

Neue Impulse für die hocheffiziente energetische Sanierung von Geschößwohnbauten und Quartieren

RENEWnow

M. Hommelberg, W. Nussmüller,
C. Urschler, F. Ochs, G. Dermentzis,
M. Magni, V. Engstler,
T. Roßkopf-Nachbaur, M. Ploss,
D. Jähnig, C. Fink, T. Weiss, A. Knotzer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

3/2023

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

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

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

Neue Impulse für die hocheffiziente energetische Sanierung von Geschoßwohnbauten und Quartieren

RENEWnow

Maarten Hommelberg MSc
Stroomversnelling/NL

Arch. DI Werner Nussmüller

DI (FH) Christoph Urschler
TBH Ingenieur GmbH

Dr. Ing. Fabian Ochs, Dr. Georgios Dermentzis, DI Mara Magni
Universität Innsbruck

Thomas Roßkopf-Nachbaur MSc, Arch. DI Martin Ploss, Verena Engstler
Energieinstitut Vorarlberg

DI Dagmar Jähnig, Ing. Christian Fink,
DI Dr. Tobias Weiss, DI Armin Knotzer
AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Gleisdorf und Innsbruck, Jänner 2022

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Stadt der Zukunft“ des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm „Haus der Zukunft“ auf und hat die Intention, Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung aller betroffener Bereiche wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen, sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMK publiziert und elektronisch über die Plattform www.NachhaltigWirtschaften.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.

DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	8
2	Abstract	10
3	Ausgangslage	12
	3.1. Status Quo und Problemstellung	12
	3.2. Ausgangssituation und Stand der Technik.....	14
	3.3. Zielsetzung des Projekts.....	19
4	Projekthalt	20
	4.1. Bearbeitung technischer Fragestellungen	20
	4.2. Bearbeitung nichttechnischer Fragestellungen	20
	4.3. Handlungsempfehlungen für konkrete nächste Schritte.....	21
5	Ergebnisse	22
	5.1. Barrieren und Hindernisse für hocheffiziente Gebäudesanierungen.....	22
	5.2. Forschungsbedarf im Bereich Sanierung	23
	5.2.1. Forschungsbedarf zu den Themen Gebäudehülle, neue Methoden, Vorfertigung ..	24
	5.2.2. Forschungsbedarf zu den Themen Energieerzeugung, -speicherung, -verteilung....	27
	5.2.3. Forschungsbedarf zu den Themen Digitalisierung und neue Geschäftsmodelle	31
	5.3. Geschäftsmodell „Energiesprung“	33
	5.4. Vorstellung der RENEWnow-Methode	36
	5.5. Gebäudetypologien und im Projekt untersuchte Beispielgebäude.....	39
	5.6. Bestandsanalyse und benötigte Informationen	44
	5.7. Definition von Haustechnikmodulen	45
	5.8. Eingriffs- und Kostenmatrix	50
	5.9. Energetische Bilanzierung und Dimensionierung von Haustechnikkonzepten	66
	5.9.1. Heizwärmebedarf und Heizlast Berechnung	66
	5.9.2. Energetische Bilanzierung	70
	5.10. Finanzierbarkeit von hocheffizienten Sanierungen	77
	5.11. Eckpfeiler für neue Dienstleistungsmodelle	87
	5.11.1. Ausgangspunkt Gebäudebestand und Sanierungsprozess.....	87
	5.11.2. Ausgangssituation Geschäftsmodelle und Dienstleistungen (nach [1]).....	88
	5.11.3. Ansätze für Geschäftsmodelle und Finanzierung von Sanierungen.....	89
6	Schlussfolgerungen	94
7	Ausblick und Empfehlungen	96
8	Verzeichnisse	100
9	Anhang	106
	9.1. Angaben für die Referenzgebäude A, C und D.....	106
	9.2. Berechnung der Heizlast für jeden Raum im Gebäude B.....	109

9.3. Eingriff- und Kostenmatrix – Ergänzungen Gebäudetechnikschemaschemata, Eingriffsmatrizen, spezifische Kosten Referenzgebäude A, Investitionskostenmatrizen, Wartungskostenmatrizen, Ausfallwahrscheinlichkeitsmatrizen.....	110
9.4. Wohnungsweise Heizwärmebedarf und -last, berechnet mit PHPP für die verschiedenen Sanierungstiefen für die Gebäude A, C und D.....	115
9.5. Energetische Bilanzierung – untersuchte Haustechniksysteme	117

1 Kurzfassung

a. Motivation und Forschungsfrage

Im Rahmen von Forschungsprojekten vergangener Jahre wurde die Anzahl der Geschoßwohnbauten aus den Baujahren 1960 bis 1980 und darin enthaltenen unsanierten Wohnungen abgeschätzt. Bei den Gebäuden aus dieser Epoche wurde das größte Potential für die thermische Sanierung ermittelt, da sie im Bestand einen sehr hohen Heizenergiebedarf aufweisen und gleichzeitig eine große Anzahl solcher Gebäude vorhanden ist. Anders als bei noch älteren Gebäuden liegt hier in den meisten Fällen kein Denkmalschutz vor, der die Sanierung zusätzlich erschweren würde. Die zentralen Ergebnisse dieser Abschätzung ergaben, dass rund 42.000 Geschoßwohnbauten mit rund 620.000 Wohnungen thermisch noch weitgehend unsaniert sind und somit für eine umfassende thermische Sanierung zur Verfügung stehen. Rund vierzig Prozent davon entfallen auf Gebäude mit Mietwohnungen. Da die Sanierungsrate in Österreich in den letzten Jahren deutlich unter 1% lag, haben sich diese Zahlen aus 2014 nicht grundlegend geändert. Die Frage ist wie die Sanierungsrate aber vor allem die Qualität der Sanierungen nachhaltig gesteigert werden können.

b. Ausgangssituation/Status Quo

Obwohl es bereits technische Lösungen für die Sanierung von Geschoßwohnbauten (bezogen auf Fenstertausch, Wärmedämmung mit Wärmedämmverbundsystemen) sowie für Heizkesseltausch bei zentralen Energieversorgungskonzepten gibt, stagniert die Sanierungsrate seit Jahren auf einem niedrigen Niveau. Damit können die ambitionierten Klimaschutzziele im Gebäudebereich nicht annähernd erreicht werden.

Die Gründe für die geringen Sanierungsaktivitäten sind mannigfaltig. Bei den aktuell üblichen Sanierungsprozessen, -techniken und -kosten bzw. den immer noch in Relation zu niedrigen Preisen für fossile Energieträger und elektrischen Strom, reichen die Rücklagen aus den monatlichen Betriebskostenabrechnungen für Hausverwaltungen nicht, weshalb umfassende Sanierungen nur schwer bzw. häufig mit einhergehenden erheblichen Erhöhungen von Mietkosten umsetzbar sind. Nachteilig und auch sowohl volks- als auch betriebswirtschaftlich falsch ist dabei, dass eine Bilanzierung sämtlicher Kosten nicht über den Lebenszyklus der Gebäude erfolgt.

c. Projekt-Inhalte und Zielsetzungen

Übergeordnetes Ziel des beantragten Sondierungsprojekt war es, die Grundlagen zu erarbeiten, die nötig sind, um die aktuelle jährliche Sanierungsrate um den Faktor 3 bis 5 zu heben. Darauf aufbauend würden dann gezielte nächste Schritte hin zu einer breiten Markteinführung gesetzt. Das Ziel ist durch eine gezielte, neuartige Kombination aus technischen (modulare und skalierbare Gebäudetechniksysteme, multifunktionale Gebäudekomponenten, Modulbauweise und Standardisierung, industrielle Vorfertigung) und nichttechnischen Maßnahmen ein neues Dienstleistungsmodell (One-Stop-Shop) für Hausverwaltungen und Eigentümergemeinschaften zu entwickeln und mit führenden AkteurlInnen aus der Branche zu sondieren. Das Dienstleistungsmodell adressiert dabei in umfassender und verantwortlicher Weise die Themen Gesamtorganisation, Vertragserrichtung, Planung, Finanzierung, Umsetzung, Betriebsführung, Verrechnung, Komfortverantwortung sowie auch das Risiko in Bezug auf Umsetzungsqualität und erzielter Einsparungen. Die Integration von erneuerbaren Energieträgern, sogenannte „Mieterstrommodelle“

auf Gebäude bzw. Quartiersebene sowie die Interaktion mit übergeordneten Energienetzwerken liefern dabei entscheidende Beiträge auf dem Weg zum Plusenergie-Quartier.

d. Methodische Vorgehensweise

Im Projekt wurde die Gesamtheit des Ablaufs von hocheffizienten Sanierungslösungen mit technischen als auch nichttechnischen Aspekten und Barrieren analysiert. Dabei wurden gezielt ExpertInnen aus der Branche sowie branchenferne AkteurInnen und Stakeholdern eingebunden. Darauf aufbauend wurden neue Dienstleistungsmodelle nach dem Prinzip eines „One-stop-shops“, die sowohl organisatorische, rechtliche, technische und wirtschaftliche Barrieren des aktuellen Sanierungsstandards überwinden, als auch den Nutzerkomfort sicherstellen, sowie auch dem Anspruch der Nachhaltigkeit Rechnung tragen, sondiert. Ein wichtiger Schritt lag dabei in der Definition und Sondierung eines einfach handzuhabenden Portfolios an möglichen technischen Sanierungsmodulen, zugeordnet nach Basisgebäudetypen bzw. der Art der Energieversorgung. Es wurden repräsentative Referenzbeispiele, KPI's und Methoden zur Beurteilung der Belastbarkeit und Eignung möglicher Dienstleistungsmodelle oder deren erfolgreichen Komponenten analysiert. Daraus Empfehlungen und eine Methodik zum Ablauf eines Sanierungsprozesses abgeleitet.

e. Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In diesem Sondierungsprojekt wurde ein neuer Ansatz bzw. eine neue Herangehensweise für die hocheffiziente Sanierung von Mehrfamilienhäusern in Österreich gemeinsam mit vielen Stakeholdern definiert und analysiert. Dieser ganzheitliche Ansatz bzw. die Methodik unterstützt Bauträger und deren technische Verantwortliche in der Entscheidung für zugeschnittene Sanierungsabläufe und technische Lösungen. Das Ergebnis ist eine Methodik zur Vorgangsweise und zum Ablauf von Sanierungsprozessen in Form eines „Pre-Design-Tools“ RENEWnow.

f. Ausblick

Die Methodik, Analysen und Tools aus dem Projekt haben das Potenzial, in anderen Projekten weiterentwickelt zu werden. Die Aktivitäten aus dem Projekt mobilisieren weiter den Sanierungsmarkt, vor allem die daraus entstandenen Forschungsprojekte PhaseOut und SüdSan, sowie das Innovationslabor RENOWAVE.AT, die alle mithelfen die Sanierungsrate zu heben. RENEWnow hat verschiedenste Entwicklungen wie konkrete Demonstrationsprojekte mit zugeordneten technischen Innovationen aber auch eine neue Methodik in der Sanierungsplanung angestoßen. Es ist nun klar wie mit Sanierungsmodellen wie Energiesprung umgegangen werden soll, dass Contractingmodelle weiter ausgebaut und weitere bundesweite Initiativen nötig sein werden.

2 Abstract

a. Motivation and research question

As part of recent research projects, the number of multi-story residential buildings, built between 1960 and 1980 and the unrenovated apartments they contained, was estimated. The buildings from this time have the greatest potential for thermal renovation, as they have a very high heating energy demand and at the same time there are large numbers of such buildings. In contrast to older buildings, in most cases there is no monument protection that would make renovation even more difficult. The main results of this assessment showed that around 42.000 multi-storey residential buildings with around 620.000 apartments are still largely unrefurbished and are therefore available for comprehensive thermal refurbishment. Around 40% of this is in buildings with rental apartments. Since the renovation rate in Austria has been well below 1% in recent years, these figures from 2014 have not changed fundamentally. The question is how the renovation rate, but also the quality of the renovation, can be sustainably increased.

b. Initial situation/status quo

Although there are already technical solutions for the renovation of multi-story residential buildings (related to window replacement, thermal insulation with composite systems) and for boiler replacement in central energy supplied concepts, the renovation rate has stagnated at a low level for years. This means that the ambitious climate protection goals in the building sector cannot be achieved.

The reasons for the low renovation activities are manifold. With the currently usual renovation processes, techniques and costs and the still relatively low prices for fossil fuels and electricity, the reserves from the monthly operating cost account for property management are not sufficient for comprehensive renovations, and lead to significant increases in rental costs. What is disadvantageous and wrong from an economic as well as an economic point of view is that all costs are not accounted for over the life cycle of the building.

c. Project contents and objectives

The overarching goal of the proposed exploratory project was to develop the basics that are necessary to increase the current annual renovation rate by a factor of 3 to 5. Based on this, targeted next steps would then be taken towards a broad market launch. The goal is to develop a new service (one-stop shop) for property management and owner associations through a targeted, innovative combination of technical (modular and scalable building technology systems, multifunctional building components, modular construction and standardization, industrial prefabrication) and non-technical measures and to explore all this with leading actors from the industry. The model comprehensively and responsibly addresses the issues of overall organisation, drafting of contracts, planning, financing, implementation, operational management, billing, responsibility for comfort as well as the risk in relation to the quality of implementation and the savings achieved. The integration of renewable energy sources, so-called "tenant electricity models" at building or district level, as well as the interaction with higher-level energy networks, make decisive contributions on the way to an energy-plus district.

d. Methodical procedure

In the project, the entire process of highly efficient renovation solutions was analyzed with technical as well as non-technical aspects and barriers. Experts from the industry as well as actors and

stakeholders from outside the industry were specifically involved. Based on this, new services were explored based on the "one-stop shop" principle, which overcomes the organizational, legal, technical and economic barriers of the current renovation standard, as well as ensuring user comfort and taking account the requirement of sustainability. An important step was the definition and exploration of an easy-to-use portfolio of possible technical renovation modules, assigned to basic building types or the type of energy supply. Representative reference examples, KPIs and methods for assessing the resilience and suitability of possible service models or their successful components were analyzed. From this, recommendations and a methodology for the course of a renovation process are derived.

e. Results and conclusions

In this exploratory project, a new approach for the highly efficient renovation of apartment buildings in Austria was defined and analyzed together with many stakeholders. This holistic approach and methodology supports property developers and their technical managers in deciding on tailored renovation processes and technical solutions. The result is a methodology for the procedure and the sequence of renovation processes in the form of a "pre-design tool" RENEWnow.

f. Outlook

The methodology, analyzes and tools from the project have the potential to be further developed in other projects. The activities from the project continue to mobilize the renovation market, especially the resulting research projects PhaseOut and SüdSan, as well as the innovation laboratory RENOWAVE.AT, all of which help to increase the renovation rate. RENEWnow has initiated a wide variety of developments such as concrete demonstration projects with associated technical innovations, but also a new methodology in renovation planning. It is now clear how refurbishment models such as Energiesprong are to be dealt with, that contracting models will be further developed and further federal initiatives will be necessary.

3 Ausgangslage

3.1. Status Quo und Problemstellung

Obwohl es bereits entwickelte technische Lösungen für die Sanierung von Geschoßwohnbauten gibt, bezogen auf Fenstertausch, Wärmedämmung mit Wärmedämmverbundsystemen, sowie für Heizkesseltausch bei zentralen Energieversorgungskonzepten, stagniert die Sanierungsrate seit Jahren auf einem niedrigen Niveau, deutlich unter 1% des Gebäudebestandes. Damit können die ambitionierten Klimaschutzziele im Gebäudebereich nicht annähernd erreicht werden. In diesem Kapitel sollen nachfolgend die konkreten Problemstellungen der aktuell vorhandenen Sanierungslösungen erörtert werden.

Einzelmaßnahmen statt integrierter Gesamtkonzepte

Standardsanierungsmaßnahmen beschränken sich häufig auf Einzelmaßnahmen, wie das Anbringen von Wärmedämmverbundsystemen und die Durchführung eines Fenstertausches. Die kombinierte und integrierte Behandlung von bau- und haustechnischen Maßnahmen sowie Elemente der industriellen Vorfertigung sind definitiv nicht üblich. Aus diesem Grund können viele Synergiepotenziale nicht genutzt werden, was einerseits die Ausschöpfung enormer Kostensenkungspotenziale und andererseits die Möglichkeit einer erheblichen Reduktion der für die BewohnerInnen belastungsintensiven Sanierungszeit verhindert.

Hohe Kosten und Belastungen für BewohnerInnen durch Sanierungsprozesse

Gleichzeitig sind die Arbeiten für heute übliche Umsetzungsprozesse bei Sanierungen sehr zeitintensiv, basieren auf größtenteils manueller Arbeit auf der Baustelle, erfordern dadurch monatelange Arbeiten inklusive Verwendung von Baugerüsten bzw. sogar zwischenzeitliche Aussiedelungen der Bewohner. Diese Aspekte führen einerseits zu hohen Kosten, die unter den aktuellen Rahmenbedingungen nur schwer wirtschaftlich darstellbar sind, und sind andererseits aus der Sicht von BewohnerInnen enorme Motivationsbremsen derartigen Sanierungsprozessen positiv gegenüber zu stehen.

Fehlende Dienstleistungen und Geschäftsmodelle bedeuten enorme organisatorische Aufwände für Hausverwaltungen mit gleichzeitig vielen Risiken

Hinzu kommt, dass umfassende Sanierungen für Bau- und Haustechnik von einer Vielzahl von beteiligten Gewerken durchgeführt werden und somit sowohl der Organisationsaufwand zu Entscheidungsfindung, Finanzierung und Förderung, Vergabe, Koordination der Gewerke, neue vertragliche Herausforderungen durch z.B. Mieterstrommodelle auf Basis von PV, Sicherstellung der Wohnungsauslastung nach erfolgter Sanierung, etc., als auch das Risiko für Hausverwaltungen in Bezug auf Sicherstellung der Umsetzungsqualität bzw. der Erreichung der prognostizierten Einsparungen somit sehr hoch ist. Hausverwaltungen sind hier aktuell nicht entsprechend aufgestellt und viele Schnittstellenverluste erhöhen die Kosten insgesamt. Aufgrund dieser vorherrschenden Rahmenbedingungen reduzieren Hausverwaltungen ihre Tätigkeiten häufig auf reine Instandhaltungsarbeiten bzw. auf die Durchführung von einzelnen Sanierungsmaßnahmen. Die Entwicklung neuer Sanierungsabläufe, neuer Dienstleistungen oder Geschäftsmodelle (z.B. ein „One-Stop-Shop“) stand bisher nicht im Fokus.

Standardisierte technische Lösungen fehlen

Die bisher in geringer Zahl durchgeführten hocheffiziente Sanierungen im Geschößwohnbau wurden zu 100% als Pilotprojekte umgesetzt, wobei die Ergebnisse und insbesondere die gewonnenen Erfahrungen besonders vielversprechend und wichtig waren. Trotzdem waren sowohl die organisatorischen Prozesse als auch die angewendeten technischen Lösungen Unikate, die erhebliches Optimierungspotenzial und somit erhebliches Kostenreduktionspotenzial besitzen. Die heute vorherrschenden Rahmenbedingungen haben nicht zu einer konsequenten Weiterführung bzw. Weiterentwicklung dieser an sich größtenteils vielversprechenden Entwicklungen geführt. Technische Lösungen fehlen insbesondere im Bereich multifunktionaler und hochintegrierter Bauteile wie u.a. bei haustechnikintegrierten Fassadenelementen sowie bei der Sanierung von Wohnungen, die raum- bzw. wohnungsweise mit Energie und Frischluft versorgt werden und eine zentrale Versorgungslösung nicht möglich ist.

Bestandsgebäude sind bei Themen wie Plus-Energie, Resilienz, Kühlung etc. häufig ausgeklammert

Wird aktuell über Plus-Energie-Gebäude bzw. Quartiere gesprochen, wird insbesondere der Neubau adressiert, der Gebäudebestand wird hier mehr oder weniger ausgeklammert. Um die angestrebten Klimaschutzziele zu erreichen, ist es aber unerlässlich auch diese Aspekte der Versorgung mit vor Ort erzeugten erneuerbaren Energien im Gebäudebestand verstärkt zu thematisieren und Beiträge einzufordern. Aufgrund der meist sehr kompakten Bauweise von Geschößwohnbauten und der damit verbundenen, eher geringen zur Energieversorgung mit dezentralen Solartechnologien geeigneten Oberflächen liegen bei aktuellem Gebäudestandard bzw. herkömmlichen Sanierungsmaßnahmen hier schwierige Rahmenbedingungen vor, entscheidende Beiträge zu leisten.

Werden hingegen hocheffiziente Gebäudesanierungen umgesetzt, liefern diese durch die erhebliche Reduktion des Energiebedarfs sogleich die Basis für häufig umsetzbare Plus-Energie-Quartiere. Darüber hinaus sind die Aspekte Energieversorgungssicherheit und resiliente Systeme im Bestand von Geschößwohnbauten aktuell noch nicht wirklich ein wichtiges Thema. Hocheffiziente Sanierungen, die auch diesen Aspekt mitberücksichtigen, ermöglichen einen großen Teil der benötigten Energie über die Gebäudehülle bereitzustellen bzw. im Quartier Überschüsse bzw. Bedarfe entsprechend auszugleichen. Das Thema der Temperaturkonditionierung bzw. Kühlung im Bestand von Geschößwohnbauten in den Sommermonaten wird aktuell zumeist noch vernachlässigt, muss aber insbesondere in diesem Kontext entsprechend mitbetrachtet werden.

Digitalisierung, Standardisierung und industrielle Fertigung fehlen

Digitalisierung und Standardisierung haben in hocheffizienten Sanierungsprozessen noch nicht Einzug gehalten, weshalb industrielle Fertigung praktisch kein Thema ist und die aktuellen Arbeiten in Sanierungsprozessen einerseits personalkostenintensiv vor Ort und andererseits mit hohem Fehlerpotenzial umgesetzt werden. Fragestellungen betreffend Modularisierbarkeit und Skalierbarkeit wurden entweder nicht gestellt oder nicht annähernd in ausreichender Form behandelt. Somit liegen enorme Kostenreduktionspotenziale brach.

Unzureichende und falsche Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Zur Anwendung kommende Wirtschaftlichkeitsrechnungen stellen zu tätige Investitionen und eingegrenzte Betrachtungszeiträume in den Vordergrund, wobei hingegen die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus' von Gebäuden sowie Wertsteigerungen von Immobilien üblicherweise

ausgeklammert werden. Dieser Aspekt führt nicht nur zu falschen betriebswirtschaftlichen Ergebnissen, sondern ist auch aus volkswirtschaftlicher Sicht nachteilig.

All diese Aspekte führten schlussendlich zur vorherrschenden Situation:

Bei den aktuell üblichen Sanierungsprozessen, -techniken und -kosten bzw. den über lange Zeit sehr geringen Preisen für fossile Energieträger und elektrischen Strom, reichen die aktuell vorhandenen Lösungsansätze nicht aus, um den Sanierungsmarkt im Geschoßwohnbau zu mobilisieren.

3.2. Ausgangssituation und Stand der Technik

Im Hinblick auf die Klimaschutzziele Österreichs und der EU ist eine energetische Sanierung von Wohngebäuden dringend erforderlich. Ein besonders großes Potential liegt hier in den Mehrfamilienhäusern, insbesondere bei den in den 1960er und 1970er Jahren errichteten.

Potenzial für umfassende Sanierungen

Im Rahmen des Projekts HVACviaFacade¹ wurde die Anzahl der Geschoßwohnbauten aus den Baujahren 1960 bis 1980 und darin enthaltenen unsanierten Wohnungen abgeschätzt (Datenbasis 2014). Bei den Gebäuden aus dieser Epoche wurde das größte Potential für die thermische Sanierung ermittelt, da sie einen (unsaniert) sehr hohen Heizenergiebedarf aufweisen und gleichzeitig eine große Anzahl solcher Gebäude vorhanden ist. Anders als bei noch älteren Gebäuden liegt hier in den meisten Fällen kein Denkmalschutz vor, der die Sanierung zusätzlich erschweren würde. Die zentralen Ergebnisse dieser Abschätzung ergaben, dass rund 42.000 Geschoßwohnbauten mit rund 620.000 Wohnungen thermisch noch weitgehend unsaniert sind und somit für eine umfassende thermische Sanierung zur Verfügung stehen. Rund vierzig Prozent davon entfallen auf Gebäude mit Mietwohnungen. Da die Sanierungsrate in Österreich in den Jahren seither deutlich unter 1% lag, haben sich diese Zahlen aus 2014 bis heute auch nicht grundlegend geändert.

Organisatorische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die Gründe für die geringen Sanierungsaktivitäten sind mannigfaltig. Ein wesentlicher Aspekt sind die seit vielen Jahren vorherrschenden geringen Energiepreise für fossile Energieträger und Strom, die bei herkömmlichen Sanierungsstandards keine für Investoren interessanten Renditen erlauben. Bei den aktuell üblichen Sanierungsprozessen und -kosten reichen die Rücklagen aus den monatlichen Betriebskostenabrechnungen für Hausverwaltungen nicht, weshalb umfassende Sanierungen nur schwer umsetzbar sind bzw. meistens nur mit einher gehenden erheblichen Erhöhungen von Mietkosten. Nachteilig und grundsätzlich falsch ist dabei, dass eine Bilanzierung sämtlicher Kosten nicht über den Lebenszyklus der Gebäude erfolgt.

Ein weiteres Hemmnis für die Umsetzung von umfassenden Sanierungslösungen durch Hausverwaltungen entsteht bei Eigentumswohnungen aufgrund verteilter Eigentümerstrukturen. Mehrheiten für umfassende Sanierungen sind deshalb schwer zu erreichen. Gleichzeitig sind die Arbeiten für übliche Umsetzungsprozesse bei Sanierungen sehr zeitintensiv, basieren auf größtenteils

¹HVACviaFacade, FFG, Titel: Vorgefertigte Fassadenelemente mit maximal integrierten HVAC-Komponenten und –Systeme zur Bestandssanierung. Laufzeit: 06/2014 - 05/2017

manueller Arbeit auf der Baustelle, erfordern dadurch monatelange Arbeiten inkl. Verwendung von Baugerüsten bzw. sogar zwischenzeitliche Aussiedelungen der Bewohner*innen.

Hinzu kommt, dass umfassende Sanierungen für Bau- und Haustechnik von einer Vielzahl von beteiligten Gewerken durchgeführt werden und somit sowohl der Organisationaufwand als auch das Risiko für Hausverwaltungen somit sehr hoch ist. Aufgrund dieser vorherrschenden Rahmenbedingungen reduzieren Hausverwaltungen ihre Tätigkeiten häufig auf reine Instandhaltungsarbeiten bzw. auf die Durchführung von einzelnen Sanierungsmaßnahmen.

Stand der Technik bei umfassenden Gebäudesanierungen

Übliche Elemente einer thermischen Gebäudesanierung sind der klassische Fenstertausch sowie die Dämmung der Außenwände auf Basis von Wärmedämmverbundsystemen. Neben dem Faktum, dass mit EPS ein erdölbasiertes Material verarbeitet wird, ist eine sortenreine Trennung des Wärmedämmmaterials vom tragenden Wandmaterial (Ziegel, Mantelbetonstein) aufgrund der Verklebung praktisch nicht bzw. nur sehr aufwändig durchführbar und somit aus ökologischer Sicht höchst bedenklich.

Eine kombinierte Umsetzung von bautechnischer Sanierung und Erneuerung der Gebäudetechnik ist nicht Standard. Wenn investiert wird, dann in der Regel in einzelne bautechnische Sanierungsmaßnahmen, die Gebäudetechnik, mit Ausnahme einer Erneuerung der Wärmeerzeugungsanlage bei zentraler Versorgung, bleibt häufig unberührt. Damit einhergehend bleibt enormes Potenzial ungenützt, um Synergien im Sanierungsablauf geltend zu machen (prozesstechnische Ansätze), abgestimmte Systemlösungen anbieten zu können (intelligente technologische Ansätze), kurze Bauzeiten mit deutlich höherer Umsetzungsqualität zu erreichen, wirtschaftliche Sanierungen über den Lebenszyklus des Gebäudes zu ermöglichen sowie auch verbesserten Nutzungskomfort für BewohnerInnen zu generieren. Prozesstechnische Anpassungen wie z.B. Maximierung der Vorfertigung, Erhöhung der Funktionalitäten einzelner Komponenten etc. existieren quasi als Unikate nur auf der Ebene von einzelnen Pilotprojekten.

Der Gebäudebestand besitzt enormes Potenzial für den Einsatz dezentraler erneuerbarer Energieträger, um in Verbindung mit umfassenden bautechnischen und haustechnischen Sanierungsmaßnahmen Plusenergiestandard auf Gebäudeebene als auch im Quartiersverbund zu erreichen – bei gleichzeitiger Bereitstellung von Energieflexibilitätsoptionen für übergeordnete Energienetzinfrastrukturen. Dieses grundsätzlich vorhandene Potenzial liegt im aktuellen Sanierungsstandard – mit Ausnahme einiger weniger Pilotdemonstrationsprojekten (z.B. Sanierung zum Plusenergiegeschoßwohnbau in Kapfenberg, Wohnbau Dieselweg-Graz) - gänzlich brach.

Wärmeversorgung in unsanierten Geschoßwohnbauten

Die Wärmeversorgung von unsanierten Geschoßwohnbauten in Österreich ist sehr unterschiedlich und hängt stark von regional üblichen Versorgungsstrategien zur Zeit der Gebäudeerrichtung bzw. der gebäudetechnischen Nachrüstung ab. Es gibt Gebäude mit zentralen Systemen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung basierend meist auf einem Gaskessel, Ölkessel oder Fernwärme. Weiters ist auch die Kombination aus zentraler Raumheizung und dezentraler Warmwasserbereitung (z.B. über Nachtstromspeicher oder Gasdurchlauferhitzer) in Bestandsgebäuden anzutreffen.

Darüber hinaus gibt es eine enorme Zahl von dezentral beheizten Wohnungen inkl. dezentraler Warmwasserbereitung basierend auf raumweise Einzelöfen (Öl, Gas, Elektrospeicheröfen, feste Brennstoffe) sowie Wohnungsöfen (wohnungswise Öl- und Gasöfen). Aufgrund der fehlenden Infrastruktur ist im Zuge einer Gebäudesanierung die Umstellung auf ein zentrales System i.d.R. sehr schwierig bis unmöglich. Weiters sind für die bei dezentraler Wärmeversorgung vorherrschenden Rahmenbedingungen aktuell praktisch keine angepassten Versorgungslösungen basierend auf erneuerbaren Energieträgern verfügbar. Um dieses Marktsegment zu erschließen, müssen also weiterführende Entwicklungen getätigt werden.

Dezentrale Sanierungslösungen für Gebäude mit dezentraler Wärmeversorgung

Obwohl die Umsetzung einer umfassenden Sanierung im Geschößwohnbau mit zentraler Wärmeversorgung und Elementen des Plus-Energiestandards komplex und anspruchsvoll ist, sind hier im Gegensatz zur dezentralen, wohnungsweisen Wärmeversorgung zumindest Gebäudetechnikkomponenten (zentrale auf erneuerbare Energien basierenden Heizungsanlagen, zentrale Wärmespeicher, Lüftungsanlagen, etc.) und Wärmeverteilsysteme verfügbar. Aspekte wie das reduzierte Platzangebot, der kleine Leistungsbedarf, keine vorhandene Rohrleitungsinfrastruktur, eine minimale Belastung der BewohnerInnen während des Sanierungsprozesses etc. erschweren den Prozess bei der wohnungsweisen Sanierung und Wärmeversorgung erheblich. Aus diesem Grund erfreuen sich aufgrund der einfachen Umsetzbarkeit insbesondere in diesen, leider zumeist unsanierten Wohnungen, reine Stromheizungen in Form von z.B. Infrarotpanelen hoher Beliebtheit.

Unterstützt wird diese Entwicklung, dass seit 2016 eine überwiegend elektrische Heizung nach OIB-Richtlinie 6 möglich ist. Das ist nicht zuletzt ein wesentlicher Aspekt für eine Zunahme an Anbietern für IR-Heizungen in den letzten Jahren. Elektrische Heizungen und Trinkwarmwasser-Boiler sind jedoch zum einen aus thermodynamischer Sicht und zum anderen aus ökologischen Gründen insbesondere im Winterhalbjahr, wo eine direkte Versorgung aus erneuerbaren Energieträgern nicht absehbar ist, für die Wärmeversorgung höchst nachteilig. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken und insbesondere auch die kombinierte Sanierung von Bautechnik und Gebäudetechnik voranzutreiben, wurde bereits in der Vergangenheit an angepassten Technologieentwicklungen gearbeitet.

Einen Ansatz bilden sogenannte Wärmepumpen-Kompaktgeräte, die eine Wärmerückgewinnung aus der Abluft und eine kleine Fortluftwärmepumpe für die Heizung und die Brauchwassererwärmung enthalten. Die kleineren Kompaktgeräte auf dem Markt, allesamt für Einfamilienhäuser entwickelt, haben eine Heizleistung in etwa zwischen 1,4 und 2 kW. Sowohl aufgrund der großen Luftmengen, 150 bis 350 m³/h sind für Standardwohnungen im Geschößwohnbau deutlich überdimensioniert, den Geräteleistungen sowie den Geräteabmessungen sind diese Produkte für kleine Wohnungen ungeeignet. Für die Warmwasserbereitung sind weiters sogenannte Boilerwärmepumpen verfügbar. Neben sehr geringer Effizienz benötigen sie wertvollen Platz in der Wohnung.

Angepasste Kleinst-Wärmepumpen, wie sie für die wohnungsweise Sanierung gebraucht werden, wurden bis jetzt hauptsächlich in Pilotanwendungen eingesetzt.

Intelligente technische Sanierungslösungen für die dezentrale Wärmeversorgung von Geschößwohnbauten

In einer Reihe von Vorprojekten, größtenteils unter Beteiligung der gegenständlichen Konsortialpartner wurden erste technisch intelligente Lösungen für eine dezentrale Sanierung von

Geschoßwohnbauten erarbeitet. Es wurden auch Funktionsmuster gebaut und im Labor getestet. Dabei standen die Kombination aus bautechnischer Sanierung und gebäudetechnischer Sicht im Vordergrund und mündeten in bauteilintegrierte Gebäudetechnik mit hohem Vorfertigungsgrad.

