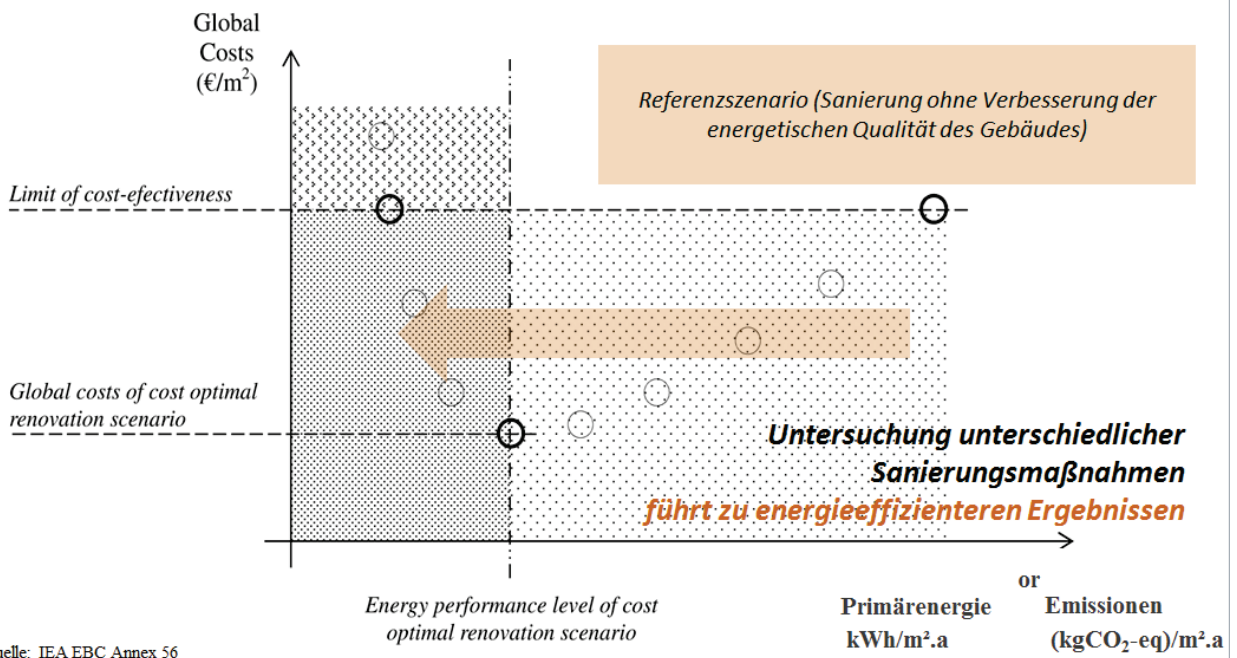
Die Berechnungsmethodik beinhaltet somit die Lebenszykluskostenberechnung, inklusive Investitionskosten, Energiekosten und Kosten für Wartung und Instandhaltung, als auch die Berechnung der Primärenergie und der Treibhausgasemissionen über den Lebenszyklus.

Der Ausgangspunkt dabei ist die Referenzvariante (SOWIESO-Sanierung). Dieser Punkt entspricht einer Sanierung, bei der nur Maßnahmen durchgeführt werden, die keine energetische Verbesserung des Gebäudes zur Folge haben (Schritt 1 in Abbildung 5).



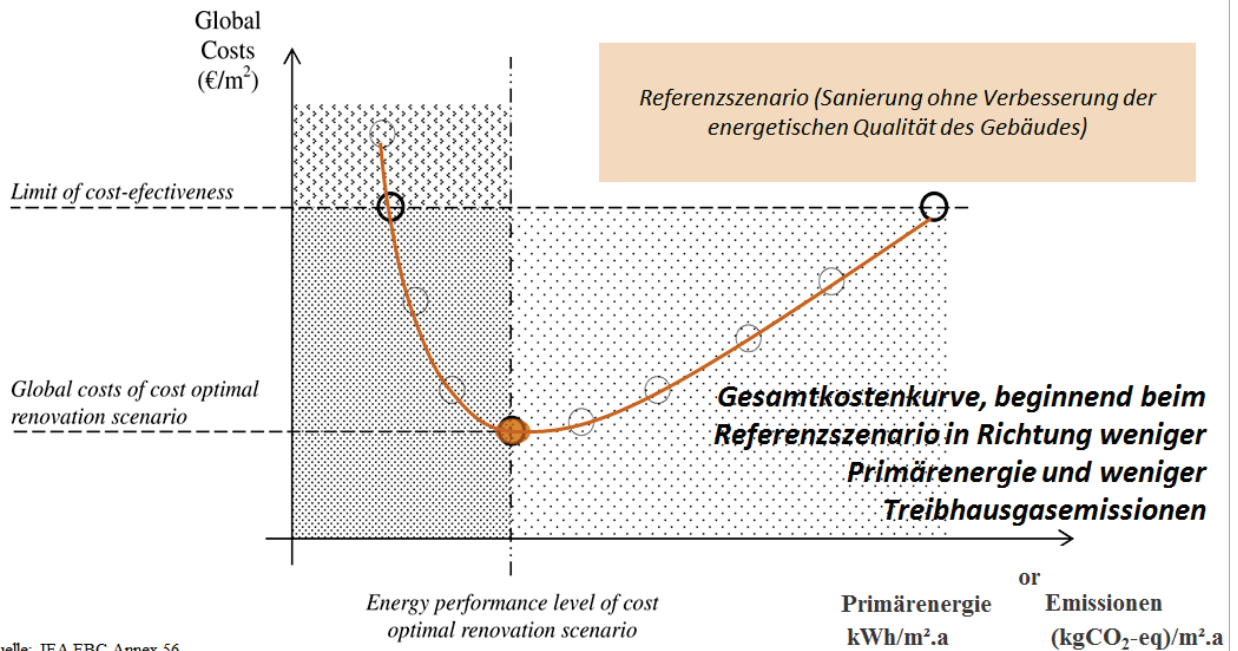
**Abbildung 5: Schritt 1 - Definition und Berechnung der Referenzvariante (inkl. Investition, Betrieb und Instandhaltung) (Quelle: IEA EBC Annex 56)**

Anschließend werden verschiedenste Sanierungsmaßnahmen getestet, die den Primärenergiebedarf bzw. Treibhausgasemissionen reduzieren und gleichzeitig auch die Lebenszykluskosten verringern (Schritt 2 in Abbildung 6).



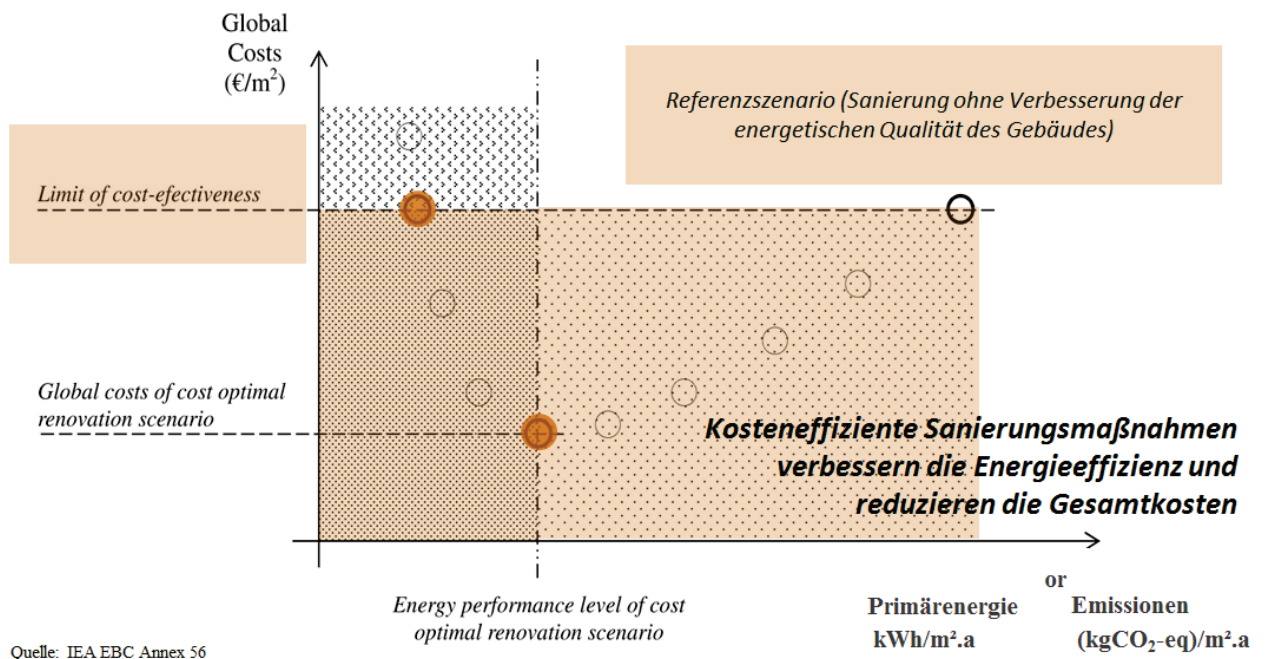
**Abbildung 6: Schritt 2 - Untersuchung unterschiedlicher energetischer Sanierungsmaßnahmen und Berechnung der Lebenszykluskosten, Treibhausgasemissionen und/oder Gesamt-Primärenergiebedarf der Sanierungsmaßnahmen (Quelle: IEA EBC Annex 56)**

Dies erfolgt bis zum tiefsten Punkt der Kostenkurve. Dieser Punkt entspricht dem Kostenoptimum. Weitere Sanierungsmaßnahmen reduzieren zwar weiter den Primärenergiebedarf bzw. die Treibhausgasemissionen, erhöhen allerdings die Lebenszykluskosten (Schritt 3 in Abbildung 7).



**Abbildung 7: Schritt 3 - Identifikation des Kostenoptimums (Punkt auf der Kostenkurve mit den geringsten Lebenszykluskosten) (Quelle: IEA EBC Annex 56)**

Solange die Lebenszykluskosten niedriger oder zumindest gleich sind wie die Lebenszykluskosten der Referenzvariante, spricht man von Kosteneffizienz (Schritt 4 in Abbildung 8).



**Abbildung 8: Schritt 4 - Identifikation der kosteneffizienten Sanierungsmaßnahmen (Lebenszykluskosten der Sanierung sind kleiner gleich der Lebenszykluskosten des Referenzfalls) (Quelle: IEA EBC Annex 56)**



### 3.1.3 Analyse der Co-benefits

Neben der Lebenszyklusanalyse und der Lebenszykluskostenberechnung war die Analyse der sogenannten „co-benefits“ von großer Bedeutung. Im IEA EBC Annex 56 bezieht sich der Begriff „co-benefit“ auf alle Auswirkungen (positiv, wie negativ) der energetisch relevanten Sanierungsmaßnahmen, welche über die Energie-, Treibhausgasemissions- und Kostenreduktion hinüber hinausgehen.

Oftmals sind diese co-benefits relevant oder sogar entscheidend für den „Gesamtwert“ einer thermisch-energetischen Sanierung des Gebäudes (z.B. durch den Marktwert des Gebäudes vor und nach der Sanierung), werden aber häufig im Entscheidungsprozess nicht ausreichend berücksichtigt. Solche co-benefits einer Sanierung entstehen sowohl für EigentümerInnen und/oder NutzerInnen auf Gebäudeebene (siehe Tabelle 1) als auch auf gesellschaftlicher oder gesamtwirtschaftlicher Ebene, wie z.B. durch Auswirkungen auf Gesundheit, Arbeitsplatzbeschaffung, Energiesicherheit, Klimawandel...

An dieser Stelle sei nur auf jene co-benefits eingegangen, die auf Gebäudeebene entstehen und dabei nicht nur jene die durch energetisch relevante Sanierungsmaßnahmen hervorgerufen werden, sondern auch jene des Referenzszenarios (SOWIESO Sanierung). Eine ausführliche Beschreibung der co-benefits auf gesellschaftlicher oder gesamtwirtschaftlicher Ebene kann dem dazugehörigen Bericht in Anhang 2 entnommen werden.

**Tabelle 1: Typologie persönlicher co-benefits (aus Sicht von GebäudeeigentümerInnen oder -nutzerInnen) als Folge (energetischer) Sanierungsmaßnahmen (Quelle: IEA EBC Annex 56)**

Kategorie	Co-benefit	Beschreibung
<i>Gebäude</i>	<i>Bauphysik</i>	Weniger Kondensation, Feuchtigkeit und Schimmelprobleme
	<i>Einfachheit der Bedienung</i>	Einfache Benutzung und Bedienung des sanierten Gebäudes durch die NutzerInnen (automatische Thermostatventile, einfacher Filterwechsel, schnelle Brauchwarmwasserbereitung,...)
	<i>Ästhetik und Architektur</i>	Ästhetische Verbesserung des Gebäudes als einer der Hauptfaktoren für die Sanierung
	<i>Nutzfläche</i>	Erhöhung der Nutzfläche durch Einhausung der Balkone oder Verringerung durch neue Haustechnikinstallationen im Inneren
	<i>Sicherheit</i>	Einbau dem neuesten Stand entsprechender Bauteile um Gefahr für Unfälle, Brände und Schäden zu verringern
<i>Wirtschaftlichkeit</i>	<i>Verringerte Abhängigkeit von Energiepreisschwankungen</i>	Eine verringerte Abhängigkeit von Energiepreisschwankungen gibt dem Nutzer/der Nutzerin das Gefühl einer Sicherheit der Aufrechterhaltung des gewünschten Komfortlevels
<i>NutzerInnenkomfort</i>	<i>Thermische Behaglichkeit</i>	Höherer thermische Komfort durch optimalere Raumtemperaturen, höhere Oberflächentemperaturen, geringere Temperaturdifferenzen und Zugluft
	<i>Natürliche Belichtung und Kontakt mit draußen</i>	Höherer Tageslichtanteil inklusive dem höheren visuellen Kontakt mit der Außenumgebung
	<i>Luftqualität</i>	Bessere Innenraumluftqualität und höherer Komfort
	<i>Interner und externer Schallschutz</i>	Geringere Transmission von Außenlärm aber Gefahr der verstärkten Wahrnehmung des Innenlärms durch Abschottung der Außengeräusche

Kategorie	Co-benefit	Beschreibung
	<i>Stolz, Prestige und Ansehen</i>	Erhöhung der Werte gegenüber anderen
	<i>Einfache Installation</i>	Die einfache Installation der Sanierungsmaßnahmen kann als Kriterium verwendet werden um jene Kombination an Maßnahmen zu finden, welche die meisten Vorteile aufweist

Das wesentliche Ziel der Bewertung der co-benefits war es, den GebäudeeigentümerInnen, InverstörInnen und den Verantwortlichen Hilfestellung in der Berücksichtigung der co-benefits in der Kosten/Nutzen Analyse zu geben und im anschließenden Entscheidungsprozess die Wichtigkeit dieser hervorzuheben.

Um eine Beziehung zwischen den energetisch relevanten Sanierungsmaßnahmen und den daraus resultierenden co-benefits herzustellen, wurde eine Matrix definiert, die eine einfache Darstellung und Vergleichbarkeit ermöglichen soll. Die Zuordnung der co-benefits zu den einzelnen Maßnahmen erfolgte einerseits anhand einer Literaturrecherche zu den gängigsten Methoden zur Bewertung und Quantifizierung der co-benefits sowie andererseits durch die Bewertung der co-benefits in den generischen Berechnungen, Shining Examples und Case Studies.

Das Ergebnis dieser Bewertung ist in der nachfolgenden Abbildung 9 ersichtlich. Positive Effekte wurden dabei grün hervorgehoben, negative rot. Die Zahlen kennzeichnen die dazugehörige Literatur in welcher der Zusammenhang zwischen Sanierungsmaßnahmen und co-benefit beschrieben ist.

Die dazugehörige Zeichenerklärung lautet (die Zahlen 1 bis 7 geben Hinweis auf die Literatur, in welcher der Zusammenhang beschrieben ist):

EX *Erfahrung der TeilnehmerInnen des IEA EBC Annex 56*

CS *in den untersuchten Gebäuden festgestellt*

- 1 *Jakob, M., "Marginal costs and co-benefits of energy efficiency investments. The case of the Swiss residential sector". Energy Policy, 34, pp 172-187, 2006*
- 2 *Jochem, E., Madlener, R. "The Forgotten Benefits of Climate Change Mitigation: Innovation, Technological Leapfrogging, Employment, and Sustainable Development". OECD Workshop on the benefits of climate policy: Improving information for policy makers, 2003*
- 3 *Institute for Sustainability, "Post occupancy interview report. Key findings from a selection of Retrofit for the Future projects", 2013*
- 4 *Ürge-Vorsatz D, Novikova A, Sharmina M., "Counting good: quantifying the co-benefits of improved efficiency in buildings", 2009*
- 5 *European Environmental Bureau, "Harmonised Cost Optimal Methodologies for the Energy Performance in Buildings Directive", 2010*
- 6 *Kalc, I., "Energy Retrofits of Residential Buildings. Impact on architectural quality and occupants comfort", 2012*
- 7 *ISCTE IUL Business School, "Comunicar Eficiência Energética. O Caso Português", 2011*

CO-BENEFIT <sup>a</sup>	Thermal comfort <sup>a</sup>	Natural lighting <sup>a</sup>	Air quality <sup>a</sup>	Building physics <sup>a</sup>	Internal noise <sup>a</sup>	External noise <sup>a</sup>	Ease of use <sup>a</sup>	Reduced exposure to energy price fluctuations <sup>a</sup>	Aesthetics / Architectural integration <sup>a</sup>	Useful living areas <sup>a</sup>	Safety (intrusion and accidents) <sup>a</sup>	Pride/prestige <sup>a</sup>	Ease of installation <sup>a</sup>
Facade insulation (external) <sup>a</sup>	1, 2, 6, 7, CS <sup>¶</sup> +++□	EX <sup>¶</sup> -□	CS <sup>¶</sup> +□	EX, CS <sup>¶</sup> ++□	EX <sup>¶</sup> -□	6, CS <sup>¶</sup> ++□	□	5, CS <sup>¶</sup> ++□	6 <sup>¶</sup> - - + □	CS <sup>¶</sup> +□	□	7, CS <sup>¶</sup> ++□	□
Facade insulation (internal) <sup>a</sup>	1, 2, 6, 7 <sup>¶</sup> - - + □	EX <sup>¶</sup> -□	□	EX <sup>¶</sup> -□	EX <sup>¶</sup> -□	6 <sup>¶</sup> ++□	□	5 <sup>¶</sup> ++□	□	3 <sup>¶</sup> - - □	□	7 <sup>¶</sup> +□	□
Roof insulation <sup>a</sup>	1, 2, 6, 7, CS <sup>¶</sup> +++□	□	CS <sup>¶</sup> +□	CS <sup>¶</sup> +□	EX <sup>¶</sup> -□	6, CS <sup>¶</sup> ++□	□	5, CS <sup>¶</sup> ++□	□	CS <sup>¶</sup> +□	□	7, CS <sup>¶</sup> ++□	□
Ground floor insulation <sup>a</sup>	1, 2, 6, 7, CS <sup>¶</sup> +++□	□	□	□	□	□	□	5, CS <sup>¶</sup> ++□	□	□	□	7, CS <sup>¶</sup> +□	□
Cellar ceiling insulation <sup>a</sup>	1, 2, 6, 7, CS <sup>¶</sup> +++□	□	□	□	□	□	□	5 <sup>¶</sup> ++□	□	□	□	7 <sup>¶</sup> +□	□
Windows replacement <sup>a</sup>	1, 2, 6, 7, CS <sup>¶</sup> +++□	□	□	CS <sup>¶</sup> +□	EX <sup>¶</sup> -□	1, 6, 7 <sup>¶</sup> +++□	□	5, 7, CS <sup>¶</sup> +□	7 <sup>¶</sup> +□	□	7 <sup>¶</sup> ++□	7, CS <sup>¶</sup> +□	□
Insulation of entire building envelope <sup>a</sup>	EX <sup>¶</sup> +++□	EX <sup>¶</sup> -□	□	EX, CS <sup>¶</sup> ++□	EX <sup>¶</sup> -□	EX <sup>¶</sup> +++□	□	EX <sup>¶</sup> ++□	EX <sup>¶</sup> - + □	□	□	EX <sup>¶</sup> ++□	□
Larger window areas <sup>a</sup>	EX <sup>¶</sup> -□	6, CS <sup>¶</sup> +++□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Roof light or Sun pipes <sup>a</sup>	□	3 <sup>¶</sup> ++□	□	□	□	□	□	5 <sup>¶</sup> +□	□	□	□	□	□
External shading <sup>a</sup>	5 <sup>¶</sup> ++□	□	□	□	□	5 <sup>¶</sup> +□	□	5 <sup>¶</sup> +□	□	□	□	□	□
Balconies and loggias <sup>a</sup>	6 <sup>¶</sup> - - + □	6 <sup>¶</sup> - - □	□	6 <sup>¶</sup> ++□	□	EX <sup>¶</sup> +□	□	□	6 <sup>¶</sup> ++□	6, CS <sup>¶</sup> ++□	□	□	□
Heat Pump for heating <sup>a</sup>	□	□	□	□	□	□	□	5, 7 <sup>¶</sup> +□	□	□	□	□	7, EX <sup>¶</sup> +++□
Biomass heating system <sup>a</sup>	□	□	□	□	□	□	□	5 <sup>¶</sup> +□	□	□	□	□	□
Efficient DHW system <sup>a</sup>	□	□	□	□	□	□	□	5, CS <sup>¶</sup> ++□	□	□	□	CS <sup>¶</sup> +□	□
Automatic control systems <sup>a</sup>	□	□	□	□	□	□	CS <sup>¶</sup> +□	□	□	□	□	□	□
Air renewal systems <sup>a</sup>	EX, CS <sup>¶</sup> ++□	□	1, 4, 5, CS <sup>¶</sup> +++□	1, CS <sup>¶</sup> ++□	EX <sup>¶</sup> -□	□	EX <sup>¶</sup> -□	5 <sup>¶</sup> +□	□	□	□	□	□
MVHR systems <sup>a</sup>	EX, CS <sup>¶</sup> ++□	□	CS <sup>¶</sup> + - □	CS <sup>¶</sup> +□	3 <sup>¶</sup> - - □	□	□	5 <sup>¶</sup> +□	□	□	□	CS <sup>¶</sup> +□	□
Solar Thermal systems <sup>a</sup>	□	□	□	□	□	□	□	7, CS <sup>¶</sup> ++□	□	□	□	7, CS <sup>¶</sup> ++□	7 <sup>¶</sup> +++□

Abbildung 9: Zusammenhang zwischen co-benefits (aus Sicht von GebäudeeigentümerInnen oder -nutzerInnen) und den jeweiligen Sanierungsmaßnahmen (Quelle: IEA EBC Annex 56)

Mehr Informationen zu den identifizierten co-benefits der österreichischen Gebäude finden sich in den nachfolgenden Kapiteln 3.2 und 3.3. Eine ausführliche Beschreibung sämtlicher Ergebnisse des IEA EBC Annex 56 zu den co-benefits kann dem dazugehörigen Bericht in Anhang 2 entnommen werden.

### 3.2 Generische Berechnungen („generic calculations“)

Die generischen Berechnungen zielten darauf ab unterschiedliche Sanierungsstrategien zu bewerten und die Kombination aus kosteneffizienten Sanierungsmaßnahmen zu identifizieren, welche zu einer Optimierung des Energieverbrauchs- und der Treibhausgasemissionseinsparungen führen. Darüber hinaus wurden die generischen Berechnungen auch genutzt, um die entwickelte Methodik zu verdeutlichen und zu testen. Im Zuge dieser Berechnungen wurden nicht alle Gebäudetypen in allen teilnehmenden Ländern untersucht, sondern vielmehr konzentrierte man sich auf ausgewählte Referenzgebäude und Sanierungspakete. So wurden generische Ein- und Mehrfamiliengebäude für Österreich, Dänemark, Italien, Norwegen, Portugal, Spanien und Schweden dokumentiert. Diese Referenzgebäude sollen dabei einen Großteil der bestehenden Ein- und Mehrfamilienhäuser repräsentieren, die noch nicht thermisch-energetisch saniert wurden.

Die generischen Berechnungen folgen dabei der im IEA EBC Annex 56 entwickelten Berechnungsmethodik und umfassen im speziellen folgende Elemente:

- Für jedes untersuchte Land wurden die Berechnungsparameter festgelegt. Diese beinhalteten die wirtschaftlichen Parameter wie Energiepreise, Zinssätze und Wechselkurse sowie Treibhausgasemissionsfaktoren, Primärenergiefaktoren und Klimadaten.
- Für jedes untersuchte Land wurden ein oder mehrere Referenzgebäude definiert, die typisch für den (noch nicht thermisch-energetisch sanierten) Gebäudebestand des jeweiligen Landes sind. Dazu wurden auch die Abmessungen der Gebäude sowie der Energiebedarf festgelegt.
- Für alle definierten Referenzgebäude wurden Sanierungsmaßnahmen und -pakete festgelegt, die in weiterer Folge entsprechend der entwickelten Berechnungsmethodik untersucht und analysiert wurden.

Tabelle 2 zeigt beispielhaft die Sanierungsmaßnahmen für das österreichische Mehrfamilienhaus.