Im FFG-Projekt „SaLüH!“² wurden Lösungen für die Sanierung im Mehrfamilienhaus auf Basis dezentraler Fortluft-Wärmepumpen entwickelt, welche in eine hochwärmedämmte und vorgefertigte Vorhangfassade integriert werden können. Dabei wurde auf Erfahrungen des EU-Projekts iNSPiRe aufgebaut, innerhalb dessen verschiedene fassadenintegrierte Technologien für die Anwendung in der Sanierung entwickelt und getestet wurden³. Ebenfalls im Projekt „SaLüH!“ wurde eine Außenluft-Wärmepumpe für die Trinkwasserbereitung sowie ein fassadenintegrierter Warmwasserspeicher entwickelt und gebaut. Im IEA SHC Task 56⁴ wurden verschiedene fassadenintegrierte Konzepte auf internationaler Ebene wissenschaftlich verglichen. Im FFG-Projekt „HVACviaFacade“⁵ wurden verschiedene Konzepte zur Fassadenintegration von Technologien entwickelt. Auch ein Funktionsmuster einer fassadenintegrierten Wärmepumpe mit Wartungszugang über die Fensterlaibung wurde konzipiert und gebaut. Dazu gehörte auch die Betrachtung von ebenfalls gebäudeintegrierter Fotovoltaik. Im Projekt FiTNeS⁶ wird eine modulare Kleinstwärmepumpe für die wohnungsweise Sanierung mit fassadenintegrierter Außeneinheit entwickelt und getestet. In all diesen Projekten konnte aufgezeigt werden, dass intelligente und energieeffiziente Konzepte zur wohnungsweisen Sanierung Potential haben. Neben einigen technischen Detailfragen, die noch zu lösen sind, fehlen aber vor allem standardisierte und modulare Produkte, so dass diese Lösungen auch für eine breite Markteinführung geeignet sind.

Vorgefertigte Vorhangfassadenelemente

Vorgefertigte modulare Vorhangfassadensysteme stellen für die hocheffiziente Sanierung von großvolumigen Gebäuden – so auch Geschoßwohnbauten – eine zukunftssträchtige Technologie dar. Durch Vorfertigung kann die Montagezeit auf der Baustelle erheblich verkürzt, dadurch die Belastung der BewohnerInnen reduziert werden, die Umsetzungsqualität gesteigert und bei entsprechender Standardisierung durch industrielle Fertigung der Preis erheblich reduziert werden. Wenn außerdem Haustechnikkomponenten in die Fassade integriert werden, kann durch die Multifunktionalität wertvoller Platz in den Wohnungen gewonnen werden. Dieser Ansatz kann sowohl mit Vorhangfassaden in Holzbauweise, Metallbauweise als auch mit Wärmedämmsystemen als Tragkonstruktionen realisiert werden.

Die Eignung von vorgefertigten Vorhangfassadenelementen in Holzbauweise und integrierten Gebäudetechnikelementen für die energieeffiziente Sanierung von großvolumigen Geschoßwohnbauten wurde in Österreich und international (z.B. im Rahmen des EU-Projekts iNSPiRe durch die Firma Gump & Maier) bereits auf Ebene von einzelnen Demonstrationsprojekten

² SaLüH!, FFG, Titel: Sanierung von MFH mit kleinen Wohnungen – Kostengünstige technische Lösungsansätze für Lüftung, Heizung und Warmwasser. Laufzeit: 09/2015 - 08/2018

³ iNSPiRe European Commission 7th Framework Programme project. Proposal number: 314461; Title: Development of Systematic Packages for Deep Energy Renovation of Residential and Tertiary Buildings including Envelope and Systems; Duration: 01/10/2012 – 30/09/2016

⁴ IEA SHC Task 56, Title: Building Integrated Solar Envelope Systems for HVAC and Lighting, Duration 02/2016 – 01/2020

⁵ HVACviaFacade, FFG, Titel: Vorgefertigte Fassadenelemente mit maximal integrierten HVAC-Komponenten und –Systeme zur Bestandssanierung. Laufzeit: 06/2014 - 05/2017

⁶ FiTNeS, FFG, Titel: Fassadenintegrierte modulare Split-Wärmepumpe für Neubau und Sanierung, Laufzeit: 01/09/2018 bis 31/08/2021

nachgewiesen [1]. Dazu zählen Systeme zur integrierten Energieerzeugung mittels erneuerbarer Energie ebenso wie solche, die intelligente Lösungen für die Integration von Komponenten zum Heizen, Kühlen und Lüften, sowie der Wärme und Stromerzeugung anbieten. Gemeinsam haben diese Demonstratoren alle, dass es sich um nicht standardisierte Einzelfertigung, sogenannte Unikate handelte und somit die Kosten der integrierten Vorhangfassaden deutlich zu hoch waren, um ein breites Ausrollen der Technologie zu erreichen.

Dienstleistungspakete und Geschäftsmodelle

Die Umsetzung von umfassenden Sanierungen im Geschoßwohnbau obliegt aktuell Hausverwaltungen bzw. Eigentümergemeinschaften. Diese beauftragen im Falle einer umfassenden Gebäudesanierung eine Vielzahl von Gewerken für Planung und Umsetzung, sind für die Finanzierung verantwortlich und übernehmen zusätzlich noch das Risiko einer minderen Umsetzungsqualität bzw. Energieeinsparungen weit unterhalb der Prognose. Geringer finanzieller Spielraum und aktuell geringe Notwendigkeit bzw. Verantwortlichkeit (aus rechtlicher, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Perspektive) führten in der Vergangenheit zu keinen ausreichend angepassten und standardisierten Dienstleistungsangeboten und Geschäftsmodellen für umfassende Gebäudesanierungen. Auch Einspar- und Anlagencontracting kommt in der Sanierung von Geschoßwohnbauten nur selten zur Anwendung. Ein sogenanntes „Sorglos-Paket“ (One-Stop-Shop) für Hausverwaltungen und Eigentümergemeinschaften, das von Finanzierung, Planung, Umsetzung, Betriebsführung, Verrechnung, Komfortverantwortung, Risiko in Bezug auf Umsetzungsqualität und erzielter Einsparungen übernimmt, ist bisher nicht verfügbar.

Neben den nicht optimierten technologischen Prozessen (Kopplung Bautechnik und Haustechnik, multifunktionale Bauteile, Integration erneuerbarer Energie, Standardisierung, industrielle Vorfertigung etc.) ist das fehlende Dienstleistungspaket Hauptursache für Sanierungsraten in Österreich von derzeit unter 1% des Gebäudebestands.

Ein Anstieg des Energieverbrauchs für die Kühlung von Gebäuden ist aufgrund der Urbanisierung, der städtischen Verdichtung, des Klimawandels und nicht zuletzt aufgrund der zunehmenden Komfortansprüche zu erwarten. Hocheffiziente und ressourcenschonende Technologien sind daher auch im Bereich Klimatisierung notwendig, um eine Zunahme des Energiebedarfes für die Kühlung im Gebäudebestand zu verhindern.

In den Niederlanden befindet sich aktuell ein interessantes, gesamtheitliches Sanierungsmodell in Erprobung, das von der Organisation „Stroomversnelling“ umgesetzt wird, international ist das Modell unter dem Namen „Energiesprong“ geläufig. Es ist grundsätzlich als Komplettangebot für den Gebäudeeigentümer gedacht. Dabei wird das technische Konzept für die Sanierung (Gebäudehülle und Haustechnik) aus einer Hand angeboten mit der Projektabwicklung sowie der Finanzierung. Das Konzept beinhaltet unter anderem eine langjährige Qualitätsgarantie, eine einfache und schnelle Umsetzung durch einen hohen Grad an Vorfertigung und hat zum Ziel, dass die Kosten inklusive Betriebskosten für die Bewohner (Mieter oder Eigentümer) nach der Sanierung nicht steigen. Das Konzept ist auf den niederländischen Markt und die niederländischen Randbedingungen angepasst. Das Interesse an diesem Konzept ist international derzeit sehr groß (u.a. D, F, UK, NY State, Kanada). Erste Erfolge konnten dabei in den Niederlanden bei Reihenhäusern und im Einfamilienhaussektor erzielt werden, noch nicht jedoch im Geschoßwohnbau. Dieser Ansatz klingt auf den ersten Blick vielversprechend und könnte auch unter den Rahmenbedingungen im österreichischen Geschoßwohnbau interessant sein.

3.3. Zielsetzung des Projekts

Übergeordnetes Ziel war es, die Grundlagen zu erarbeiten, die nötig sind, um die aktuelle jährliche Sanierungsrate zu heben. Darauf aufbauend sollten dann gezielte nächste Schritte hin zu einer breiten Markteinführung gesetzt werden können.

Die Ziele waren folgende:

- Sondierung einer (oder mehrerer) möglicher innovativer Sanierungsdienstleistung(en) für Geschoßwohnbauten, basierend auf kombinierter Bearbeitung aktueller technischer und nichttechnischer Barrieren
- Definition von organisatorischen, technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Eckpfeilern, unter welchen eine neue Dienstleistung (oder mehrere) für hocheffiziente Sanierung nach dem Prinzip eines „One-Stop-Shops“ im Geschoßwohnbau in Österreich funktionieren könnte
- Identifikation und Einbindung von VertreterInnen aus unterschiedlichen Gewerken und Disziplinen bzw. auch aus aktuell branchenfremden AkteurInnen (Investorensektor, Pensionsfonds, etc.) für die Diskussion von potenziellen Dienstleistungs- und Geschäftsmodellen
- Bewertung von neuen Dienstleistungsmodellen anhand von repräsentativen, realen Fallbeispielen und anhand eines Portfolios an geeigneten Methoden sowie belastbaren KPIs
- Aussage über Modularisierbarkeit und Skalierbarkeit der Komponenten einer wohnungsweisen Energieversorgung unter Verwendung von erneuerbaren Energien und raumluftechnischen Anlagen sowie unter Berücksichtigung verschiedener Gebäudetypologien und Wohnungsgrundrisse.
- Definition eines technischen Modul-Portfolios für repräsentative Gebäudetypologien
- Aussage über Möglichkeiten im Bestand von Geschoßwohnbauten und Quartieren, durch hocheffiziente Sanierung Plusenergie-Standard zu erreichen bzw. die Rolle der Bestandsgebäude in Bezug auf Energiegenerierung vor Ort mit erneuerbaren Energieträgern sowie Interaktionen im Gebäudeverbund

Den Abschluss der Sondierung bilden **klare Handlungsempfehlungen** für die Umsetzung der Sondierungsergebnisse auf fundierter Grundlage. Diese nächsten Schritte sollten sein:

- Weiterentwicklung der neuen Dienstleistungsansätze (One-Stop-Shop) zu funktionierenden Geschäftsmodellen
- Durchführung von konkreten und unternehmensgetriebenen Produktentwicklungen (multifunktionale und hochintegrierte Bauteile, Modulbauweise, standardisierte und industrielle Vorfertigung)
- Demonstration an konkreten Geschoßwohnbauten und Weiterentwicklung aller Elemente entlang der Dienstleistungs-Prozesskette

4 Projektinhalt

Das Projekt wurde in drei größere methodische Abschnitte unterteilt, deren Abfolge sich bewährt hat. Zuerst wurden technische Fragestellungen für typische Gebäudetypologien aus den 1960er bis 1980er Jahre analysiert, parallel dazu nicht-technische Fragestellungen wie prozessrelevante und rechtlich-organisatorische untersucht und mit Stakeholdern abgeglichen. Zum Schluss wurden aus der Zusammenschau der technischen und nicht-technischen Analysen weiterer Handlungsbedarf und mögliche Sanierungsmodelle und Methodiken zur Unterstützung der Sanierungsvorbereitung und -Planung erarbeitet.

4.1. Bearbeitung technischer Fragestellungen

Es wurden mehrere Beispielgebäude als Case Studies zur Untersuchung der relevanten Gebäudetypologien ausgewählt, anhand derer modulare Haustechniksysteme definiert wurden. Kriterien hierfür waren beispielsweise die Größe und Anzahl der Wohnungen, der Sanierungsstandard, der Erschließungstyp am Standort, das Vorhandensein eines Fernwärmenetzes und ähnliches. Ziel sollte sein, standardisierte Lösungen mit einem hohen Grad an Vorfertigung, maximaler Modularität und Skalierbarkeit zu finden.

Der Fokus bei der Definition verschiedener Technikmodule wurde auf dezentrale Lösungen in den Wohnungen gelegt, mit möglichen Wärmepumpen- und Lüftungskombinationen je nach Sanierungsstandard. Diese Module sollten folgende Technikelemente enthalten:

- Lüftungskanäle
- Lüftungsgerät (raumweise oder wohnungsweise)
- Kompakter Trinkwarmwasserspeicher
- Duschwasserwärmerückgewinnung
- Luft-Wärmepumpe
- Split-WP-Außeneinheit
- Sole-Wasser-Wärmepumpe
- Kaskadenwärmepumpe (semizentral)
- PV Module, BIPV oder PVT Kollektoren bzw. BIPVT

Die vorgeschlagenen Paketlösungen wurden bezüglich Leistung für Heizung, Warmwasser und ggf. Kühlung und Gesamtenergiebilanz des jeweiligen Gebäudetyps analysiert. Bei dieser Analyse wurde die Integration der definierten Module in die Gebäudehülle detailliert betrachtet und Schnittstellen zum Bestandsgebäude definiert.

4.2. Bearbeitung nichttechnischer Fragestellungen

Aufbauend auf den bereits vorliegenden Analyseergebnissen aus Vorgängerprojekten wurden insbesondere in ExpertInnengesprächen mittels Interviews und Kleingruppen-Workshops die wesentlichen Barrieren in der hochwertigen Sanierung großvolumiger Wohngebäude konkretisiert. Dabei wurden Fragestellungen in Bezug auf Gesetze wie Mietrechts-, Wohnungseigentums-,

Wohnungsgemeinnützigkeits- und Heizkostenabrechnungsgesetz, ELWOG §16a Mieterstrommodell, Ausschreibungs- und Vergabegesetze, sowie entsprechende Normen und Richtlinien, auch Berechnungen über den Lebenszyklus von Gebäuden, behandelt. Die Ergebnisse wurden bewertet und deren Auswirkungen bzw. deren Hebelwirkung in etwa 20 Interviews und 3 Kleingruppenworkshops im Austausch mit verschiedensten Stakeholdern abgeschätzt.

In einem weiteren Schritt wurde das Sanierungs-Dienstleistungsmodell „Energiesprung“ mit Ursprung in den Niederlanden im Detail bezüglich Organisationsstruktur, Stakeholder-Einbindung, Inhalte der Dienstleistung, Schnittstellenregelungen, rechtliche Rahmenbedingungen und Kosten analysiert, und hinsichtlich der Übertragbarkeit des Modells auf den österreichischen Markt der hocheffizienten Sanierung im Geschoßwohnbau überprüft. In diesem Zusammenhang wurde auch hinterfragt, ob technische Ansätze in den Niederlanden kompatibel mit Systemansätzen der gefundenen technischen Lösungen in RENEWnow sind.

4.3. Handlungsempfehlungen für konkrete nächste Schritte

Konkret sollte erörtert werden, inwieweit vielversprechende technische Konzepte und identifizierte Lösungsansätze für nichttechnische Barrieren gut kombiniert werden können, sodass neue, begünstigende Ideen und Methoden geschaffen werden. Die Entwicklung von Eckpfeilern eines neuen Dienstleistungsmodells („One-Stop-Shop“) für hocheffiziente thermische Sanierung im Geschoßwohnbau sollte dabei im Fokus stehen.

Es sollte ein Maßnahmenportfolio zusammengefasst und anhand von repräsentativen Fallbeispielen erprobt werden. Folgende Aspekte sollten dabei behandelt werden:

- Technische Aspekte wie modulare Bauweisen, Skalierbarkeit, Standardisierung, industrielle Vorfertigung
- Rechtliche Aspekte wie Definition der Zuständigkeiten und Schnittstellen, vertragliche Rahmenbedingungen, Vertragsdauern, Gesetze, Normen und Richtlinien
- Aspekte der Ökonomie wie Finanzierungsform, potenzielle Investoren, Energiehandel durch Mieterstrommodelle, Lebenszyklusbilanzierung, erzielbare Renditen, Risikomanagement
- Aspekte des Energieverbrauchs und der Energieerzeugung wie Energieeinsparung, erneuerbare Energie, Beiträge zu Plus-Energie-Gebäuden bzw. Plus-Energie-Quartieren, LCA
- Aspekte der Gebäudebetriebsführung wie Zuständigkeiten, Energieverrechnung
- NutzerInnenaspekte wie Komfortkriterien, NutzerInnenflexibilität

Gespräche und Kleingruppenworkshops mit ExpertInnen aus der Branche lieferten auch hier wichtige Inputs. In einem interdisziplinären Stakeholder-Workshop und mit den ExpertInnenbeiträgen sollten die wesentlichen Eckpfeiler eines neuartigen Dienstleistungsmodells abgeleitet werden. Am Ende wurden die nächsten Schritte definiert, die essentiell für eine Überleitung in eine konkrete Markteinführung für Ideen sind. Einerseits betraf das auf technischer Ebene die Durchführung von notwendigen technologischen Entwicklungen und andererseits die Entwicklung konkreter Geschäftsmodelle. Beide Elemente sollten federführend von Unternehmen getragen werden, deren Identifikation Teil des Projektes waren.

5 Ergebnisse

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse des Sondierungsprojekts gegliedert nach zeitlicher Reihenfolge im Projekt vorgestellt und diskutiert. Die Kapitel stellen Ergebnisse von Analysen unterschiedlicher Themen zur Gebäudesanierung vor, die weiteren Projekten als Grundlage für weitere Aktivitäten dienen können.

5.1. Barrieren und Hindernisse für hocheffiziente Gebäudesanierungen

In diesem Kapitel ist zusammengefasst, was zu den Barrieren und im Projekt mit Stakeholdern erarbeitet wurde. Es ist eine Art erweiterte Analyse und Ergänzung des Status Quo aus Kapitel 3. Es wurde eine Befragung dazu gemacht, welche Normen und Richtlinien, oder welche Förderungen oder Rahmenbedingungen die Sanierung am meisten fördern oder behindern, die Ergebnisse der Befragung waren aber interessanterweise so widersprüchlich, dass keine neuen Schlüsse daraus gezogen werden konnten.

Barrieren und Sanierungshemmnisse

Am häufigsten werden folgende Sanierungshemmnisse genannt:

- Meistens Einzel-Sanierungen mit sehr langen Sanierungsprozessen (bis 10 Jahre)
- Fundierte Analysen sind notwendig – hat hohe Kosten zur Folge (siehe ‚Honorarordnung für Architekten‘)
- Kommunikative Person mit Engagement bzw. Projektsteuerung aus einer Hand fehlt
- Kompetente Baubehörde erster Instanz fehlt oft
- Kostengünstige serielle Lösungen fehlen
- CO₂- und Energiesteuern fehlen
- Ressource „Humanpower“ fehlt zunehmend
- Marktverzerrungen bestehen zu viele (Stichwort ‚politische‘ CO₂-Emissionsfaktoren)

Weitere Hemmnisse und Barrieren für Sanierungen sind im Folgenden zusammengefasst:

- Imageprobleme Sanierung - es gibt noch immer Vorurteile wie:
 - Die vorausberechneten Energieeinsparungen werden in der Praxis nicht erreicht
 - Entsorgung und Recycling von Dämmstoffen sind ungeklärt
 - Die energetische Renovierung verursacht Schimmel in Gebäuden
 - Die vorausberechneten Energieeinsparungen werden in der Praxis nicht erreicht
- Mangelndes Bewusstsein:
 - Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser sowie Haushaltsstrom sehr oft nicht bekannt

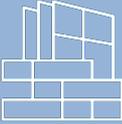
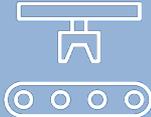
- Eigenes Gebäude wird selten als energetisch schlecht wahrgenommen
- Organisatorische Probleme:
 - Organisatorischer Aufwand zur Koordination der verschiedenen Gewerke bei umfassenden Renovierungen
 - Belästigung der BewohnerInnen bei Renovierung im bewohnten Zustand
- Rechtliche Probleme:
 - Entscheidungsprozesse in Eigentümergemeinschaften: Investitionsentscheidungen nur sehr schwer durchsetzbar, wenn Einstimmigkeit notwendig
 - Kommunale Bauverordnungen: Oftmals keine Spielräume für die nachträgliche Anbringung von Wärmedämmung bei Überschreitung der Abstandsflächen oder Trauf- und Firsthöhe
- Finanzielle Probleme:
 - Finanzierungsengpässe: hohe Immobilienpreise
 - Zu niedrige Rücklagen für Renovierungen
 - Kreditfinanzierung erforderlich
 - Lange Betrachtungszeiträume erforderlich
 - Vergleichsweise niedrige Energiekosten bei hohen Einkommen
 - Nutzer-Eigentümer-Dilemma (Eingesparte Energiekosten kommen NutzerInnen zugute, Eigentümer hat geringes Interesse an energiesparenden Investitionen)
- Mangelnde Kopplung an andere Renovierungsauslöser / Triggerpunkte:
 - Barrierefreiheit im Gebäude herstellen
 - Demoskopischer Wandel und resultierende Wohnbedürfnisse
 - Kopplung der Renovierung an einen Eigentümerwechsel
 - Nachverdichtungen und Aufstockungen

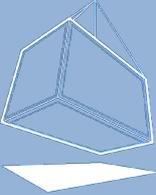
5.2. Forschungsbedarf im Bereich Sanierung

In einem Workshop mit Stakeholdern [4] wurde zu Beginn des Projekts gemeinsam mit dem BMK eine Analyse des Forschungsbedarfs gemacht – in diesem und 2 weiteren Kapiteln folgen die Ergebnisse dazu.

5.2.1. Forschungsbedarf zu den Themen Gebäudehülle, neue Methoden, Vorfertigung

Tabelle 1: Übersicht zum F&E Bedarf zu den Themen Gebäudehülle, neue Methoden, Vorfertigung

F&E Thema	Forschungsbedarf	Potential
 <p>Multifunktionale Hüllelemente</p>	<p>Multifunktionale Sanierungsfassaden für Energieerzeugung und -speicherung, Sonnen- und Blendschutz, Schall- und Wärmedämmung, Sichtschutz und Tageslichtnutzung sowie Lüftung. Gezielt kombinierter Einsatz von bau- und haustechnischen Sanierungsmaßnahmen mit Hinblick auf multifunktionale Gebäudebauteile und maximaler Erschließung von Synergien.</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Kostenreduktion + Reduktion der Bauzeit + Wertschöpfung + Mehrfachnutzung von Hüllfläche + Neues Geschäftsfeld für Unternehmen
 <p>Vorfertigung und Standardisierung</p>	<p>Standardisierung von Konstruktionen und Bauteilen deren Skalierbarkeit, Möglichkeit der Modulbauweise, unter Berücksichtigung der sortenreinen Recyclierbarkeit, etc. in Verbindung mit Möglichkeiten der industriellen Vorfertigung unter Berücksichtigung von neuen Elementen der Digitalisierung, Optimierung der Dauerhaftigkeit, Bauschadensfreiheit und der systemtechnischen Integration in das Gebäude und den Bauprozess.</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Beschleunigte Planungsprozesse, + Effizientere Zusammenarbeit + Höhere Bauqualität + Schnellerer, für die Nutzer störungsminimierter Bauablauf + Regionale Wertschöpfung + Neues Geschäftsfeld
 <p>Smarte Fenster und Verglasungen</p>	<p>„Schaltbarkeit“ von Sanierungselementen, wie Verglasungen und Entwicklung solaroptimierter Fenster</p> <ul style="list-style-type: none"> – Systeme mit variablem Energiedurchlassgrad – Systeme, welche durch Integration von Phasenwechselmaterialien in lichtdurchlässigen Elementen die Funktionen Wärme- 	<ul style="list-style-type: none"> + Verbesserte Tageslichtnutzung + Sonnenschutz + Reduktion Kühlbedarf + Wärme-/Kältespeicherung

F&E Thema	Forschungsbedarf	Potential
	<p>/Kältespeicherung und Tageslichtnutzung kombinieren</p> <p>– Intelligente Lüftungs- und Sonnenschutzsteuerung</p>	
 <p>Vorgefertigte Sanierungsfenster mit integrierter Technik</p>	<p>Der Bauablauf wird beim konventionellen Fenstertausch durch die vielen beteiligten Gewerke und eine Vielzahl von Schnittstellen an geometrisch und bauphysikalisch anspruchsvollen Stellen erschwert. Durch die Integration von Sonnenschutz und Gebäudetechnik zu einem vorgefertigten Bauteil, werden ein schnellerer, für die Nutzer störungsminimierter Bauablauf, niedrigere Kosten sowie eine höhere Bauqualität erreicht.</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Höhere Bauqualität + Störungsminimierter Bauablauf + Kostenreduktion + Reduktion der Bauzeit + Regionale Wertschöpfung + Mehrfachnutzung von Hüllfläche + Neues Geschäftsfeld für Unternehmen
 <p>Modulare Nachverdichtung</p>	<p>Ressourcenschonende Nachverdichtung von großvolumigen Mehrfamilienhäusern mit vorgefertigten Raumzellen in Holzbauweise und Erneuerbarer Energieversorgung (zB über HT Zellen am Dach)</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Nutzung vorhandener Flächen/ Infrastruktur + Wohnraumschaffung + Suffizienz
 <p>Dämmstoffentwicklung und Trennbarkeit</p>	<p>Entwicklung recycelbarer, trennbarer und optisch anspruchsvoller Dämmsysteme. Funktionelle Hochwärmehämmende Paneele mit geringerer Schichtdicke für innen und außen. Derzeit werden häufig ökologisch problematische Materialien – meist aus Kostengründen – in der thermischen Sanierung eingesetzt.</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Reduktion der Wartungs- und Lebenszykluskosten + Reduktion der grauen Energie bei der Herstellung

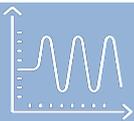
Themen, die aus den Gruppenarbeiten im Workshop zu Tabelle 1 ergänzt wurden:

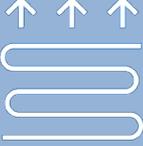
- Low-Tech Sanierungslösungen: Entwicklung und Erprobung neuer Low-Tech Gebäudetechnologien für Sanierungsvorhaben sind wichtiger Bestandteil der Modernisierungsbestrebungen einer Stadt der Zukunft.
- Um den steigenden Flächenverbrauch in den Griff zu bekommen, ist eine Berücksichtigung der Raumplanung notwendig. Einbindung von AkteurInnen in Projekte wird empfohlen.
- Multifunktionale Hüllenelemente sollten um den Aspekt „energieaktive“ erweitert werden bzw. Vorschlag, das Thema in „Energieaktive Hüllenelemente“ umzubenennen.
- Projekte zum Thema Hüllenelemente sollten weiters die Aspekte „erweiterbar, modular“ bzw. Nutzungsdauer berücksichtigen.
- LCA-Bewertung von Sanierungsmaßnahmen sollte ein größeres Gewicht bei der Relevanz von Sanierungen erhalten. In Projekten daher eine LCA-Bewertung angestellt werden. Auch die Kreislauffähigkeit von Sanierungslösungen sollte berücksichtigt werden.
- Die Regionalität der Baumaterialien und -maßnahmen sollte stärker Gewicht in Projekten erhalten. Eine wissenschaftliche Betrachtung der Liefer- und Wertschöpfungsketten ist angebracht.
- F&E-Thema „Dämmstoffentwicklung und Trennbarkeit“ vorschlagsweise umbenennen in „Baustoffentwicklung und Trennbarkeit“
- F&E-Thema „Modulare Nachverdichtung“ Frage warum NUR großvolumig? Ergänzung kleinvolumiger Bau wie z.B. Reihenhäuser wird vorgeschlagen.
- Ebenfalls wird eine Berücksichtigung der Gebäude-Nutzungsmixes im Zusammenhang mit der Energieflexibilität von Gebäuden empfohlen.
- Entwicklung von Sanierungstechnologien und -lösungen, die dem baukulturellen Bestand Rechnung tragen, v.a. bei Gründerzeitgebäuden. Die Themen erwecken den Eindruck, hier vor allem auf Gebäude der 1950er-70er abzielen.
- Berücksichtigung des Themas „Hochleistungsprodukte“ wie z.B. Vakuumdämmstoffe oder Aerogel-Dämmputze.
- Unter dem Thema „Multifunktionale Hüllenelemente“ speziell die PV-Integration und Bauwerksbegrünung anführen.
- Berücksichtigung des Themas „NutzerInnen-orientierte Gebäudeplanung“, auch in Verbindung mit Themenkomplex „Digitalisierung und neue Geschäftsmodelle“. Einfluss der NutzerInnenverhaltens und dessen Einfluss auf die Gebäudeperformance sollte verstärkt untersucht werden.
- Gerade die Aspekte der Gebäudehülle haben Auswirkungen auf das Stadtklima (z.B. 5 Grad mehr oder weniger heiß), diese Aspekte sind heute schon bekannt und müssen heute und morgen mitintegriert werden. Nur die Gebäudehülle an sich zu betrachten und nur bezogen

auf das Gebäude selbst ist Forschung von gestern. Das Gesamtkonzept ist breiter und weiter anzulegen.

5.2.2. Forschungsbedarf zu den Themen Energieerzeugung, -speicherung, -verteilung

Tabelle 2 Übersicht zum F&E Bedarf zu den Themen Energieerzeugung, -speicherung, -verteilung

F&E Thema	Forschungsbedarf	Potential
 <p>Niedrigexergie-Systeme</p>	<p>Verminderung der Temperaturniveaus der Versorgungstechnik. Alternative, energieeffizientere Wärmequellen für die zurzeit etablierten Luft-WP Systeme müssen identifiziert und kosteneffizient erschlossen werden können.</p>	<ul style="list-style-type: none"> + PE und CO₂ Einsparung + Reduktion der Betriebskosten + Thermischer Komfort
 <p>Plug and Play Haustechnik</p>	<p>Entwicklung von Schnittstellensystemen, und ein technisch einfaches und regelungstechnisches Ändern der Haustechnik erlauben (Plug-and-Run). Erprobte ganzheitliche standardisierte Sanierungs-Energiekonzepte für Gebäude mit aufeinander abgestimmten Komponenten als „out of the box“ Lösung.</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Kostenreduktion + Höhere Bauqualität + Optimierter Gebäudebetrieb + Reduktion der Planungszeit
 <p>Smarte Regelung für Bestandsgebäude</p>	<p>Digitalisierung der Haustechnik für leistungsfähigere Regelung und automatisierte Anpassung unter Berücksichtigung von Wetter, NutzerverInnenhalten/-wünschen. Intelligente Steuerung bestehender HKLS Systeme in der Sanierung für DSM.</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Thermischer Komfort + Erneuerbare Eigendeckung/Autonomie + Reduktion der Betriebskosten + Optimierter Betrieb
 <p>Speicherfähigkeit/ Energieflexibilität von Bestandsgebäuden</p>	<p>Lastmanagement und unter Ausnutzung lokaler Speicher eine hohe Kompatibilität zum zukünftigen Strom und Wärmenetzen aufweisen (Netzdienliche Gebäude). Verbesserte Lösungen zur Speicherung und Verteilung sowie zum Lastmanagement von Wärme mit dem Ziel der Erhöhung der Anteile erneuerbarer Energien bei</p>	<ul style="list-style-type: none"> + „Netzdienlichkeit“ + Erhöhung Erneuerbarer Energieversorgung + Optimierter Betrieb

F&E Thema	Forschungsbedarf	Potential
	der Bereitstellung von Raum- und Prozesswärme.	
Modulare, wartungs- und reparaturfreundliche Haustechnik-Installationen	Modulare Haustechnikinstallationen, die Ver- und Entsorgungsdienstleistungen wie Heizung, Lüftung, Wasser, Abwasser, Elektro und Daten. Dauerhafte, wartungsfreundliche flexible Verteilsystem, angepasst an unterschiedliche sich ändernde NutzerInnenanforderungen.	<ul style="list-style-type: none"> + Bauzeitverkürzung + Reduktion der Wartungskosten + Bauschadensvermeidung + Qualitätssicherung + Verkürzung der Bauzeit
 <p>„Out of the box“ Systemkonzepte für teilsanierte Gebäude</p>	Technologieportfolio und aufeinander abgestimmte Lösungen basiert auf dezentralen (Geschoßweise, Wohnungsweise, Raumweise) Energiesystemen (z.B. Multisource-Micro-Wärmepumpen), mit vereinfachter Installation, erhöhtem Nutzerkomfort, einfacher Skalier- und Übertragbarkeit auf eine große Anzahl verschiedener Gebäudesituationen.	<ul style="list-style-type: none"> + flexible Lösungen + Standardisierung + Reduktion der Planungszeit + Energieeffizienz
 <p>Bauteilaktivierung in der Sanierung</p>	Erschließung von Speicherpotentiale z.B. von Bauteilmassen in Bestandsgebäude als thermische Speicher und derer Flexibilitätspotentiale (Einfräsen von Leitungen in Speicherwirksame Massen, aktivierter Innenputz zu nachträglichen Bauteilaktivierung, Wandheizung, außenliegende Bauteilaktivierung).	<ul style="list-style-type: none"> + Erhöhung Erneuerbarer Energieversorgung + Optimierter Betrieb + Höherer Komfort durch Niedertemperatursysteme + Platzersparnis für Wärmeabgabesysteme
 <p>Gebäudeintegra-</p>	Intelligente systemische Integrationsansätze in des Gebäude- und Energiekonzept hoher Eigenversorgungsgrade durch lokal verfügbare erneuerbare Energien. Optimierung von Solartechnologien (Photovoltaik, Solarthermie, Hybridtechnologien) für den Einsatz in der Gebäudehülle hinsichtlich, Effizienz,	<ul style="list-style-type: none"> + Erneuerbare Eigendeckung + Optimierte Flächennutzung

F&E Thema	Forschungsbedarf	Potential
tion Erneuerbarer Energien	Konstruktion, Architektur, und rechtlichen Rahmenbedingungen.	+ Reduktion der Betriebskosten + Energieautonomie

Themen, die aus den Gruppenarbeiten im Workshop zu Tabelle 2 ergänzt wurden:

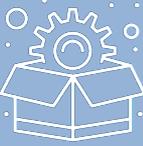
- Ausbildung: Es fehlt an Fachkräften v.a. Bauwirtschaft und Haustechnik, die Sanierungstechnologien umfassender beherrschen
- Revision der Gesetzgebung und Normen – ein „Aufräumen“ täte gut
- Warmwassererzeugung/-bereitung/-speicherung/-verteilung ist bereits ebenso wichtig in Bezug auf Energieforschungsbedarf wie Wärme mit oft ebenso hohen Verbrauchsanteilen
- Kühlung muss in Kombination mit Wärme immer schon mitgedacht werden
- Es braucht eine Wechselwirkungs- bzw. Abhängigkeitsanalyse zwischen verschiedenen auch oben angeführten Maßnahmenbündeln, um die gegenseitigen Beeinflussungseffekte genauer abschätzen und gegensteuern zu können
- Nötig wären Hilfestellungen für die Ausführenden/Umsetzenden zu aktuellen Erkenntnissen und technologischen Entwicklungen, auch vor Ort
- Dasselbe gilt für die Gebäude-spezifische individuelle Planung, die aus Zeitmangel und Kostenwettbewerb mit Neuerungen oft nicht mithält und Hilfestellungen benötigen würde
- Die Themenstellungen oben (v.a. smarte Regelung und Speicherfähigkeit/Flexibilität Bestandsgebäude) sollten nicht nur auf Einzelgebäude, sondern auch auf Quartiere/Nachbarschaftsgebäude und Siedlungen umgelegt werden, also lokal Netz- und Gebäude-übergreifend behandelt werden
- Die Energieeffizienz der eingesetzten Komponenten selbst sollten zum Beispiel bei Haustechnik, Steuerungen, Technologien wie Plug and Play mehr Beachtung finden
- Abwärme in der Nachbarschaft oder Abwasserrückgewinnung und ähnliche Energiequellen sollten ebenso beachtet und genutzt werden – in Verbindung mit Integration Erneuerbarer Energieträger
- Low-tech Systeme müssen ebenfalls untersucht werden v.a. bei Plug and Play bzw. wartungsarmer modularer reparaturfreundlicher Haustechnik und ähnlichem
- National wäre es fein, Forschungsschwerpunkte auf die Analyse von Gebäudesanierungen im breiten Feld d.h. auch abseits der Frontrunner und Demonstrationsgebäudeebene zu legen – wie funktionieren die Gebäude im Betrieb nach x Jahren, welche Probleme, welche tatsächlichen Wartungsaufwände etc.

- Potentiale von Erneuerbarer Energie sollte besser aufbereitet sein, damit vor Ort sofort klar ist, was an Nutzung dazu möglich wäre
- Planungsmethoden über Simulationen sollten besser abgesichert werden – liefern oft falsche Ergebnisse, die mit Betrieb nicht übereinstimmen – „Szenarienarbeit“ für die Qualitätssicherung muss möglich sein
- Eine Analyse der Reboundeffekte sollte zur Wechselwirkungsanalyse der einzelnen Themenfelder oben dazu gehören
- Es bräuchte mehr „Betrieb-Case-Studies“ mit Monitoring und Konsequenzen, die sich aus den Differenzen Planung und Betrieb ergeben
- Nationale Schwerpunkte der Energieforschung müssten sich daher noch viel mehr auf die Analyse sanierter bestehender Gebäude beziehen, nicht nur von „Frontruntern“ sondern auch als „breite Feldforschung“ mit einer „Fehlertypologie“, die daraus abzuleiten wäre (Peter Holzer im Konsens mit allen in der Gruppe), Untersuchungsgegenstand könnten auch die von Amann angesprochenen 0,9 % privat in Angriff genommenen Sanierungen sein, über deren Qualität kaum Wissen besteht
- International wird es eher nicht die Analyse von Umsetzungen, sondern hochwertiger Planungen sein, wo Österreich traditionell stark ist - die sollten in internationale Projekte einfließen
- Die „klimaaktiv gebaut“ Datenbank mit um die 1000 Gebäuden sollte für Analysen „angezapft“ werden und eine „Unsicherheitsbetrachtung“ angestellt werden
- Die Reaktion von Gebäuden auf das herrschende „Wechselklima“ (schnelle Wechsel zwischen den Jahreszeit-Wetterereignissen) – „transiente Betrachtung“ wäre interessant
- Politisch verlässliche Rahmenbedingungen schaffen ist ein Überziel auch für die Forschung – Stichwort kein verdichtetes Gasnetz mehr
- Vernetzung zwischen den EU-Staaten könnte noch viel besser sein, um voneinander zu lernen – da passiert zu wenig und es gibt keine „Sichtbarkeit“ zu ähnlichen Problemstellungen. Wäre gut, eine „EU-Übersicht“ zu bekommen
- IEA-Kooperation ist da eines der positiv zu erwähnenden Programme, die den Austausch fördern

5.2.3. Forschungsbedarf zu den Themen Digitalisierung und neue Geschäftsmodelle

Tabelle 3: Übersicht zum F&E-Bedarf zu den Themen Digitalisierung und neue Geschäftsmodelle

F&E Thema	Forschungsbedarf	Potential
 <p>Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen</p>	<p>Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen und regulatorischen Rahmenbedingungen. Derzeit fehlen Gesamtunternehmen, welche für die BauherrIn lediglich eine(n) AnsprechpartnerIn für Planung, Sanierung und Betrieb bieten. Nur durch Generalunternehmen können zukünftig kostengünstige umfassende und ökologische Sanierungskonzepte umgesetzt werden. Anbieter sollen Gesamtpaket (Sanierung, Betrieb, Energieversorgung, Finanzierung aus einer Hand) anbieten.</p>	<p>+ Reduktion organisatorischer, rechtlicher, technischer und wirtschaftlicher Barrieren</p> <p>+ Kostensicherheit</p> <p>+ Beschleunigte Planungsprozesse,</p> <p>+ Effizientere Zusammenarbeit</p>
 <p>BIM und digitale Zwillinge in der Sanierung</p>	<p>Einsatz von BIM- Lösungen in der Sanierung in der Sanierung als integraler Sanierungsprozess, vom digitalen Aufmaß bis zur gewerkübergreifenden Realisierung und Betrieb</p> <ul style="list-style-type: none"> – Digitale Laservermessung von Bestandgebäuden – Entwicklung von BIM (Building Information Modeling) basierten Planungs-, Vorfertigungs-Baustellen- und Betriebsprozessen – Entwicklung von automatisierten Inbetriebnahme- Betriebs- und selbstlernenden Fehlererkennungs-methoden für gebäudetechnische Systeme. 	<p>+ Effizienzsteigerung im Umsetzungsprozess</p> <p>+ Zeit und Kostenreduktion in der Planung</p> <p>+ Qualitätssicherung</p> <p>+ Planungssicherheit</p> <p>+Optimierte Betriebsführung</p> <p>+ Betriebskostensicherheit</p> <p>+ Verringerter Aufwand bei Dokumentation und Messdatenerhebung</p>
 <p>Neue Beteiligungsmodelle</p>	<p>Entwicklung von Methoden zur aktiven Beteiligung der NutzerInnen und aller anderen relevanten Akteure bei der Zielsetzung, Planung und Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen und Beteiligungsmodellen wie „Citizen Energy Communities“ einschließlich Erfolgskontrolle</p>	<p>+ NutzerInnen-zufriedenheit</p> <p>+ Qualitätssicherung</p> <p>+ Komfort</p>

F&E Thema	Forschungsbedarf	Potential
 <p>Qualitäts-sicherungs-Methoden und Monitoring-konzepte</p>	<p>Durch die fortschreitende Digitalisierung und Verfügbarkeit von kostengünstigen und gleichzeitig qualitativ hochwertigen Daten von Gebäuden und Nutzer können Entwicklung von Anwendungen und Dienstleistungen zur Erhöhung der Energieeffizienz von Gebäuden vorangetrieben werden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Qualitätssicherung + Optimierte Betriebsführung + Komfort + Bauschadens-vermeidung
 <p>Verbreitung/ Know- How Transfer</p>	<p>Kow-How transfer über die Anwendbarkeit der F&E Ergebnisse, nötigen Voraussetzungen an die Gebäude sowie an die gebäudetechnischen Komponenten und Potenziale in Bezug auf hocheffiziente Sanierungsprozesse</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Qualitätssicherung + Effizienzsteigerung + Fehlervermeidung + Bauschadens-vermeidung
 <p>One Stop Shop Sanierung</p>	<p>Dienstleistungs- bzw. Geschäftsmodellinnovationen nach dem Prinzip eines „one-stop-shops“ und Sanierungs-contracting-Modelle. Diese sollen dabei in umfassender und verantwortlicher Weise die Themen Gesamtorganisation, Vertragserrichtung, Planung, Finanzierung, Umsetzung, Betriebsführung, Verrechnung, Komfortverantwortung, Nutzerflexibilität sowie auch das Risiko in Bezug auf Umsetzungsqualität und erzielter Einsparungen adressieren.</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Reduktion organisatorischer, rechtlicher, technischer und wirtschaftlicher Barrieren
 <p>Ganzheitliche Konzepte für "Schrittweise Sanierung"</p>	<p>Konzepte für eine schrittweise Sanierung für Einzelmaßnahmen– diese müssen technisch und in einem zeitlichen Rahmen aufeinander abgestimmt sein (z.B. Thermische Sanierungen der Gebäudehülle müssen mit dem Wärmeerzeugungs- und -abgabesystem abgestimmt sein). Dabei sind Konzepte zu entwickeln die unterschiedlichen Nutzungen, Belegungszeiten und Zonierungen zu berücksichtigen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Zeitliche Verteilung der Investitionskosten + Fehlervermeidung + Bauschadens-vermeidung

Themen, die aus den Gruppenarbeiten im Workshop zu Tabelle 3 ergänzt wurden:

- F&E Themen und Geschäftsmodelle brauchen eine klare Adressierung der jeweiligen Gebäudetypologie und des Kundensegments.
- Kostenreduktion von innovativen Sanierungstechnologien ist ein Schlüsselthema.
- Digitale Zwillinge auch in der Sanierung, von der integralen Planung, zur Ausschreibung bis zum Betrieb.
- Fokussierung auf Gesamtbetrachtung und nicht „Einzelsysteme“.
- Begleitenden Kommunikation und Motivation, Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen/ Begleitmaßnahmen.
- Es braucht einheitliche „Software Tools“ und „Energie bzw. Kostenbenchmarks“ mit mehr Interoperabilität für die Sanierung.
- Es sollte abgeschätzt werden wie viele zusätzliche HandwerkerInnen es braucht bei einer Sanierungsrate von 3% - Fokus auf Ausbildung und Lehre.
- Geschäftsmodelle in der Sanierung auf die Quartiersebene ausweiten.
- „Low-Tech“ in der Sanierung ist ein wichtiges Thema.

5.3. Geschäftsmodell „Energiesprong“

Stroomversnelling ist die Organisation in den Niederlanden, die das Gebäudesanierungs-Dienstleistungsmodell „Energiesprong“ entwickelt hat und weiter betreibt. Die Energiesprong Foundation mit Sitz ebenfalls in den Niederlanden ist derzeit v.a. in Deutschland, Frankreich Norditalien und Großbritannien aktiv und versucht die Idee der Sanierung mit Vorfertigung international weiter zu verbreiten. Stroomversnelling nennt folgende vier wichtige Schritte in der Entwicklung der seriellen Sanierung in den Niederlanden bisher:

1. Brauchbare Zahlen zur Sanierung generieren, d.h. Markterhebungen - welche Gebäudetypen haben welche Sanierungsanforderung (nach Region, Energiesystem, Konstruktion, etc.) und sind bisher wie umfassend oder nur teilweise saniert worden.
2. Darauf kann ein „Deal“ basieren: Beginnend bei den „low hanging fruits“ der Gebäudetypologie, in den Niederlanden waren das etwa 11.000 Reihenhäuser, werden konkrete Ziele für Gebäude-/Energie-Standard und Preis mit Firmen und Bauträgern vereinbart. Im Falle der Niederlande waren das 6 gemeinnützige Wohnbauträger und 4 Industrieunternehmen. Kann zu Beginn mehr kosten, später dann durch Vorfertigung und Menge pendelt sich der zu Beginn fokussierte Preis ein.
3. Im dritten Schritt werden viel Wissen und Erfahrungen gesammelt. Das kann nun mit anderen Unternehmen und Kommunen geteilt werden – das ist der Startpunkt für Stroomversnelling: Gründung einer Plattform, die Wissen um die Sanierung vernetzt und den Austausch fördert.

Konkret wurden „development tables“ initiiert, zum Beispiel zum Thema Monitoring – verschiedene interessierte Parteien können daran teilnehmen und arbeiten gemeinsam an Lösungen. Wichtig im Schritt 3 war zum Beispiel die Definition eines „zero energy dwellings“ in einem der „tables“ gemeinsam mit den Unternehmen und Bauträgern. Dazu braucht es wiederum eine „Zukunftsvereinbarung“ mit Zielen der Regierung, was 2030 im Gebäudebestand Standard sein soll – zum Beispiel ‚völlig dekarbonisiert‘, ‚net zero energy (NZE)‘ oder nur ‚Niedrigenergie‘ etc. Damit dieses Ziel dann auch erreicht werden kann, gibt es neben den klaren Standards (NZE) auch Energy Performance Contracts mit den Unternehmen.

4. Nach all den Marktbearbeitungsaktivitäten kommt sozusagen der Markt zu Stroomversnelling. Zum Beispiel gab es Industrieunternehmen, die die Industrialisierung vorantreiben wollten und wegen Beratung anfragten; das gleiche mit Gemeinden, die ihren Bestand dekarbonisieren wollten. Aber die Konzepte dazu wurden nicht besonders innovativ umgesetzt – es braucht immer noch neue Produkte: Eine speziell gefertigte, fix und fertige Fassaden- und Dachsanierung um einen bestimmten Preis bei einer bestimmten Gebäudetypologie.

Die Beiträge, die die Mitglieder der Organisation von Stroomversnelling zahlen, sind je nach Bedarf und Beteiligung gestaffelt:

- Kleine Unternehmen zahlen EURO 5.000,- pro Jahr
- Mittlere Unternehmen EURO 10.000 bis 15.000,- pro Jahr (z.B. kleinere Wohnbauträger)
- Größere Bauträger und Industrieunternehmen zahlen EURO 25.000 bis 30.000 pro Jahr
- Städte oder Kommunen zahlen meist EURO 5.000,- pro Jahr als Basisbetrag; wenn sie dann an einem bestimmten „development table“ teilnehmen wollen, oder ihn initiieren zahlen sie dann spezifisch mehr dazu, je nach Beteiligung

Spezifika und Voraussetzungen des Modells in den Niederlanden

Im Gründungsministerium für Wohnungsbau und Innovation wurde ein breit angelegter Fonds zum Start der Energiewende für 5 Jahre eingerichtet, es wurden etwa 45 Mio. EURO dafür finanziert. Etwa für die Hälfte davon waren Direktunterstützung für 110.000 Renovierungen geplant, nicht nur für Haushalte im privaten und gemeinnützigen Bereich, sondern auch für Bürogebäude, im Laufe der Jahre durchzuführen. Die hohe Anschubfinanzierung diente dazu, Wohnungsbaugesellschaften und Industrie von der nötigen Investition zu überzeugen, und das Ambitionsniveau für energieneutrale Gebäude anzuheben – in Stufen von 45 %, 60 % und 80 % Energieeinsparung. Es sollten wiederholbare und skalierbare Beispiele gefördert werden.

Das Geld wurde für Gigajoule-Reduktionen der ausgewählten Gebäude verteilt – je höher die Reduktion, desto mehr Priorität wurde den Projekten eingeräumt. Die beteiligten Gemeinden waren im Team zur Vergabe der Subventionen, jedes Jahr wurde das Subventionsregime neu geplant. Die anderen 50% wurden in die Optimierung des Prozesses, die unterstützenden Tools, Bewusstseinsoffensiven und TV-Werbung investiert.

Bei der Analyse, wie der Renovierungsprozess beschleunigt werden kann, wurde auf die Ähnlichkeiten, nicht auf die Unterschiede der Gebäudetypen geachtet. Jedes Haus bekam 10.000 EURO für den

Abschluss eines Leistungsvertrages. Die Kosten für die Renovierung eines Reihenhauses betragen zuerst 150.000 EURO pro Gebäude, und reduzierten sich auf 65.000 EURO, nachdem die Anzahl der Renovierungen gestiegen war. Derzeit liegen sie wieder bei 100.000 EURO, weil die allgemeinen Baupreise sehr schnell gestiegen sind. Etwa 4 Unternehmen begannen ursprünglich Sanierungen zu diesen Kosten in den Niederlanden durchzuführen, seither setzten über 100 Unternehmen Nullenergiegebäude um. In Energiesprung wurde ein Preis von insgesamt etwa 240 EURO pro m² Fassade bis 2020 erreicht (inkl. Fenster, Putz etc.), bei derzeitiger Preisentwicklung ist dieser Preis allerdings nicht mehr möglich.

Die Regierung und die Industrie müssen offen für Innovationen sein und davon überzeugt sein, dass Schritte unternommen werden müssen – sonst gibt es keine Chance, einen Prozess wie Energiesprung zu etablieren. Der Deal war, dass die Industrie mit der Masse planen und die Technologie öfter verkaufen kann, der Wettbewerb zwischen Unternehmen und Industrie war wichtig. Holzbauunternehmen schließen Verträge mit Generalunternehmen ab, die Renovierungen anbieten. Wenn 80 % für Material und 20 % für Arbeit und Energie aufgewendet werden, dann ist eine „ideale“ Massenproduktion erreicht, normalerweise ist es beim Renovieren umgekehrt.

Die Leistungs-Verträge haben eine Laufzeit von etwa 30 bis 40 Jahren – das richtig gemessene Energieeinsparungsniveau wird belohnt, abgesehen von Ausnahmen wie Zuschüssen für „geringe Einkommen“.

Stroomversnelling-Philosophie für Sanierungen

Die Ambition der Regierung (Gesellschaft) ist es, viele Sanierungen durchzuführen – also muss sie Geld in die Hand nehmen. Regionalregierungen entscheiden über Energieversorgung und Raumplanung. ExpertInnen definieren Inbetriebnahme und Genehmigungen von Statik, Design, u.ä. NutzerInnen und NGOs über die Sicherung der Natur wie Vogelnester am Gebäude bis hin zu Sicherheitszielen. Diese Genehmigungsprobleme und Ziele zu bündeln, wäre ein großer Schritt, um Renovierungen weniger kostspielig und schneller zu machen – weniger Zeit und weniger Gebühren für Genehmigungen sollten dann das Ziel sein.

Das Einbeziehen von lokalen / regionalen PolitikerInnen und RechtsanwältInnen, die bei verschiedenen Genehmigungsschritten in den Prozess schnell eingreifen können, um diese organisatorischen Probleme zu überwinden, ist sehr wichtig.

Jedes Projekt beginnt bei null und endet mit unterschiedlichen Lösungen von verschiedenen Firmen und PlanerInnen – aber am wichtigsten sind funktionale Leistungsindikatoren, die von der EigentümerInnen- / MieterInnenorganisation zusammen mit dem Facility Manager festgelegt werden, z. B. Raumtemperatur von 20°C im Wohnzimmer, 3 Klassen von Energieverbrauch unter 30, 40 und 50 kWh/m²a, CO₂-Konzentration im Raum nicht über 1.200 ppm usw. Angebote müssen um diese Zahlen organisiert werden, nicht nur um eine bestimmte Lösung wie Holzfertigteile mit Integration der Haustechnik.

5.4. Vorstellung der RENEWnow-Methode

Im Unterschied zum Netzwerk Alpines Bauen [2], das wichtige Entscheidungsschritte bei der Haustechnikumstellung im Zuge von Sanierungen dokumentiert, und den allgemeinen Ablauf dazu beschrieben hat, und dem klimaaktiv Sanierungsfahrplan zur allgemeinen Methodik, wie Sanierungen über längeren Zeitraum bis etwa 15 Jahren qualitativ umgesetzt werden können [3], wurde in RENEWnow nach konkreten Schritten gesucht, wie Sanierungslösungen konkreter darstellbar werden.

Bisher wurden vor allem zentral energieverorgte Bestandsgebäude und Hüllsanierungen angegangen, in diesem Projekt lag der Fokus bei der Haustechnik auf dezentralen Energieversorgungs-Systemen in größeren Wohnbauten. Dort braucht es derzeit Lösungen, wie Entwicklungen derzeit im klimaaktiv Erneuerbare Wärme Programm mit ‚Raus aus Öl und Gas‘-Schwerpunkt zeigen. Das heißt, die Projektpartner fokussierten in RENEWnow auf den Ablaufplan einer sinnvollen Gebäudesanierung mit Fokus ‚Raus aus Öl und Gas‘ sowie dezentralen Lösungen.

Im Rahmen dieses Projekts wurde eine Methode entwickelt, die als Grundlage für die Unterstützung der PlanerIn bei der Auswahl der am besten geeigneten Lösung für jede spezifische minimalinvasive Sanierungsfallstudie verwendet werden kann. Ein vereinfachtes Schema der vorgeschlagenen Methode ist in *Abbildung 1* zu sehen. In dieser Arbeit werden viele verschiedene Tools verwendet, um die verschiedenen Abschnitte der vorgeschlagenen Methode zu analysieren, mit dem Ziel, ein einziges und vereinfachtes Tool zu erstellen, das alle Phasen umfasst.

Der erste Schritt des umfassenden Planungs- und Entscheidungsprozesses ist die Sammlung aller relevanten Informationen (siehe Kapitel 5.6). Es wird eine Checkliste mit den erforderlichen Angaben zu technischen und nichttechnischen Aspekten erstellt. Im zweiten Schritt werden die gesammelten Daten verwendet, um mit Hilfe der im Rahmen des RENEWnow-Projekts entwickelten Eingriffsmatrix (siehe Kapitel 5.85.6) ein Bündel möglicher Lösungen für die Gebäudehülle und das Gebäudetechnik-System auszuwählen. Die Lösungsansätze werden dann in einem iterativen Prozess analysiert, bei dem die Energieerzeugungs-, -Verteilungs- und -Abgabesysteme dimensioniert und die Mindestanforderungen an die Hüllenqualität unter Ausschluss nicht realisierbarer Lösungen (z.B. ein kompaktes Wärmepumpen-System mit Luftheizung in Kombination mit einer nicht ausreichend gut gedämmten Hülle) bewertet werden müssen. Für die verbleibenden Lösungen wird eine Berechnung oder Simulation der Energiebilanz unter Berücksichtigung der Integration von erneuerbaren Energien durchgeführt. An diesem Punkt ist es möglich, die Lebenszykluskosten und die Investitionskosten jeder ausgewählten Kombination zu bewerten, und von hier aus kann auf der Grundlage von technischen und nichttechnischen Aspekten die "beste" Lösung ausgewählt werden.

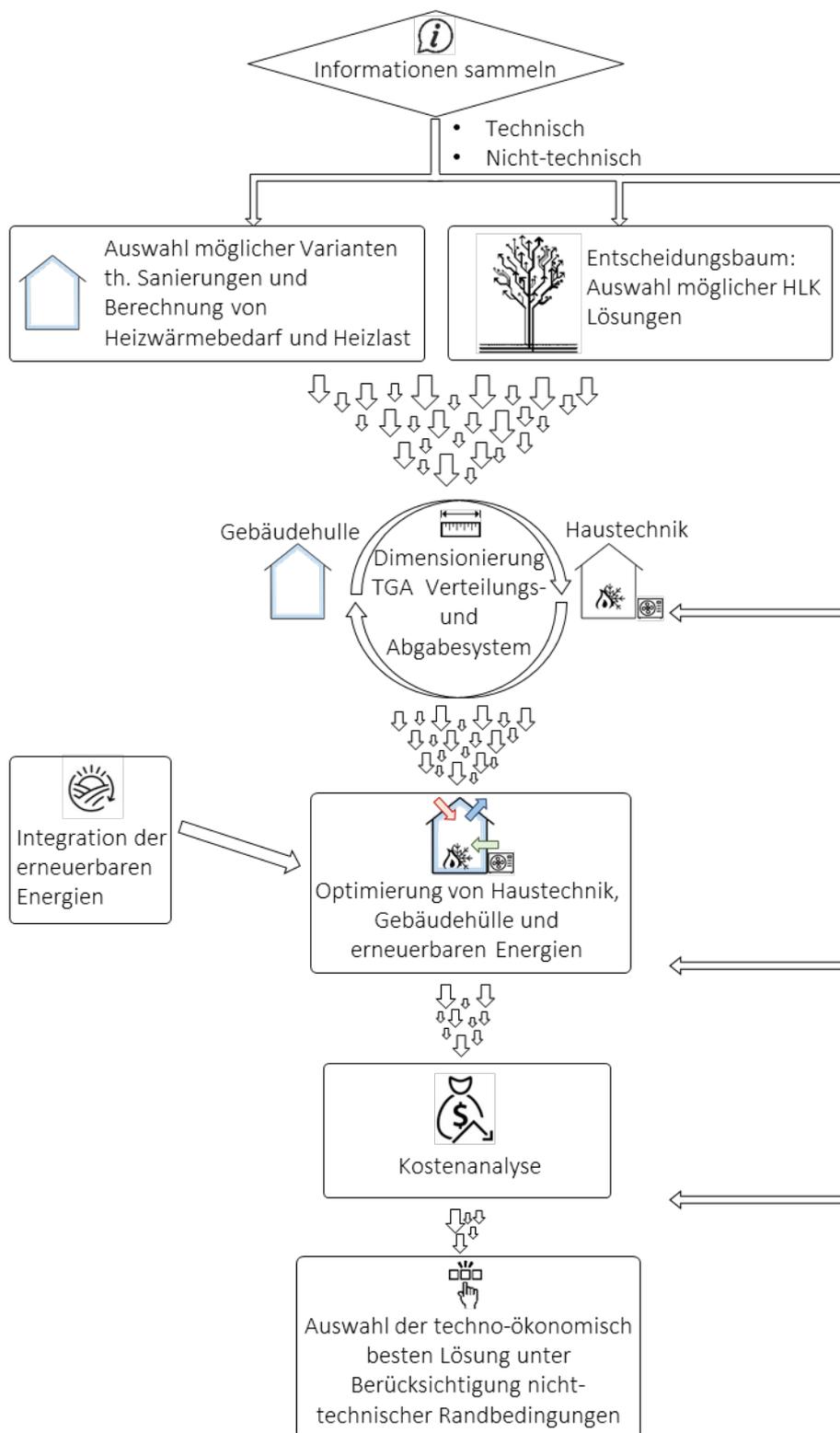
Die vorgeschlagene Methode wird anhand von realen Fallstudien mit vier verschiedenen repräsentativen Referenz-Mehrfamilienhäusern in Österreich getestet (siehe Kapitel 5.5). Für die Dimensionierung der Haustechniksysteme werden unterschiedliche Tools verwendet. Insbesondere wird jedes System zusammen mit verschiedenen Gebäudehüllenstandards unter Verwendung des PHPP (Passivhaus Projektierungs-Paket) bewertet. Eine zusätzliche raumweise Berechnung wird durchgeführt, um die raumweisen Heizlasten zu bewerten und die Wärmeabgabesysteme zu dimensionieren, wobei auch die erforderliche Vorlauftemperatur bestimmt wird (siehe Kapitel 05.6).

Darüber hinaus werden Simulationen auf Stundenbasis für verschiedene hydraulische Lösungen durchgeführt, um die Wärmeverteilungsverluste und die Heizleistung mit Matlab zu berechnen [5]

(siehe Kapitel 5.9.25.6). All diese Informationen werden dann im PHPP verwendet, um die Gesamtenergiebilanz des Gebäudes oder der Wohnung zu bewerten, je nach der analysierten Lösung (d.h. zentral oder dezentral), wobei auch die Integration von erneuerbaren Energiequellen (z. B. Photovoltaik-Paneele, Solarkollektoren) und Speichern (d. h. Batterien und thermische Speicher) berücksichtigt wird [6]. In dieser Phase werden der Energiebedarf und die CO₂-Emissionen der analysierten Renovierungspakete zusammen mit den geschätzten Kosten (d.h. Investition, Wartung und Betrieb) verwendet, um die Lebenszykluskosten zu bewerten, die die Grundlage für die endgültige Auswahl der „besten“ Lösung bilden.

Die Klimaneutralität ist ein Grundpfeiler des gesamten Prozesses und muss insbesondere in der Auswahlphase der besten Lösung berücksichtigt werden. Um dies zu unterstützen, wird ein vorgeschlagenes Ambitionsniveau als Benchmark für die ausgewählte Lösung definiert [7]. Die Ergebnisse dieser detaillierten Analysen, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt wurden, können verwendet werden, um ein vereinfachtes einziges „Pre-Design-Tool“ zu erstellen, das die Schritte der vorgeschlagenen ‚RENEWnow‘ Methode abdeckt.

Abbildung 1: Ablaufschema einer Gebäudesanierung nach der RENEWnow-Methode



5.5. Gebäudetypologien und im Projekt untersuchte Beispielgebäude

Vier verschiedene Mehrfamilienhäuser wurden in diesem Projekt als Referenz betrachtet (Gebäude A bis D). Diese Gebäude sind aus anderen Forschungs-Projekten entlehnt, decken aber eine gute Bandbreite von vorhandenen Mehrfamilienhäusern in Österreich ab. Sie unterscheiden sich durch die Anzahl der Stockwerke, die Ausrichtung, den Grundriss der Wohnungen und die Art der Konstruktion. Die Tabelle 4, Tabelle 5, Tabelle 6 und Tabelle 7 zeigen die wichtigsten Daten, Gebäudeansichten und Grundrisse der Referenzgebäude.

Tabelle 4: Hauptdaten, Gebäudeansicht und Grundriss des Gebäudes A

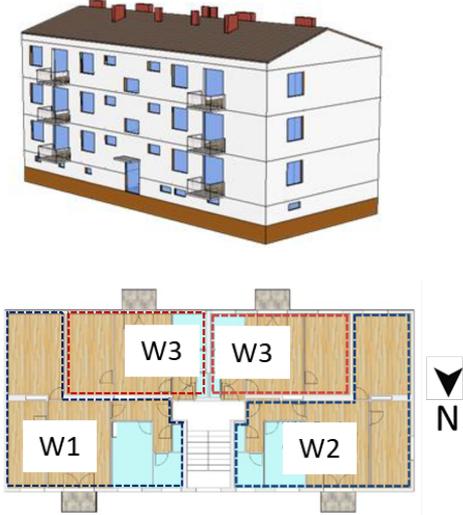
A		
Energiebezugsfläche [m ²]:	627	
Überbaute Fläche [m ²]:	229	
Zahl der Stockwerke [-]:	3	
Zahl der Wohnungen pro Stockwerk [-]:	4	
Energiebezugsfläche der Wohnungen [m ²]:	39/65	
Personen pro Wohnung [-]:	1.5	

Tabelle 5: Hauptdaten, Gebäudeansicht und Grundriss des Gebäudes B

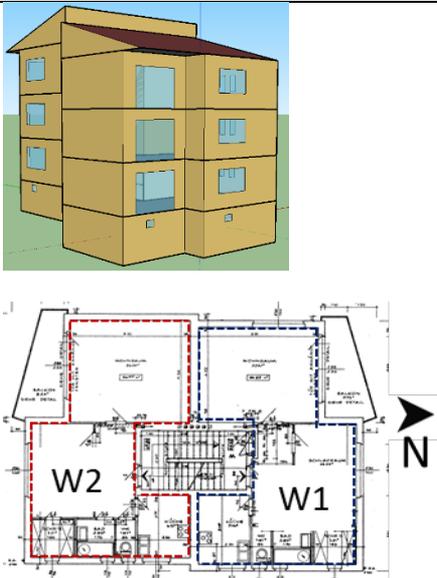
B		
Energiebezugsfläche [m ²]:	365	
Überbaute Fläche [m ²]:	152	
Zahl der Stockwerke [-]:	3	
Zahl der Wohnungen pro Stockwerk [-]:	2	
Energiebezugsfläche der Wohnungen [m ²]:	59	
Personen pro Wohnung [-]:	1.5	

Tabelle 6: Hauptdaten, Gebäudeansicht und Grundriss des Gebäudes C

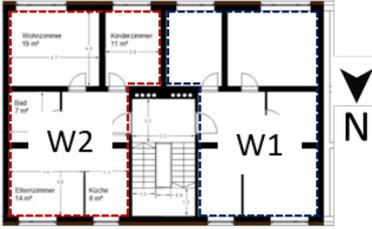
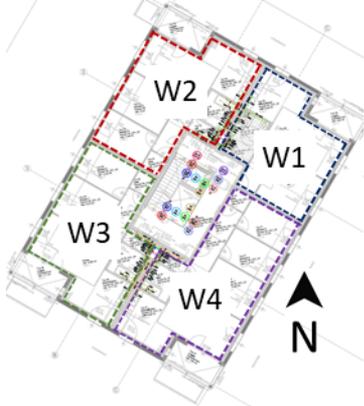
C		
Energiebezugsfläche [m ²]:	732	
Überbaute Fläche [m ²]:	202	
Zahl der Stockwerke [-]:	5	
Zahl der Wohnungen pro Stockwerk [-]:	2	
Energiebezugsfläche der Wohnungen [m ²]:	70	
Personen pro Wohnung [-]:	2	

Tabelle 7: Hauptdaten, Gebäudeansicht und Grundriss des Gebäudes D

D		
Energiebezugsfläche [m ²]:	1296	
Überbaute Fläche [m ²]:	449	
Zahl der Stockwerke [-]:	4	
Zahl der Wohnungen pro Stockwerk [-]:	4	
Energiebezugsfläche der Wohnungen [m ²]:	73/98/ 98/109 *	
Personen pro Wohnung [-]:	3	

Um den Heizwärmebedarf der Bestandssituation der Referenzgebäude möglichst realistisch abzubilden, wird die Energiebedarfsberechnung nach der Tabula-Methode kalibriert. Diese Kalibrierung ist nachfolgend mit drei Schritten beschrieben.

Im ersten Schritt wird das Referenzgebäude mit den geometrischen Daten (z.B. Flächen und Orientierung) der Gebäudepläne und den typischen Aufbauten der österreichischen Bauperiode 1961 bis 1980, entnommen vom Tabula WebTool, abgebildet [8]. Für die einzelnen Referenzgebäude werden folgende Gebäudeklassengrößen aus dem WebTool gewählt.

- Referenzgebäude A: Mehrfamilienhaus (multi family house)
- Referenzgebäude B: Reihenhaushaus (terraced house)
- Referenzgebäude C: Mehrfamilienhaus (multi family house)
- Referenzgebäude D: Wohnblock (apartment block)

Der Energiebedarf des Referenzgebäudes wird mit dem Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) ermittelt [9]. PHPP ist ein Energiebilanzierungs- und Planungstool, das vom Passivhaus Institut entwickelt wurde. Es unterstützt den Planungsprozess von sehr effizienten Gebäuden, insbesondere von Passivhäusern und tiefgreifenden Renovierungen, indem es zuverlässig und genau die Energiebilanz eines Gebäudes auf monatlicher bzw. jährlicher Basis für Heizung und Kühlung berechnet. Die Energiebedarfsberechnung erfolgt in Anlehnung an das Tabula WebTool mit dem Referenzklimadatensatz der ÖNORM B 8110-5, wie unter Kapitel 8.3 der Tabula Berechnungsmethode beschrieben [10,11]. Zudem erfolgt die Berechnung mit einer geringen spezifischen Wärmekapazität von $45 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$, was einem Leichtbau entspricht, und einem Verschattungsfaktor von 0,6, wie in Kapitel 2.1 der Tabula Berechnungsmethode beschrieben. Um den Einfluss der nicht gleichmäßigen Beheizung von Bestandsgebäuden aufgrund von Nachtabenkung und unbeheizten Flächen in der Energiebedarfsberechnung abzubilden, ist ebenfalls in Kapitel 2.1 der Tabula Berechnungsmethode ein Reduktionsfaktor der Wärmeverluste angegeben, welcher abhängig vom spezifischen Transmissionsleitwert des Gebäudes ist. Der Reduktionsfaktor liegt für Mehrfamilienhäuser zwischen 0,95 und 0,85 bei einem spezifischen Transmissionsleitwert zwischen 1 und $4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. In der Energiebedarfsberechnung wird dieser Reduktionsfaktor mithilfe eines Interpolationsverfahrens in eine mittlere Innenraumtemperatur umgerechnet. Dadurch ergibt sich eine mittlere Innenraumtemperatur in der Bestandssituation zwischen $18,7$ und $18,8 \text{ °C}$ je nach Referenzgebäude.