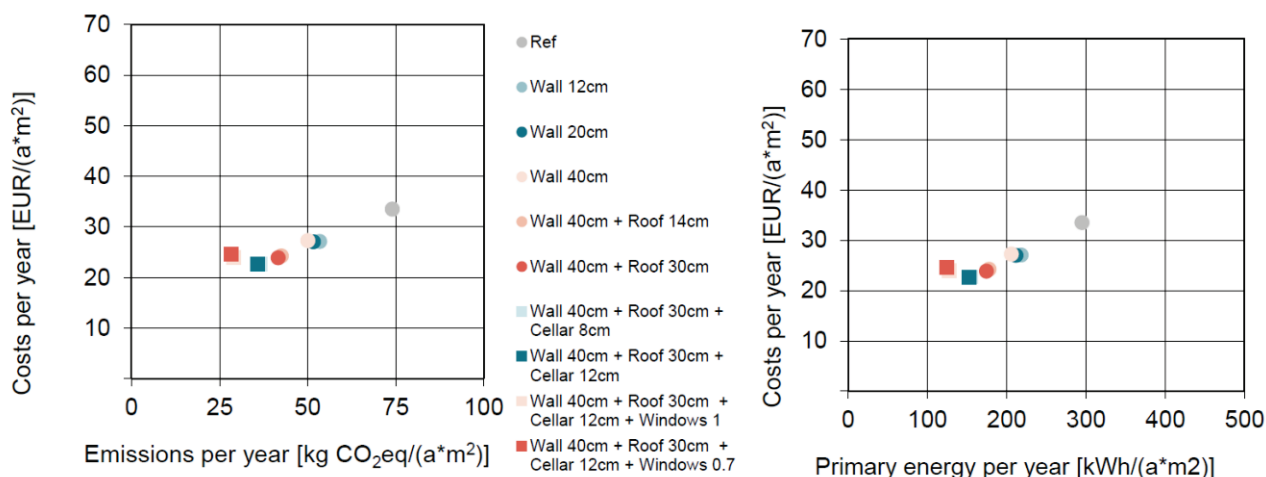
**Tabelle 2: Beschreibung der unterschiedlichen Sanierungspakete M1 bis M9 und der Referenzvariante des österreichischen Mehrfamilienhauses**

Sanierungspaket	Beschreibung
Ref	In der Referenzvariante wurden die Außenwände und die Fenster neu gestrichen sowie das Satteldach ausgebessert. Diese Maßnahmen führen zu keiner Reduktion des Energiebedarfs.
M1	12 cm Dämmung der Außenwand mit Mineralwolle
M2	20 cm Dämmung der Außenwand mit Mineralwolle
M3	40 cm Dämmung der Außenwand mit Mineralwolle
M4	Zusätzlich zu M3 wurde das Dach saniert, inklusive 14 cm Mineralwolldämmung
M5	Zusätzlich zu M3 wurde das Dach saniert, inklusive 30 cm Mineralwolldämmung
M6	Zusätzlich zu M5 wurde die Kellerdecke mit 8 cm Mineralwolle gedämmt
M7	Zusätzlich zu M5 wurde die Kellerdecke mit 12 cm Mineralwolle gedämmt
M8	Zusätzlich zu M7 wurden die bestehenden Fenster durch neue Fenster mit Holzrahmen und einem gesamt U-Wert von 1,0 ersetzt
M9	Zusätzlich zu M7 wurden die bestehenden Fenster durch neue Fenster mit Holzrahmen und einem gesamt U-Wert von 0,7 ersetzt

Nachfolgend sind einige Ergebnisse des beschriebenen Referenzgebäudes abgebildet. Sämtliche Berechnungsergebnisse und Analysen zu den österreichischen Gebäuden sowie zu den Referenzgebäuden der anderen untersuchten Länder finden sich im Bericht zu den generischen Berechnungen (siehe Anhang 3).

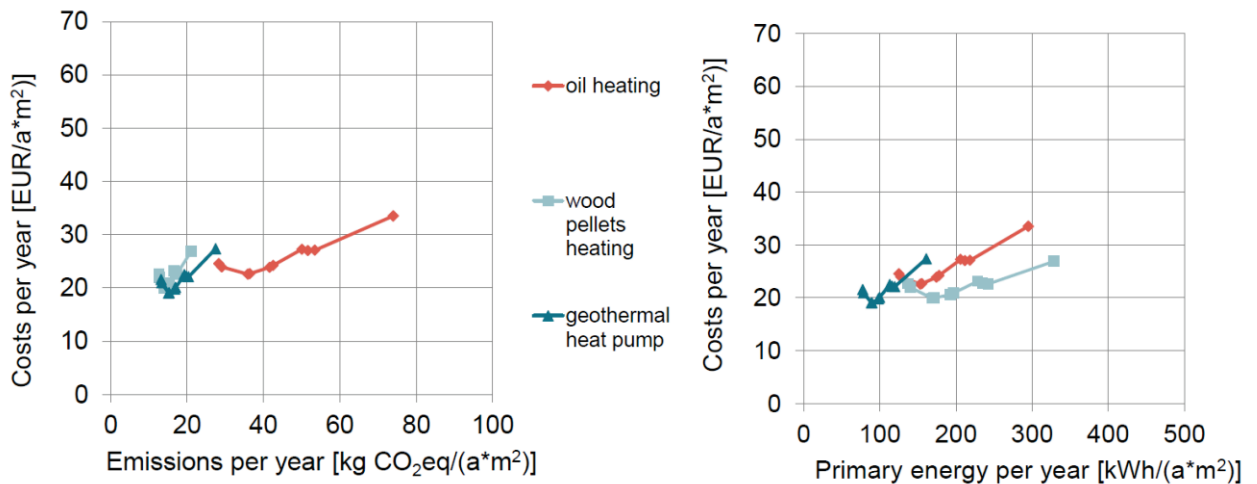
Abbildung 10 zeigt die Gegenüberstellung der Lebenszykluskosten mit den Treibhausgasemissionen (links) und dem Gesamt-Primärenergiebedarf (rechts). Ausgegangen von der Referenzvariante (Ref - grauer Punkt) wurden die in Tabelle 2 beschriebenen Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt und aufgetragen. Als Heizungssystem wurde in diesem Fall eine Ölheizung angenommen.

Die beiden Kurvenverläufe zeigen, dass sämtliche untersuchten Sanierungsmaßnahmen kosteneffizient sind, da die Lebenszykluskosten der einzelnen Sanierungspakete unter den Lebenszykluskosten der Referenzvariante liegen. Des Weiteren können alle Sanierungsvarianten auch die Treibhausgasemissionen und den Gesamt-Primärenergiebedarf im Vergleich zur Referenzvariante reduzieren.



**Abbildung 10: Gegenüberstellung der Lebenszykluskosten mit den Treibhausgasemissionen (links) und dem Gesamt-Primärenergiebedarf (rechts) für die Referenzvariante und die Sanierungspakete M1 bis M9, bei einer Ölheizung (Quelle: IEA EBC Annex 56)**

Darüber hinaus wurden die Sanierungspakete M1 bis M9 ebenso mit unterschiedlichen Heizungssystemen getestet, um die Auswirkungen des Wechsels des Energieträgers für Heizung und Brauchwarmwasserbereitung auf die Lebenszykluskosten, Treibhausgasemissionen und Gesamt-Primärenergiebedarf der österreichischen Referenzgebäude zu untersuchen. Abbildung 11 zeigt die Ergebnisse für das Mehrfamilienhaus bei Ölheizung (rot), Pellets (hellblau) und Erdreich-Wärmepumpe (dunkelblau).



**Abbildung 11: Vergleich der Sanierungspakete M1 bis M9 bei unterschiedlichen Heizungssystemen: Ölheizung (rot), Pellets (hellblau) und Erdreich-Wärmepumpe (dunkelblau) des österreichischen Referenzgebäudes (Mehrfamilienhaus) (Quelle: IEA EBC Annex 56)**

Wie schon am Ende von Kapitel 3.1.3 beschrieben wurden auch für die generischen Referenzgebäude und die untersuchten Sanierungspakete eine co-benefits Analyse durchgeführt. Im konkreten Fall des österreichischen Mehrfamilienhauses wurden die Sanierungsvarianten:

- Referenzvariante mit Heizungssystem Erdreich-Wärmepumpe
- Sanierungspaket M7 mit Heizungssystem Erdreich-Wärmepumpe
- Sanierungspaket M9 mit Heizungssystem Erdreich-Wärmepumpe
- Sanierungspaket M7 mit Heizungssystem Pellets

untersucht.

Das Ziel war dabei die positiven wie negativen Auswirkungen der Sanierungsmaßnahmen auf das persönliche Leben (aus Sicht der EigentümerInnen und NutzerInnen) zu erheben und zu bewerten, um so in weiterer Folge eine ganzheitliche Bewertung der Sanierungsmaßnahmen durchführen zu können.

Tabelle 3 zeigt das Ergebnis der Bewertung der co-benefits.

**Tabelle 3: Identifizierte co-benefits ausgewählter Sanierungspakete des österreichischen Mehrfamilienhauses. Ein grüner Pfeil nach oben stellt einen positiven Effekt dar, ein roter Pfeil nach unten einen negativer Effekt. Je mehr Pfeile dargestellt sind, desto größer ist der Effekt. (Quelle: IEA EBC Annex 56)**

Gebäudeteil	Ref	M7 + Erdreich-WP	M9 + Erdreich-WP	M7 + Pellets
<b>Außenwand</b>	Instandhaltung	40 cm MW	40 cm MW	40 cm MW
<b>Dach</b>	Instandhaltung	30 cm MW	30 cm MW	30 cm MW
<b>Kellerdecke</b>	Instandhaltung	12 cm MW	12 cm MW	12 cm MW
<b>Fenster</b>	Instandhaltung	Instandhaltung	Neu Holz Uw=0.7	Instandhaltung
<b>Heizung</b>	Erdreich-WP	Erdreich-WP	Erdreich-WP	Pellets
<b>Brauchwarmwasser</b>	Erdreich-WP	Erdreich-WP	Erdreich-WP	Pellets
<b>Co-benefits</b>				
<b>Ästhetik</b>	▲	▲	▲	▲
<b>Stolz und Prestige</b>	▲▲	▲▲	▲▲	▲▲
<b>Thermische Behaglichkeit</b>		▲▲▲	▲▲▲	▲▲▲
<b>Bauphysik</b>		▲▲	▲▲	▲▲
<b>Interner Schallschutz</b>		▼	▼	▼
<b>Externer Schallschutz</b>			▲▲	
<b>Energiepreisschwankungen</b>		▲	▲	▲▲
<b>Luftqualität</b>		▲	▲	▲
<b>Einfache Installation</b>		▼▼▼	▼▼▼	▲
<b>Sicherheit</b>			▲▲	

Der Vergleich der co-benefits der untersuchten Sanierungspakete zeigt, dass durch die thermisch-energetischen Sanierungsmaßnahmen deutlich mehr positive co-benefits erreicht werden können, als in der definierten Referenzvariante. Einzig negative Auswirkungen ergeben sich hinsichtlich des internen Schallschutzes und im Fall der Erdreich-Wärmepumpe hinsichtlich der einfachen Installation der Haustechnik.

### 3.3 Innovative Gebäudesanierungen zur Inspiration und Motivation

#### 3.3.1 „Shining Examples“

Erfolgreich umgesetzte Demonstrationsprojekte („Shining Examples“) innerhalb der IEA EBC Annex 56 TeilnehmerInnenländer wurden gesammelt, aufbereitet, analysiert und schlussendlich in einer umfangreichen Broschüre veröffentlicht. Das Ziel war dabei erfolgreiche Sanierungslösungen aufzuzeigen und Schlussfolgerungen abzuleiten sowie Parallelen und Unterschiede der unterschiedlichen Sanierungen zu zeigen.

Insgesamt konnten 18 solcher Shining Examples aus neun europäischen Ländern gesammelt und aufbereitet werden. Abbildung 12 zeigt eine Zusammenstellung dieser Gebäude.



