Im zweiten Schritt der Kalibrierung wird die mittlere energetisch wirksame Luftwechselrate (Infiltration und Fensterlüftung) in Anlehnung an Münzenberger auf $0,26 \text{ 1/h}$ reduziert [12]. Des Weiteren wird die thermische Gebäudehüllqualität etwas verbessert, damit der berechnete Heizwärmebedarf annähernd, dem im Tabula WebTool für die jeweilige Gebäudeklassengröße angegebenen, Heizwärmebedarf entspricht. Der Heizwärmebedarf aus dem Tabula WebTool ist bezogen auf die Nutzfläche. Diese Fläche entspricht annähernd der Energiebezugsfläche der PHPP-Berechnung. Für die einzelnen Referenzgebäude gilt folgender Ziel-Heizwärmebedarf.

- Referenzgebäude A: $126,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Referenzgebäude B: $137,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Referenzgebäude C: $126,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Referenzgebäude D: $112,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Im dritten Schritt wird das Referenzgebäude mit dem PHPP-Klimadatensatz des tatsächlichen Gebäudestandorts und der dort vorhandenen Verschattungssituation, sowie der spezifischen Wärmekapazität der tatsächlichen Bauweise abgebildet.

Die Sanierungsvarianten werden abweichend von der Bestandssituation mit einer, in der Praxis üblichen, mittleren Raumtemperatur von 22 °C , sowie einer Luftwechselrate von $0,3 \text{ 1/h}$, aufgrund

dem Einsatz einer mechanischen Lüftungsanlage, abgebildet. Durch diese Vorgehensweise kann die Energieeinsparung zwischen Bestandssituation und Sanierungsvariante möglichst realistisch abgebildet werden (Prebound-Effekt wird berücksichtigt).

Sanierungsvarianten

Ausgehend vom Bestand wird die Gebäudehülle und die Belüftung schrittweise verbessert, um die folgenden vier Sanierungsstandards zu erreichen:

- **OIB f_{GEE}**: Thermische Gebäudehüllqualität nach Anforderungsweg „Gesamtenergieeffizienz-Faktor“ für größere Renovierungen der OIB-Richtlinie 6, 2019: $HWB_{Ref, RK, zul} = 25 \times \left(1 + \frac{2,5}{l_c}\right)$ in Kombination mit einer Abluftanlage
- **OIB EEB**: Thermische Gebäudehüllqualität nach Anforderungsweg „Gesamtenergieeffizienz-Faktor“ für größere Renovierungen der OIB-Richtlinie 6, 2019: $HWB_{Ref, RK, zul} = 17 \times \left(1 + \frac{2,9}{l_c}\right)$ in Kombination mit einer Abluftanlage
- **Enerphit + Abluft**: Thermische Gebäudehüllqualität nach EnerPHit-Standard des Passivhaus Institut: $HWB \leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{EBF} \cdot \text{a})$ (Anforderung gilt in Kombination mit einer kontrollierten Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung) in Kombination mit einer Abluftanlage
- **Enerphit**: Thermische Gebäudehüllqualität nach EnerPHit-Standard des Passivhaus Institut in Kombination mit einer kontrollierten Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Durch die Wärmedämmung der verschiedenen opaken Gebäudeteile werden die Wärmebrücken verringert und damit die Verluste bei der Wärmeübertragung reduziert. Im Renovierungsprozess werden auch die Fenster ersetzt und damit die Infiltrationsluftwechselrate reduziert.

Tabelle 8 zeigt die U-Werte der Gebäudehülle, den Luftaustausch, die Sollwerttemperatur sowie den Heizwärmebedarf und die Heizlast für jeden Sanierungsfall des B-Gebäudes. Tabelle 25, Tabelle 26 und Tabelle 27 im Anhang enthalten diese Informationen für die Gebäude A, C und D.

Tabelle 8: Angaben, die für die Berechnung der Varianten für das Referenzgebäude B verwendet wurden.

Gebäude B	Einheit	Bestand	OIB fgee	OIB EEB	Enerphit+Abluft	Enerphit
Effektiver U-Wert Dach	W/(m²K)	Beton mit 8 cm Dämmung 0.372	Beton mit 20 cm Dämmung 0.156	Beton mit 20 cm Dämmung 0.156	Beton mit 22 cm Dämmung 0.143	Beton mit 22 cm Dämmung 0.143
Effektiver U-Wert Dach über dem Treppenhaus	W/(m²K)	verdrahtetes Glas zum unbeheizten Dachboden 2.260	Holzdecke mit Holzbrettern und 26 cm Dämmung und Dachfenster (Uw = 1,30) 0.160	Holzdecke mit Holzbrettern und 26 cm Dämmung und Dachfenster (Uw = 1,30) 0.160	Holzdecke mit Holzbrettern und 28 cm Dämmung und Dachfenster (Uw = 1,30) 0.15	Holzdecke mit Holzbrettern und 28 cm Dämmung und Dachfenster (Uw = 1,30) 0.15
Effektiver U-Wert Wand (Norden)	W/(m²K)	Hohlziegelwand mit 6 cm Dämmung 0.435	Hohlziegelwand mit 16 cm Dämmung 0.168	Hohlziegelwand mit 12 cm Dämmung 0.214	Hohlziegelwand mit 18 cm Dämmung 0.151	Hohlziegelwand mit 18 cm Dämmung 0.151

Gebäude B	Einheit	Bestand	OIB fgee	OIB EEB	Enerphit+Abluft	Enerphit
Effektiver U-Wert Wand (Osten)	W/(m²K)	Hohlziegelwand mit 6 cm Dämmung 0.435	Hohlziegelwand mit 16 cm Dämmung 0.168	Hohlziegelwand mit 12 cm Dämmung 0.214	Hohlziegelwand mit 18 cm Dämmung 0.151	Hohlziegelwand mit 18 cm Dämmung 0.151
Effektiver U-Wert Wand (Süden)	W/(m²K)	Hohlziegelwand mit 6 cm Dämmung 0.435	Hohlziegelwand mit 16 cm Dämmung 0.168	Hohlziegelwand mit 12 cm Dämmung 0.214	Hohlziegelwand mit 18 cm Dämmung 0.151	Hohlziegelwand mit 18 cm Dämmung 0.151
Effektiver U-Wert Wand (West)	W/(m²K)	Hohlziegelwand mit vorhandener Dämmung 0.769	Hohlziegelwand mit 16 cm Dämmung 0.168	Hohlziegelwand mit 12 cm Dämmung 0.214	Hohlziegelwand mit 18 cm Dämmung 0.151	Hohlziegelwand mit 18 cm Dämmung 0.151
Effektiver U-Wert Fußboden zu Erdreich	W/(m²K)	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 0.975	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 0.975	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung und 5 cm Dämmung 0.427	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung und 10 cm Dämmung 0.263	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung und 10 cm Dämmung 0.263
Korrekturfaktor	-	Keller 0.50	Keller 0.50	Keller 0.50	Keller 0.50	Keller 0.50
U-Wert-Fenster	W/(m²K)	Kunststofffenster 1.90	Uf = 1.10 Ug = 0.70 Psi = 0.05 0.99	Uf = 1.10 Ug = 0.70 Psi = 0.05 0.99	Uf = 1.10 Ug = 0.50 Psi = 0.035 0.80	Uf = 1.10 Ug = 0.50 Psi = 0.035 0.80
Wärmebrücken	W/(m²K)	0.100	0.075	0.075	0.050	0.050
Reduktionsfaktor externe Verschattung	-	Norden, Osten und Westen 0.60 Süden 0.80	Norden, Osten und Westen 0.60 Süden 0.80	Norden, Osten und Westen 0.60 Süden 0.80	Norden, Osten und Westen 0.60 Süden 0.80	Norden, Osten und Westen 0.60 Süden 0.80
Luftwechselrate	1/h	0.16	Abluft 0.30	Abluft 0.30	Abluft 0.30	78% Wärmerückgewinnung 0.065
Infiltrationsluftwechselrate	1/h	n50 = 1.5 1/h 0.10	n50 = 1.25 1/h, Abluft 0.007	n50 = 1 1/h, Abluft 0.003	n50 = 0.5 1/h, Abluft 0.000	n50 = 0.5 1/h, Wärmerückgewinnung 0.035
Reduktionsfaktor (ungleichmäßiger Temperatur)	-	0.92	-	-	-	-
Durchschnittliche Innentemperatur	°C	18.8	22	22	22	22
spez. Kapazität	Wh/(m² _{TFA})	Mischbauweise 132	Mischbauweise 132	Mischbauweise 132	Mischbauweise 132	Mischbauweise 132
Innere Wärmequelle	W/(m² _{TFA})	PHPP standard 2.9	PHPP standard 2.9	PHPP standard 2.9	PHPP standard 2.9	PHPP standard 2.9
Wetterdaten	-	PHPP Wien – Hohe Warte	PHPP Wien – Hohe Warte	PHPP Wien – Hohe Warte	PHPP Wien – Hohe Warte	PHPP Wien – Hohe Warte
Heizwärmebedarf	kWh/(m² _{TFA})	113.7	70.9	64.7	46.3	31.2
Heizlast	W/(m² _{TFA})	52.2	30.3	27.9	21.2	17.3

Für jedes Gebäude wurden die einzelnen Wohnungen durch das PHPP nach ihrer Orientierung, Größe und Lage innerhalb des Gebäudes (Erdgeschoss, mittleres Stockwerk und Dachgeschoss) bewertet. Die Ergebnisse werden in Kapitel 5.9.1 vorgestellt und diskutiert.

5.6. Bestandsanalyse und benötigte Informationen

Um eine ganzheitliche Sanierung nach der beschriebenen RENEWnow-Methode durchzuführen, ist eine Bestandsaufnahme essentiell. Dabei werden nicht alle Informationen zum gleichen Zeitpunkt benötigt. In Tabelle 9 ist ein Überblick über die benötigten Informationen und den Zeitpunkt im Ablaufschema dargestellt. Die meisten Informationen werden schon für das Pre-Design benötigt, um abschätzen zu können, welche technischen Lösungen in Frage kommen. Für die Dimensionierung der Komponenten, die Integration von Erneuerbaren Energien und die Kostenabschätzung müssen dann noch einmal detailliertere bzw. andere Informationen erhoben werden.

Tabelle 9: Zusammenstellung der benötigten Informationen im Planungsprozess einer Sanierung

		Schritt 1: Pre-Design	Schritt 2: Dimensionierung der Komponenten	Schritt 3: Integration von Erneuerbaren Energien	Schritt 4: Kostenabschätzung
Bestandsaufnahme Gebäude					
Allgemeines	z.B. Wohnnutzfläche, Anzahl der Etagen, Eigentümerstruktur, verfügbare Fassaden-/Dachfläche für Solarnutzung	x		x	
Gebäudetyp	z.B. Einzelhaus, Balkone, Erschließungsart	x			
Umgebung	z.B. Distanz zu Nachbargebäuden	x	x		
Sanierungsstandard	z.B. Baujahr, Sanierungsbedarf Hülle, Heizung, Lüftung, Elektro, Energieausweis	x	x		x
Bestandsaufnahme Haustechnik					
Heizungssystem	z.B. Zentral oder dezentral, Energieträger	x	x		
Warmwasserbereitung	z.B. Zentral oder dezentral, Energieträger	x	x		

		Schritt1: Pre-Design	Schritt 2: Dimensionierung der Komponenten	Schritt 3: Integration von Erneuerbaren Energien	Schritt 4: Kostenabschätzung
Lüftungsanlage	z.B. zentral mit WRG, Abluftanlage, keine	x	x		
Wärmeabgabesystem	z.B. Baujahr, Vorlauftemperaturen	x	x		
Verteilleitungen	z.B. Lage, Qualität, Maße, Dämmstärke	x	x		
Elektroinstallation	z.B. Zustand, zusätzlich PV oder WP anschließbar	x	x		
Vorhandener Platz für neue Haustechnik					
Dachboden		x			
Keller		x			
In den Wohnungen		x			
Treppenhaus		x			
Nicht genutzte Kamine		x			

Eine solche Übersicht der benötigten Informationen kann als Hilfestellung für die Planung von ganzheitlichen Sanierungen dienen. Sie soll beispielsweise Wohnbaugesellschaften, Hausverwaltungen oder Eigentümer(gemeinschaften) helfen, die benötigten Informationen zusammenzutragen.

5.7. Definition von Haustechnikmodulen

In diesem Kapitel werden im Projekt definierte Module und Paketlösungen dargestellt. Dies war eines der Ziele der technischen Analyse. Fokus waren wie weiter oben schon erwähnt die dezentralen Lösungsvarianten. Im Hinblick auf eine möglichst minimalinvasive Sanierung wurden mehrere unterschiedliche Wärmepumpenlösungen analysiert.

1. Zentrale Lösung: Eine zentrale Wärmepumpe soll das ganze Gebäude sowohl mit Heizwärme als auch mit Trinkwarmwasser versorgen. Um eine minimalinvasive Sanierung zu gewährleisten, kann die

Verteilung über das alte zentrale Verteilersystem erfolgen oder, falls dieses nicht weiterverwendet werden kann, durch Verlegung von Leitungen im Treppenhaus oder in der Fassade.

2. Die semi-zentrale Lösung sieht eine Wärmepumpenkaskade vor. Eine zentrale Wärmepumpe, die kleiner dimensioniert sein kann als bei Konzept 1, liefert ein niedriges Temperaturniveau, das bei ausreichender thermischer Sanierung direkt im Heizkreis genutzt werden kann (abhängig von der notwendigen Vorlauftemperatur der Heizkörper). Für die Trinkwarmwasserbereitung gibt es in jeder Wohnung eine eigene Booster- oder Rücklaufwärmepumpe, die das Temperaturniveau von Heizkreistemperatur auf Trinkwarmwassertemperatur anhebt. Sowohl die senkrechten Verteilstränge als auch die dezentralen Wärmepumpen können in einer vorgefertigten Holzfassade untergebracht werden. Die dezentralen Wärmepumpen können hier sehr klein dimensioniert werden, wodurch die Integration in die Fassade möglich wird. Gleichzeitig werden die Schallemissionen dadurch minimiert. Durch die Wärmeverteilung auf niedrigem Temperaturniveau werden die Wärmeverluste im Vergleich zu Lösung 1 reduziert.

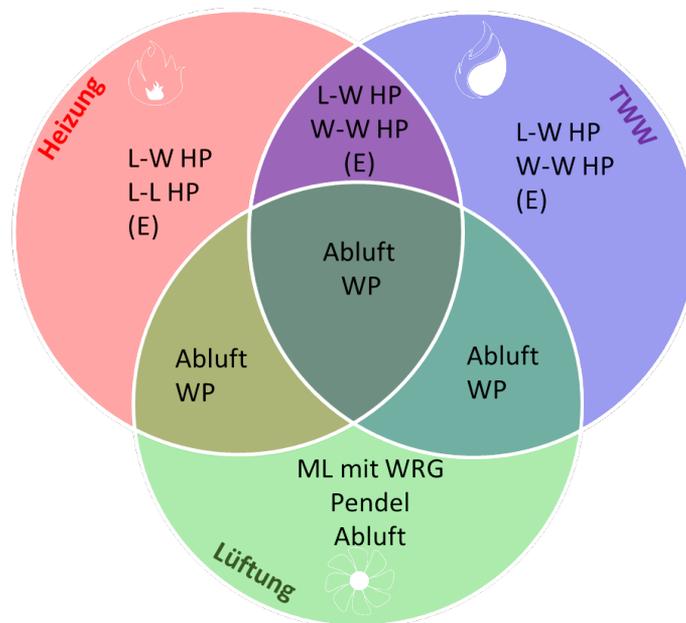
3. Bei der gemischten Lösung werden dezentrale Geräte für die Trinkwarmwasserbereitung eingesetzt und die Heizwärme wird von einer zentralen Wärmepumpe, die in diesem Fall noch einmal deutlich kleiner dimensioniert werden kann, bereitgestellt.

4. Bei dezentralen Lösungen erfolgt sowohl die Warmwasserbereitung als auch die Raumheizung für jede Wohnung separat. Diese Lösung kann mit verschiedenen Technologien wie Kompaktwärmepumpen oder separaten Komponenten für Warmwasserbereitung, Heizung und Lüftung realisiert werden.

Die Haustechnikmodule für Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung können in zentrale, semizentrale, gemischte und dezentrale Systeme unterteilt werden. Abbildung 2 zeigt eine Illustration dieser Aufteilung.

Dezentrale Haustechnikmodule

Abbildung 2: Skizze des modularen Konzepts



In hocheffizienten Häusern ist der notwendige Heizenergiebedarf sehr gering. Diese Voraussetzungen ermöglichen es, dank der geringen Heizleistung, die Wohnung über die Lüftungsanlage zu beheizen. Dazu können Kompaktgeräte (Lüftungsgerät mit Luftwärmepumpe Heizung u. Warmwasser in einem Gerät) eingesetzt werden. Es gibt verschiedene Modelle von Kompaktwärmepumpen auf dem Markt, die Warmwasserbereitung, mechanische Lüftung und Heizung ermöglichen. Eine Auswahl der auf dem Markt erhältlichen Kompaktwärmepumpen ist in Abbildung 3 dargestellt.

Abbildung 3: Auswahl an Kompaktwärmepumpen auf dem Markt

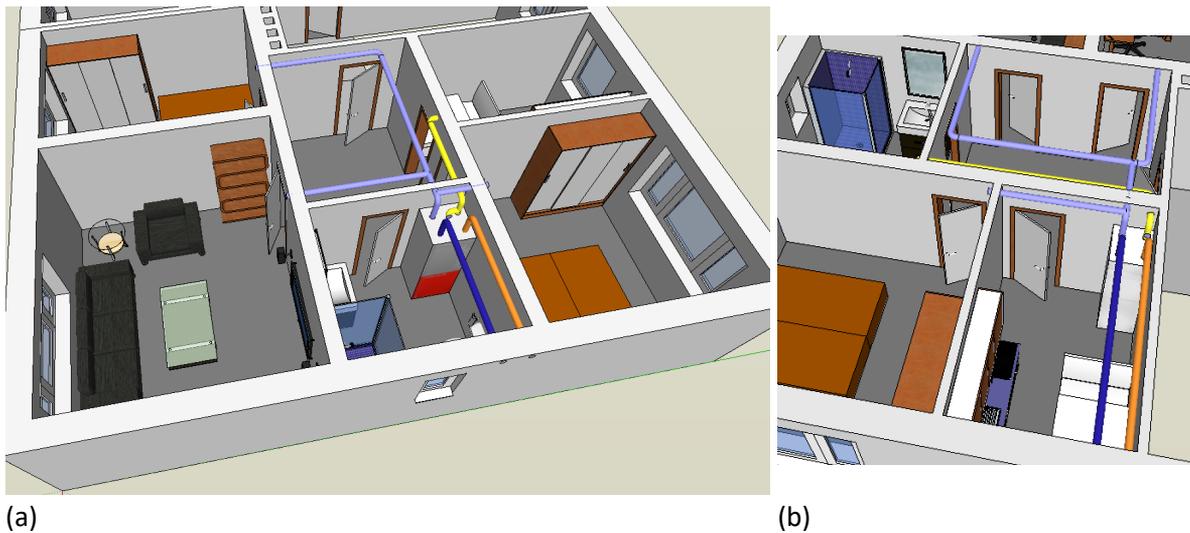


Die drei Funktionen der Kompaktwärmepumpen (mechanische Lüftung, Heizung und Warmwasserbereitung) können aufgeteilt und von separaten Geräten (z.B. Wärmepumpe, Heizungspumpe, Warmwasserpumpe) übernommen werden. Dieses Kapitel zeigt einige Möglichkeiten

für die Integration von dezentralen Geräten (z.B. Kompaktwärmepumpen, Lüftungsanlagen, Splitgeräte, Wärmepumpen für Warmwasser oder Raumheizung) am Beispiel der typischen Wohnung des Referenzgebäudes C.

Die kompakten Wärmepumpen Pkom 4 und Genvex sind in Größe und Funktionalität ähnlich. Abbildung 4 zeigt ihre mögliche Installation im Badezimmer (a) und in der Küche (b). Kompaktwärmepumpen mit integrierter mechanischer Lüftungsanlage erfordern die Installation von Zu- und Abluftkanälen sowie von Außen- und Fortluftkanälen. Dies bedeutet, dass die Höhe einiger Räume, in denen die Kanäle verlegt sind, reduziert wird.

Abbildung 4: Darstellung der Installation der Kompaktwärmepumpe (a) Pkom4 im Badezimmer und (b) Genvex COMBI in der Küche



Zwei weitere Möglichkeiten sind in Abbildung 5 dargestellt. In (a) ist die Installation einer Daikin Altherma 3 R F - EHFH-D3V Luft/Wasser-Wärmepumpe zur Erzeugung von Heizung und Warmwasser in Kombination mit einem mechanischen Lüftungsgerät mit Wärmetauscher Pichler Lüftungsgeräte 150 dargestellt.

Abbildung 5 (b) zeigt die Installation von Split-Luftwärmepumpen für die Heizung, eine Wärmepumpe für die Warmwasserbereitung (Daikin Altherma M HW - EKHH2E-AV33) und das Pichler mechanische Lüftungssystem 150. Die in Abbildung 8b gezeigte Lösung ist nicht zu empfehlen, da die Wärmepumpe für die Warmwasserbereitung in Kaskade mit dem Split-System für die Heizung arbeitet, was zu einer geringen Effizienz führt.

Abbildung 5: (a) Kombinierte Heizungs- und Warmwasser Wärmepumpe (Daikin Altherma 3 R F - EHFH-D3V) und separate wohnungsweise Lüftung (Pichler Lüftungsgeräte 150); (b) Warmwasser Wärmepumpe (Daikin Altherma M HW - EKHH2E-AV33), Luft – Luft Heizungsärmepumpe (Split) und separate wohnungsweise Lüftung (Pichler Lüftungsgeräte 150)



(a)

(b)

Abbildung 6 zeigt die Installation einer innovativen fassadenintegrierten Kompaktwärmepumpe für die mechanische Lüftung und Heizung in Kombination mit einer innovativen Wärmepumpe für die Warmwasserbereitung.

Abbildung 6: Innovative fassadenintegrierte Kompaktwärmepumpe für die mechanische Lüftung und Heizung in Kombination mit einer innovativen Wärmepumpe für die Warmwasserbereitung



Ein mechanisches Lüftungssystem ist erforderlich, um den Heizbedarf und die Heizlast zu verringern und eine gute Luftqualität und hohen Komfort zu gewährleisten. Dies ist jedoch keine leichte Aufgabe, insbesondere bei Renovierungen, bei denen die Platzverfügbarkeit begrenzt ist und die BewohnerInnen so wenig wie möglich belästigt werden sollen.

Das Projekt Doppelnutzen⁷ konzentriert sich auf die Realisierung von Komfortlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (Zu-/Abluftanlagen). Solche Anlagen lassen sich wesentlich effizienter, wirtschaftlicher und wartungsärmer bauen, wenn der Luftweg konsequent nach dem Prinzip der gerichteten Strömung angelegt wird.

Im Rahmen dieses Projekts wurde ein Auslegungswerkzeug für komfort- und kostenoptimierte Luftführungskonzepte entwickelt, das Hinweise auf die Realisierbarkeit eines mechanischen Kaskadenlüftungssystems in einem bestimmten, von der / vom BenutzerIn im Tool ausgewählten Wohnungsgrundriss gibt.

Die entscheidenden Faktoren, die die Machbarkeit eines mechanischen Kaskadenlüftungssystems beeinflussen, sind:

- Verbindung Gang und Wohnzimmer: ein offener Grundriss erleichtert die Installation des mechanischen Lüftungssystems;
- Art der Küche: Es ist zu unterscheiden, ob es sich um eine kleine Kochküche (ohne Essbereich), oder um eine große Essküche (mit Essbereich) oder um eine im Wohnzimmer integrierte Küche (offene Wohnküche) handelt.
- Zulufräume: Es sollte unterschieden werden, ob die Zulufräume (in der Regel Schlafzimmer), benachbart sind oder nicht.
- Ablufträume: Es sollte unterschieden werden, ob die Ablufträume (in der Regel Bad, WC oder Abstellraum), benachbart sind oder nicht.
- Anwesenheit von Fenstern in den Räumen, die belüftet oder entlüftet werden.

Die Anwendung dieser Aspekte auf die Grundrisse der Referenzgebäude A, B, C und D zeigt, dass die Wohnungen in den Gebäuden A, B und C durch drei getrennte Räume für den Eingang, die Essküche sowie das Wohnzimmer charakterisiert sind. Dagegen sind die Wohnungen im Referenzgebäude D gekennzeichnet durch einen modernen Grundriss aus, bei dem sich Essküche, Vorraum und Wohnzimmer in einem einzigen Raum befinden. Außerdem ist zu beachten, dass die Ablufträume (Bad und Küche) der Gebäude A, B und D nebeneinander liegen, während dies im Gebäude C nicht der Fall ist.

5.8. Eingriffs- und Kostenmatrix

Die im Rahmen des Projekts entwickelte Eingriffs- und Kostenmatrix ermöglicht den Planenden eine erste Abschätzung zur Eingriffstiefe, geschätzten Investitions- und Wartungskosten sowie zur Ausfallwahrscheinlichkeit und den damit verbundenen Kosten von verschiedenen gebäudetechnischen Lösungen zur hocheffizienten Gebäudesanierung. Mithilfe dieser Matrix soll eine Vorauswahl aus den vielen verschiedenen, gebäudetechnischen Lösungen möglich sein. Die damit ausgewählten Lösungen können dann genauer berechnet und dimensioniert werden - siehe Kapitel 5.8.

⁷ Haus der Zukunft Projekt „Doppelnutzen“: Komfort- und kosten- optimierte Luftführungskonzepte für energieeffiziente Wohnbauten.

5.8.1. Gebäudekennwerte und Sanierungsstandards

Die Matrix kann nur bei gleichzeitiger Verbesserung der thermischen Gebäudehülle auf einen der folgenden vier Sanierungsstandards verwendet werden.

- **OIB f_{GEE}**: Thermische Gebäudehüllqualität nach Anforderungsweg „Gesamtenergieeffizienz-Faktor“ für größere Renovierungen der OIB-Richtlinie 6, 2019: $HWB_{Ref, RK, zul} = 25 \times \left(1 + \frac{2,5}{l_c}\right)$ in Kombination mit einer Abluftanlage
- **OIB EEB**: Thermische Gebäudehüllqualität nach Anforderungsweg „Gesamtenergieeffizienz-Faktor“ für größere Renovierungen der OIB-Richtlinie 6, 2019: $HWB_{Ref, RK, zul} = 17 \times \left(1 + \frac{2,9}{l_c}\right)$ in Kombination mit einer Abluftanlage
- **Enerphit + Abluft**: Thermische Gebäudehüllqualität nach EnerPHit-Standard des Passivhaus Institut: $HWB \leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{EBF} \cdot \text{a})$ (Anforderung gilt in Kombination mit einer kontrollierten Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung) in Kombination mit einer Abluftanlage
- **Enerphit**: Thermische Gebäudehüllqualität nach EnerPHit-Standard des Passivhaus Institut in Kombination mit einer kontrollierten Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Durch Auswahl des Sanierungsstandards sowie Angabe der Wohnnutzfläche (in m^2_{WNF}) und Anzahl der Wohneinheiten wird die spezifische Gebäudeheizlast in $\text{W}/\text{m}^2_{WNF}$ mithilfe der beiden nachfolgenden Tabellen nach dem beschriebenen Verfahren abgeschätzt.

- Ermittlung der Wohnnutzfläche pro Wohneinheit
- Ermittlung des passenden Referenzgebäudes A – D aus nachfolgender Tabelle 10: Minimale Abweichung der Wohnnutzfläche pro Wohneinheit zu Wert des Referenzgebäudes
- Ermittlung der spezifischen Gebäudeheizlast in $\text{W}/\text{m}^2_{WNF}$ aus nachfolgender Tabelle 11 mit dem passenden Referenzgebäude, dem ausgewählten Sanierungsstandard und der Energiebezugs- und Wohnnutzfläche aus vorheriger Tabelle 10

Die hier angegebene Gebäudeheizlast ist die Heizlast der PHPP-Berechnung, welche interne und solare Wärmegewinne berücksichtigt. Die Berechnung erfolgt in der Bestandssituation mit einer mittleren Innenraumtemperatur zwischen 18,7 und 18,8 °C je nach Referenzgebäude, sowie für die vier Sanierungsstandards mit einer mittleren Raumtemperatur von 22 °C, wie in Kapitel 5.5 beschrieben. In Tabelle 12 ist der zugehörige spezifische Heizwärmebedarf nach PHPP-Berechnung angegeben.

Tabelle 10: Gebäudekennwerte je nach Referenzgebäude

Gebäudekennwerte	Einheit	A	B	C	D
Energiebezugsfläche	m^2_{EBF}	626,5	364,5	732,2	1295,6
Wohnnutzfläche	m^2_{WNF}	603,6	351,2	705,4	1163,7
Anzahl Wohneinheiten	-	12	6	10	16
Wohnnutzfläche pro Wohneinheit	m^2_{WNF}	50,3	58,5	70,5	72,7

Tabelle 11: Spezifische Gebäudeheizlast je nach Referenzgebäude und Sanierungsstandard

Spezifische Gebäudeheizlast	Einheit	A	B	C	D
Bestand	W/m ² _{EBF}	61,2	56,2	60,5	57,0
OIB f _{GEE}	W/m ² _{EBF}	32,2	30,3	32,8	30,8
OIB EEB	W/m ² _{EBF}	27,0	27,9	27,9	26,7
Enerphit + Abluft	W/m ² _{EBF}	21,5	21,2	22,0	23,5
Enerphit	W/m ² _{EBF}	17,9	17,3	18,0	19,4

Tabelle 12: Spezifischer Heizwärmebedarf je nach Referenzgebäude und Sanierungsstandard

Spezifischer Heizwärmebedarf	Einheit	A	B	C	D
Bestand	kWh/(m ² _{EBF} *a)	125,5	124,6	124,7	107,8
OIB f _{GEE}	kWh/(m ² _{EBF} *a)	71,6	70,9	75,5	62,5
OIB EEB	kWh/(m ² _{EBF} *a)	59,2	64,7	61,7	52,3
Enerphit + Abluft	kWh/(m ² _{EBF} *a)	45,3	46,3	46,5	45,4
Enerphit	kWh/(m ² _{EBF} *a)	30,2	31,2	30,7	30,2

Die Werte in Tabelle 10 bis Tabelle 12 sind durch die Referenzgebäude-Kalibrierungsberechnung, beschrieben in Kapitel 5.5, ermittelt. Die resultierende spezifische Gebäudeheizlast wird für die Abschätzung der Kosten benötigt.

5.8.2. Bestehendes Gebäudetechniksystem und Platzverfügbarkeit

Um abschätzen zu können, ob die verschiedenen gebäudetechnischen Lösungen im Gebäude eingesetzt werden können, muss zuerst das bestehende Gebäudetechniksystem und die Platzverfügbarkeit im Gebäude abgefragt werden. Dazu muss die Bestandssituation von den Planenden genau analysiert werden, wie bereits in Kapitel 5.6 beschrieben, um die folgenden, benötigten Informationen zu erhalten.

Lüftungsanlage

- Ist bereits eine Abluftanlage bzw. kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung im Gebäude vorhanden?⁸

⁸ Die Abluftanlage wird nur bei den Sanierungsstandards OIB f_{GEE}, OIB EEB und Enerphit + Abluft abgefragt. Die kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage nur beim Sanierungsstandard Enerphit.

- Kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage: Gibt es ein zentrales Lüftungsgerät im Gebäude oder je ein dezentrales Gerät pro Wohneinheit?
- Ist die vorhandene Abluftanlage bzw. die kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung weiterverwendbar oder ist ein Ersatz notwendig?

Heizung und Warmwasser

- Findet die Wärmebereitstellung für Heizung und Warmwasser kombiniert oder getrennt voneinander statt?
- Gibt es eine zentrale Wärmebereitstellung im Gebäude oder je ein dezentraler Wärmeerzeuger pro Wohneinheit?⁹
- Ist diese Wärmebereitstellung weiterverwendbar oder ist ein Ersatz notwendig?
- Sind die Verteil- und Steigleitungen weiterverwendbar oder ist ein Ersatz notwendig?¹⁰
- Ist das Wärmeabgabesystem inklusive eventuell vorhandener Anbindeleitungen weiterverwendbar, adaptierbar oder ist ein Ersatz notwendig?¹¹
- Erfolgt die Wärmeabgabe im Gebäude über Heizkörper, Konvektoren, Flächenheizsystem, Heizregister in der Lüftung oder Einzelraumöfen?¹²
- Sind die Warmwasser-Stichleitungen weiterverwendbar oder ist ein Ersatz notwendig?

Platzverfügbarkeit

- **Zentrale Systeme¹³**
 - Ausreichend Platz für Lüftungskanäle, Wärmeverteilsystem Heizung und Warmwasserverteilsystem im Stiegenhaus vorhanden?
 - Ausreichend Platz für ein zentrales Lüftungsgerät im Keller oder Dachboden vorhanden?
 - Ausreichend Platz für eine zentrale Wärmebereitstellung im Keller vorhanden?
- **Dezentrale Systeme¹⁴**

⁹ Diese Abfrage erfolgt getrennt für Heizung und Warmwasser, sofern eine getrennte Wärmebereitstellung für Heizung und Warmwasser vorliegt.

¹⁰ Diese Abfrage erfolgt getrennt für Heizung und Warmwasser, sofern die jeweilige Wärmebereitstellung zentral erfolgt.

¹¹ Adaptierbar bedeutet beispielsweise, dass die bestehenden Heizkörper durch neue Heizkörper ersetzt werden, die Anbindeleitungen jedoch weiterverwendet werden.

¹² Die Wärmeabgabe über Heizregister in der Lüftung ist nur möglich, wenn eine Lüftungsanlage vorhanden ist und die Wärmebereitstellung für Heizung und Warmwasser getrennt voneinander stattfinden. Die Wärmeabgabe über Einzelraumöfen ist nur möglich, wenn die Wärmebereitstellung für Heizung dezentral und getrennt vom Warmwasser erfolgt.

¹³ Diese Abfrage erfolgt sofern das jeweilige System noch nicht bzw. nur dezentral vorhanden ist.

¹⁴ Diese Abfrage erfolgt sofern das jeweilige System noch nicht bzw. nur zentral vorhanden ist.

- Ausreichend Platz für ein dezentrales Lüftungsgerät und eine dezentrale Wärmebereitstellung für Heizung und Warmwasser in der Wohnung vorhanden?
- Ausreichend Platz für ein dezentrales Lüftungsgerät und eine dezentrale Wärmebereitstellung für Heizung und Warmwasser zwischen Wohnung und Stiegenhaus vorhanden?¹⁵

Bestandssystem und Platzverfügbarkeit am Beispiel von Referenzgebäude A

Anhand des Referenzgebäudes A ist die Abfrage des bestehenden Gebäudetechniksystems und die Platzverfügbarkeit beispielhaft beschrieben. Es handelt sich dabei um ein dreistöckiges Gebäude aus den 1960er-Jahren mit einer Wohnnutzfläche von 603,6 m²_{WNF}, insgesamt 12 Wohneinheiten und 18 BewohnerInnen. Das Gebäude verfügt über je eine dezentrale Gastherme pro Wohneinheit für Heizung und Warmwasserbereitung kombiniert. Die Wärmeabgabe erfolgt über Heizkörper mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 70 °C und einer Rücklauftemperatur von 55 °C. Das Verteilsystem innerhalb der Wohnung besteht aus den Heizungs-Anbindeleitungen zwischen der dezentralen Gastherme und den Heizkörpern und den Warmwasser-Stichleitungen zwischen Warmwasserspeicher und den Zapfstellen. Es gibt keine zentrale Wärmebereitstellung und aus diesem Grund auch kein Heizungs- und Warmwasserverteilsystem in den Allgemeinbereichen außerhalb der Wohnung. Des Weiteren gibt es keine mechanische Lüftungsanlage.

Innerhalb der Wohnung ist ausreichend Platz für eine dezentrale Wärmebereitstellung für Heizung und Warmwasser vorhanden, da in der Bestandssituation bereits eine dezentrale Gastherme im Abstellraum installiert ist. Bei Einsatz einer kontrollierten Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung lässt sich ein dezentrales Lüftungsgerät in einer abgehängten Decke im Gangbereich und WC unterbringen. Die Zu- und Abluftkanäle können ebenfalls in dieser abgehängten Decke geführt werden, da der Gangbereich ziemlich zentral zwischen den Zu- und Abluftträumen positioniert ist. Bei Einsatz eines dezentralen Lüftungsgeräts können die Außen- und Fortluftkanäle in der abgehängten Decke zur Fassade geführt werden. Bei Einsatz einer Abluftanlage können die Nachströmöffnungen in Mauerdurchbrüchen in der Fassade und die Abluftventilatoren in der Küche, im Bad und WC installiert werden. Die Abluftkanäle können in der abgehängten Decke zur Fassade geführt werden.

In den Allgemeinbereichen außerhalb der Wohnung ist nicht ausreichend Platz für die Lüftungskanäle sowie das Wärmeverteilsystem für Heizung und Warmwasser verfügbar, da das bestehende Stiegenhaus zu klein dimensioniert ist. Aus diesem Grund können die Zu- und Abluftkanäle sowie die Wärmeverteilung von Heizung und Warmwasser nur in der Dämmebene der neuen thermischen Gebäudehülle geführt werden, sofern eine zentrales Lüftungsgerät bzw. eine zentrale Wärmebereitstellung eingesetzt werden soll. Ein zentrales Lüftungsgerät lässt sich in diesem Beispiel im unbeheizten Dachraum installieren. Die Außen- und Fortluftkanäle sowie die Zu- und Abluftkanäle können von dort in die Fassade geführt werden. Ein zentraler Wärmeerzeuger und Wärmespeicher lässt sich durch Umnutzung eines Kellerraums unterbringen.

¹⁵ Zwischen Wohnung und Stiegenhaus bedeutet, dass das System in der Zwischenwand zwischen Wohnung und Stiegenhaus installiert wird.

5.8.3. Gebäudetechnische Lösungen zur hocheffizienten Gebäudesanierung

In Abhängigkeit des bestehenden Gebäudetechniksystems und die Platzverfügbarkeit im Gebäude können verschiedene gebäudetechnische Lösungen zur hocheffizienten Gebäudesanierung umgesetzt werden.

Eine zentrale Lösung kann dann eingesetzt werden, wenn bereits ein zentrales System für die jeweilige Anwendung im Gebäude installiert ist und weiterverwendet werden kann oder ausreichend Platz für die Installation eines solchen Systems im Keller oder Dachboden zur Verfügung steht. Die Verteilung erfolgt vorzugsweise über das Stiegenhaus, außer es ist nicht ausreichend Platz dafür vorhanden. In diesem Fall kann die Verteilung über die Fassade, genauer gesagt in der Dämmebene der neuen thermischen Gebäudehülle, erfolgen.

Auf eine dezentrale Lösung kann dann zurückgegriffen werden, wenn bereits ein dezentrales System für die jeweilige Anwendung im Gebäude installiert ist und weiterverwendet werden kann oder nicht ausreichend Platz für ein zentrales System im Keller oder Dachboden zur Verfügung steht. In diesem Fall kann das System je nach Platzverfügbarkeit entweder in der Wohnung, in der Zwischenwand zwischen Wohnung und Stiegenhaus oder in der Dämmebene der neuen thermischen Gebäudehülle installiert werden. Die Installation zwischen Wohnung und Stiegenhaus hat den Vorteil, dass alle Wartungsarbeiten an den dezentralen Geräten vom Stiegenhaus ausgeführt werden können und die Wohnung nicht betreten werden muss. Dasselbe gilt auch für die Installation in der Fassade, wobei hier üblicherweise auf eine Arbeitsbühne zurückgegriffen werden muss, um alle dezentralen Geräte in der Fassade zu erreichen, sofern das Gebäude nicht über eine Laubengangerschließung verfügt.

Wenn eine zentrale Wärmebereitstellungslösung angestrebt wird, dann sind in der Matrix folgende Wärmeerzeuger für Heizung und Warmwasser sowohl in der kombinierten als auch getrennten Ausführung möglich, sofern nicht das Bestandssystem weiterverwendet wird.

- Gas-Kessel
- Pellet-Kessel
- Fernwärmeanschluss
- Luft-Wärmepumpe
- Sole-Wärmepumpe

Soll eine dezentrale Wärmebereitstellungslösung umgesetzt werden, dann sind folgende Wärmeerzeuger für Heizung und Warmwasser in kombinierter oder getrennter Ausführung möglich, sofern nicht das Bestandssystem weiterverwendet wird.

- **Kombinierte Ausführung**
 - Heizung und Warmwasser
 - Gastherme
 - Pelletofen
 - Luft-Wärmepumpe

- **Getrennte Ausführung**
 - Heizung
 - Gasterme
 - Pelletofen
 - Luft-Wärmepumpe
 - Stromheizung
 - Warmwasser
 - E-Boiler
 - Wärmepumpenboiler

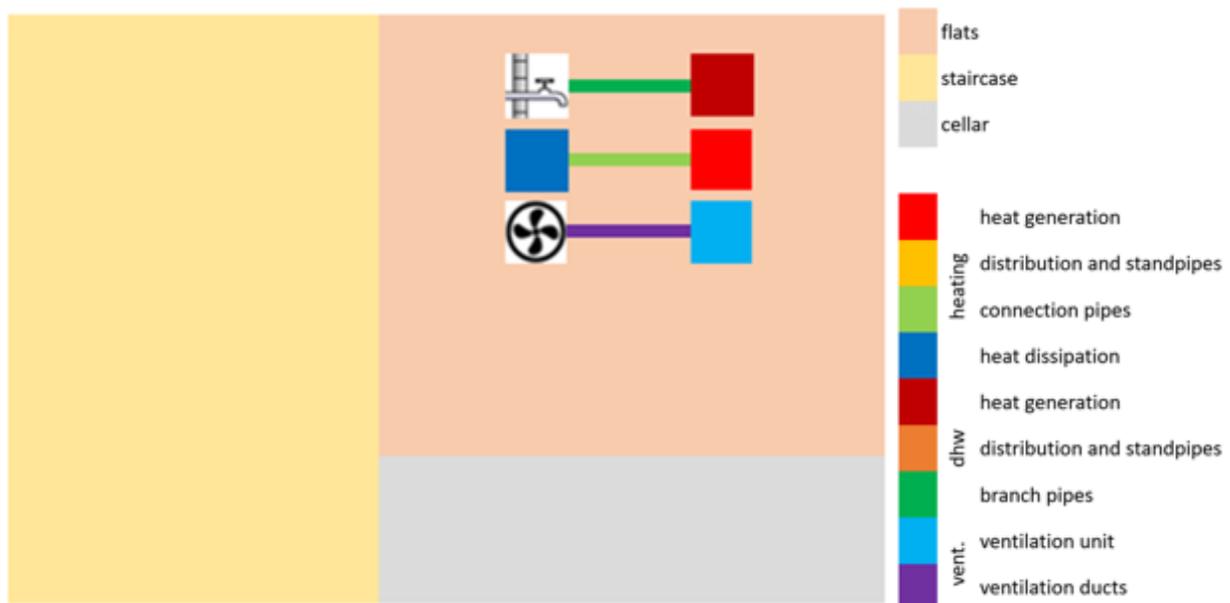
Für die Lüftungskanäle, die Verteil- und Steigleitungen, das Wärmeabgabesystem, die Heizungs-Anbindeleitungen und Warmwasser-Stichleitungen lässt sich in der Matrix jeweils getrennt auswählen, ob diese Komponenten neu installiert werden oder ob das Bestandssystem weiterverwendet wird, sofern diese in der Bestandssituation bereits vorhanden sind und kein Ersatz notwendig ist. Wird das Wärmeabgabesystem neu installiert, dann kann ausgewählt werden, ob es sich dabei um Heizkörper oder eine Fußbodenheizung handelt.

Gebäudetechnische Lösungen am Beispiel von Referenzgebäude A

Für das Referenzgebäude A sind beispielhaft die folgenden drei Sanierungsvarianten ausgewählt, welche aufgrund des bestehenden Gebäudetechniksystems und der Platzverfügbarkeit sinnvoll umgesetzt werden können. In Abbildung 7 ist beispielhaft das Gebäudetechnikschema der Sanierungsvariante Enerphit Dezentral dargestellt. Für die beiden anderen Sanierungsvarianten sind die Gebäudetechnikschemas im Anhang (Abbildung 42 und Abbildung 43).

- **Sanierungsvariante OIB f_{GEE} Dezentral:** Sanierungsstandard OIB f_{GEE} mit dezentraler Wärmebereitstellung für Heizung und Warmwasser und Abluftanlage in der Wohnung
- **Sanierungsvariante Enerphit Dezentral:** Sanierungsstandard Enerphit mit dezentraler Wärmebereitstellung für Heizung und Warmwasser und dezentraler Lüftungsanlage in der Wohnung
- **Sanierungsvariante Enerphit Zentral:** Sanierungsstandard Enerphit mit zentraler Wärmebereitstellung für Heizung und Warmwasser und zentraler Lüftungsanlage mit Verteilung in der Fassade

Abbildung 7: Gebäudetechnikschema Sanierungsvariante Enerphit Dezentral



Eingriffsmatrix

Die Eingriffsmatrix ermöglicht den Planenden eine erste Abschätzung zur Eingriffstiefe von verschiedenen gebäudetechnischen Lösungen zur hocheffizienten Gebäudesanierung. Die Matrix zeigt für jede gebäudetechnische Lösung, welche Eingriffstiefe (kein, geringer oder starker Eingriff) die dafür benötigten gebäudetechnischen Komponenten erfordern, sowohl innerhalb der Wohnung als auch in den Allgemeinbereichen außerhalb der Wohnung.

Eingriffsmatrix am Beispiel von Referenzgebäude A

Abbildung 8 zeigt beispielhaft die Eingriffsmatrix der Sanierungsvariante Enerphit Dezentral von Referenzgebäude A. Für die beiden anderen Sanierungsvarianten sind die Eingriffsmatrizen im Anhang (Abbildung 44 und Abbildung 45). Es ist klar ersichtlich, dass bei den beiden dezentralen Sanierungsvarianten im Vergleich zur zentralen Sanierungsvariante ein wesentlich stärkerer Eingriff innerhalb der Wohnung erforderlich ist. Die zentrale Sanierungsvariante erfordert umgekehrt jedoch einen wesentlich stärkeren Eingriff im Allgemeinbereich.

Abbildung 8: Eingriffsmatrix Sanierungsvariante Enerphit Dezentral

		Kein Eingriff	Geringer Eingriff	Starker Eingriff	
Innerhalb der Wohnung	Heizung	Wärmebereitstellung		Einbau von neuer, dezentraler Wärmebereitstellung in der Wohnung	
		Anbindeleitungen		Verbindung zwischen vorhandenen Anbindeleitungen und neuer, dezentraler Wärmebereitstellung	
		Wärmeabgabesystem	Weitere Nutzung des vorhandenen Wärmeabgabesystems 45/35 °C		
	WWV	Wärmebereitstellung			Einbau von neuer, dezentraler Wärmebereitstellung in der Wohnung kombiniert mit Heizung
		Stichleitungen		Verbindung zwischen vorhandenen Stichleitungen und neuer, dezentraler Wärmebereitstellung	
	Lüftung	Lüftungsgerät			Einbau von neuem, dezentralen Lüftungsgerät in der Wohnung
Lüftungskanäle				Einbau von neuen Lüftungskanälen in der Wohnung	
Allgemeinbereiche	Heizung	Wärmebereitstellung	Dezentrale Wärmebereitstellung		
		Verteil- und Steigleitungen	Keine Verteil- und Steigleitungen benötigt		
	WWV	Wärmebereitstellung	Dezentrale Wärmebereitstellung kombiniert mit Heizung		
		Verteil- und Steigleitungen	Keine Verteil- und Steigleitungen benötigt		
	Lüftung	Lüftungsgerät	Dezentrales Lüftungsgerät		
		Lüftungskanäle	Keine Lüftungskanäle benötigt		

Sofern das bestehende Wärmeabgabesystem weiterverwendet wird, gibt die Eingriffsmatrix die mögliche Vor- und Rücklauftemperatur an, die aufgrund der thermischen Sanierung und der daraus resultierenden geringeren Heizlast ausreichend ist. Nachfolgend ist beschrieben wie diese geringere Vor- und Rücklauftemperatur abgeschätzt werden kann.

Die nachfolgende Tabelle 13 zeigt mögliche Vor- (ϑ_V) und Rücklauftemperaturen (ϑ_R) von einem Wärmeabgabesystem mit Heizkörper. Die erste Zeile entspricht der Bestandssituation des Referenzgebäudes. Dafür wurde als Innentemperatur (ϑ_i) die mittlere Raumtemperatur des Referenzgebäudes aus der Kalibrierungsberechnung angesetzt. Die Heizmittelübertemperatur ($\Delta\vartheta$) ergibt sich mit folgender Formel: $\Delta\vartheta = \frac{\vartheta_V + \vartheta_R}{2} - \vartheta_i$. Der Heizkörperexponent n wurde mit 1,3 angesetzt. Das Verhältnis $Q_{H,N}/Q_H$ gibt an welcher Anteil der Wärmeabgabeleistung der Bestandssituation ($Q_H, \Delta\vartheta$) bei niedrigeren Systemtemperaturen ($Q_{H,N}, \Delta\vartheta_N$) noch erbracht werden kann und ergibt sich mit folgender Formel: $\frac{Q_{H,N}}{Q_H} = \left(\frac{\Delta\vartheta_N}{\Delta\vartheta}\right)^n$

Tabelle 13: Reduktion der Wärmeabgabeleistung von Heizkörpern in Abhängigkeit der Vor- und Rücklauftemperaturen

ϑ_V	ϑ_R	ϑ_i	$\Delta\vartheta$	n	$Q_{H,N}/Q_H$
°C	°C	°C	K	-	-
70	55	18,8	43,7	1,3	1,00
65	55	22	38	1,3	0,83
60	50	22	33	1,3	0,69
55	45	22	28	1,3	0,56
50	40	22	23	1,3	0,43
45	35	22	18	1,3	0,32

Indem das Verhältnis aus der abgeschätzten Gebäudeheizlast nach der Gebäudesanierung (Kapitel 5.8.1) und der Heizlast der Bestandssituation (Tabelle 11) gebildet wird, kann mithilfe von Tabelle 13 die dafür noch ausreichende Vor- und Rücklauftemperatur abgelesen werden: Minimale Abweichung des ermittelten Heizlast-Verhältnis zu $Q_{H,N}/Q_H$ -Wert der Tabelle.

Wie in den Eingriffsmatrizen ersichtlich, ergibt sich dadurch für die Sanierungsvariante OIB f_{GEE} eine Vor- und Rücklauftemperatur von 55/45 °C und für die Sanierungsvarianten Enerphit Dezentral und Enerphit Zentral 45/35 °C.

5.8.4. Investitionskostenmatrix

Im folgenden Abschnitt sind die spezifischen Basiskosten angegeben, welche für die Kostenabschätzung der gebäudetechnischen Lösungen in der Investitionskostenmatrix verwendet werden. Die Kosten in Tabelle 14 sind unabhängig von der Heizlast des Gebäudes. Die Kosten in Tabelle 15 sind ein Von-Bis-Bereich, die für den angegebenen Von-Bis-Heizlastbereich gelten. Ausgenommen sind die Basiskosten für die Stromheizung, die als spezifische Kosten in Abhängigkeit der spezifischen Gebäudeheizlast angegeben sind.

Die Kosten stammen aus den Forschungsprojekten „KliNaWo“ und „Wolfurt Lerchenstraße“.^{16 17} Die angegebenen Kosten des Forschungsprojekts KliNaWo sind aus dem Jahr 2015 und beim Forschungsprojekt Wolfurt Lerchenstraße aus dem Jahr 2018. Die gesamten Kosten werden für die Verwendung in der Investitionskostenmatrix mit den folgenden Baupreisindizes der Statistik Austria auf das Jahr 2020 angepasst [13]. Zusätzlich wird ein Sanierungszuschlag von 15% berücksichtigt, welcher der Kostenoptimalitätsstudie von Luxemburg entnommen ist [14].

- Baupreisindex Jahr 2015: 146,2

¹⁶ Energieinstitut Vorarlberg (2015) Forschungsprojekt KliNaWo

¹⁷ Energieinstitut Vorarlberg (2018) Forschungsprojekt Wolfurt Lerchenstraße

- Baupreisindex Jahr 2018: 158,8
- Baupreisindex Jahr 2020: 169,3

Tabelle 14: Spezifische Basiskosten unabhängig von Gebäudeheizlast aus Forschungsprojekt KliNaWo (#1-17) bzw. Forschungsprojekt Wolfurt Lerchenstraße (#18-19)

#	Komponente	Spezifische Basiskosten
1	Wärmeabgabe: Neuer Estrich + Dampfsperre + Trittschalldämmung + Dämmschüttung für FBH	+40,2 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
2	Wärmeabgabe: Neuer Parkettboden für FBH	43,2 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
3	Wärmeabgabe: Neue Anbindeleitungen für FBH	1,3 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
4	Wärmeabgabe: Neue Anbindeleitungen für Heizkörper	10,2 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
5	Wärmeverteilung: Verteil- und Steigleitungen Heizung (Vor- und Rücklauf)	14,5 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
6	Wärmeverteilung: Verteil- und Steigleitungen Warmwasser (Vor- und Zirkulationsrücklauf)	8,9 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
7	Wärmeverteilung: Sticleitungen Warmwasser	26,9 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
8	Wärmeerzeugung: Fernwärme-Übergabestation	16,6 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
9	Wärmeerzeugung: Gas-Kessel	22,7 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
10	Wärmespeicherung: Kombispeicher für Gas-Kessel, Luft- bzw. Sole-Wärmepumpe	6,0 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
11	Wärmespeicherung: Kombispeicher für Pellet-Kessel	7,8 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
12	Abluftanlage: Abluftventilatoren	7,1 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
13	Abluftanlage: Nachstromöffnungen	7,9 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
14	Abluftanlage: Abluftkanäle	12,3 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
15	Lüftungsanlage: Lüftungsgerät	24,2 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
16	Lüftungsanlage: Geräte zur Regelung von Zuluft- und Abluft-Volumenstrom je Wohnung	20,9 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
17	Lüftungsanlage: Zu- und Abluftkanäle	53,7 € Netto/m ² _{WNF} (2015)
18	Wärmeerzeugung: E-Boiler	1.100 € Netto/Wohneinheit (2018)
19	Wärmeerzeugung: WP-Boiler	1.650 € Netto/Wohneinheit (2018)

Tabelle 15: Spezifische Basiskosten abhängig von Gebäudeheizlast aus Forschungsprojekt KliNaWo (#20-25) bzw. Forschungsprojekt Wolfurt Lerchenstraße (#26)

#	Komponente	Spezifische Basiskosten	Heizlastbereich
20	Wärmeabgabe: Neue Fußbodenheizung	26,9 – 29,8 € Netto/m ² _{WNF} (2015)	13,6 – 21,8 W/m ² _{WNF}
21	Wärmeabgabe: Ersatz-Heizkörper	20,1 – 23,2 € Netto/m ² _{WNF} (2015)	13,6 – 21,8 W/m ² _{WNF}
22	Wärmeerzeugung: Sole-Wärmepumpe	38,4 – 40,9 € Netto/m ² _{WNF} (2015)	13,6 – 21,8 W/m ² _{WNF}
23	Wärmeerzeugung: Erdsondenanlage für Sole-Wärmepumpe	35,6 – 45,7 € Netto/m ² _{WNF} (2015)	13,6 – 21,8 W/m ² _{WNF}
24	Wärmeerzeugung: Luft-Wärmepumpe	41,2 – 43,7 € Netto/m ² _{WNF} (2015)	13,6 – 21,8 W/m ² _{WNF}
25	Wärmeerzeugung: Pellet-Kessel	29,2 – 30,9 € Netto/m ² _{WNF} (2015)	13,6 – 21,8 W/m ² _{WNF}
26	Wärmeerzeugung: Stromheizung	1,89 € Netto/(W/m ² _{WNF}) (2018)	-

Die spezifischen Kosten der dezentralen Komponenten werden mithilfe von Kostenfaktoren aus den spezifischen Basiskosten der zentralen Ausführung ermittelt. Die Kostenfaktoren sind entweder abhängig von der Heizleistung oder dem Volumenstrom. In der nachfolgenden Tabelle 16 sind für die einzelnen dezentralen Komponenten die Werte für die Berechnung der Kostenfaktoren angegeben. Die angegebenen Werte sind der Kostenoptimalitätsstudie von Luxemburg entnommen.

Tabelle 16: Werte zur Berechnung der Kostenfaktoren je nach Komponente

Komponente	Bezugsgröße	Fixwert	Potenz	Minimalwert	Maximalwert
Gastherme dezentral	Heizleistung in kW	1.092	-0,480	61	508
Luft-Wärmepumpe dezentral	Heizleistung in kW	2.538	-0,280	605	1.607
Pelletofen dezentral	Heizleistung in kW	4.134	-0,440	191	2.024
Lüftungsgerät dezentral	Volumenstrom in m ³ /h	182,5	-0,290	10,8	43,5

Kostenfaktor für dezentrale Gastherme oder Pelletofen

Der Kostenfaktor für eine dezentrale Gastherme oder einen Pelletofen lässt sich mit nachfolgender Formel aus den Gebäudekennwerten und den Werten aus Tabelle 16 ermitteln.

$f_{\dot{Q}}$ = Kostenfaktor Heizleistung [-]

FW = Fixwert [€]

A_{WNF} = Wohnnutzfläche Gebäude [m²_{WNF}]

WE = Anzahl Wohneinheiten [-]

n = Potenz [-]

min = Minimalwert [€/kW bzw. €/(m³/h)]

max = Maximalwert [€/kW bzw. €/(m³/h)]

\dot{q} = spezifische Heizlast Gebäude [W/m²_{WNF}]

$$min \leq FW \times \left(\frac{A_{WNF} \times \dot{q}}{WE \times 1.000} \right)^n \leq max$$
$$f_{\dot{q}} = \frac{min \leq FW \times \left(\frac{A_{WNF} \times \dot{q}}{WE \times 1.000} \right)^n \leq max}{min \leq FW \times \left(\frac{A_{WNF} \times \dot{q}}{1.000} \right)^n \leq max}$$

Kostenfaktor für dezentrale Luft-Wärmepumpe

Der Kostenfaktor für eine dezentrale Gastherme oder einen Pelletofen lässt sich mit nachfolgender Formel aus den Gebäudekennwerten und den Werten aus Tabelle 16 ermitteln. In dieser Formel wird zusätzlich der Leistungsbedarf für die Warmwasserbereitung berücksichtigt, welcher bezogen auf die Anzahl Wohneinheiten bei der zentralen Ausführung aufgrund der Gleichzeitigkeit geringer ausfallen kann als bei der dezentralen Ausführung. Der Gleichzeitigkeitsfaktor ist von der VDI 2072 übernommen.¹⁸

$\dot{q}_{WW/WE} = 3 \text{ kW}$ = spezifische Warmwasserheizlast pro WE [kW]

$f_{GZK} = 0,03 + \frac{0,5}{\sqrt{WE}} + \frac{0,47}{WE}$ = Gleichzeitigkeitsfaktor [-]

$f_{\dot{q}}$

$$WE \times \left(\frac{A_{WNF} \times \dot{q}}{WE \times 1.000} + \dot{q}_{WW/WE} \right) \times \left(min \leq FW \times \left(\frac{A_{WNF} \times \dot{q}}{WE \times 1.000} + \dot{q}_{WW/WE} \right)^n \leq max \right)$$
$$= \frac{\left(\frac{A_{WNF} \times \dot{q}}{1.000} + \dot{q}_{WW/WE} \times WE \times f_{GZK} \right) \times \left(min \leq FW \times \left(\frac{A_{WNF} \times \dot{q}}{1.000} + \dot{q}_{WW/WE} \times WE \times f_{GZK} \right)^n \leq max \right)}{\left(\frac{A_{WNF} \times \dot{q}}{1.000} + \dot{q}_{WW/WE} \times WE \times f_{GZK} \right) \times \left(min \leq FW \times \left(\frac{A_{WNF} \times \dot{q}}{1.000} + \dot{q}_{WW/WE} \times WE \times f_{GZK} \right)^n \leq max \right)}$$

Kostenfaktor für dezentrales Lüftungsgerät

Der Kostenfaktor für ein dezentrales Lüftungsgerät lässt sich mit nachfolgender Formel aus den Gebäudekennwerten und den Werten aus Tabelle 16 ermitteln.

$f_{\dot{V}}$ = Kostenfaktor Volumenstrom [-]

WE = Anzahl Wohneinheiten [-]

$$f_{\dot{V}} = \frac{min \leq FW \times \left(\frac{A_{WNF}}{WE} \times 2,5 \text{ m} \times 0,3 \frac{1}{h} \right)^n \leq max}{min \leq FW \times \left(A_{WNF} \times 2,5 \text{ m} \times 0,3 \frac{1}{h} \right)^n \leq max}$$

¹⁸ Verein Deutscher Ingenieure (2019) VDI 2072 November 2019 – Wärmeübergabestation mit Wasser-Wasser-Wärmeübertrager für Durchfluss-Trinkwassererwärmung/Raumwärmeversorgung

Investitionskostenmatrix am Beispiel von Referenzgebäude A

In Tabelle 29 und Tabelle 30 im Anhang sind die beispielhaften Komponentenkosten für das Referenzgebäude A dargestellt. Die angegebenen spezifischen Kosten sind Nettokosten für das Jahr 2020 in € Netto/m²_{WNF}. Die Kosten in Tabelle 30 sind ein Von-Bis-Bereich, die für den angegebenen Von-Bis-Heizlastbereich gelten (Sanierungsstandard Enerphit bis OIB f_{GEE}).

Abbildung 9 zeigt beispielhaft die Investitionskostenmatrix für die Sanierungsvariante Enerphit Dezentral von Referenzgebäude A. Für die beiden anderen Sanierungsvarianten sind die Investitionskostenmatrizen im Anhang (Abbildung 46 und Abbildung 47). Der Aufbau ist gleich wie bei der Eingriffsmatrix, anstatt den beschreibenden Texten sind nun jedoch die einzelnen Komponentenkosten angegeben. Es handelt sich dabei um Nettokosten, die auf das Jahr 2020 indexangepasst sind.

Abbildung 9: Investitionskostenmatrix Sanierungsvariante Enerphit Dezentral

		Kein Eingriff	Geringer Eingriff	Starker Eingriff	Summe
	Wärmebereitstellung			€ 112.600	€ 112.600
	Anbindeleitungen		€ 0		
Heizung	Wärmeabgabesystem	€ 0			€ 0
	Wärmebereitstellung			€ 0	
Ww	Stichleitungen		€ 0		€ 0
	Wärmeabgabesystem				
Innerhalb der Wohnung	Lüftungsgerät			€ 27.300	€ 65.700
	Lüftungskanäle			€ 38.400	
Heizung	Wärmebereitstellung	€ 0			€ 0
	Verteil- und Steigleitungen	€ 0			
Ww	Wärmebereitstellung	€ 0			€ 0
	Verteil- und Steigleitungen	€ 0			
Allgemeinbereiche	Lüftungsgerät	€ 0			€ 0
	Lüftungskanäle	€ 0			
					€ 178.300

5.8.5. Wartungskostenmatrix

In der folgenden Tabelle 17 ist der jährliche Aufwand für Instandsetzung, Wartung und Inspektion für die verschiedenen technischen Komponenten als Prozentsatz der Investitionskosten angegeben. Die Werte sind dem Anhang der VDI 2067 entnommen [15]. Der erste Wert ist der Faktor für Instandsetzung, der Zweite für Wartung und Inspektion.

Tabelle 17: Jährlicher Aufwand für Instandsetzung, Wartung und Inspektion nach VDI 2067

Komponente	Bezeichnung VDI 2067	Aufwand
Wärmeerzeugung: Fernwärme-Übergabestation	Hausübergabestation bei Fernwärme mit indirektem Anschluss	2% + 1%
Wärmeerzeugung: Gas-Kessel	Gas-Brennwertkessel, bodenstehend, unter 200 kW	1% + 1,5%

Wärmeerzeugung: Gastherme dezentral	Gas-Brennwertkessel, wandhängend, unter 100 kW	1,5% + 1,5%
Wärmeerzeugung: Luft-Wärmepumpe	Luft/Wasser (Elektro)	1% + 1,5%
Wärmeerzeugung: Luft-Wärmepumpe dezentral	Analog zu Gas-Brennwertkessel, wandhängend, unter 100 kW	1,5% + 1,5%
Wärmeerzeugung: Sole-Wärmepumpe	Sole/Wasser, Wasser/Wasser (Elektro)	1% + 1,5%
Wärmeerzeugung: Pellet-Kessel	Holzpellet-Heizkessel	3% + 3%
Wärmeerzeugung: Pelletofen dezentral	Holzpellet-Heizkessel	3% + 3%
Wärmeerzeugung: Stromheizung	Elektrisches Direktheizgerät, fest eingebaut	1% + 0%
Wärmeerzeugung: E-Boiler	Elektrischer geschlossener Speicher	2% + 1%
Wärmeerzeugung: WP-Boiler	Speicher-Wassererwärmer mit Fremderwärmung	2% + 1%
Abluftanlage: Abluftventilatoren	Ventilator Kanaleinbau	2% + 5%
Abluftanlage: Nachströmöffnungen	Luftdurchlass	0% + 1%
Abluftanlage: Abluftkanäle	Luftführung/Luftkanäle	0% + 2%
Lüftungsanlage: Lüftungsgerät	Ventilator, radial	1% + 3%
Lüftungsanlage: Lüftungsgerät dezentral	Ventilator, radial	1% + 3%
Lüftungsanlage: Geräte zur Regelung von Zuluft- und Abluft-Volumenstrom je Wohnung	Luftführung/Luftkanäle	0% + 2%
Lüftungsanlage: Zu- und Abluftkanäle	Luftführung/Luftkanäle	0% + 2%

Wartungskostenmatrix am Beispiel von Referenzgebäude A

Abbildung 10 zeigt beispielhaft die Wartungskostenmatrix für die Sanierungsvariante Enerphit Dezentral von Referenzgebäude A. Für die beiden anderen Sanierungsvarianten sind die Wartungskostenmatrizen im Anhang (Abbildung 48 und Abbildung 49: Wartungskostenmatrix Sanierungsvariante Enerphit Zentral/Abbildung 49). Der Aufbau ist gleich wie bei der Eingriffsmatrix. Die jährlichen Wartungskosten, die in der Matrix für jede der Komponenten angegeben ist, ergibt sich aus dem passenden Prozentsatz aus Tabelle 17 und den Investitionskosten der jeweiligen Komponenten.

Abbildung 10: Wartungskostenmatrix Sanierungsvariante Enerphit Dezentral

		Kein Eingriff	Geringer Eingriff	Starker Eingriff	Summe
Heizung	Wärmebereitstellung			€/a 3.380	€/a 3.380
	Anbindeleitungen		€/a 0		
Heizung	Wärmeabgabesystem	€/a 0			€/a 0
	Wärmebereitstellung			€/a 0	
ww	Stichleitungen		€/a 0		€/a 0
	Lüftungsgerät			€/a 1.090	
Innerhalb der Wohnung Lüftung	Lüftungsgeräte			€/a 1.090	€/a 1.860
	Lüftungskanäle			€/a 770	
Heizung	Wärmebereitstellung	€/a 0			€/a 0
	Verteil- und Steigleitungen	€/a 0			
ww	Wärmebereitstellung	€/a 0			€/a 0
	Verteil- und Steigleitungen	€/a 0			
Außerhalb der Wohnung Lüftung	Lüftungsgerät	€/a 0			€/a 0
	Lüftungskanäle	€/a 0			
					€/a 5.240

5.8.6. Ausfallwahrscheinlichkeitsmatrix

Die Ausfallwahrscheinlichkeit und die Kosten bei Ausfall werden nur für aktive gebäudetechnische Komponenten ermittelt, wohingegen passive Komponenten, wie beispielsweise Rohrleitungen oder Lüftungskanäle, nicht berücksichtigt werden. Die Ausfallwahrscheinlichkeit einer einzelnen aktiven Komponente wird im Hinblick auf die beiden genannten Quellen mit 10% angenommen [16, 17]. Die Wahrscheinlichkeit, dass bei mehreren dezentralen Geräten mindestens eines der Geräte ausfällt, berechnet sich mit folgender Formel:

$$P = \text{Ausfallwahrscheinlichkeit [\%]}$$

$$n = \text{Anzahl Geräte [-]}$$

$$P = 1 - (1 - 10\%)^n$$

Ausfallwahrscheinlichkeitsmatrix am Beispiel von Referenzgebäude A

Abbildung 11 zeigt beispielhaft die Ausfallwahrscheinlichkeitsmatrix für die Sanierungsvariante Enerphit Dezentral von Referenzgebäude A. Für die beiden anderen Sanierungsvarianten sind die Ausfallwahrscheinlichkeitsmatrizen im Anhang (Abbildung 50 und Abbildung 51). Der Aufbau ist gleich wie bei der Eingriffsmatrix. Die Ausfallwahrscheinlichkeit und die Kosten bei Ausfall sind in der Matrix für jede Komponente angegeben. Die Kosten bei Ausfall entsprechen den Investitionskosten der jeweiligen Komponente. Als Summenwert wird das Produkt aus Ausfallwahrscheinlichkeit und Kosten bei Ausfall ausgewiesen.