Country	Site	Building type	Pictures	Country	Site	Building type	Pictures
AUSTRIA	Bruck an der Mur	Non residential		NETHERLANDS	Wijk van Morgen, Kerkrade	Single family	
AUSTRIA	Kapfenberg	Multi family		PORTUGAL	Lugar de Pontes, Melgaço	Single family	
CZECH REPUBLIC	Kaminky 5	Non residential		PORTUGAL	Montarrio, Coimbra	Single family	
CZECH REPUBLIC	Koniklečová 4	Multi family		PORTUGAL	Neighborhood RDL, Porto	Multi family	
DENMARK	Sems Have, Roskilde	Multi family		SPAIN	Viviendas de Corazón, Bilbao	Multi family	
DENMARK	Skodsborgvej, Virum	Single family		SWEDEN	Backa röd, Gothenburg	Multi family	
DENMARK	Traneparken, Hvalsø	Multi family		SWEDEN	Brogården, Alingsås	Multi family	
ITALY	Ca' S.Orsola, Treviso	Multi family		SWEDEN	Maratonvagen, Halmstad	Multi family	
ITALY	Ranica, Bergamo	Single family		SWITZERLAND	Les Charpentiers, Morges	Multi family	

Abbildung 12: Shining Examples (Quelle: IEA EBC Annex 56)

Die Analyse der 18 Shining Examples umfasste dabei folgende Punkte:

- Hindernisse und Lösungen bei der Gebäudesanierung in Bezug auf Information (und Verbreitung), Technik, EigentümerInnen und Kosten (Wirtschaftlichkeit)
- „Sowieso“-Maßnahmen zur Definition einer vergleichbaren Referenzsanierung, wobei diese Maßnahmen definiert sind als *„a set of actions, products and services necessary to guarantee the regular, safe and legal functioning of buildings, as well as aesthetics, technological and contemporization evolutions that societal changes require of them“*
- Tatsächlich durchgeführte Maßnahmen unterteilt in Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle, der Haustechnik sowie Maßnahmen zum Einsatz erneuerbarer Energieträger
- Co-benefits als zusätzlicher Nutzen der Sanierung (neben der Energie-, Emissions- und Kosteneinsparung)



Nachfolgende Abbildung 13 zeigt beispielhaft die Analyse der Hindernisse und Lösungen, welche in den einzelnen Sanierungsprojekten festgestellt wurden.

Designation	Barriers	Solutions
Kapfenberg	<ul style="list-style-type: none"> <li>– The financing of the renovation was a barrier because, due to governmental regulations, it was not possible to excessively increase the rental prices for the apartments;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Other funding and financing solutions were necessary to realise the renovation;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Additionally, the renovation works inside the building, such as the change of the layout, made a resettlement of the residents necessary.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Due to the fact that there were no apartments available at Kapfenberg at the time of the renovation, this process could only be put into practice in two different construction phases in order to guarantee the residents an apartment during the renovation period.</li> </ul>
Kaminsky	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Originally, the idea was to install mechanical ventilation in the whole school, but not enough funds were available.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– The mechanical ventilation was therefore not incorporated into the design.</li> </ul>
Traneparken, Hvalso	<ul style="list-style-type: none"> <li>– There were practical administrative barriers to convince the tenants that it was a good idea to carry out the energy renovation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– These barriers were overcome without too much trouble by thoroughly informing the tenants about potential benefits and added values of the project.</li> </ul>
Sems Have, Roskilde	<ul style="list-style-type: none"> <li>– It is a challenge to upgrade existing buildings to contemporary and future-proof apartments especially if the new design uses other module lines etc. than the original design. The concrete structures (including decks) were maintained, however, this made it difficult to comply with modern requirements regarding acoustics.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– The problems with the acoustics couldn't be solved</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– PCB, asbestos and paint containing lead had to be removed from the building and safely deposited.</li> <li>– The Housing Association experienced difficulties in obtaining approval from the municipality to change the status of the buildings from dormitory/day-care centre to residential.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– The PCB, asbestos and old paint was removed and deposited</li> <li>– The building association had to make a cost-benefit analysis to show that it was meaningful to change to another use. This was based on a technical report on the actual state of the building before renovation, including proof that the load-bearing structure was adequate for the new use.</li> </ul>
Ca' S. Orsola, Treviso	<ul style="list-style-type: none"> <li>– The major barrier was related with the bureaucracy for obtaining the permission by Historical and Architectural Heritage Superintendence of Veneto. Another barrier was the high costs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– The investment costs were incurred by the contractor but the owner is also the owner: in this particular situation themes such as sustainability and energy retrofitting were understood and applied.</li> </ul>
Pontes Country House	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Obtaining the building permit from the municipality and from national tourism entities is still a time consuming process that causes delays and doubts for the business plan;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– In this process, this barrier was not overcome;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– With respect to the investment costs, the building owners not always understood the unconventional nature of the renovation project and, therefore, expected only conventional costs, both for the renovation works and for the consultants.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– This barrier was overcome giving substantial information to the owners about potential benefits and added values of the project.</li> </ul>
Neighbourhood Rainha Dona Leonor	<ul style="list-style-type: none"> <li>– The lack of financing to carry out the works at once was a big barrier;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– The works have been divided in several phases over several years;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Strong discussion whether the best solution was to renovate or to demolish and transfer tenants to other buildings;</li> <li>– The need to have the buildings vacant to carry out the renovation works.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– The decision has been of political nature. Benefits of energy related measures were not considered and communication have helped the decision process.</li> <li>– Vacant dwellings from other neighbourhoods have been used to temporarily house the tenants.</li> </ul>
Montarroio, Coimbra	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Obtaining permit for the building renovation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– The IEA EBC Annex 56 methodology, commonly developed during the evolution of this process, was important providing means to visualize options to municipal stakeholders, thus helping them to understand individual and collective implications.</li> </ul>
Corazón de María, Bilbao	<ul style="list-style-type: none"> <li>– The main barrier was the low income profiles of the residents. This was linked to the other significant barrier, which was the residents' reluctance to carry out the renovation works only under energy motivations. Improving the building accessibility (lift installations, moreover) was the main incentive for the tenants.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– This was overcome thanks to funding sources obtained from the public administration, (funding given with the aim of boosting the energy renovations).</li> </ul>
Brogården, Alingsås	<ul style="list-style-type: none"> <li>– A delay was caused by poor project management. The preservation of the area and accessibility questions took much time in the planning process;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– The project management was replaced;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– The energy issues were first almost neglected.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– A person was put in charge of the energy issues.</li> </ul>

**Abbildung 13: „Hindernisse und Lösungen“ („Barriers and Solutions“) der 18 Shining Examples als Beispiel für die durchgeführten Analysen und Zusammenstellungen in der "Shining Examples" Broschüre (Quelle: IEA EBC Annex 56)**

Neben der zusammenfassenden Analyse der 18 Shining Examples enthält die Broschüre auch noch eine Kurzdarstellung jedes einzelnen Gebäudes. Dazu wurden auf sechs Seiten kompakt die wesentlichsten Informationen aufbereitet. Die sechs Seiten stellen sich immer folgendermaßen dar:

- Seite 1: Kurze Zusammenfassung der wichtigsten Informationen zum Sanierungsprojekt
- Seite 2: Beschreibung des Gebäudes vor der Sanierung hinsichtlich Gebäudehülle und Haustechnik
- Seite 3: Darstellung der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen (wiederum hinsichtlich Gebäudehülle und Haustechnik)
- Seite 4: Berechnete Energie-, Treibhausgasemissions- und Kosteneinsparung des sanierten Gebäudes gegenüber dem Gebäudebestand
- Seite 5: Beschreibung der Verbesserungen, Erfahrungen und Erkenntnisse
- Seite 6: Schlussfolgerungen

Abbildung 14 zeigt dazu die jeweils erste Seite der beiden österreichischen Shining Examples, dem Amtsgebäude Bruck an der Mur (links) und der Plus-Energie-Sanierung Kapfenberg (rechts). Die komplette Dokumentation kann Anhang 4 (Broschüre zu den Shining Examples) entnommen werden.

### Bruck an der Mur

**Project summary**  
**Energy concept:**  
**Background for the renovation – reasons**

The aim of this project was to gather information and experiences of the pilot project and the research, so that those information and experiences can be directly used in the planning and decision process of the building owner Austrian Real Estate (ARE) and other building owners. Thereby four main fields of investigation have been identified:

- Subsequent installation of ventilation systems with heat recovery
- Shading, daylight and lighting
- Sustainable cooling and summer comfort
- Innovative façade systems

View of existing (© RT Energie Markt Analyse GmbH) and renovated building (© Markus Kaiser, Graz)

<b>Site:</b>	An der Postwiese 8 8600 Bruck / Mur, Austria
<b>Altitude:</b>	485 m
<b>Heating degree days:</b>	3710 (base temp 20°C)
<b>Owner:</b>	Austran Real Estate (ARE) a subsidiary company of BIG
<b>Architect:</b>	Architekturbüro Pittino & Ortner
<b>Energy concept:</b>	Rosenfelder & Höfler GmbH & Co KG, TB Köstenebauer & Sixl, Bustz GmbH
<b>Contact Person:</b>	Mag. Dirk Jäger BIG
<b>Important dates:</b>	Beginning of the renovation: summer 2010 End of the renovation: summer 2012
<b>Date completed:</b>	February 2014

**Building description /typology**

- Built in 1990s
- Official building which includes the district court, the financial authority and the Federal Office for Metrology and Surveying
- Gross heated floor area: 8488 m<sup>2</sup> (total)

43

### Kapfenberg, Austria

**Project summary**  
**Energy concept:** insulation, mechanical ventilation, solar thermal and PV-system

**Background for the renovation – reasons**

The existing residential building was in high need of renovation. The overall intentions were:

- 80% energy efficiency – 80% reduction of the energy demand of the existing building
- 80% ratio of renewable energy sources – 80% of the total energy consumption of the renovated building should be provided by renewable energy sources
- 80% reduction of CO<sub>2</sub> emissions – 80% reduction of the CO<sub>2</sub> emissions of the existing building

View of existing (small picture) and the renovated building (large picture) (west elevation)

<b>Site:</b>	Johann Böhm Straße 34/36 8600 Kapfenberg, Austria
<b>Altitude:</b>	502 m
<b>Heating degree days:</b>	3794 (base temp. 20° C)
<b>Cooling degree days:</b>	0
<b>Owner:</b>	ernstal SG
<b>Architect:</b>	Nussmüller Architekden ZT-GmbH
<b>Energy concept:</b>	AEE INTEC
<b>Contact Person:</b>	Dr. Wilfried Sachnerer ernstal SG
<b>Important dates:</b>	Beginning of the renovation: March 2012 End of the renovation: Jan. 2014
<b>Date completed:</b>	December 2013

**Building description /typology**

- Built: 1960-1981
- Residential building with four floors
- On each floor six flats were located
- The living space varied from 20 to 65 m<sup>2</sup>
- Total gross heated floor area: 2845 m<sup>2</sup>

48

**Abbildung 14: Titelseiten der beiden österreichischen Shining Examples Bruck an der Mur (links) und Kapfenberg (rechts) (Quelle: IEA EBC Annex 56)**

### 3.3.2 „Case Studies“

Um energieeffiziente Gebäude mit geringem Energiebedarf und erneuerbarer Energieerzeugung vor Ort voranzutreiben braucht es innovative Sanierungsprojekte, die eine Vorreiterrolle übernehmen und zur Inspiration als Best-Practice Beispiele für Expertinnen und Experten sowie für die breite Öffentlichkeit dienen.

Solche Gebäudesanierung sind zum einen die vorhin beschriebenen Shining Examples, aber auch die daraus abgeleiteten, sogenannten „Case Studies“. Diese Case Studies wurden in einem weiteren Schritt noch detaillierter betrachtet. Dazu wurden eine Lebenszyklusanalyse, Lebenszykluskostenberechnung und eine Analyse der co-benefits für die ausgeführte Sanierung aber auch für alternative Sanierungsvarianten durchgeführt. Die tatsächliche Sanierung wurde dann mit den alternativen Varianten und einer Referenzvariante verglichen. Dabei wurden folgende Ziele verfolgt:

- Die theoretisch entwickelte Berechnungsmethodik sollte anhand realer Gebäudesanierungen getestet werden um mögliche Widersprüche aufzuzeigen und Feedback für die Weiterentwicklung der Berechnungsmethodik zu liefern.
- Ein gründliches Verständnis für die Performance dieser Case Studies sollte erlangt werden, um in weiterer Folge auch zu verstehen welche Auswirkungen einzelne Sanierungsmaßnahmen in der Realität haben (könnten).
- Barrieren und Hindernisse für die umfassende Sanierung sollten anhand der realen Case Studies aufgezeigt werden.
- EntscheidungsträgerInnen und ExpertInnen sollten durch die Analyse der Case Studies in ihren zukünftigen Entscheidungen gestärkt und unterstützt werden.
- Erfolgreiche Sanierungsprojekte sollten aufgezeigt werden, um EntscheidungsträgerInnen zu motivieren und den Markt für ehrgeizigere Sanierungen anzuregen.

Bei den „Case Studies“ handelt es sich um Wohn- und Nicht-Wohngebäude, die als Vorzeigeprojekte in jedem einzelnen europäischen Land angesehen werden. Abbildung 15 zeigt einen Überblick über die untersuchten Gebäude, Tabelle 4 beinhaltet einige Kenndaten.