Es ist klar ersichtlich, dass die beiden dezentralen Sanierungsvarianten im Vergleich zur zentralen Sanierungsvariante eine wesentlich höhere Wahrscheinlichkeit haben, dass zumindest eine der installierten Geräte vor Ende der Lebenszeit ausfällt. Die zentrale Sanierungsvariante hat umgekehrt eine viel geringere Wahrscheinlichkeit, dass die zentrale Komponente ausfällt. Die Kosten bei Ausfall der zentralen Komponente fällt jedoch wesentlich höher aus als die Kosten bei Ausfall von einem der dezentralen Geräte.

Abbildung 11: Ausfallwahrscheinlichkeitsmatrix Sanierungsvariante Enerphit Dezentral

		Kein Eingriff		Geringer Eingriff		Starker Eingriff		Summe
		Ausfallwahrscheinlichkeit	Kosten bei Ausfall	Ausfallwahrscheinlichkeit	Kosten bei Ausfall	Ausfallwahrscheinlichkeit	Kosten bei Ausfall	
Heizung	Wärmebereitstellung					71,8%	€ 9.380	€ 6.731
	Anbindeleitungen			0,0%	€ 0			
ww	Wärmeabgabesystem	0,0%	€ 0					€ 0
	Wärmebereitstellung					0,0%	€ 0	
Innerhalb der Wohnung	Stichleitungen			0,0%	€ 0			€ 1.636
	Lüftungsgerät					71,8%	€ 2.280	
Lüftung	Lüftungskanäle					0,0%	€ 0	€ 0
	Wärmebereitstellung	0,0%	€ 0					
Heizung	Verteil- und Steigleitungen	0,0%	€ 0					€ 0
	Wärmebereitstellung	0,0%	€ 0					
ww	Verteil- und Steigleitungen	0,0%	€ 0					€ 0
	Wärmebereitstellung	0,0%	€ 0					
Allgemeinbereiche	Lüftungsgerät	0,0%	€ 0					€ 0
	Lüftungskanäle	0,0%	€ 0					

€ 8.367

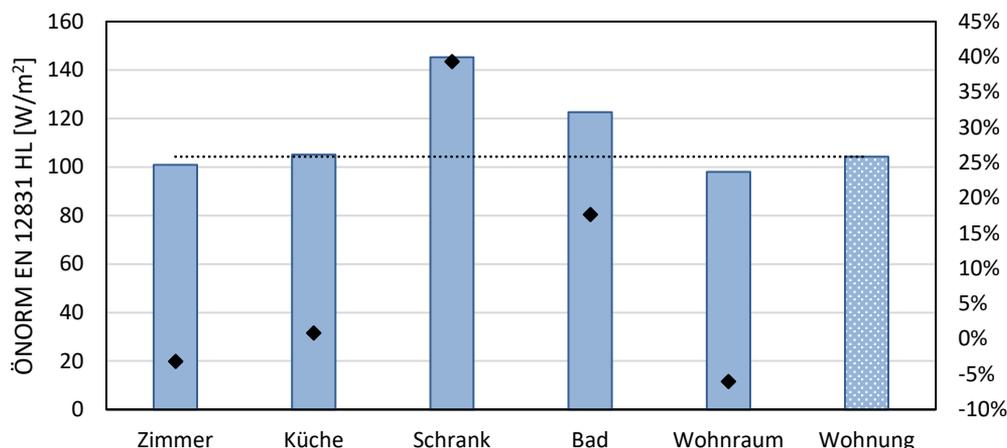
5.9. Energetische Bilanzierung und Dimensionierung von Haustechnikkonzepten

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie die energetische Bilanzierung der Beispielgebäude/-wohnungen sowie die Leistungsdimensionierung der Wärmepumpenlösungen erarbeitet wurden. Diese Berechnungen sollen das energetisch beste Konzept für die Referenzgebäude identifizieren.

5.9.1. Heizwärmebedarf und Heizlast Berechnung

Die Heizleistung für jeden Raum jeder Wohnung im Gebäude B wurde für jeden untersuchten Fall gemäß ÖNORM EN 12831 berechnet. Abbildung 12 zeigt die Heizleistung für Top 1 im Bestand für jeden Raum und die relative Differenz der Heizleistung jedes Raums zur durchschnittlichen Heizleistung der Wohnung. Hieraus wird ersichtlich, dass es für die Dimensionierung der Heizkörper nicht ausreicht, die durchschnittliche Heizleistung der Wohnung zu berechnen, sondern dass es notwendig ist, jeden Raum einzeln zu berechnen.

Abbildung 12: Heizleistung der einzelnen Räume der Wohnung Top 1 des Referenzgebäudes B berechnet nach ÖNORM EN 12831 für den Bestandsfall



Durch die Berechnung der Heizlast im Bestand-Zustand wurden die Heizkörper in jedem Raum anhand der Daten in Tabelle 18 und der folgenden Gleichung dimensioniert.

Tabelle 18: Angaben zur Dimensionierung von Heizkörpern

n [-]	1.3
Q _{Soll} [W]	153
T _v [°C]	70
T _r [°C]	60
T _{Luft} [°C]	20
ΔT _{Soll} [K]	50

$$N_{\text{Heizkörper, Bestand}} = \frac{HL_{\text{Raum}} [W]}{Q_{\text{Soll}} [W] \cdot \left[\frac{T_v + T_r - T_{\text{Luft}}}{\Delta T_{\text{Soll}}} \right]^n} \quad [1]$$

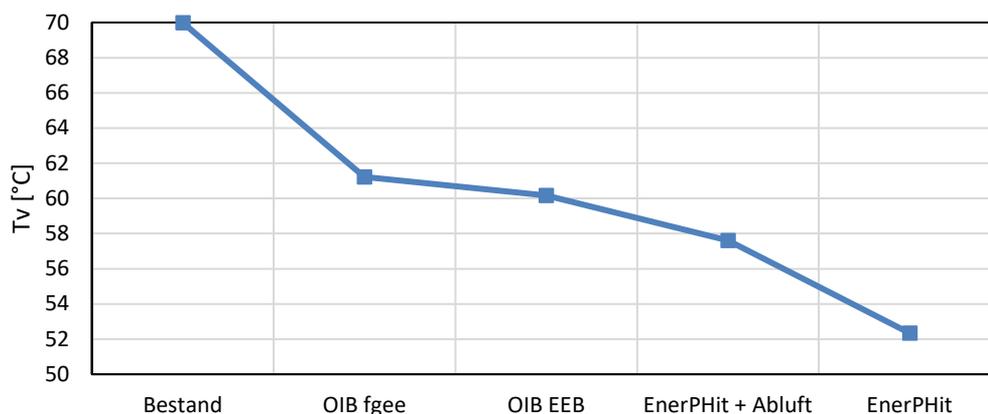
Für jede untersuchte Variante, wurde die Heizkörpergröße konstant gehalten und die erforderliche Heizkörpervorlauftemperatur anhand der folgenden Gleichung neu berechnet.

$$T_v = \left[\frac{HL_{\text{Raum}} [W]}{Q_{\text{Soll}} [W] \cdot N_{\text{Heizkörper, Bestand}}} \right]^{1/n} \cdot \Delta T_{\text{Soll}} + T_{\text{Luft}} + \frac{T_v - T_r}{2} \quad [2]$$

Die Heizlast (HL_{Raum}), die in Gleichung [2] angegeben ist, wurde für jeden Raum in jeder Wohnung für jede betrachtete Renovierungsvariante berechnet und ist im Anhang in Tabelle 28 dargestellt.

Abbildung 13 zeigt die maximale Vorlauftemperatur in den Heizkörper, berechnet für die verschiedenen Sanierungsfälle, die für das Referenzgebäude B berücksichtigt wurden (die Heizkörper wurden gleich gehalten wie im Bestandsfall, siehe Tabelle 18, Gleichung [1] und [2]). Dieser Aspekt ist besonders wichtig, wenn es um die Wirtschaftlichkeit des Einbaus einer Wärmepumpe geht. In diesem Fall hat die Vorlauftemperatur einen starken Einfluss auf die Leistung der Wärmepumpe und wenn die erforderliche Vorlauftemperatur zu hoch ist, wäre ein Kaskadensystem mit erhöhten Kosten und geringerer Leistung erforderlich.

Abbildung 13: Maximale Vorlauftemperatur zu den Heizkörpern, berechnet für die verschiedenen Sanierungsfälle, die für das Referenzgebäude B berücksichtigt wurden



Die Heizlastberechnungen nach ÖNORM EN 12831 wurden mit den PHPP-Ergebnissen für jede Wohnung und jedes Sanierungsniveau des Referenzgebäudes B verglichen und in Abbildung 14 dargestellt. Die mit dem PHPP berechnete Heizleistung ist etwa 40 % niedriger als die nach ÖNORM berechnete. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in der ÖNORM EN 12831-Berechnung strengere Randbedingungen verwendet werden als im PHPP. So werden beispielsweise in der ÖNORM EN 12831 weder interne noch solare Gewinne bei der Berechnung der Heizleistung berücksichtigt, während das PHPP einen Teil dieser Gewinne in Betracht zieht. Außerdem ist die für die Berechnung verwendete Außentemperatur in der ÖNORM EN 12831 niedriger als im PHPP.

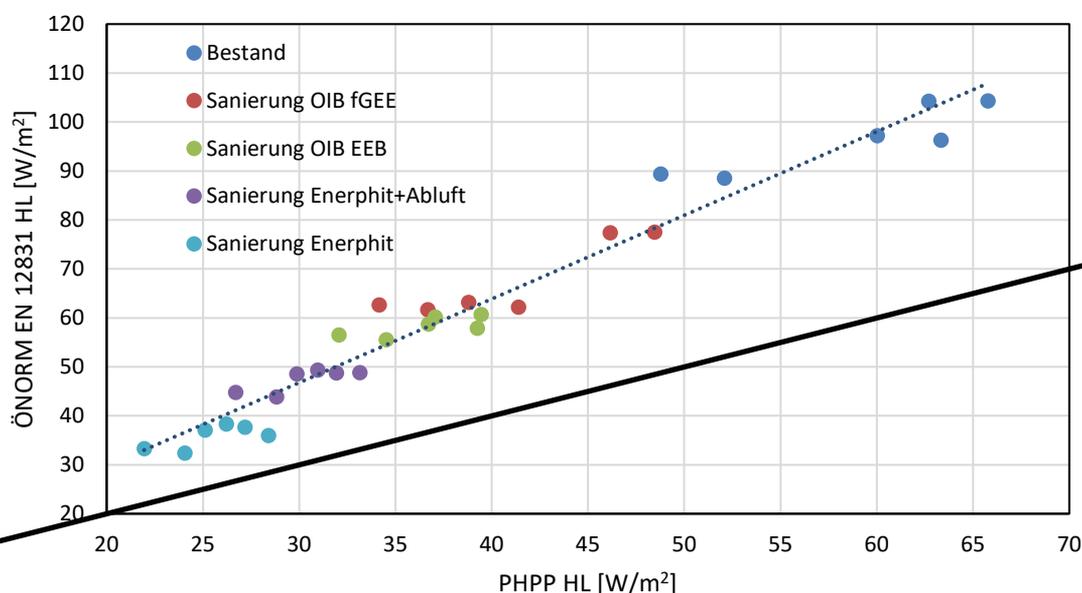
Die Dimensionierung einer Wärmepumpe ist ein komplexes Thema, bei dem verschiedene Aspekte berücksichtigt werden müssen:

- Art des Systems (monovalent bivalent parallel oder bivalent alternativ);
- Art der Wärmepumpe (Inverter oder feste Drehzahl);
- Externe Quelle der Wärmepumpe (Wasser, Erde oder Luft)
- Trägheit der Heizungs- und Warmwasseranlage (Speicher oder Masse des Gebäudes selbst)

Ein Wärmepumpensystem verliert auch an Effizienz, wenn es häufig ein- und ausgeschaltet wird. Dies ist zum Beispiel bei einem überdimensionierten System der Fall.

Um eine Überdimensionierung der Wärmepumpenanlage zu vermeiden, ist es zu empfehlen, die mit dem PHPP berechnete Heizleistung zu verwenden anstatt das ÖNORM EN 12831 -Verfahren. Für die Dimensionierung der Heizkörper ist es jedoch sinnvoll, das ÖNORM EN 12831-Verfahren für jeden Raum des untersuchten Gebäudes anzuwenden.

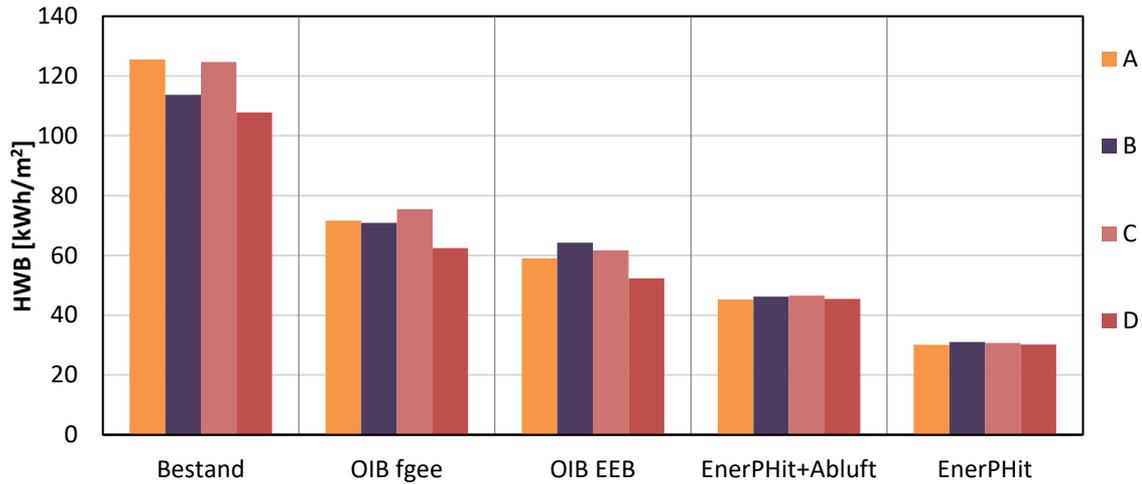
Abbildung 14: Heizleistung berechnet nach ÖNORM EN 12831 und mit PHPP für jede Wohnung im Referenzgebäude B für jeden betrachteten Fall



Für die Dimensionierung einer zentralen Wärmepumpe ist es notwendig, Berechnungen für das gesamte Gebäude durchzuführen. Der Heizwärmebedarf und Heizlast für jedes betrachtete

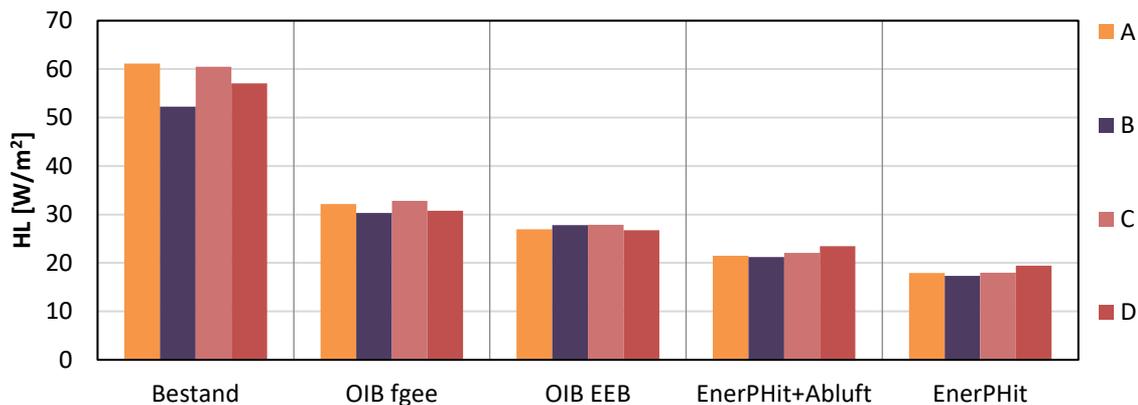
Referenzgebäude und für die verschiedenen Renovierungsschritte wurde mit dem PHPP berechnet und die Ergebnisse sind in den Abbildung 15 und Abbildung 16 dargestellt.

Abbildung 15: Heizwärmebedarf für die Referenzgebäude unter Berücksichtigung der



verschiedenen Sanierungsschritte

Abbildung 16: Heizlast für die Referenzgebäude unter Berücksichtigung der verschiedenen Sanierungsschritte

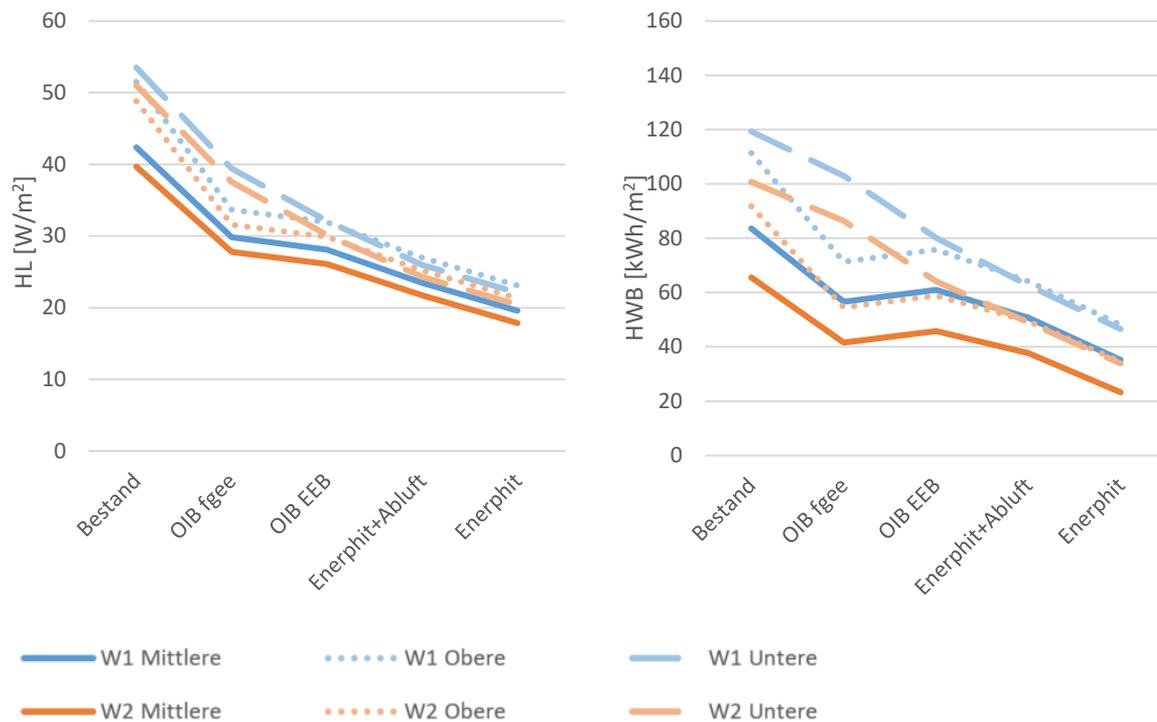


Wenn für jede Wohnung eine dezentrale Wärmepumpe installiert werden soll, muss die Heizleistung für die einzelnen Wohnungen getrennt berechnet werden. Der Heizwärmebedarf und die Heizleistung für Erdgeschoss-, Zwischengeschoss- und Dachgeschosswohnungen aller Referenzgebäude für jeden betrachteten Sanierungsgrad sind für das Gebäude B in Abbildung 17 dargestellt, während die Ergebnisse für die Gebäude A, C und D im Anhang in den Abbildung 52, Abbildung 53 und Abbildung 54 dargestellt sind.

Aus Abbildung 52 ist ersichtlich, dass Wohnungen, auch wenn sie sich im selben Stockwerk befinden, unterschiedliche HWB und HL aufweisen können, da sie eine unterschiedliche Geometrie haben (siehe zum Beispiel Wohnung 1 und 2 im Vergleich zu Wohnung 3 in Tabelle 4). Wohnungen mit der gleichen Geometrie, aber unterschiedlicher Ausrichtung haben einen unterschiedlichen HWB, aber fast die gleiche HL, da solare Gewinne bei der HL-Berechnung weniger Gewicht haben als Lüftungs- und Wärmeübertragungsverluste des Gebäudes (siehe Abbildung 17).

Außerdem weisen zentral gelegene Wohnungen in allen Referenzgebäuden erwartungsgemäß sowohl einen niedrigeren HL- als auch einen niedrigeren HWB-Wert als Wohnungen im Erdgeschoss oder im obersten Stockwerk auf, was auf geringere Verluste nach außen zurückzuführen ist.

Abbildung 17: Heizlast und Heizwärmebedarf, berechnet mit PHPP für verschiedene Wohnungen im Referenzgebäude B



5.9.2. Energetische Bilanzierung

In diesem Abschnitt wird eine Auswahl zentraler, dezentraler und gemischter Hydraulikkonzepte analysiert und verglichen, um den Einfluss von Hilfsenergie und Verteilungsverlusten auf den Endenergiebedarf der analysierten Systeme zu bewerten. Die Gesamteffizienz hängt insbesondere vom Temperaturniveau des Systems ab: Einerseits steigen die Wärmeverluste mit höherem Temperaturniveau, andererseits hat v.a. bei Wärmepumpensystemen das Temperaturniveau großen Einfluss auf die Effizienz der Wärmeerzeugung.

Die Effizienz der im Folgenden aufgeführten Systeme wurde daher in Gebäude- und Anlagenberechnungen in Stundenschritten am Beispiel des Referenzgebäudes D (siehe Kapitel 5.5 und Tabelle 7) detailliert analysiert.

Folgende Systeme werden verglichen.

Zentral:

- Vierleitersystem Zirkulation (**4LZ**)
- Vierleitersystem mit dezentraler Frischwasserstation (**4L FriWa**)
- Zweileitersystem mit dezentraler Wärmeübergabestation (**2L WüSt**)
- Zweileitersystem mit dezentralem Warmwasserspeicher mit Beladefenstersteuerung (**2L BF**)

Gemischt:

- Zweileitersystem mit dezentralem Elektro-Boiler (**2L EB**)
- Zweileitersystem mit dezentralem Elektro-Boiler mit Duschwasser-Wärmerückgewinnung (**2L EB DWRG**)
- Zweileitersystem mit dezentraler Warmwasser-Wärmepumpe (**2L WW-WP**)

Dezentral:

- Dezentrale Split-Wärmepumpe für Raumheizung und Elektro-Boiler (**S-WP EB**)
- Dezentrale Split-Wärmepumpe für Raumheizung und dezentrale Warmwasser-Wärmepumpe (**S-WP WW-WP**)

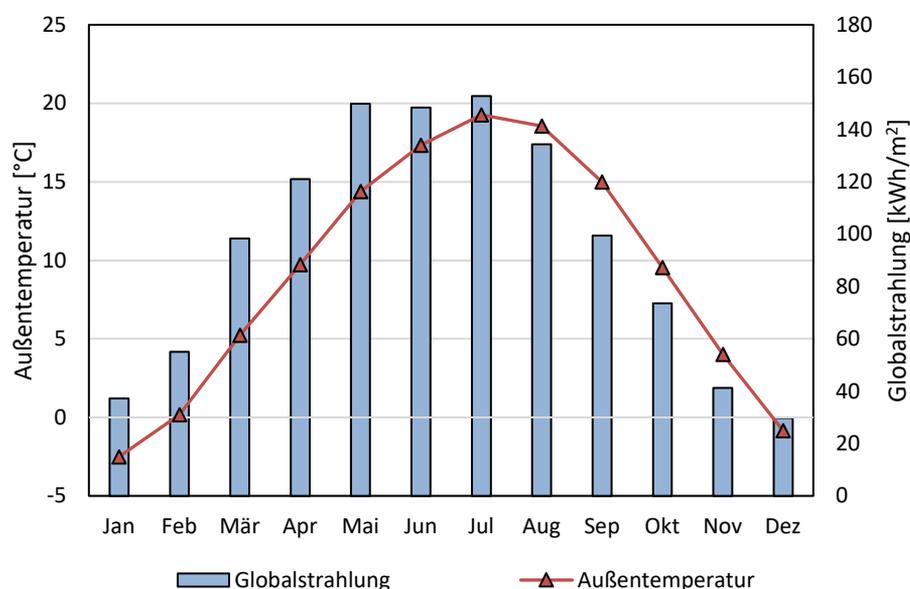
Die Gebäudehülle wurde angepasst, um die gleichen Systeme in Kombination mit einem Heizenergiebedarf von 25 kWh/(m²a), 45 kWh/(m²a), und 60 kWh/(m²a) zu vergleichen. Der Heizwärmebedarf des Gebäudes und der Trinkwarmwasserbedarf für die untersuchten Varianten sind in folgende Tabelle zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 19: Heizwärmebedarf und Trinkwarmwasserbedarf für Gebäude D in 3 Sanierungsniveaus

	HWB 25	HWB 45	HWB 60
HWB [kWh/(m ² a)]	25	45	60
TWW [kWh/(m ² a)]	19.8		

Als Standort wurde Innsbruck verwendet und die wichtigsten Klimadaten (d.h. monatliche Globalstrahlung und Außentemperatur) sind in Abbildung 18 dargestellt.

Abbildung 18: Monatliche Globalstrahlung und Außentemperatur in Innsbruck.



Die verschiedenen Systeme wurden in Kombination mit einer Luft-Wärmepumpe bewertet, deren COP in der folgenden Tabelle 20 dargestellt ist. Hier gilt es noch anzumerken, dass Sole-Wasser und Wasser-Wasser Wärmepumpen - dort wo möglich - natürlich auch eingesetzt werden können und sollten und i.d.R. dann mit einer etwas besseren Effizienz gerechnet werden kann. Im Allgemeinen kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass die Erschließung des Erdreichs z.B. über Erdwärmesonden oder des Grundwassers möglich ist.

Tabelle 20: Zusammenfassung der Wärmepumpen-Daten (Leistungszahl bzw. Coefficient of Performance COP):

COP Luft-Wasser WP (2°C/35°C)	3.7
COP Luft-Wasser WP (7°C/55°C)	2.4

Tabelle 21 zeigt die Eingaben, die in den Berechnungen zur Beschreibung der untersuchten Verteilsysteme verwendet wurden (d.h. Vorlauf- und Rücklauf-temperatur von Trinkwarmwasser, Gesamtlänge der Rohrleitung, Größe des Speichers und Leistung der Zirkulationspumpe).

Tabelle 21: Eingaben für die Berechnungen der Wärmeverteilsysteme (d.h. Vorlauf- und Rücklauf-temperatur von Trinkwarmwasser, Gesamtlänge der Rohrleitung, Größe des Speichers und Leistung der Zirkulationspumpe)

	Name	4LZ	4L FriWa	2L WüSt	2LBF	2L EB / 2L EB DWRG	2L WW-WP	S-WP EB	S-WP WW-WP	
Temperatur niveau [°C]	Vorlauf Trinkwarmwasser	60	50	50/50/55*	55	55	55	55	55	
	Rücklauf Trinkwarmwasser	55	30	40	45	-	-	-	-	
	Trinkwarmwasser in Wohnung	60	45	45	55	55	55	55	55	
Gesamtlänge der Rohre [m]		318	318	159	159	159	159	-	-	
Speichergröße [l]	Zentral	Raumheizung	-	80/100/120*	-	-	80/100/120*	80/100/120*	-	-
		Trink-Warmwasser	-	1600	-	-	-	-	-	-
		Raumheizung und TWW	1700	-	1500	2500	-	-	-	-
	in Wohnung	Trink-Warmwasser	-	-	-	150	150	200	150	200
Leistung der Zirkulationspumpe [W/Gebäude]	Raumheizung	160	160	160	160	160	160	-	-	
	Trinkwarmwasser	50	160	-	-	-	-	-	-	
Dämmstärke Leitungen		150% des Nenndurchmessers (DN)							-	-

* Anmerkung: Für die entsprechende HWB: 25/45/60 kWh/(m²a)

Die Annahmen bezüglich der Warmwassertemperaturen, der Rohrlänge, der Speichergröße, der Leistung der Zirkulationspumpe und die Dämmstärke der Leitungen ändern sich bei den betrachteten Varianten nicht, während die Vorlauf- und Rücklauf-temperaturen von Raumheizung je nach

Dämmungsgrad der Gebäudehülle variieren. Die berücksichtigten Temperaturniveaus sind in der Tabelle 22 aufgeführt.

Tabelle 22: Eingaben für die Berechnungen der Wärmeverteilsysteme (d.h. Vorlauf- und Rücklauf-temperatur von Raumheizung unter Berücksichtigung verschiedener Qualitäten der Gebäudehülle, nämlich HWB)

	HWB [kWh/(m ² a)]	25	45	60
Temperaturniveau [°C]	Vorlauf Raumheizung (Tv)	40	45	55
	Rücklauf Raumheizung (Tr)	30	35	40

Die untersuchten Systeme werden im Anhang 9.5 anhand vereinfachter Haustechnikschemas vorgestellt. In den Haustechnikschemas sind auch die gemäß ÖNORM B 5019 in den verschiedenen Teilen des Systems geforderten bzw. empfohlenen Trinkwarmwassertemperaturniveaus angegeben während die Vor- und Rücklauf-temperaturen des Heizkreises (Tv und Tr) in Tabelle 22 abzulesen sind. Abschließend werden die Ergebnisse aller untersuchten Systeme verglichen.

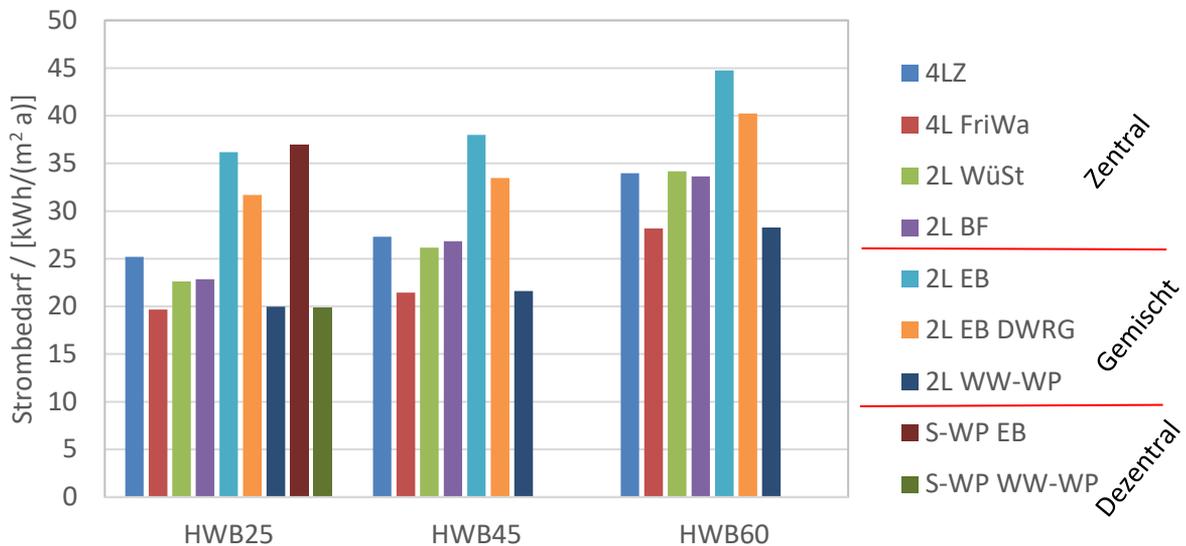
Effizienzvergleich der verschiedenen Systeme

Abbildung 19 zeigt die energetische Bewertung der untersuchten Systeme in den drei Sanierungsniveaus. Das Simulationstool wird hier in [5] beschrieben.

Diese Ergebnisse können zur Unterstützung des Entscheidungsprozesses verwendet werden, um die optimale Kombination aus Gebäudehüllenqualität und HLK-Systemkonfiguration zu finden. Es kann beobachtet werden, dass Elektroboiler vermieden werden sollten. In HWB25 mit geringem Raumwärmebedarf, die Systeme mit Elektroboilern mehr Strom benötigen als die anderen Systeme in HWB45 oder auf einem ähnlichen Niveau wie andere Systeme in HWB60. Obwohl der Einbau einer Duschwasser-Wärmerückgewinnung in Kombination mit einem Elektroboiler deutlich den Verbrauch reduziert (um 4,5 kWh/(m²a)), reicht es nicht aus, um die Reihenfolge der Systeme zu verändern.

Der Vergleich der verschiedenen Lösungen in jedem Sanierungsniveau zeigt, dass die Zentralanlage 4L FriWa in allen Sanierungsstufen die optimale Lösung ist mit dem geringsten Stromverbrauch. In HWB25, haben das Mischsystem 2L WW-WP und das dezentrale System S-WP WW-WP einen ähnlichen geringen Stromverbrauch. Die zentralen Systeme 2L Wüst und 2L BF haben einen etwas höheren Verbrauch im Vergleich zum 4L FriWa, das auch den Vorteil hat, dass es auch Kälte liefern kann. Das zentrale Systeme 4LZ kann nicht empfohlen werden, weil der Verbrauch in HWB25 höher als bei den anderen Systemen in HWB45 wie z.B. 4L FriWa und 2L WW-WP ist.

Abbildung 19: Endenergie bzw. Strombedarf für Wärmepumpe, Hilfsstrom und Lüftung für Gebäude D in 3 HWB Sanierungsniveaus (25, 45 oder 60 kWh/(m² a)). Anmerkung: Dezentrale Systeme wurden für HWB45 und HWB60 nicht simuliert (nicht empfohlen).



Die wichtigsten Schlussfolgerungen zu den hier spezifisch untersuchten Gebäuden und Rahmenbedingungen sind kurz zusammengefasst folgende:

- Energetisch optimal sind die Systeme 4L FriWa und 2L WW-WP unabhängig von HWB Niveau und S-WP WW-WP nur für HWB25.
- 4LZ ist in HWB25 ineffizienter als 4L FriWa oder 2L WW-WP in HWB45.
- 2L EB in HWB25 braucht mehr Strom als 4L FriWa oder 2L WW-WP in HWB60. Auch mit DWRG.

Zur Abschätzung der Wärmeverluste von Rohrleitungen wurde eine Wärmeverlustberechnung mit der Software HTFlux durchgeführt. Dabei war ein besonderer Fokus auf den Wärmeverlusten von in einer Fassade integrierten Steigleitungen.