**Abbildung 15:** Als "Case Studies" untersuchte Gebäude vor und nach deren Sanierung, links oben: Österreich, links Mitte: Dänemark, links unten: Spanien, rechts oben: Tschechische Republik, rechts Mitte: Portugal und rechts unten: Schweden (Quelle: IEA EBC Annex 56)

**Tabelle 4:** Einige Kenndaten der im IEA EBC Annex 56 untersuchten Gebäude

Land	Ort	Gebäudetyp	Jahr(e) der Errichtung	Jahr(e) der Sanierung	Beheizte BGF nach der Sanierung
Österreich	Johann-Böhmstraße, Kapfenberg	Mehrfamilienhaus	1960 - 1961	2012 - 2014	2845 m <sup>2</sup>
Dänemark	Traneparken, Hvalsø	Mehrfamilienhaus	1969	2011 - 2012	5293 m <sup>2</sup>
Portugal	Neighborhood RDL, Porto	Zweifamilienhaus	1953	2012	123 m <sup>2</sup>
Schweden	Backa röd, Göteborg	Mehrfamilienhaus	1971	2009	1357 m <sup>2</sup>
Spanien	Lourdes Neighborhood, Tudela	Mehrfamilienhaus	1970	2011	1474 m <sup>2</sup>
Tschechische Republik	Kaminky 5, Brunn	Pflichtschule	1987	2009 - 2010	9909 m <sup>2</sup>

Für jedes dieser sechs Gebäude wurden Sanierungspakete mit einer Reihe von unterschiedlichen Sanierungsmaßnahmen angenommen. Die Maßnahmen umfassten dabei:

- Gebäudehülle: Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Qualität der Gebäudehülle, wie z.B. Wärmedämmung der Fassade, des Daches, des Fußbodens und/oder Fenstertausch
- Haustechnik: Modernisierung bzw. Erneuerung von Heizungsanlagen, Brauchwarmwasserbereitung, Kühlung, Lüftung sowie Allgemein- und Haushaltsstrom (z.B. Beleuchtung)
- Variation von Energieträgern für Heizung, Kühlung und Brauchwarmwasser
- Erneuerbare Energieerzeugung vor Ort, wie z.B. Solarthermie oder Photovoltaik

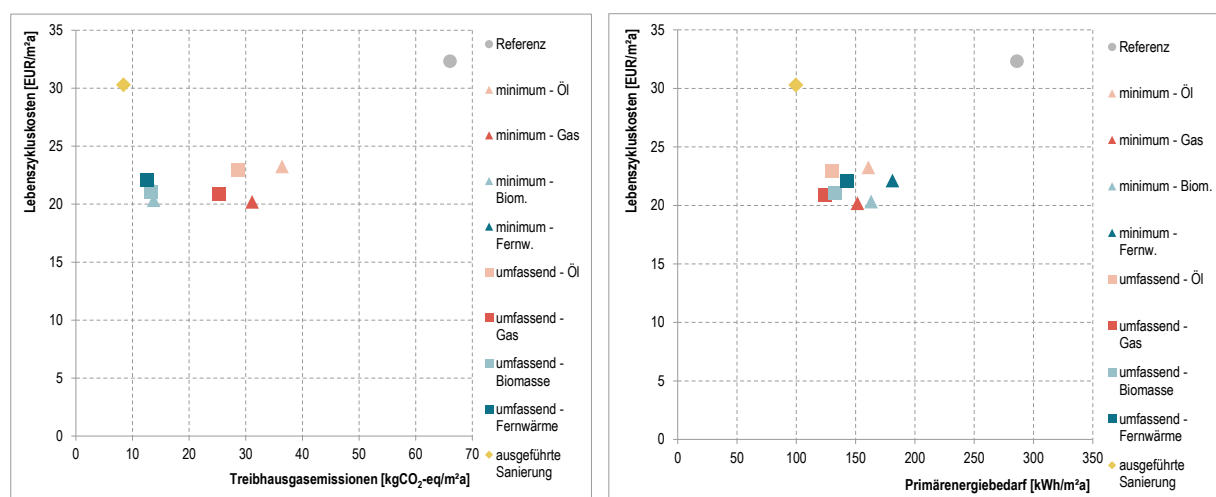
Die Varianten reichten dabei von minimalen Maßnahmen bis hin zu umfassenden hochwertigen Sanierungen. Zusätzlich wurde bei den Untersuchungen auch die tatsächlich umgesetzte Sanierung abgebildet und verglichen.

Neben jenen Sanierungsmaßnahmen, die zu einer Reduktion des Energiebedarfs führen, wurde auch ein Referenzfall definiert, der nur SOWIESO-Maßnahmen berücksichtigt, die durchgeführt werden müssen, wie z.B. Streichen der Fassade, Ausbessern des Daches,... Dieser Referenzfall dient als Ausgangspunkt und Vergleich mit den energetisch relevanten Maßnahmen.

Die Bewertung aller definierten Sanierungsmaßnahmen und -pakete erfolgte entsprechend der im Projekt entwickelten Berechnungsmethodik und umfasst dabei die Lebenszykluskostenberechnung (LCC) sowie die Lebenszyklusanalyse (LCA), wobei hier als Parameter der Gesamt-Primärenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen über die angenommene Lebensdauer der Gebäudekomponenten herangezogen wurden.

Eine ausführliche Dokumentation zu den Case Studies ist Anhang 5 zu entnehmen. Im Bericht zu den Case Studies sind die eingehende Beschreibung der untersuchten Sanierungsvarianten sowie die Auswertung der Berechnungsergebnisse und die Ableitung von Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen verfügbar. An dieser Stelle erfolgt auszugsweise eine Darstellung der wichtigsten Ergebnisse des österreichischen Case Study, der Plus-Energie-Sanierung in Kapfenberg.

Abbildung 16 zeigt eine Gegenüberstellung der Lebenszykluskosten mit den Treibhausgasemissionen (links) und dem Gesamt-Primärenergiebedarf (rechts). Jeder Punkt stellt dabei eine Sanierungsvariante dar. Der graue Punkt definiert die Referenzvariante (SOWIESO-Sanierung) und die gelbe Raute die tatsächlich ausgeführte Sanierung. Sämtliche Markierungen in roter und blauer Farbe stellen die alternativen Sanierungsmöglichkeiten dar.



**Abbildung 16: Lebenszykluskosten im Vergleich mit den Treibhausgasemissionen (linke Grafik) und dem Gesamt-Primärenergiebedarf (rechte Grafik) des österreichischen Case Study (Quelle: IEA EBC Annex 56)**

Die Ergebnisse zeigen, dass alle untersuchten Sanierungspakete kosteneffizient sind. Das bedeutet, dass die jährlichen Lebenszykluskosten der einzelnen Pakete geringer sind als die Lebenszykluskosten der Referenzvariante.

Die geringsten Treibhausgasemissionen werden dabei von der ausgeführten Sanierung erreicht. Hier liegen die Werte bei rund 8 kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>a. Dies stellt eine Reduktion, im Vergleich zur Referenzvariante, von fast 60 kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>a oder 85% dar. Der geringste Primärenergiekennwert wird ebenso von der tatsächlichen Sanierung erreicht. Der Gesamt-Primärenergiebedarf liegt bei rund 100 kWh/m<sup>2</sup>a, was eine Reduktion von knapp 190 kWh/m<sup>2</sup>a oder 65% zur Referenzsanierung darstellt.

Das Kostenoptimum würde bei jährlichen Lebenszykluskosten von rund 20 EUR/m<sup>2</sup>a, bei Treibhausgasemissionen von 31 kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>a und einem Gesamt-Primärenergiebedarf von 152 kWh/m<sup>2</sup>a, liegen.

Um ein noch detaillierteres Verständnis für den Einfluss der verschiedenen Sanierungsmaßnahmen zu erlangen wurden in weiterer Folge zusätzliche Berechnungen von einzelnen energetisch-relevanten Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Im ersten Schritt wurden dazu die zu betrachteten Maßnahmen definiert. Tabelle 5 zeigt eine Übersicht dieser Sanierungsmaßnahmen.

**Tabelle 5: Definierte Sanierungsmaßnahmen für das österreichische Case Study**

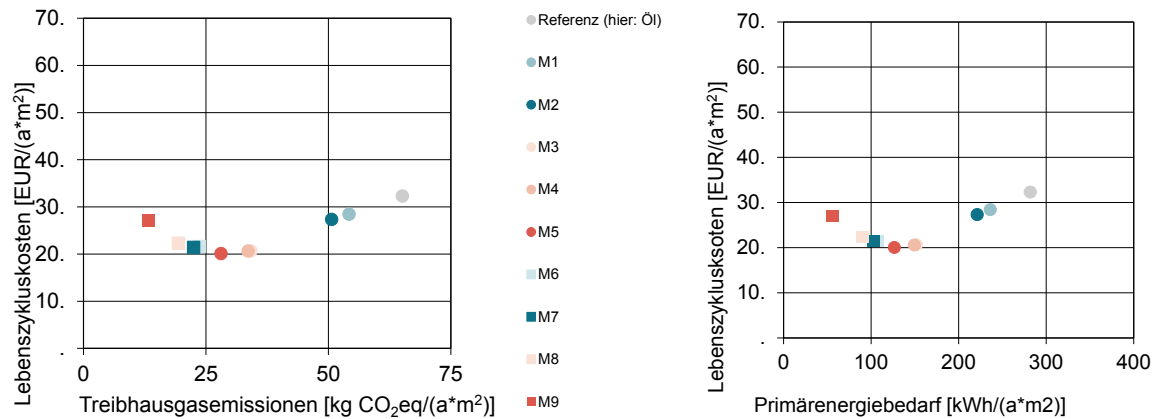
Sanierungspaket	Beschreibung
Ref	In der Referenzvariante werden Außenwände und Fenster neu gestrichen sowie das bestehende Satteldach ausgebessert. Diese Maßnahmen haben keine Reduktion des Energiebedarfs zur Folge.
M1	80 mm EPS Dämmung der Außenwand
M2	240 mm EPS Dämmung der Außenwand
M3	M2 + 200 mm EPS Dämmung der obersten Geschoßdecke
M4	M2 + 300 mm EPS Dämmung der obersten Geschoßdecke
M5	M4 + Solarthermie
M6	M5 + neue 2-fach verglaste Fenster ( $U_w$ 1,4 W/m <sup>2</sup> K)
M7	M5 + neue 3-fach verglaste Fenster ( $U_w$ 1,0 W/m <sup>2</sup> K)
M8	M7 + mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
M9	M8 + Photovoltaik

Um zusätzlich noch den Einfluss unterschiedlicher Energieträger (erneuerbar und nicht-erneuerbar) für Heizung und Brauchwarmwasserbereitung zu untersuchen, wurden die Maßnahmen M1 bis M9 ebenso mit unterschiedlichen Energieversorgungssystemen getestet. Diese waren:

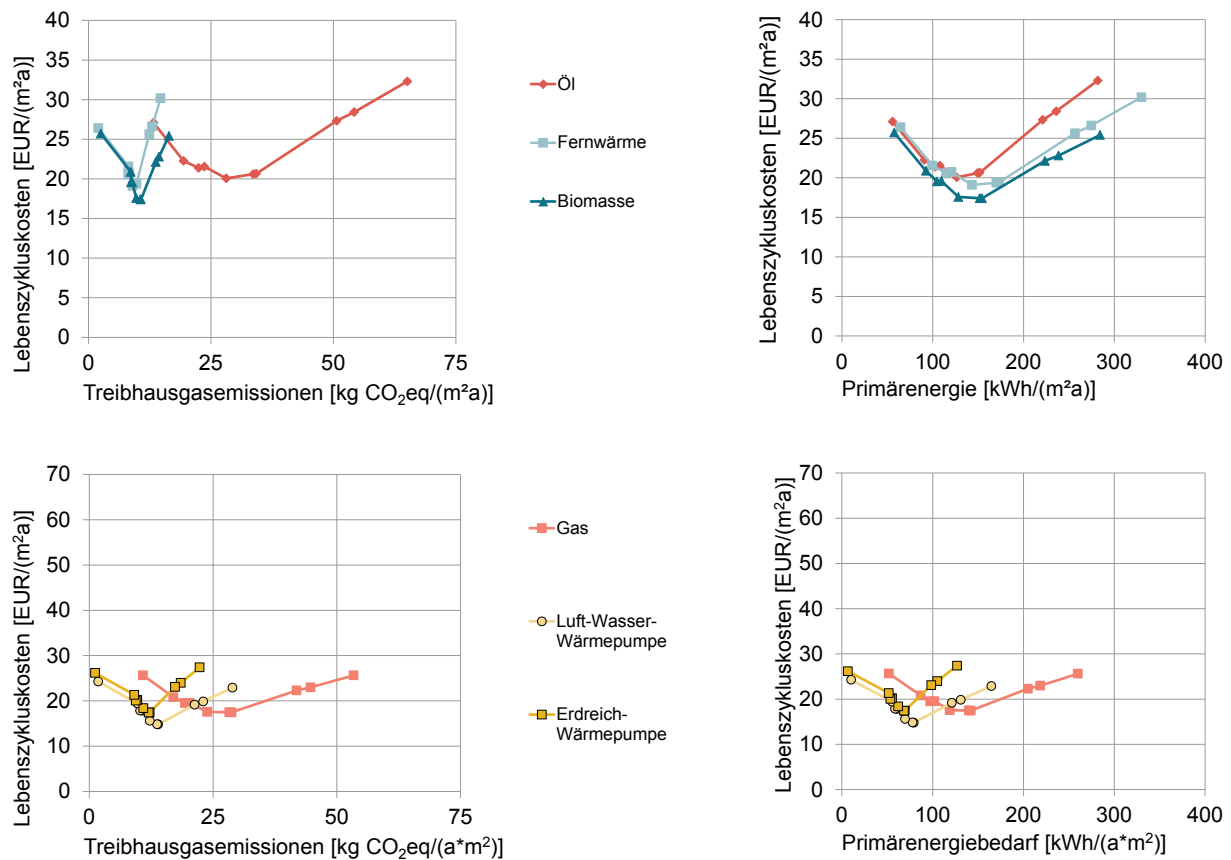
- Ölheizung (Referenz)
- Erdgas
- Fernwärme
- Pellets
- Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Erdreich-Wärmepumpe

Wie auch schon vorhin wurden für diese Sanierungsmaßnahmen M1 bis M9 die Lebenszykluskosten, die Treibhausgasemissionen und der Gesamt-Primärenergiebedarf berechnet. Als Auszug der

Berechnungsergebnisse sind in Abbildung 17 die Werte für die Ölheizung dargestellt. Abbildung 18 zeigt dann anschließend den Vergleich für alle untersuchten Energieträger. Jeder Punkt stellt dabei wiederum eine der Sanierungsmaßnahmen M1 bis M9 dar, wobei die höchsten Lebenszykluskosten, Treibhausgasemissionen und der höchste Gesamt-Primärenergiebedarf immer von der Referenzvariante erreicht wird.