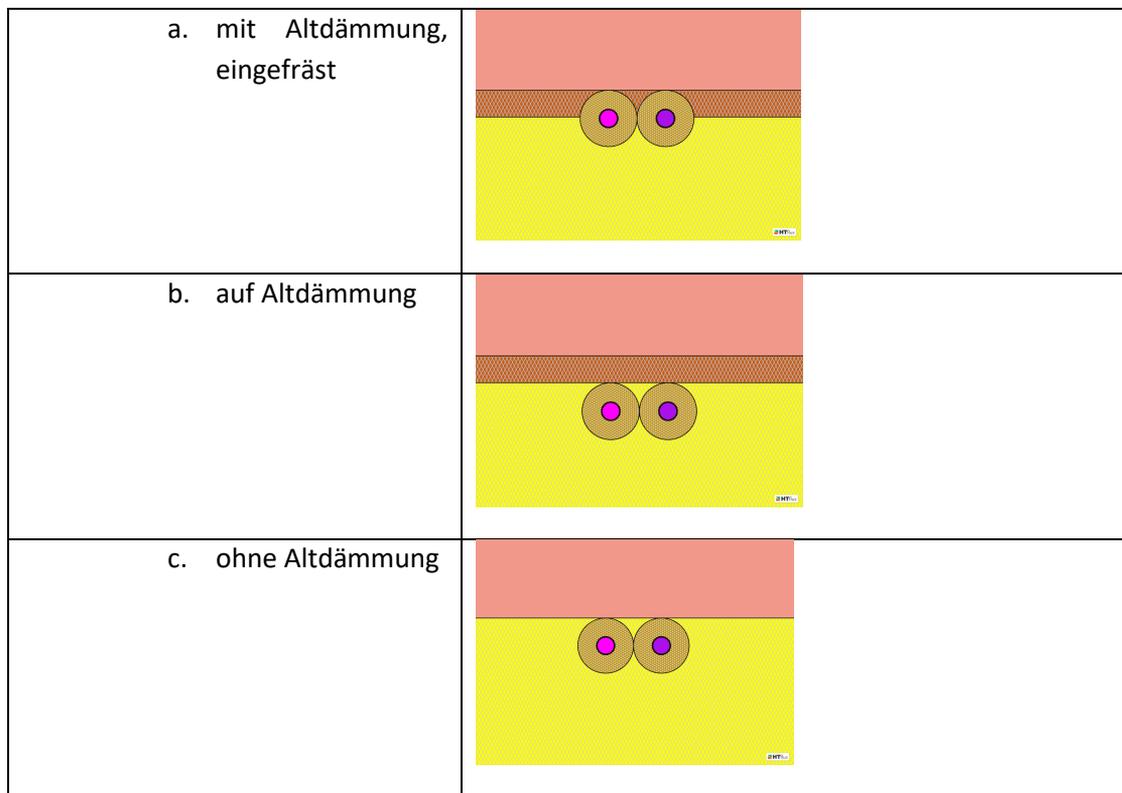
Es wurden folgende Einbauvarianten von Steigleitungen betrachtet:

- A) Zwei Rohrleitungen mit 100% Dämmung im Stiegenhaus verlegt.



- B) Verlegung mit 100 % Dämmung in einer neuen Fassadendämmung:

Abbildung 20: Anordnung der Steigleitungen

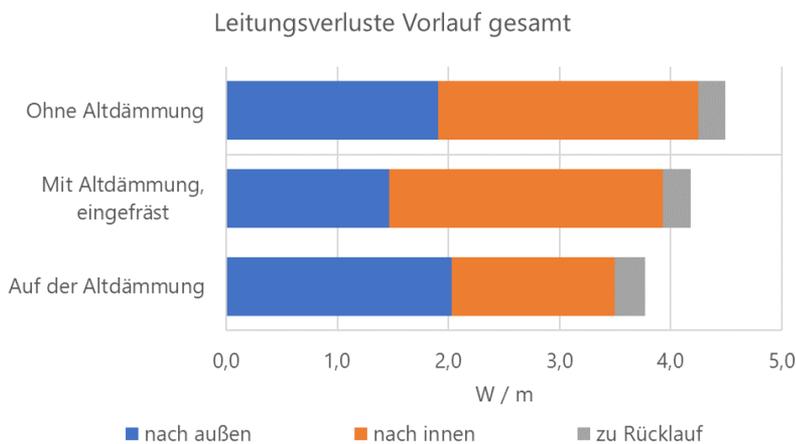


Es wurden zahlreiche Varianten berechnet: Unterschiedliche Bestandswände, unterschiedliche Dämmstärken, unterschiedliche Temperaturen in den Rohrleitungen.

Bei den Wärmeverlusten ist zu berücksichtigen, dass sie bei Installation in der Fassade ein Teil der Verluste nach außen geht und ein Teil in den Wohnraum. In der Heizsaison kommt ein Großteil der Verluste der Heizung zugute. Ein Vorteil bei der Fassadenintegration ist, dass durch die Fassadendämmung die Rohrleitungen insgesamt deutlich besser gedämmt sind als bei einer normalen Dämmschale.

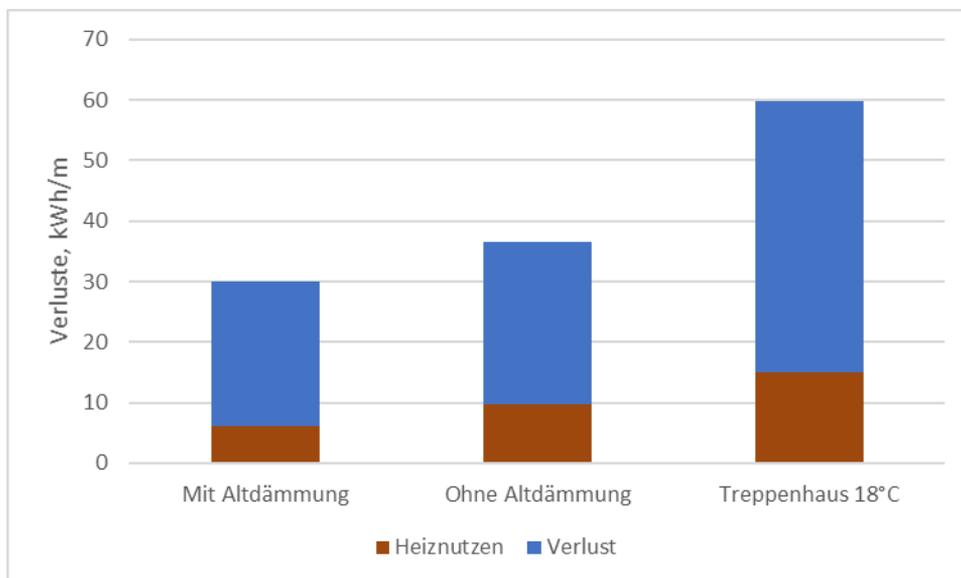
In der folgenden Abbildung 21 wurden die Verluste des Vorlaufs für eine Variante mit Hochlochziegel, 20 cm Dämmung und einem DN32 Rohr jeweils ohne Altdämmung (5 cm Korkdämmung), mit Altdämmung und eingefräst in die Altdämmung gegenübergestellt. Die Verluste sind in Verluste nach außen, innen und zum Rücklauf aufgeteilt. Man sieht, dass die Verluste ohne Altdämmung an größten sind und auf der Altdämmung am kleinsten. Die eingefräste Variante liegt dazwischen. Durch die vorhandene Altdämmung gehen deutlich weniger Verluste nach innen und können damit auch nicht der Heizung zugutekommen.

Abbildung 21: Leitungsverluste des Vorlaufs für die Variante mit Hochlochziegel, 20 cm Dämmung und DN 32 Rohr.
bei $[T_i, T_e, T_{vor}, T_{rück}] = [22^\circ, 0^\circ, 50^\circ, 40^\circ]$



Für die beiden Varianten mit und ohne Altdämmung wurde für mittlere Außentemperaturen der einzelnen Monate (PhPP Klima Innsbruck) die Verluste mit und ohne Heiznutzen ermittelt. Dabei wurde für die Wintermonate (Oktober bis März) 95% Heiznutzen bei Fassadenintegration angenommen, bei Installation im unbeheizten Stiegenhaus mit 18°C Umgebungstemperatur 50% angenommen.

Abbildung 22: Leitungsverluste des Vorlaufs für die Variante mit Hochlochziegel, 20 cm Dämmung und DN 32 Rohr.
bei $[T_i, T_e, T_{vor}, T_{rück}] = [22^\circ, 0^\circ, 50^\circ, 40^\circ]$ im Vergleich zur Stiegenhausinstallation mit $T_u=18^\circ\text{C}$



Die Analyse zeigt, dass die Verlegung von Rohrleitungen in einer für die Sanierung ohnehin notwendigen neuen Fassadendämmung energetische Vorteile bringt. Die Verluste gehen zwar zu einem größeren Anteil nach außen, können also nicht für die Heizung im Winter verwendet werden anders als bei Verlegung innerhalb des Gebäudes (z.B. Treppenhaus). Durch die Verlegung in der Gebäudedämmung sind die Rohrleitungen aber wesentlich besser gedämmt als die sonst üblichen 100% Dämmstärken, wodurch die Wärmeverluste wesentlich niedriger sind. Diese außerdem mit

deutlich weniger Eingriff für die Bewohner des Gebäudes verbundene Sanierungsvariante hat klare Vorteile.

5.10. Finanzierbarkeit von hocheffizienten Sanierungen

Um die Finanzierbarkeit von hocheffizienten Sanierungen darzustellen, wurden Lebenszykluskostenberechnungen anhand von Referenzgebäude A durchgeführt.

5.10.1. Bestandssituation

Wie bereits im Kapitel 5.8.2 beschrieben, handelt es sich beim Referenzgebäude A um ein dreistöckiges Gebäude aus den 1960er-Jahren ohne mechanische Lüftungsanlage, mit dezentralen Gasthermen pro Wohneinheit und Wärmeabgabe über Heizkörper. Die oberste Geschoßdecke gegen den unbeheizten Dachraum ist eine Holzbalkendecke mit Schlackeschüttung, geringer Dämmung und Holzdielen. Das Gebäude hat eine verputzte Außenwand aus Betonziegel mit Holzfenster mit 2-Scheiben-Isolierverglasung. Die Kellerdecke ist eine Betondecke gegen unbeheizten Keller mit geringer Trittschalldämmung und Estrich. Die Bestandssituation der thermischen Gebäudehülle hat folgende U-Werte.

- Oberste Geschoßdecke: $0,366 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Außenwand: $1,154 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Kellerdecke: $0,607 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Fenster: $U_w = 2,44 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ($U_f = 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$; $U_g = 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$; $g = 0,77$; $\psi_{\text{Glasrand}} = 0,05 \text{ W}/(\text{mK})$)

Die Energiebilanz des Bestandsgebäudes und der im Kapitel 5.10.2 beschriebenen Sanierungsvarianten wird mit dem Berechnungstool PHPP ermittelt. Um die Energieeinsparung durch die Sanierung möglichst realistisch abzubilden, wird die Bestandssituation mithilfe der Tabula-Methode (geringere mittlere Raumlufttemperatur, geringere energetisch wirksame Luftwechselrate), wie in Kapitel 5.3 beschrieben, kalibriert. Die in diesem Kapitel und dem nächsten Kapitel dargestellten Diagramme zeigen Endenergie- und $\text{CO}_{2\text{eq}}$ -Bilanzen für die Bestandssituation und die einzelnen Sanierungsvarianten. In nachfolgender Abbildung 23 ist dafür repräsentativ die Legende dargestellt, welche für alle diese Endenergie- bzw. $\text{CO}_{2\text{eq}}$ -Bilanzen ohne eigene Legende gilt.

Abbildung 23: Repräsentative Legende für alle nachfolgenden Endenergie- und $\text{CO}_{2\text{eq}}$ -Bilanzen

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| ■ Haushalts- und Allgmeinstrom | ■ Hilfsstrom Heizung und Warmwasser |
| ■ Hilfsstrom Lüftungsanlage | ■ Endenergie Heizung |
| ■ Endenergie Warmwasser | ■ Bezug Strom |
| ■ Bezug andere Energieträger | |

Abbildung 24 zeigt die Endenergiebilanz der Bestandssituation inklusive Haushalts-, Allgemein- und Hilfsstrom und Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung. Das Bestandsgebäude

benötigt 33,5 kWh/(m²_{WNF}*a) Haushalts-, Allgemein- und Hilfsstrom sowie 174,3 kWh/(m²_{WNF}*a) Erdgas für Heizung und Warmwasserbereitung.

Abbildung 24: Endenergiebilanz inklusive Haushalts-, Allgemein- und Hilfsstrom sowie Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung für die Bestandssituation

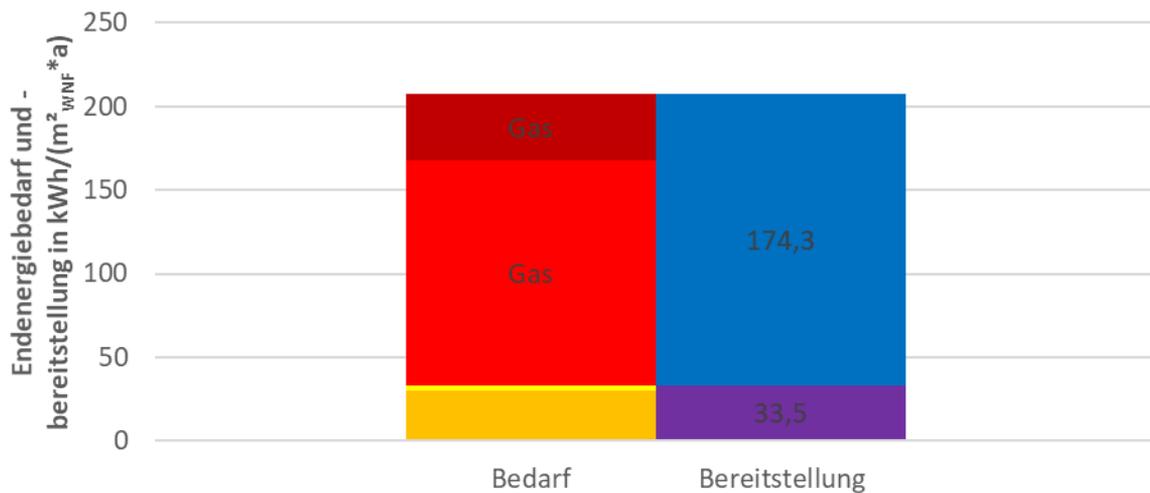


Abbildung 25 zeigen die CO_{2eq}-Emissionen der Bestandssituation für Haushalts-, Allgemein- und Hilfsstrom sowie Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung jeweils bezogen auf die Anzahl BewohnerInnen. Für den Brennstoff Gas wird ein CO_{2eq}-Konversionsfaktor von 226,8 g CO_{2eq}/kWh verwendet [18]. Für den Energieträger Strom werden monatliche CO_{2eq}-Konversionsfaktoren des aktuellen österreichischen Verbraucherstrommix verwendet, welche in Abbildung 26 dargestellt sind. Es ist ersichtlich, dass die Bestandssituation für die Bereitstellung der Heizungs- und Warmwasserwärme sowie des Haushaltsstroms jährliche über 1,5 t CO_{2eq}-Emissionen pro BewohnerIn verursacht.

Abbildung 25: CO_{2eq}-Emissionen pro BewohnerIn für Haushalts-, Allgemein- und Hilfsstrom sowie Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung für die Bestandssituation

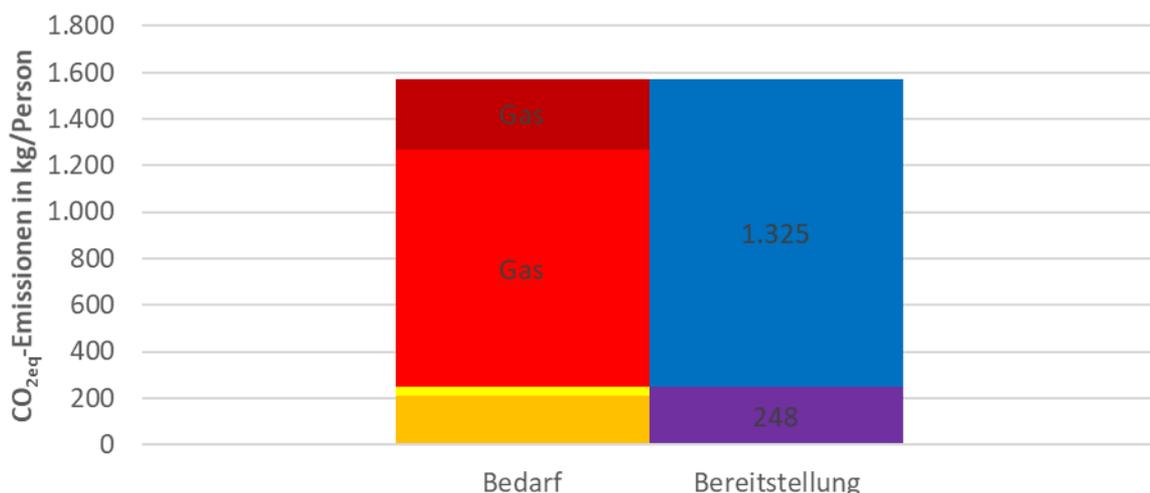
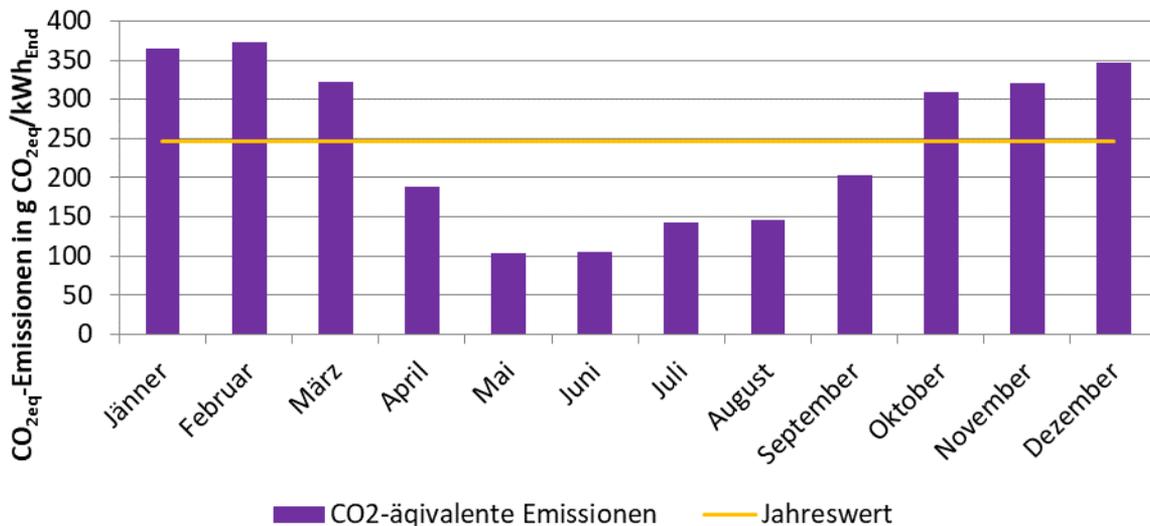


Abbildung 26: Monatliche CO₂eq-Emissionen des aktuellen österreichischen Verbraucherstrommix [18]



5.10.2. Sanierungsvarianten

Die oberste Geschossdecke wird mithilfe von Mineralwolle bzw. Zellulose zwischen bestehenden und gegebenenfalls aufgedoppelten Holzbalken thermisch verbessert. Die Außenwanddämmung erfolgt mit verputzter EPS-Dämmplatte bzw. in ökologischer Ausführung mit Zellulose zwischen Holzbalken und verputzter Holzwolle-Dämmplatte. Als kellerseitige Dämmung wird eine mineralisch gebundene Holzwolle-Dämmplatte mit Steinwolle-Dämmkern bzw. in ökologischer Ausführung eine verputzte Holzwolle-Dämmplatte eingesetzt. Die Bestandsfenster werden durch neue Kunststofffenster bzw. in ökologischer Ausführung durch neue Holz-Alu-Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ersetzt. Die Sanierungsvarianten OIB f_{GEE} und Enerphit der thermischen Gebäudehülle haben folgende U-Werte.

- Oberste Geschossdecke
 - OIB f_{GEE}: 0,188 W/(m²K)
 - Enerphit: 0,155 W/(m²K)
- Außenwand
 - OIB f_{GEE}: 0,290 W/(m²K)
 - Enerphit: 0,150 W/(m²K)
- Kellerdecke
 - OIB f_{GEE}: 0,607 W/(m²K) (keine Änderung zu Bestandssituation)
 - Enerphit: 0,226 W/(m²K)
- Fenster: U_f = 1,1 W/(m²K); g = 0,50

- OIB f_{GEE} : $U_W = 1,01 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ($U_g = 0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$; $\psi_{\text{Glasrand}} = 0,05 \text{ W/(mK)}$)
- Enerphit: $U_W = 0,84 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ($U_g = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$; $\psi_{\text{Glasrand}} = 0,035 \text{ W/(mK)}$)

Um einen fairen Vergleich mit den Sanierungsvarianten zu ermöglichen, wird bei der Bestandssituation zumindest die Fassade durch Ausbesserung des Putzes und Erneuerung des Anstrichs instandgesetzt, die Bestandsfenster durch neue Fenster in der Qualität OIB f_{GEE} ersetzt und die dezentralen, wohnungsweisen Gasthermen erneuert. Diese „Instandsetzung“ wird mit folgenden Sanierungsvarianten verglichen. „Enerphit Dezentral“ und „Enerphit Zentral“ haben dieselbe thermische Gebäudehüllqualität, unterscheiden sich jedoch in der Gebäudetechnik. Die Gebäudetechnik der einzelnen Sanierungsvarianten sind bereits in Kapitel 5.6.3 beschrieben.

- Sanierungsvariante OIB f_{GEE} Dezentral
- Sanierungsvariante Enerphit Dezentral
- Sanierungsvariante Enerphit Zentral

Die folgenden Abbildungen zeigen die Endenergie- und CO_{2eq} -Bilanz für die Instandsetzung und die drei Sanierungsvarianten. Zum Vergleich ist in allen Diagrammen der Wert der Bestandssituation als dunkelrote Linie dargestellt.

Abbildung 27: Endenergiebilanz Instandsetzung

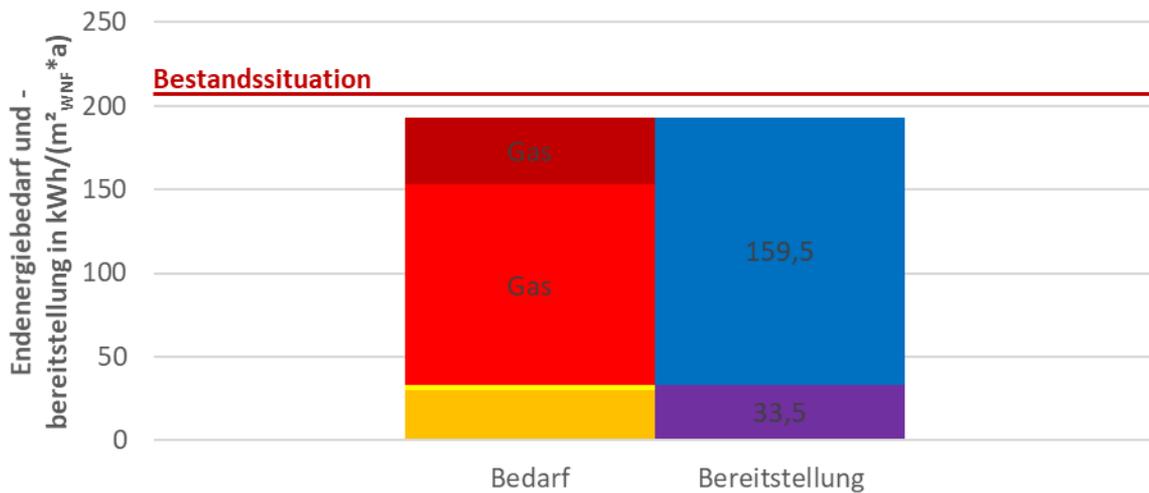


Abbildung 28: CO_{2eq}-Bilanz Instandsetzung

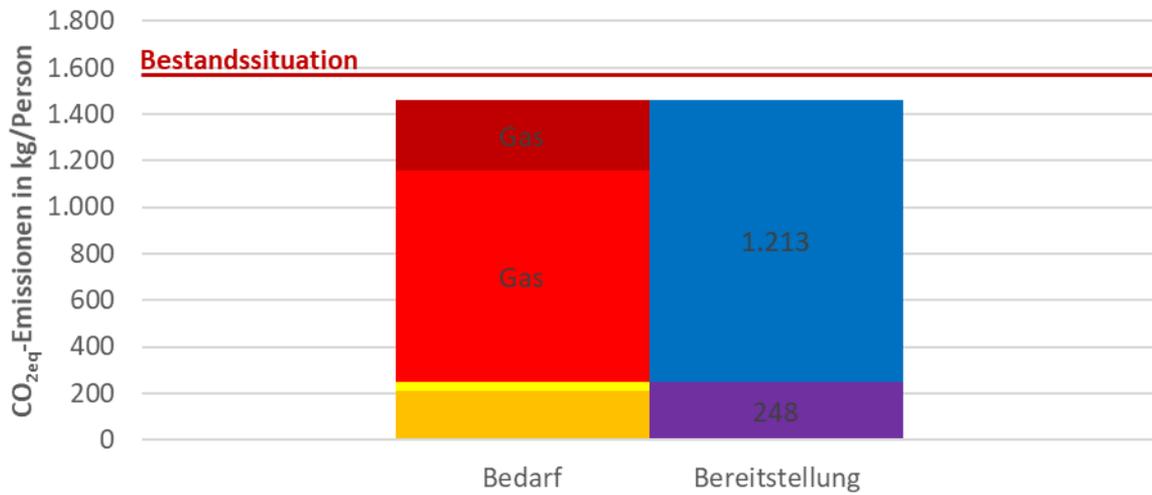


Abbildung 29: Endenergiebilanz Sanierungsvariante OIB fGEE Dezentral

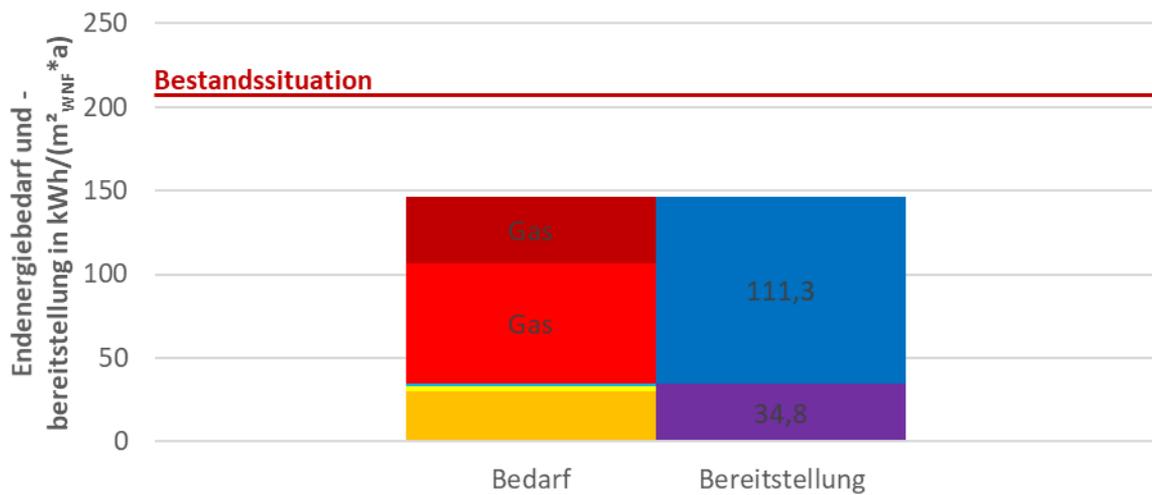


Abbildung 30: CO_{2eq}-Bilanz Sanierungsvariante OIB fGEE Dezentral

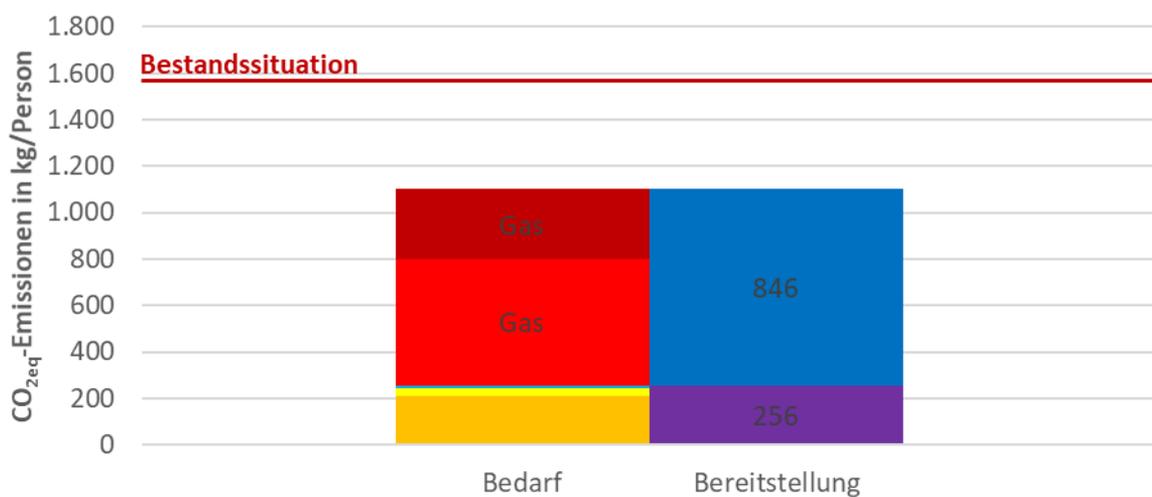


Abbildung 31: Endenergiebilanz Sanierungsvariante Enerphit Dezentral

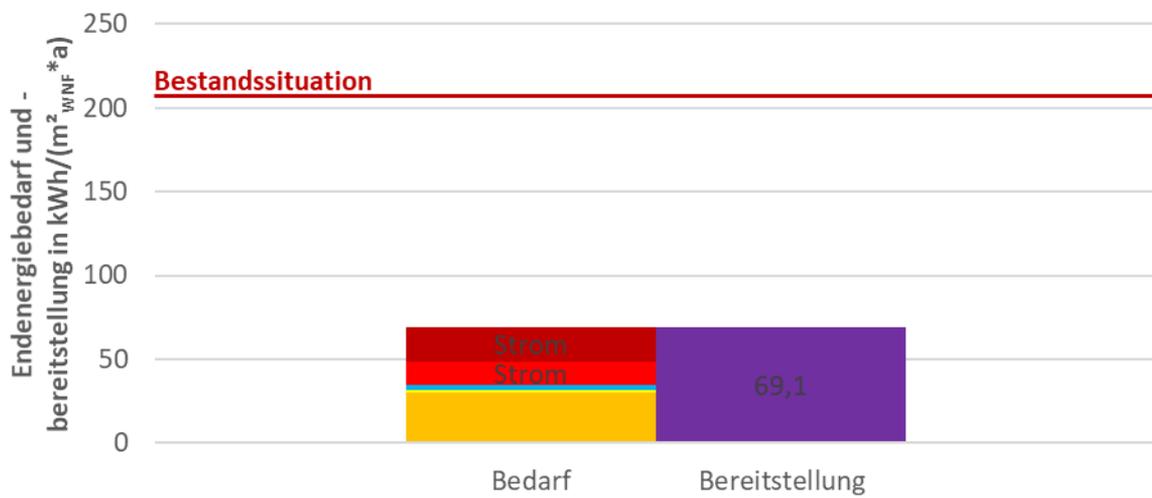


Abbildung 32: CO_{2eq}-Bilanz Sanierungsvariante Enerphit Dezentral

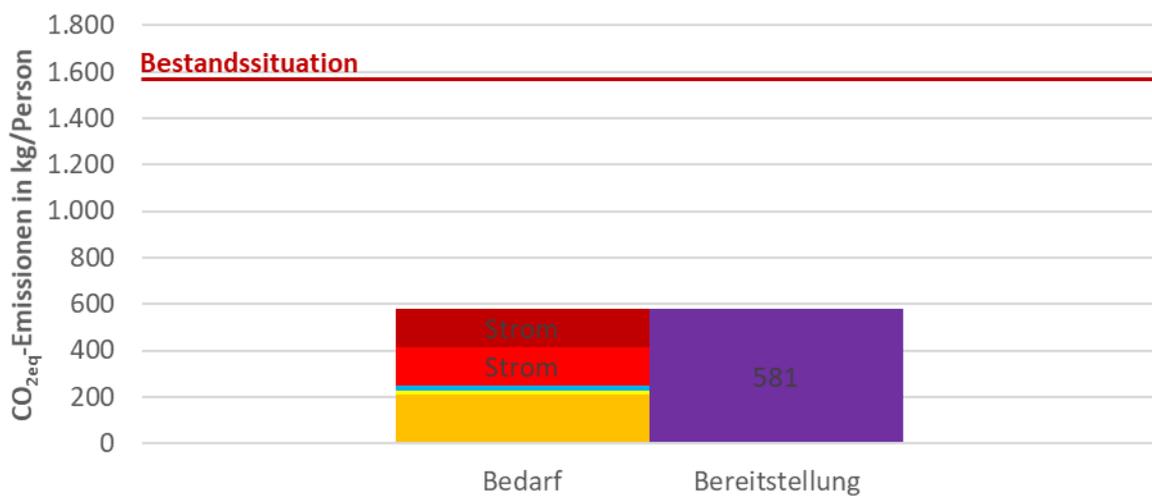


Abbildung 33: Endenergiebilanz Sanierungsvariante Enerphit Zentral

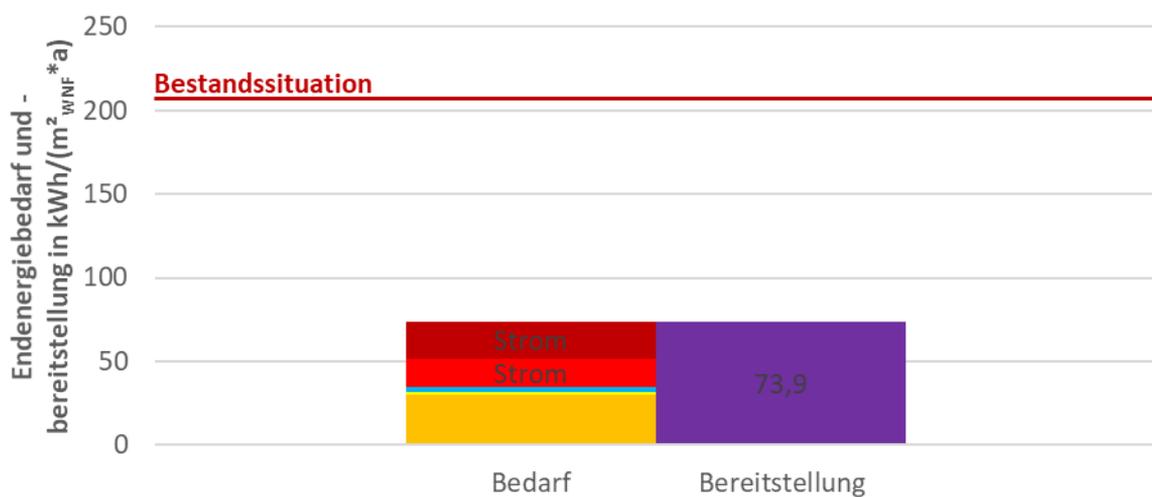
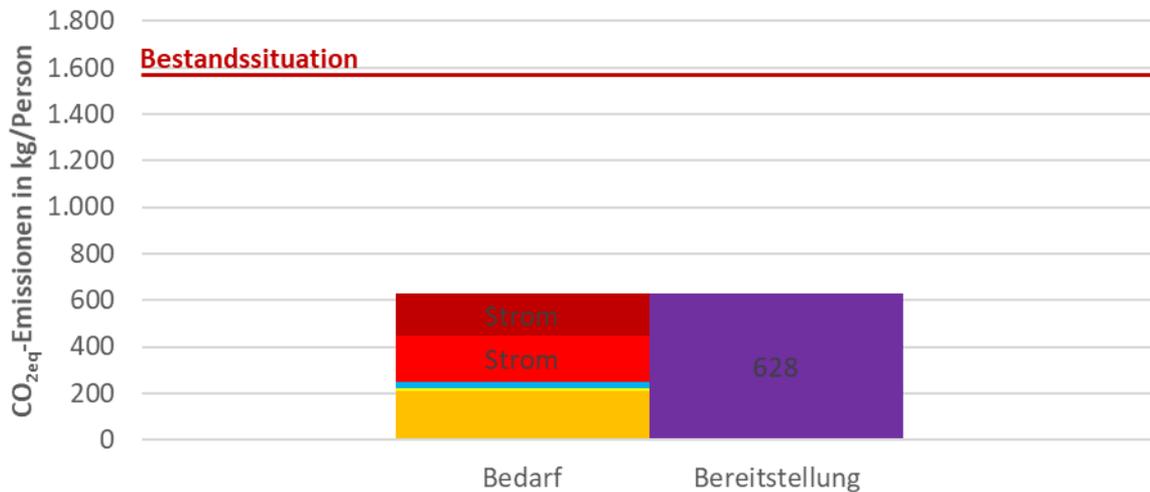


Abbildung 34: CO_{2eq}-Bilanz Sanierungsvariante Enerphit Zentral



5.10.3. Investitions- und Wartungskosten

Die folgende Tabelle 23 zeigt die notwendigen Investitionskosten der thermischen Gebäudehülle der verschiedenen verglichenen Varianten.