**Abbildung 17: Vergleich der Lebenszykluskosten mit den Treibhausgasemissionen (links) und dem Gesamt-Primärenergiebedarf (rechts) der untersuchten Sanierungsmaßnahmen M1 bis M9 beim österreichischen Case Study (Quelle: IEA EBC Annex 56)**



**Abbildung 18: Vergleich der Lebenszykluskosten mit den Treibhausgasemissionen (links) und dem Gesamt-Primärenergiebedarf der untersuchten Sanierungsmaßnahmen M1 bis M9 für die verschiedenen Energieträger (Quelle: IEA EBC Annex 56)**

Wie in Kapitel 3.1 bzw. in Kapitel 3.1.3 beschrieben beinhaltet die Berechnungsmethodik zur Identifizierung kosteneffizienter Sanierungen neben den Berechnungen der Lebenszykluskosten, der Treibhausgasemissionen und des Gesamt-Primärenergiebedarfs auch die Analyse der sogenannten co-benefits. Zur Wiederholung, diese co-benefits stellen vereinfacht gesagt jenen zusätzlichen Nutzen einer Sanierung dar, der über Energie-, Treibhausgasemissions- und Primärenergieeinsparung hinausgeht. Solch ein Nutzen kann z.B. die Erhöhung der thermischen Behaglichkeit, die Verbesserung des Schallschutzes, die Erhöhung der Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern usw. sein.

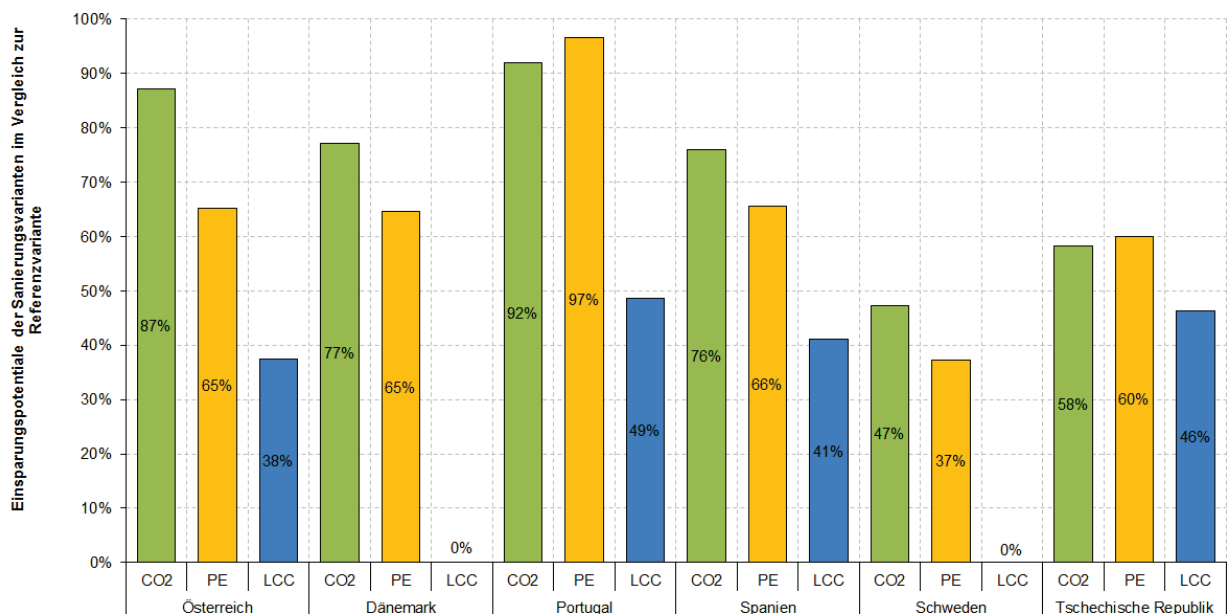
So wurden im Bericht zu den Case Studies (siehe Anhang 5) auch die co-benefits der einzelnen Case Studies erhoben und analysiert. Tabelle 6 zeigt das Ergebnis dieser Erhebung für das österreichische Case Study.

**Tabelle 6: Co-benefits einzelner Sanierungsmaßnahmen des österreichischen Case Study. Ein grüner Pfeil nach oben stellt einen positiven Effekt dar, ein roter Pfeil nach unten einen negativer Effekt. Je mehr Pfeile dargestellt sind, desto größer ist der Effekt. (Quelle: IEA EBC Annex 56)**

Gebäudeteil	Ref	M3 +Außenluft-WP	M3 + Erdreich-WP	M9 + Erdreich-WP
<b>Außenwand</b>	Instandhaltung	24 cm WD	24 cm WD	24 cm WD
<b>Dach</b>	Instandhaltung	20 cm WD	20 cm WD	30 cm WD
<b>Kellerdecke</b>	Instandhaltung	Instandhaltung	Instandhaltung	Instandhaltung
<b>Fenster</b>	Instandhaltung	Instandhaltung	Instandhaltung	Neue Fenster ( $U_w=1.0$ )
<b>Lüftung</b>	Natürlich	Natürlich	Natürlich	Mechanisch mit WRG
<b>Heizung</b>	Ölheizung	Außenluft-WP	Erdreich-WP	Erdreich-WP
<b>Brauchwarmwasser</b>	Ölheizung	Außenluft-WP	Erdreich-WP	Erdreich-WP
<b>Erneuerbare Energien</b>	Keine	Keine	Keine	Solarthermie + Photovoltaik
<b>Co-benefits</b>				
<b>Ästhetik</b>	▲	▲	▲	▲
<b>Stolz und Prestige</b>	▲	▲	▲	▲▲
<b>Thermische Behaglichkeit</b>		▲▲▲	▲▲▲	▲▲▲
<b>Bauphysik</b>		▲▲	▲▲	▲▲
<b>Interner Schallschutz</b>		▼	▼	▼
<b>Externer Schallschutz</b>				▲▲▲
<b>Energiepreisschwankungen</b>		▲▲	▲▲	▲▲▲
<b>Luftqualität</b>		▲	▲	▲▲▲
<b>Einfache Installation</b>		▲▲	▲▼	▲▼
<b>Sicherheit</b>				▲▲



Zum Abschluss dieses Kapitels sei an dieser Stelle noch kurz ein Gesamtüberblick aller sechs untersuchten Case Studies präsentiert. Abbildung 19 zeigt die Einsparpotenziale aller untersuchten Sanierungsvarianten für die sechs Gebäude. Dargestellt sind dabei die relativen Einsparungen von Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>), Primärenergiebedarf (PE) und Lebenszykluskosten (LCC) bezogen auf die jeweilige Referenzvariante (SOWIESO-Sanierung). Bei den Einsparungen handelt es sich jeweils um die maximal möglichen Einsparungen. Im Fall des Dänischen und Schwedischen Case Study sind keine Lebenszykluskostenreduktionen möglich, da die Referenzvariante das jeweilige Kostenoptimum darstellt. Aus diesem Grund sind in Abbildung 19 für die Lebenszykluskosten 0% angegeben.



**Abbildung 19: Relative Einsparpotenziale von Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>), Gesamt-Primärenergiebedarf (PE) und Lebenszykluskosten (LCC) aller untersuchten Sanierungsmaßnahmen der sechs Case Studies (Quelle: AEE INTEC)**

Das Fazit der Untersuchungen der sechs Gebäude lautet demnach, dass enorme Einsparpotenziale vorhanden sind. So können die Treibhausgasemissionen und der Primärenergiebedarf bis zu über 90% reduziert werden. Auch Reduktionen der Lebenszykluskosten von bis zu 50% sind möglich. Für Österreich konnten im Vergleich zur Referenzvariante Einsparungen von 87% der Treibhausgasemissionen, 65% des Primärenergiebedarfs und 38% der Lebenszykluskosten durch die verschiedenen Sanierungsmaßnahmen erreicht werden. Das zeigt eindeutig, dass hohe Einsparungen der Treibhausgasemissionen und des Primärenergiebedarfs möglich sind und entsprechende Sanierungsmaßnahmen auch kosteneffizient sind.

Weitere Analysen der sechs untersuchten Sanierungsprojekte finden sich im Bericht zu den Case Studies in Anhang 5. Anhang 6 enthält die Ausarbeitung des Case Study „Kapfenberg“. Dabei wurden auf kompakten 16 Seiten die wichtigsten Informationen zum Gebäude und zu den Untersuchungsergebnissen dargestellt.

### 3.4 Ableitung von Handlungsempfehlungen

Um zukünftig nachhaltige und kosteneffiziente Gebäudesanierungen zu realisieren sollten GebäudeeigentümerInnen und EntscheidungsträgerInnen bestimmte Aspekte zu Beginn des Sanierungsprozesses berücksichtigen. Dazu wurden im Projekt Handlungsempfehlungen formuliert, die auf den Schlussfolgerungen der Projektergebnisse aufbauen.

#### *...hinsichtlich der Sanierungsstrategie*

- Immer wenn die Gebäudehülle oder die Haustechnik saniert werden müssen, um die technische Funktionalität weiter gewährleisten zu können, ist dies eine gute Gelegenheit gleichzeitig auch die Energieeffizienz zu verbessern, da die zusätzlichen Kosten leicht über die Energieeinsparung abgedeckt werden können.
- Der Mehrwert einer Gebäudesanierung resultiert aus den Einsparungen von Treibhausgasemissionen, Energiebedarf und Kosten sowie aus weiteren Vorteilen, wie z.B. Verbesserung der Lebensqualität und des Wohlbefindens der BewohnerInnen (thermischer Komfort, Luftqualität, Schallschutz, Sicherheit,...)
- Eine gute Ausgangsbasis für umfassende Sanierungen mit oder ohne thermisch-energetischen Sanierungsmaßnahmen und/oder dem Einsatz erneuerbarer Energieträger vor Ort ist die gute Zusammenarbeit zwischen allen Projektbeteiligten, inklusive den BewohnerInnen. Diese Gemeinschaftsarbeit ist vorteilhaft für den gesamten Sanierungsprozess und dessen Ergebnis. Die Zusammenarbeit sollte dabei über den gesamten Sanierungsprozess laufen und darüber hinaus auch in der Zeit der Inbetriebnahme und zu Beginn des laufenden Betriebs.

#### *...hinsichtlich der Maßnahmen an der Gebäudehülle*

- Um die Maßnahmen an der Gebäudehülle zu optimieren, nicht nur hinsichtlich des Energiebedarfs und der Treibhausgasemissionen, sondern auch zur Maximierung des Mehrwerts des Gebäudes (durch Reduktion der Lebenszykluskosten, Verbesserung der Gebäudequalität und des Wohlbefindens der NutzerInnen), ist es vorteilhaft die Energieeffizienz mehrerer Bauteile zu verbessern, als sich ausschließlich (und kostenintensiv) auf einen Bauteil zu konzentrieren.

#### *...hinsichtlich der Maßnahmen am haustechnischen System, einschließlich Einsatz erneuerbarer Energieträger*

- Wenn ein konventionelles Heizungssystem ersetzt werden muss, ist der Wechsel zu erneuerbaren Energieträgern in vielen Fällen nicht nur ökologisch ratsam sondern auch wirtschaftlich interessant.
- Der Tausch des Heizungssystems ist gleichzeitig auch eine exzellente Möglichkeit um Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle durchzuführen, da je energieeffizienter das Gebäude ist, desto kleiner kann das Heizungssystem dimensioniert werden.

#### *...für (finanzielle) Anreize*

- Diese sollten die Kombination der Maßnahmen an der Gebäudehülle mit dem Tausch des Heizungssystems fördern, um sicherzustellen, dass Energie- und Treibhausgasemissions-einsparungen möglichst effizient erreicht werden.

## **4 Vernetzung und Ergebnistransfer**

### **4.1 Darstellung der österreichischen Zielgruppe, für die die Projektergebnisse relevant sind**

Im Projekt wurden drei Zielgruppen definiert, für die die Projektinformationen und -ergebnisse zielgerichtet aufbereitet wurden. Diese drei Zielgruppen sind (1) PolitikerInnen, (2) EntscheidungsträgerInnen wie professionelle GebäudeeigentümerInnen und InvestorInnen sowie (3) MultiplikatorenInnen wie ArchitektInnen, PlanerInnen und die Bauindustrie.

Die Ergebnisse aus dem Projekt, im konkreten Fall die Definition der geeignetsten Sanierungsstrategien, sowie Maßnahmen und Anreize zur Umsetzung effizienter Sanierungen sollen PolitikerInnen dienen und diese in weiterer Folge in Gesetzen, Rahmenbedingungen und z.B. in Fördermaßnahmen zu finden sein.

EntscheidungsträgerInnen bekommen durch die Projektergebnisse eine konkretere Hilfestellung für bessere Entscheidungen und zur Auswahl jener Sanierung, die den Bedürfnissen am besten entspricht. Zukünftige Sanierungen sollen von den Ergebnissen, welche im Rahmen des IEA EBC Annex 56 generiert wurden, profitieren.

Den MultiplikatorenInnen wird durch die Projektergebnisse technische Unterstützung gegeben. Die ArchitektInnen, PlanerInnen und VertreterInnen der Bauindustrie sollen diese in ihrer täglichen Arbeit und bei der Gebäudesanierung nutzen.

### **4.2 Wie wurden die relevanten Stakeholder in das Projekt eingebunden?**

Die relevanten Stakeholder wurden im Projekt unterschiedlich eingebunden. So wurden z.B. vier sogenannte Industry Workshops organisiert, welche das Ziel hatten das Publikum über die wesentlichen Aufgaben und Inhalte des IEA EBC Annex 56 zu informieren und mit den Fachleuten gleichzeitig auch darüber zu diskutieren und zukünftige Forschungsschwerpunkte abzuleiten. In diesen Industry Workshops wurde auch auf die Wichtigkeit einer kosteneffizienten Sanierungsstrategie hingewiesen sowie die Ergebnisse aus den Untersuchungen der Shining Examples, der Case Studies und der generischen Berechnungen präsentiert. Die Industry Workshops waren dabei an alle Zielgruppen gerichtet.

In Österreich fand der Industry Workshop am 25. September 2013 in Graz statt. Der Workshop wurde im Rahmen der internationalen SB13 Konferenz und der ökosan'13 Konferenz abgehalten. Insgesamt nahmen rund 60 ExpertInnen aus 21 Ländern teil.

Die Einbindung der Stakeholder erfolgte des Weiteren über die Verteilung von Newsletter. So wurden zum einen die offiziellen IEA EBC Annex 56 Newsletter (siehe Anhang 7) verteilt, als auch spezifisch österreichische ExpertInnen per E-Mail-Aussendungen über den Projektfortschritt und -ergebnisse informiert.

Eine weitere wesentliche Einbindung der Stakeholder erfolgte durch Vortrags- und Publikationstätigkeiten. Folgende Tabelle 7 zeigt eine Übersicht über die gehaltenen Präsentationen und Vorträge. Die dabei entstandenen und veröffentlichten Tagungsbände (conference proceedings) sind Anhang 8 beigefügt.

**Tabelle 7: Präsentationen und Vorträge von AEE INTEC im Rahmen des IEA EBC Annex 56**

Datum	Veranstaltung	VeranstalterIn	Vortragstitel	Ort	Vortragende/r
29.11.2012	Strategieforum und Exkursion „Sommerkomfort und hochwertige Sanierung - ein Widerspruch?“	AEE INTEC, EU-Regionalmanagement Oststeiermark, Das Land Steiermark	Energie- und Emissionsreduktion durch kostenoptimierte Sanierungen	Franziskanerkloster, Graz	DI Dr. Julia Maydl
21.03.2013	Workshop „Wege zum Nullenergiegebäude in Neubau und Sanierung“ - Ergebnisse aus Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA)	AEE INTEC	Neue Bewertungsansätze in der Gebäudesanierung	Hotel Böhlerstern, Kapfenberg	DI Dr. Julia Maydl
25.06.2013	YRSB13 - iiSBE Forum of Young Researchers in Sustainable Building 2013	Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague	Influence of structural design on the sustainability assessment of building constructions	Technische Universität Prag, Tschechische Republik	DI Dr. Julia Maydl
25.09.2013	Internationaler Workshop „Sind energie- und kosteneffiziente Sanierungen in der Praxis umsetzbar?“	AEE INTEC, TU Graz	Realisation of high quality refurbishment - Case Studies	Technische Universität Graz	DI Dr. Julia Maydl
09.07.2014	9th International Masonry Conference	University of Minho and the International Masonry Society	Cost effective energy and carbon emission optimization of buildings renovation shown in an Austrian case study	Guimaraes, Portugal	DI David Venus
29.04.2015	Highlights der Energieforschung 2015: „Kann eine Effizienz-revolution gelingen?“	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie	Kosteneffiziente Optimierung bei der Gebäudesanierung, IEA EBC Annex 56	Dachsaal VHS Urania, Wien	DI Dr. Karl Höfler, DI David Venus
15.06.2015	6th International Conference on Building Physics for a Sustainable Built Environment	International Association of Building Physics (IABP)	Detailed Case Studies - a closer look at cost effective energy and carbon emission optimization in Europe	Politecnico di Torino, Turin	DI David Venus
19.06.2015	Internationale Konferenz für hochwertige Sanierung und Nachverdichtung mit Holzbausystemen (ökosan '15)	AEE INTEC	Kosteneffiziente energetische Optimierung bei der Gebäudesanierung – IEA EBC Annex 56	Messecongress, Graz	DI David Venus

Datum	Veranstaltung	VeranstalterIn	Vortragstitel	Ort	Vortragende/r
17.09.2015	International Workshop on „How to achieve the best performance in the renovation of existing buildings with minimal effort?“	University of Minho – Civil Engineering Department, ADENE – Portuguese Energy Agency	Main results from Annex 56 analysis of real case studies and generic buildings from the residential building stock of Annex 56 participating countries	Convento Corpus Christi, Vila Nova de Gaia, Portugal	DI David Venus, Roman Bolliger, MSc (econcept AG, Schweiz)
29.10.2015	IEA Vernetzungstreffen „Aktuelle Entwicklungen“	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie	Welche ökologischen Sanierungsmaßnahmen sind im Altbau kosteneffizient? - EBC Annex 56	Modul, Wien	DI David Venus
26.11.2015	Internationaler Kongress e-nova 2015 zu Nachhaltige Gebäude	Fachhochschule Burgenland	Primärenergie- und Treibhausgas-emissionsreduzierung in der Gebäudesanierung	Fachhochschul-Studienzentrum Pinkafeld	DI David Venus

Darüber hinaus wurden zwei Zeitungsartikel für die Fachzeitschrift „erneuerbare energie“ (Auflage: 7.000 Stück) verfasst. In der Ausgabe EE 2012-2 erfolgte einer Projektvorstellung, in der Ausgabe EE 2015-4 wurden erste Zwischenergebnisse aus dem Subtask C präsentiert. Beide Artikel können auf der Website [http://www.aee.at/aee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14&Itemid=113](http://www.aee.at/aee/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=113) nachgelesen werden.

### 4.3 Beschreibung der Relevanz und des Nutzens der Projektergebnisse

Die im IEA EBC Annex 56 erarbeiteten Ergebnisse und Berichte stellen die Grundlage für weitere Forschungsaktivitäten dar, können aber gleichzeitig auch direkt in der (Bau-)Praxis berücksichtigt und umgesetzt werden.

Als wichtigste Publikation des IEA EBC Annex 56 sind die beiden „Sanierungsbroschüren“ („Renovation Guidebooks“) zu nennen, welche abgestimmt auf die jeweiligen Bedürfnisse der Zielgruppen, die Ergebnisse in kompakter Form präsentieren.

Inhalte dieser Sanierungsratgeber sind unter anderem:

- Informationen zu unterschiedlichen Sanierungsmaßnahmen und deren Auswirkungen auf Treibhausgasemissionen und Energieeinsparungen
- Analyse zu den Auswirkungen einer energie- und emissionsoptimierten Sanierung auf Sanierungskosten und Co-Benefits
- Hinweise zur Anwendung der im IEA EBC Annex 56 entwickelten Berechnungsmethodik

Die entwickelte Berechnungsmethodik stellt die Basis für die Ermittlung von kosteneffizienten Sanierung dar und kann zusammen mit dem weiterentwickelten Tool „ASCOT - software to assist on cost assessment of renovation packages“ von den Plannerinnen, Eigentümerinnen und Behörden verwendet werden um für konkrete Sanierungsprojekte das Kostenoptimum als auch die kosteneffizienten Sanierungsmaßnahmen, unter Berücksichtigung von Lebenszykluskosten und Lebenszyklusanalyse, zu bestimmen.

Ebenso können (professionelle) Gebäudeeigentümer direkt auf die Ergebnisse der Analysen der co-benefits zugreifen, welche wichtige Inputs für die Entscheidungsfindung liefern und wichtige Kriterien im Entscheidungsprozess darstellen (können).

Durch das Aufzeigen und Präsentieren, sowie Durchführung von Exkursionen mit internationalen Publikum einiger innovativer Sanierungen (im Rahmen der Forschungslinie Haus der Zukunft Plus) in Österreich und die Abbildung dieser Projekte in den Broschüren (Case Studies und Shining Examples) wurde die Führungsrolle Österreichs in diesem Themenbereich aufgezeigt.

Die Shining Examples und Case Studies stellen in weitere Folge wichtige Positivbeispiele für Sanierungen von Wohn- und Nicht-Wohngebäuden dar, die als Motivation für zukünftige Entscheidungen dienen und deren Untersuchungen und Analysen auch hinsichtlich des Einflusses einzelner Sanierungsmaßnahmen auf die Lebenszykluskosten, Treibhausgasemissionen und Primärenergiebedarf wichtige Erkenntnisse brachten.

Darüber hinaus liefern die parametrischen Analysen aus den generischen Gebäuden und den Case Studies wichtige Erkenntnisse über die Sinnhaftigkeit und Potenziale einzelner Sanierungsmaßnahmen, welche direkt im Entscheidungsprozess von zukünftigen Sanierungsmaßnahmen Anwendung finden können.

Der Mehrwert und Nutzen dieser IEA-Beteiligung ist somit aus Sicht der Verfasser jedenfalls in hohem Maße für den Technologiebereich in Österreich gegeben.

## **5 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen**

### **5.1 Was sind die in dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse für das Projektteam?**

Die Abstimmung und Priorität der einzelnen Sanierungsmaßnahmen bezüglich thermischer Sanierung und/oder gebäudetechnischer Sanierung mit Umstieg auf erneuerbare Energieträger hinsichtlich Reduktion der Primärenergie und Treibhausgasemissionen wurde derzeit in Projekten in dieser Tiefe nicht behandelt. Diese Forschungsarbeit liefert einen wesentlichen Beitrag zur Bewusstseinsbildung und Erkenntnisse bezüglich kosteneffiziente Sanierungsmethoden und -maßnahmen.

Zusammengefasst lassen sich aus den gewonnenen Projektergebnissen Empfehlungen für zukünftige kosteneffiziente Sanierungen in Richtung „nearly zero-energy“ und „nearly zero-emissions“ ableiten:

- Ein Wechsel zu erneuerbaren Energieträgern reduziert die Treibhausgasemissionen deutlicher als Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle.
- Umgekehrt haben Maßnahmen an der Gebäudehülle einen größeren Einfluss auf den Primärenergiebedarf.
- Synergien können erreicht werden, wenn der Wechsel zu erneuerbaren Energieträgern mit Dämmmaßnahmen und einem Fenstertausch kombiniert wird.
- Maßnahmen an der Gebäudehülle in Kombination mit Maßnahmen zum Einsatz erneuerbarer Energieträger ändern die Kosteneffizienz der Sanierung nicht wesentlich.
- Es gilt individuell zu überprüfen, ob die Anzahl der sanierten Bauteile oder die Wärmedämmdicken (U-Werte) der einzelnen Bauteile für die Energieeffizienz des Gebäudes von größerer Bedeutung sind.
- Wenn das Sanierungsziel ein „net zero emissions“ Gebäude ist, so ist eine Kombination von Maßnahmen an der Gebäudehülle und der Wechsel auf erneuerbare Energieträger erforderlich.
- Kosteneffiziente Sanierungen sind immer gegeben, wenn das Bestandsgebäude einen schlechten thermischen und haustechnischen Zustand aufweist.
- Co-benefits sind monetär nicht bewertbar, stellen jedoch einen wesentlichen Zusatznutzen (für BewohnerInnen, EigentümerInnen, EntscheidungsträgerInnen) dar.

### **5.2 Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter?**

Die Projektergebnisse werden zukünftig in die weiteren Forschungsaktivitäten einfließen. Dies erfolgt sowohl in bereits laufenden Projekten, als auch in folgenden Forschungsprojektanträgen. Vor allem bei der Realisierung von weiteren Demonstrationsprojekten können die Ergebnisse des IEA EBC Annex 56 eine wichtige Rolle spielen. Die erarbeiteten Methoden und Ergebnisse dienen unsererseits als wichtiges Instrument für kosteneffiziente zukünftige Sanierungsstrategien und Entscheidungshilfe für EigentümerInnen und BauherrInnen.

### **5.3 Für welche anderen Zielgruppen sind die Projektergebnisse relevant und interessant und wer kann damit wie weiterarbeiten?**

Die persönliche Diskussion der Zwischen- und Endergebnisse mit den Zielgruppen wurde in mehreren Veranstaltungen (siehe Pkt. 4.2) während der Projektphase durchgeführt.

Der Erfolg der Veranstaltungen gab dem Verfasser Recht, die ökologisch motivierte Diskussion von Energieversorgungs- und Gebäudesanierungskonzepten wurde dabei von unterschiedlichen Zielgruppen geführt und als besonders wichtig erachtet.

Der direkte Kontakt bzw. die Informationen durch Workshops, Newsletter und Vorträge zu den Zielgruppen in ihren Netzwerken, wie Sanierungs-, Solarthermie-, Gebäudezertifizierungs- und Umweltbewertungsbranchen haben dazu beigetragen, die Projektergebnisse auch in Details weiterzugeben.

Prinzipiell sind die Ergebnisse für sämtliche Wohnbauträger und WohnbaueigentümerInnen interessant, da eine nachhaltige hochwertige Sanierung in der nächsten Zeit zum Standard werden sollte, jedoch die Kosteneffizienz dabei eine wesentliche Rolle bei der Umsetzung spielt. Die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse und Methoden bieten für diese Zielgruppe eine zukünftige wichtige Hilfestellung bei der Entscheidung, welche Maßnahmen zur höchsten Reduktion der Primärenergie und der Treibhausgasemissionen - unter Berücksichtigung der Investitions- und Betriebskosten - führen

--> kostenoptimierte Sanierungskonzepte können eingesetzt werden

Seitens der Behörden sollen zukünftige Fördermodelle auf nachhaltige und innovative Sanierungskonzepte abgestimmt werden. Dabei ist die richtige Balance zwischen thermischer Sanierung und Sanierung bzw. Modernisierung der Gebäudetechnik durch Einsatz von erneuerbaren Energieträgern mit einzubeziehen.

--> Fördermodelle können umstrukturiert und angepasst werden

Für ArchitektInnen und PlanerInnen können die Ergebnisse dazu beitragen, dass die "richtigen" Entscheidungen für Sanierungskonzepte schon im Anfangsstadium getroffen werden. Eine Optimierung der Sanierungsstrategie muss im Entwurf erfolgen. Eine diesbezügliche Information durch Broschüren und Guidelines konnte erarbeitet werden und sind erhältlich.

--> Guidelines und Broschüren dienen als Hilfestellung für eine kosteneffiziente Sanierung



## **5.4 Weiterführende nationale Forschungs- bzw. IEA-Kooperationsprojekte**

Im Zuge des letzten Projekttreffens in Porto wurden auch weiterführende Aktivitäten besprochen. Basierend auf den Ergebnissen und Erkenntnissen des IEA EBC Annex 56 wäre es denkbar die Aktivitäten in Richtung der Smart Cities Initiativen weiterzuführen. Eine Berechnungsmethodik für kosteneffiziente Sanierungen in einer Stadt oder einer Gemeinde könnte entwickelt werden, um Städten/Gemeinden ein Instrument zu bieten, mithilfe dessen sie für die einzelnen Gebäude aus ihrem Gebäudeportfolio die effizientesten Sanierungsmaßnahmen ermitteln können.

Als weiterer Schwerpunkt zukünftiger Forschungsaktivitäten wurde der Vergleich einer Fernwärmeversorgung mit dezentralen Heizungsversorgungssystemen und deren Einfluss auf die Kosteneffizienz von Sanierungsmaßnahmen identifiziert. Im IEA EBC Annex 56 konnte auf diese Fragestellung zu wenig eingegangen werden, die Analysen haben aber gezeigt, dass gerade im Bereich der Fernwärmeversorgung noch Fragen offen geblieben sind (z.B. Einfluss der saisonalen Variabilität von Primärenergie-/Treibhausgasemissions-Umrechnungsfaktoren auf die Ergebnisse über den Lebenszyklus). Die Initiierung eines neuen IEA Annex im Energy in Buildings and Communities (EBC) Programm ist geplant.

Innerhalb des Projektkonsortiums wurde des Weiteren diskutiert, welche Strategien und Maßnahmen notwendig wären, um die existierenden Barrieren für Sanierungen auf Niedrig(st)energie-Level oder Niedrig(st)emissions-Level zu überwinden. Teilweise wurde bereits im IEA EBC Annex 56 an diesen Fragestellungen gearbeitet, eine vollständige Bearbeitung und Beantwortung war auf Grund der Zielsetzung des IEA EBC Annex 56 und der zeitlichen Ressourcen nicht möglich.

## 6 Verzeichnisse

### 6.1 Literaturverzeichnis

- [1] STATISTIK AUSTRIA (Mikrozensus); Berechnungen/Schätzungen GBV, Mag. E. Bauer
- [2] IEE Project TABULA (2009 - 2012); "Typology Approach for Building Stock Energy Assessment"; <http://episcope.eu/iee-project/tabula/>
- [3] IEE Project EPISCOPE (2013 - 2016); "Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the Continuous Optimisation of Refurbishment Processes in European Housing Stocks"; <http://episcope.eu/iee-project/episcope/>

### 6.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl der großvolumigen Wohngebäude in Österreich (Quelle: Basisdaten von Tabula - Episcopo [2], [3], Aufbereitung durch AEE INTEC).....	8
Abbildung 2: Gesamter Heizwärmebedarf aller großvolumigen Wohngebäude pro Epoche (Quelle: Basisdaten von Tabula - Episcopo [2], [3], Aufbereitung durch AEE INTEC).....	9
Abbildung 3: Energiebedarfsreduktion vs. Einsatz erneuerbarer Energieträger (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	14
Abbildung 4: Schematische Darstellung der einzelnen Lebenszyklusphasen einer Gebäudesanierung (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	16
Abbildung 5: Schritt 1 - Definition und Berechnung der Referenzvariante (inkl. Investition, Betrieb und Instandhaltung) (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	19
Abbildung 6: Schritt 2 - Untersuchung unterschiedlicher energetischer Sanierungsmaßnahmen und Berechnung der Lebenszykluskosten, Treibhausgasemissionen und/oder Gesamt-Primärenergiebedarf der Sanierungsmaßnahmen (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	19
Abbildung 7: Schritt 3 - Identifikation des Kostenoptimums (Punkt auf der Kostenkurve mit den geringsten Lebenszykluskosten) (Quelle: IEA EBC Annex 56).....	20
Abbildung 8: Schritt 4 - Identifikation der kosteneffizienten Sanierungsmaßnahmen (Lebenszykluskosten der Sanierung sind kleiner gleich der Lebenszykluskosten des Referenzfalls) (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	20
Abbildung 9: Zusammenhang zwischen co-benefits (aus Sicht von GebäudeeigentümerInnen oder -nutzerInnen) und den jeweiligen Sanierungsmaßnahmen (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	23
Abbildung 10: Gegenüberstellung der Lebenszykluskosten mit den Treibhausgasemissionen (links) und dem Gesamt-Primärenergiebedarf (rechts) für die Referenzvariante und die Sanierungspakete M1 bis M9, bei einer Ölheizung (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	25
Abbildung 11: Vergleich der Sanierungspakete M1 bis M9 bei unterschiedlichen Heizungssystemen: Ölheizung (rot), Pellets (hellblau) und Erdreich-Wärmepumpe (dunkelblau) des österreichischen Referenzgebäudes (Mehrfamilienhaus) (Quelle: IEA EBC Annex 56).....	26
Abbildung 12: Shining Examples (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	28
Abbildung 13: „Hindernisse und Lösungen“ („Barriers and Solutions“) der 18 Shining Examples als Beispiel für die durchgeführten Analysen und Zusammenstellungen in der "Shining Examples" Broschüre (Quelle: IEA EBC Annex 56).....	29
Abbildung 14: Titelseiten der beiden österreichischen Shining Examples Bruck an der Mur (links) und Kapfenberg (rechts) (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	30

Abbildung 15: Als "Case Studies" untersuchte Gebäude vor und nach deren Sanierung, links oben: Österreich, links Mitte: Dänemark, links unten: Spanien, rechts oben: Tschechische Republik, rechts Mitte: Portugal und rechts unten: Schweden (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	32
Abbildung 16: Lebenszykluskosten im Vergleich mit den Treibhausgasemissionen (linke Grafik) und dem Gesamt-Primärenergiebedarf (rechte Grafik) des österreichischen Case Study (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	33
Abbildung 17: Vergleich der Lebenszykluskosten mit den Treibhausgasemissionen (links) und dem Gesamt-Primärenergiebedarf (rechts) der untersuchten Sanierungsmaßnahmen M1 bis M9 beim österreichischen Case Study (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	35
Abbildung 18: Vergleich der Lebenszykluskosten mit den Treibhausgasemissionen (links) und dem Gesamt-Primärenergiebedarf der untersuchten Sanierungsmaßnahmen M1 bis M9 für die verschiedenen Energieträger (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	35
Abbildung 19: Relative Einsparpotentiale von Treibhausgasemissionen (CO <sub>2</sub> ), Gesamt-Primärenergiebedarf (PE) und Lebenszykluskosten (LCC) aller untersuchten Sanierungsmaßnahmen der sechs Case Studies (Quelle: AEE INTEC) .....	37

### 6.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Typologie persönlicher co-benefits (aus Sicht von GebäudeeigentümerInnen oder -nutzerInnen) als Folge (energetischer) Sanierungsmaßnahmen (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	21
Tabelle 2: Beschreibung der unterschiedlichen Sanierungspakete M1 bis M9 und der Referenzvariante des österreichischen Mehrfamilienhauses .....	24
Tabelle 3: Identifizierte co-benefits ausgewählter Sanierungspakete des österreichischen Mehrfamilienhauses. Ein grüner Pfeil nach oben stellt einen positiven Effekt dar, ein roter Pfeil nach unten einen negativer Effekt. Je mehr Pfeile dargestellt sind, desto größer ist der Effekt. (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	27
Tabelle 4: Einige Kenndaten der im IEA EBC Annex 56 untersuchten Gebäude .....	32
Tabelle 5: Definierte Sanierungsmaßnahmen für das österreichische Case Study .....	34
Tabelle 6: Co-benefits einzelner Sanierungsmaßnahmen des österreichischen Case Study. Ein grüner Pfeil nach oben stellt einen positiven Effekt dar, ein roter Pfeil nach unten einen negativer Effekt. Je mehr Pfeile dargestellt sind, desto größer ist der Effekt. (Quelle: IEA EBC Annex 56) .....	36
Tabelle 7: Präsentationen und Vorträge von AEE INTEC im Rahmen des IEA EBC Annex 56 .....	40

### 6.4 Abkürzungsverzeichnis

BGF .....	Brutto-Grundfläche
CO <sub>2</sub> .....	Treibhausgasemissionen
EPS .....	Expandiertes Polystyrol
LCA .....	Lebenszyklusanalyse
LCC .....	Lebenszykluskosten
MW .....	Mineralwolle
PE .....	Gesamt-Primärenergiebedarf (erneuerbar + nicht-erneuerbar)
WD .....	Wärmedämmung
WP .....	Wärmepumpe
WRG .....	Wärmerückgewinnung

## ANHANG

- Anhang 1. Bericht zur IEA EBC Annex 56 Berechnungsmethodik
- Anhang 2. Bericht zu den „co-benefits“
- Anhang 3. Bericht zu den generischen Berechnungen
- Anhang 4. Broschüre “Shining Examples”
- Anhang 5. Bericht zu den “Case Studies”
- Anhang 6. „Case Study“ Kapfenberg
- Anhang 7. IEA EBC Annex 56 Newsletter
- Anhang 8. Conference Proceedings