Tabelle 23: Investitionskosten der thermischen Gebäudehülle für die verschiedenen Varianten bezogen auf die Bauteilfläche bzw. als Absolutwerte

Bauteil	Instandsetzung	OIB f _{GEE}	Enerphit
Oberste Geschossdecke	-	128,1 € Netto/m ²	140,5 € Netto/m ²
		34.587 € Netto	37.935 € Netto
Außenwand	37,5 € Netto/m ²	116,7 € Netto/m ²	133,4 € Netto/m ²
	19.988 € Netto	62.201 € Netto	71.102 € Netto
Kellerdecke	-	-	62,9 € Netto/m ²
			13.454 € Netto
Fenster	505,7 € Netto/m ²	505,7 € Netto/m ²	629,0 € Netto/m ²
	55.121 € Netto	55.121 € Netto	68.561 € Netto

Die Gebäudetechnik-Investitionskosten der verschiedenen Sanierungsvarianten sind bereits in den Investitionskostenmatrizen in Abbildung 46, Abbildung 9 und Abbildung 47 unter Kapitel 5.8.4 dargestellt. Dasselbe gilt für die Wartungskosten der verschiedenen Sanierungsvarianten, welche bereits in den Wartungskostenmatrizen in Abbildung 48, Abbildung 10 und Abbildung 49 unter Kapitel 5.8.5 dargestellt sind. Für die Instandsetzung der dezentralen, wohnungsweisen Gasthermen (Variante Instandsetzung) sind Investitionskosten von 50.500 € Netto und jährliche Wartungskosten

von 1.520 € Netto (entspricht 3% der Investitionskosten) angesetzt. Diese Kosten entsprechen den Kosten die für die Wärmebereitstellung innerhalb der Wohnung der Sanierungsvariante OIB f_{GEE} Dezentral angesetzt werden.

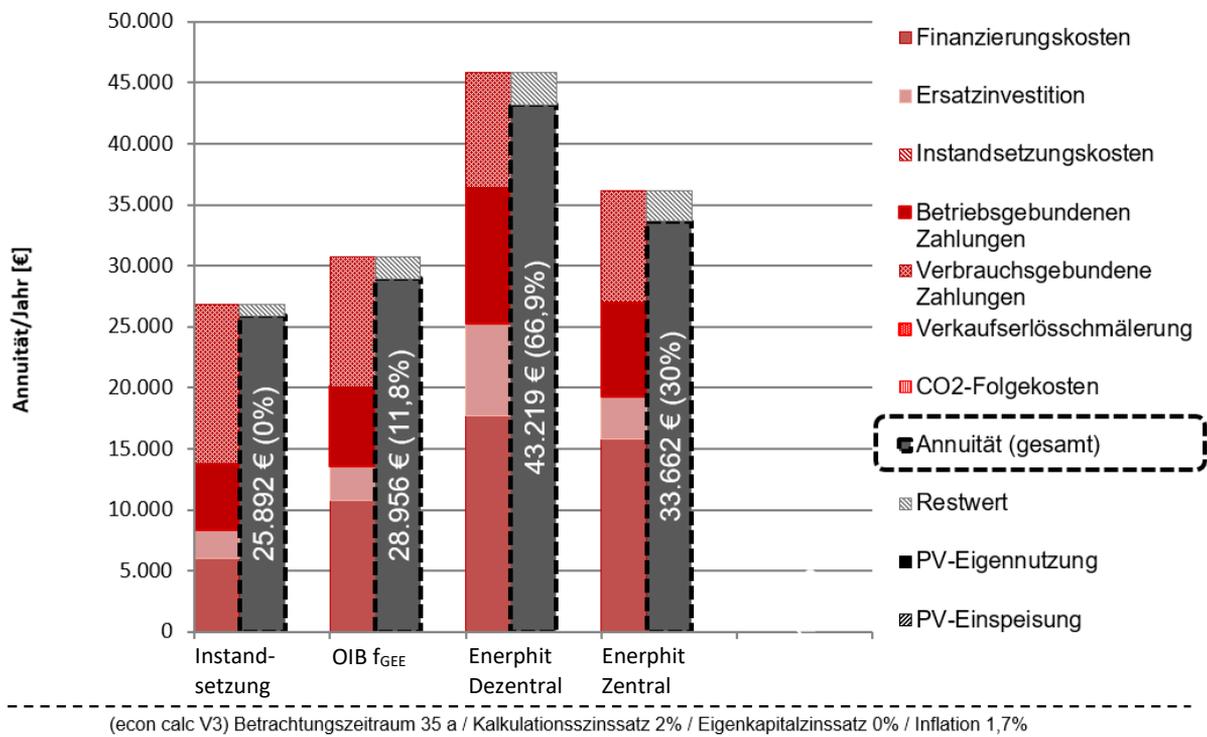
5.10.4. Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskostenberechnung wird mit folgenden wirtschaftlichen Randbedingungen umgesetzt.

- Betrachtungszeitraum: 35 a
- Kapitalzinssatz: 2%
- Inflationsrate: 1,7%
- Energiepreissteigerung: 1,7%
- Energiepreise
 - Gas: 6,8 ct/kWh + 110,8 €/a Grundgebühr
 - Hilfs-, Haushalts- und Allgemestrom: 17,1 ct/kWh + 174,4 €/a Grundgebühr pro Zählpunkt (13 Zählpunkte: 12 Wohneinheiten + 1 Allgemestromzähler)
 - Strombedarf Luft-Wärmepumpe dezentral: 17,1 ct/kWh
 - Strombedarf Luft-Wärmepumpe zentral: 14,7 ct/kWh + 93,3 €/a Grundgebühr
- Lebensdauern
 - 50 a: Thermische Gebäudehülle, Lüftungskanäle
 - 20 a: Dezentrale Gastherme
 - 18 a: Dezentrale Luft-Wärmepumpe
 - 15 a: Abluftventilatoren, Lüftungsgeräte

Die folgende Abbildung 35 zeigt die Lebenszykluskosten als Annuität für alle Varianten im Vergleich. Es zeigt sich, dass die Variante Instandsetzung aufgrund der wesentlich geringeren Finanzierungskosten (entspricht den Investitionskosten) auch die geringsten Lebenszykluskosten erreicht. Die Variante Enerphit Dezentral hat aufgrund der höchsten Finanzierungskosten und betriebsgebundenen Zahlungen (entspricht den Wartungskosten) die höchsten Lebenszykluskosten.

Abbildung 35: Lebenszykluskosten als Annuität in € (Brutto)



5.10.5. Grenzwertbetrachtung

Abschließend wird nun eine Grenzwertbetrachtung durchgeführt, mit welcher analysiert wird wie hoch eine CO_{2eq} -Steuer bzw. ein Direktzuschuss ausfallen müsste, damit die Variante OIB f_{GEE} und die Variante Enerphit Zentral die geringsten Lebenszykluskosten erreichen. Die Variante Enerphit Dezentral wird dabei nicht weiter betrachtet, da sie aufgrund der höheren Lebenszykluskosten deutlich von den beiden anderen Sanierungsvarianten abweicht. Das Ergebnis dieser Grenzwertbetrachtung ist in folgender Tabelle 24 angegeben. Wird der Direktzuschuss durch die 35-jährige CO_{2eq} -Einsparung der Variante im Vergleich zur Variante Instandsetzung geteilt, dann ergibt sich eine fiktive CO_{2eq} -Steuer. Diese fiktive CO_{2eq} -Steuer enthält jedoch nicht den Zinseffekt der jährlich anfallenden CO_{2eq} -Steuer, weshalb sich die beiden Werte etwas unterscheiden.

Tabelle 24: Grenzwertbetrachtung mit CO_{2eq} -Steuer und Direktzuschuss

	OIB f_{GEE}	Enerphit Zentral
CO_{2eq} -Steuer in €/t $_{CO_{2eq}}$	365	405
Direktzuschuss in € (Brutto)	77.000	195.000
CO_{2eq} -Einsparung (Summe 35 Jahre) in t $_{CO_{2eq}}$	225,4	524,5
Fiktive CO_{2eq} -Steuer in €/t $_{CO_{2eq}}$ (ohne Zinseffekt)	341,6	371,8

Die folgende Abbildung 36 und Abbildung 37 zeigen die Lebenszykluskostenvergleich für eine CO_{2eq}-Steuer von 365 bzw. 405 €/t_{CO2eq}.

Abbildung 36: Lebenszykluskosten als Annuität in € (Brutto) mit 365 €/t CO_{2eq}-Steuer

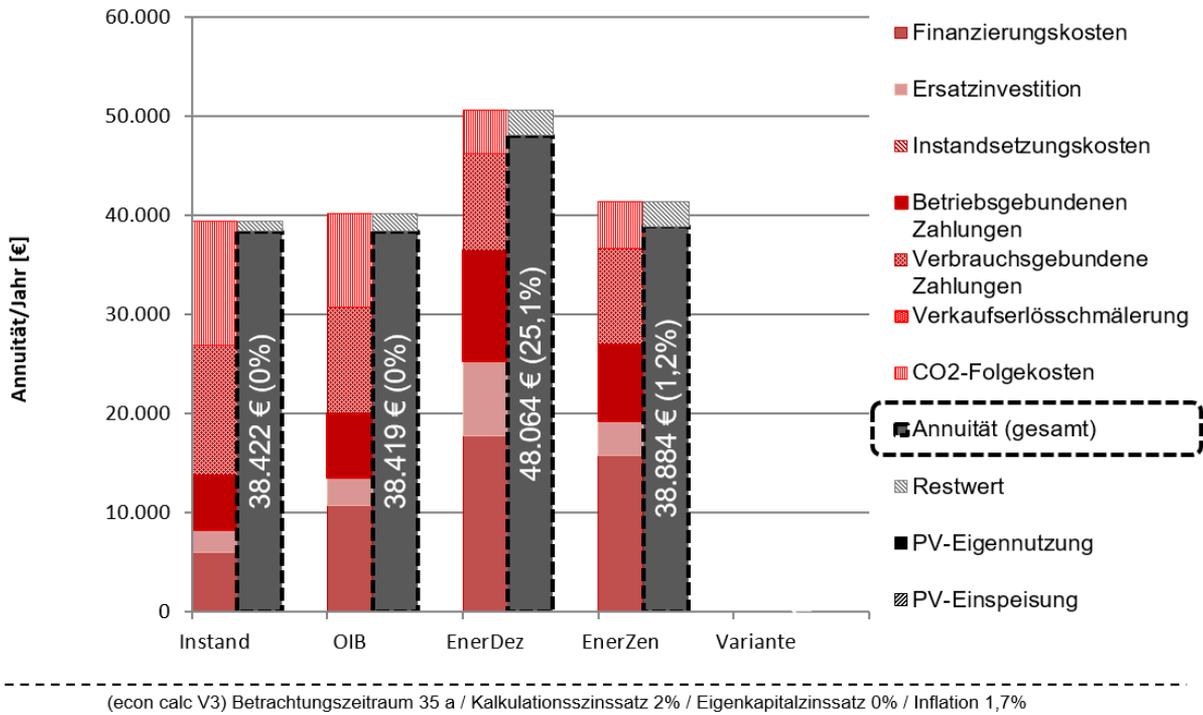
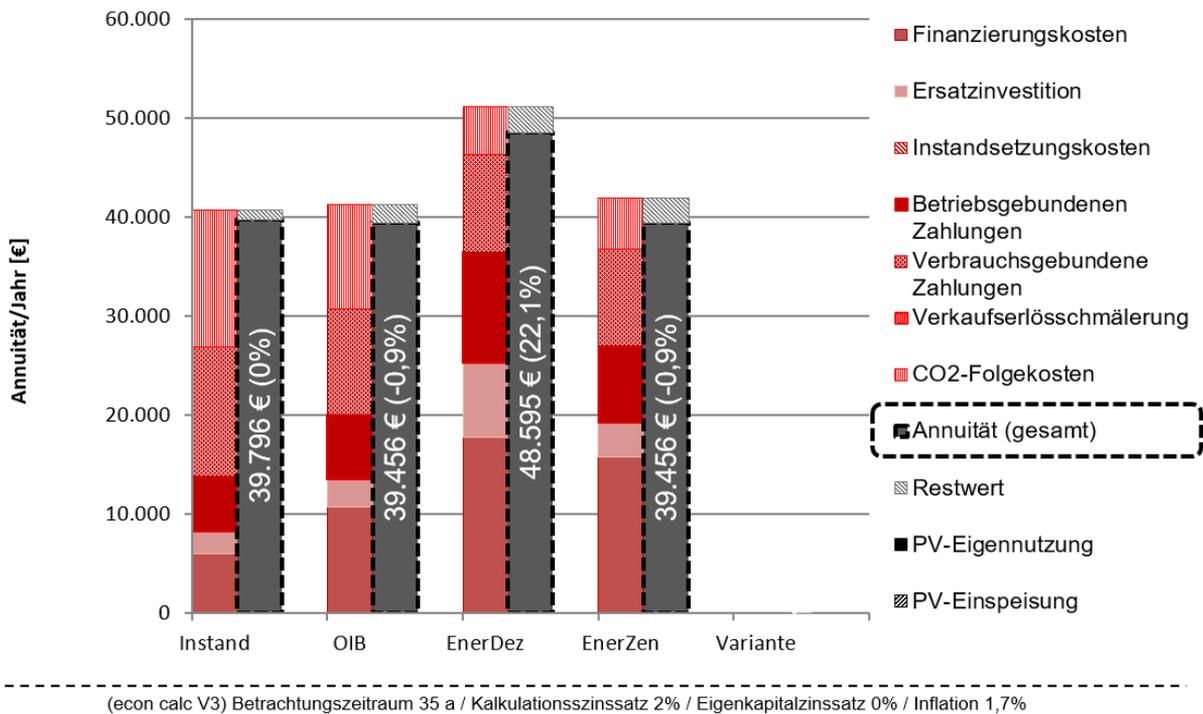


Abbildung 37: Lebenszykluskosten als Annuität in € (Brutto) mit 405 €/t CO_{2eq}-Steuer



5.11. Eckpfeiler für neue Dienstleistungsmodelle

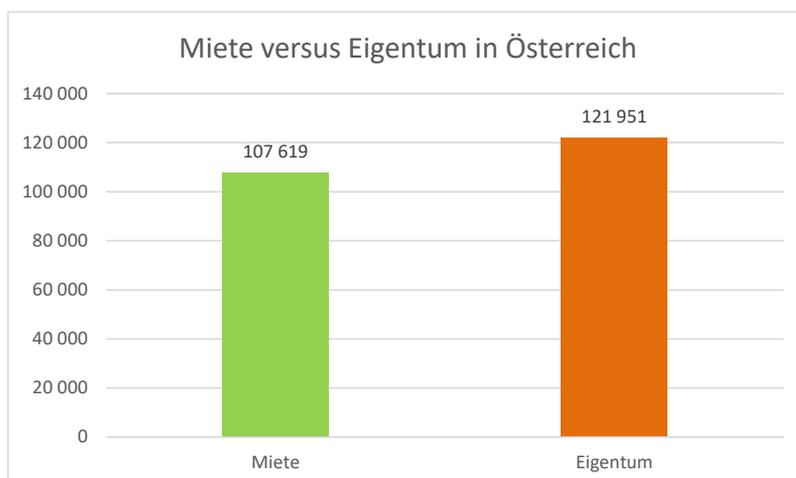
In Abbildung 37 des vorigen Kapitels ist ersichtlich, dass die für thermisch-energetisch höherwertige Sanierungsvarianten nötigen Finanzierungs- bzw. Investitionskosten über den Lebenszyklus von (in diesem Fall) 35 Jahren bei jährlich etwa EURO 5.000 bis 15.000 liegen. Auch wenn Lebenszykluskostenanalysen sonst noch kaum gemacht werden, diese Kosten mit derzeitigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen berechnet sind und diese sich im Moment nahezu monatlich ändern, so zeigt sich doch recht deutlich, dass die Investitionen in hochwertige Sanierungen rein mit der jährlichen Einsparung von Energiekosten (verbrauchsgebundene Kosten) nicht zu decken sind. Es braucht weitere finanzielle Rahmenbedingungen, von denen Direktzuschüsse oder CO₂-Steuern ebenfalls im vorigen Kapitel kurz angeschnitten wurden, oder spezifisch entwickelte Dienstleistungs- und Geschäftsmodelle, um ganzheitliche Gebäude- oder Quartierssanierungen möglich und wirtschaftlich darstellbar zu machen.

Im Folgenden werden wichtige Eckpfeiler zur Entwicklung möglicher Dienstleistungsmodelle bzw. Geschäftsmodelle, die selbst weiterentwickelt werden sollten, angeführt – diese wurden mit Stakeholdern bzw. in Kleingruppenworkshops erarbeitet.

5.11.1. Ausgangspunkt Gebäudebestand und Sanierungsprozess

Wenn es darum geht, welche Objekte und Zielgruppen für Gebäudesanierungen sich derzeit in Österreich lohnen, so stehen Mietobjekte zwar meist im Fokus des Interesses, privates Wohnungseigentum ist aber potenziell wichtiger – hier ist der Bestand von Mehrfamilienhäusern bis 2001, mit etwa gesamt 1 Million Wohneinheiten, größer als bei den Mietobjekten derselben Bauperiode (siehe Abbildung 38). Viele sind nur teilweise saniert und genauso wie die vielen thermisch-energetisch unsanierten Ein- und Zweifamilienhäuser wirklich klimarelevant. Im Gegensatz zum gemeinnützigen oder Gewerbebereich sind bei den zwei letzteren reale Gebäudeschäden als Trigger für Sanierungen häufig, und kaum energetische, komforttechnische oder umweltrelevante Probleme Anlässe für Sanierungen.

Abbildung 38: Anzahl der Mehrfamilienhäuser mit Mietwohnungen (links) im Vergleich zu denen mit Eigentumswohnungen (Quelle: AEE INTEC nach Statistik Austria 2001)



Der nicht oder thermisch-energetisch ungenügend sanierte Gebäudebestand der größeren Wohnbauträger ist in Österreich relativ jung – Gebäude aus den 1960er und 1970er Jahren sind größtenteils schon saniert. Die Zielgruppe für Sanierungen sind daher im gemeinnützigen Bereich vor allem Mietobjekte der 1980er bis 1990er – dies bedeutet Gebäude mit Hochlochziegel, viele gas- oder noch ölversorgt, wenige in Betonskelettbau, viele hier mit Eigentumsoption.

Eine Ausnahme bildet hier der Wiener und Grazer (soziale) Gemeindebau mit etwa ca. 280.000 WE gesamt – dort finden sich noch über 50% des Gebäudebestands vor den 1960ern und dort zu etwa 90% in energetisch schlechtem Zustand.

Gebäude haben einen Trigger(zeit)punkt, an dem etwas getan werden kann - ein günstiges Zeitfenster, in dem Sanierungsmaßnahmen gesetzt werden können, weil wichtige Maßnahmen anstehen (z. B. engagierte HausvertreterIn, Schimmel, Heizung am Ende der Lebensdauer, etc.). Zu diesem Zeitpunkt gibt es drei Möglichkeiten, immer unter Berücksichtigung, dass ein „Grundbudget“ für Maßnahmen am Gebäude vorhanden ist:

1. Zerstören und neu aufbauen
2. „Label-Sanierung“ - Einzelmaßnahmen machen das Gebäude fit für weitere 5-10 Jahre
3. NetZero Standard- oder qualitativ hochwertige Renovierung z. B. mit dem Energiesprung-Modell

Wenn es zu einer Sanierungsentscheidung kommt, dann werden meistens „on one's own“ bzw. eigenorganisierte Sanierungen umgesetzt, auch die Bauträger verlassen sich meist auf ein Team, dem sie bei Planung und Umsetzung vertrauen. Dabei muss die „Chemie“ im Team stimmen, dann ist eine erfolgreiche Umsetzung möglich, es gibt meist eine treibende Person mit Engagement dahinter. Bürgermeister bzw. die Kommune als Baubehörde werden stark in Frage gestellt – es bräuchte kompetente Baubehörden erster Instanz. In der seriellen Vorfertigung, unter Verwendung künstlicher Intelligenz, wird ein gangbarer und zukünftiger Weg als Alternative zur gängigen individuellen Sanierung gesehen, erstens um schneller vor Ort ohne längere Belastungen für NutzerInnen, aber auch um die teilweise langen Wartezeiten mancher Bauträger, überhaupt Professionisten für die Sanierungsarbeiten zu finden, zu verkürzen.

5.11.2. Ausgangssituation Geschäftsmodelle und Dienstleistungen (nach [1])

1. Das Geschäftsmodell „Eigenlösung“:

ArchitektInnen/PlanerInnen machen die Planung der technischen Lösungen und Ausschreibung, Qualitätssicherung gibt es nur in der Bauphase, nicht in der Betriebsphase. Die Finanzierung übernimmt der Gebäudeeigentümer aus Eigenmitteln oder über Kredite. Der Gebäudeeigentümer ist für den Betrieb der Anlagen nach dem Abschluss der Sanierungen zuständig. Handwerksunternehmen sind im Bau, der Wartung und Instandhaltung involviert, jedoch nicht in der Rückkopplung der Effizienzgewinne im Betrieb (offener Kreis).

Schwachstellen dieses Modells:

- Offener Kreis: In die Planungsprozesse fließen keine Erfahrung aus dem am Lebenszyklus orientierten Betrieb ein.

- Fehlende Erfolgsanreize: Die Eigenlösung beinhaltet geringe Anreize für die die Beteiligten um kalkulierte Investitionssummen, Energie- und Kostenbilanzen auch tatsächlich einzuhalten (PlanerIn, HandwerkerIn)
- Zahlungsströme: mangels Benefit-Performance-Garantien z. B. für die eingesparten Energiekosten können die Benefits nicht in der Finanzierung eingesetzt werden
- Kauf-Entscheidung: erfolgt üblicherweise nur nach einmaligen Beschaffungsinvestitionen, nicht anhand von Lebenszykluskosten

2. PPP (Public-Private Partnership) – Modell: Weniger Bedeutung für Wohnbau

3. Energiedienstleistungen (Contracting und ähnliches)

Erfolgsabhängig vergütete Geschäftsmodelle (Einsparcontracting) bieten gegenüber der Eigenlösung folgende wesentliche Vorteile:

- Starker vertraglicher Anreiz für beide Vertragsparteien Kosteneffizienz zu erzielen durch ein besseres Verhältnis von Investition zu eingesparter Kilowattstunde
- Garantierte Energie- und Kosteneinsparungen: 25-40 % in Einsparcontracting-Projekten
- Garantierte Kosteneinsparungen sind Bestandteil der Finanzierung: „bankable benefits“
- Entscheidungsfindung auf der Basis von Lebenszykluskosten
- Geschlossener Kreis: Planung und Betrieb in einer Hand, die Betriebserfahrung muss bei Energiedienstleistungen in die Planung der nächsten Anlage einfließen

Limitierende Faktoren bei der Umsetzung von umfassender Gebäudesanierung mit Contracting:

- a) Limitierter Finanzierungsrahmen: Der Finanzierungsrahmen von Einsparcontracting ist limitiert durch die monetäre Bewertung von Benefits – Schwierigkeit der quantitativen Bewertung von qualitativen Faktoren (Wert von Raumluftqualität, u.ä.)
- b) Unsicherheiten bei der Ableitung von Einspargarantien und Lebenszykluskostenprognose: Garantierte Einsparwerte sind bisher nicht verbreitet. Durch breit angelegte Evaluierungsprogramme, „kalibrierte Rechenmodelle“ und Vorplanungen kann die Prognosegenauigkeit von Energieeinsparberechnungen erhöht werden
- c) Es fehlen noch Verbreitungsstrategien des Modells und dienliche ordnungspolitische Zielsetzungen (z. B. Förderung der Projektentwicklung, Anreizsysteme bei Förderprogrammen, Erleichterungen bei Genehmigung, Schuldfreistellung, u.ä.)

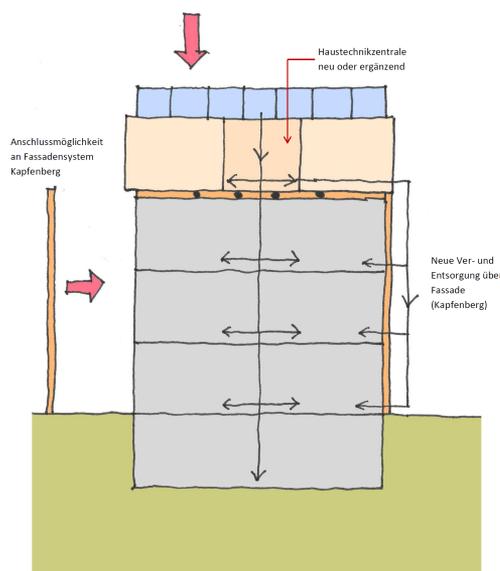
5.11.3. Ansätze für Geschäftsmodelle und Finanzierung von Sanierungen

Aus verschiedenen Kleingruppenworkshops und Interviews wurden die folgenden Überlegungen und Möglichkeiten der Finanzierungen für Sanierungen abgeleitet.

Berücksichtigung folgender „Einnahmequellen“

- Reserven wie der „EVB - Erhaltungs- und Verbesserungsbeitrag“ gemeinnütziger Wohnungsbaugesellschaften sollten mehr Beachtung hinsichtlich Finanzierung von Sanierungen erfahren
- Reale Energiekosteneinsparung (aktuelle Kosten vs. Kosten laut Verbrauchsprognose)
- Reduzierung des Strombezugs durch Eigenverbrauch von PV-Strom
- Steigerung des Immobilien-/Sachwerts (z. B. wenn Nachverdichtung und Sanierung Hand in Hand gehen)
- PV-Einspeisevergütung
- Subventionen (direkt für Technologie, indirekt für grüne Investitionen, etc.)
- Steuern auf fossile Energie / CO₂ / etc.
- Rahmenbedingungen wie Strompreise, Einspeisevergütungen, Regelungen zum PV-Eigenverbrauch sind dabei sehr wichtig!

Private Finanzierungsmodelle – Geschäftsmodell ‚Nachverdichtung‘



Höherpreisige Vermietung von Wohn- oder Geschäftsraum, Dachterrassen u.ä. in **nachverdichteten Gebäuden / Quartieren** im nachgefragten, innerstädtischen Bereich

Vorteil: Langfristige Wertsteigerung und Veranlagung, gute Fördermöglichkeiten

Nachteile: Meist „on one own’s“ Lösungen, thermisch-energetische Qualität selten im Fokus, Unsicherheit der Demografie, hohe Startinvestitionen

Abbildung 39: Konzept der Sanierung mit Nachverdichtung (Quelle: AEE INTEC)

Förderungen oder Finanzierungsrücklagenmodelle

Lenkungsinstrument CO₂-Steuer:

- In Österreich: 55 EURO/t CO₂-Emissionen (ab 2025)
- In Schweden: 118 EURO/t CO₂-Emissionen (2021)
- CEOs for Future: „220 EURO/Tonne für die heutige Generation, 600-700 EURO/Tonne für die kommenden Generationen“ (Zitat Anzengruber)

→ Im Wohnbau sollte die Diskussion sein: Wer zahlt die CO₂-Steuer - die/der Gebäudeeigentümer*in oder die/der Mieter*in?

Ähnliche Töpfe wie „Erhaltungs- und Verbesserungsbeitrag“:

Beispiel Gemeinnützige Bauträger: EVB von 0,53 €/m²_{WNF} (1.-5. Jahr) bis 2,13 €/m²_{WNF} pro Monat (ab 30. Jahr), das sind bei 80 m² Wohnung EURO 35.304,- nach 30 Jahren (ohne Inflation und Verzinsung gerechnet) – d.h. spezifische Reserve von EURO 441/m²_{WNF}

Vorteile: Relativ leicht vom Gesetzgeber umzusetzen, für alle transparent möglich (wie Beispiel Abgabe für Ökostromanlagen auf Strompreis)

Nachteile: Meist keine energierelevanten Verbesserungen damit finanziert – müsste „ergebnisgebunden“ sein, was gesetzlich schwieriger ist, keine sehr großen Summen bisher eingehoben – da wäre „größere“ Diskussion bei Einführung nötig

Öffentliche Förderungen:

Vorteile: Investitionskosten sinken, relativ gut dotiert

Nachteile: Zieht Preiserhöhungen bestimmter Technologien nach sich, relativ große Bürokratie für Antragsteller, „Förderdschunel“ fördert Ungleichheit der Antragsteller

Energiedienstleistungs- und Contractingmodelle

Weiterentwicklungen von bereits existierenden Anlagen-, Energie(ein)spar- oder Energieliefer-Contractingmodellen für Sanierungsmaßnahmen wären sehr wichtig und vielversprechend, wenn politische Rahmenbedingungen wie z. B. CO₂-Steuer, faire CO₂-Konversionsfaktoren, Förderungen für Investor/Contractor, angepasst würden. Der Vorteil wäre ein „Wohlfühlpaket“ bzw. „Aus einer Hand“-Lösung.

Energieliefercontracting kann einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele der Bundesregierung bis 2040 und zur Initiative „Raus aus Öl“ leisten. Um dezentrale fossile Heizungsformen auf eine effiziente und klimaschonende zentrale Versorgungslösung umzurüsten, braucht es alle technischen, wirtschaftlich und rechtlich mobilisierbaren Ressourcen. Die Auswahl der Anlagenkomponenten und die Planung des Energiekonzepts erfolgt dabei nach qualitativ höherwertigen Gesichtspunkten als im klassischen „Eigenbetrieb“ der GebäudeeigentümerIn oder „MieterIn“, da beim Energiedienstleister die Verantwortung von Planung, Errichtung über effiziente Betreuung und Monitoring der Anlage(n) bis hin zum nachhaltigen Energieträgereinkauf in einer Hand liegt.

Derzeit besteht aber eine rechtliche Ungleichbehandlung von Wärme- und Kältelieferung in Form von Energieliefercontracting – welche von Energiedienstleistern umgesetzt wird – gegenüber konventioneller Fern- oder Nahwärme. Fern- oder Nahwärme wird gebäudeextern erzeugt und über ein Leitungssystem transportiert; Errichtungs-, Finanzierungs-, Erhaltungs- und Betriebskosten können Teil der an die NutzerInnen weiterverrechneten Kosten/Preise sein (Leistungs-, Grund-, Arbeits-, Messpreis). Wird von einer Wärmeerzeugungsanlage aus ein Nachbargebäude versorgt, gilt dies als Fern- oder Nahwärme.

Wenn die Erzeugungsanlage in dem zu versorgenden Gebäude selbst errichtet wird, erfüllt dies hingegen nicht die Kriterien der Fern- oder Nahwärme; Errichtungs-, Finanzierungs-, Erhaltungskosten dürfen dann nicht bzw. nur erschwert an die NutzerInnen – im speziellen MieterInnen – weiterverrechnet werden. Energiedienstleister sind somit bei der Umsetzung von Wärme- und

Kältelieferprojekten gegenüber Fern- oder Nahwärme deutlich benachteiligt. Diese ungleiche Behandlung gilt es zu beheben.

Zur weiteren Verbreitung des Contracting-Modells für Sanierungen sind alle Maßnahmen die in Abbildung 40 angeführt sind zu überlegen:

- Änderungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen wie vorher beschrieben
- Steuerliche Vorteile für GebäudeeigentümerInnen und MieterInnen, wenn sie die Gebäudespezifische Energieversorgung CO₂-emissionsfrei ausführen lassen
- Förderungen gehen aber nicht an die EigentümerInnen oder MieterInnen, sondern an das Contracting-Unternehmen bzw. an den Energiedienstleister, der alle Sanierungsmaßnahmen aus einer Hand umsetzt
- Längere Vertragslaufzeiten von Contracting-Refinanzierungen bis zu 30 Jahre sollten möglich sein
- GebäudeeigentümerInnen oder MieterInnen bezahlen über diese Vertragsdauer hinweg dieselben Energiekosten weiter, so refinanzieren sich die Investitionen. Nach Vertragsende profitieren auch die EigentümerInnen/MieterInnen von günstigeren Energiekosten
- Die Energiekosten können auf dem Finanzmarkt gehandelt werden, wodurch mehr finanzielle Mittel zu Beginn möglich sind
- Zur Ausfallssicherheit dieser laufenden Einnahmen könnte der Staat Haftungen zum Beispiel zur Übernahme ausfallender Energiezahlungen durch MieterInnen oder GebäudeeigentümerInnen übernehmen – Beispiele für solche Haftungen aus anderen Bereichen gibt es

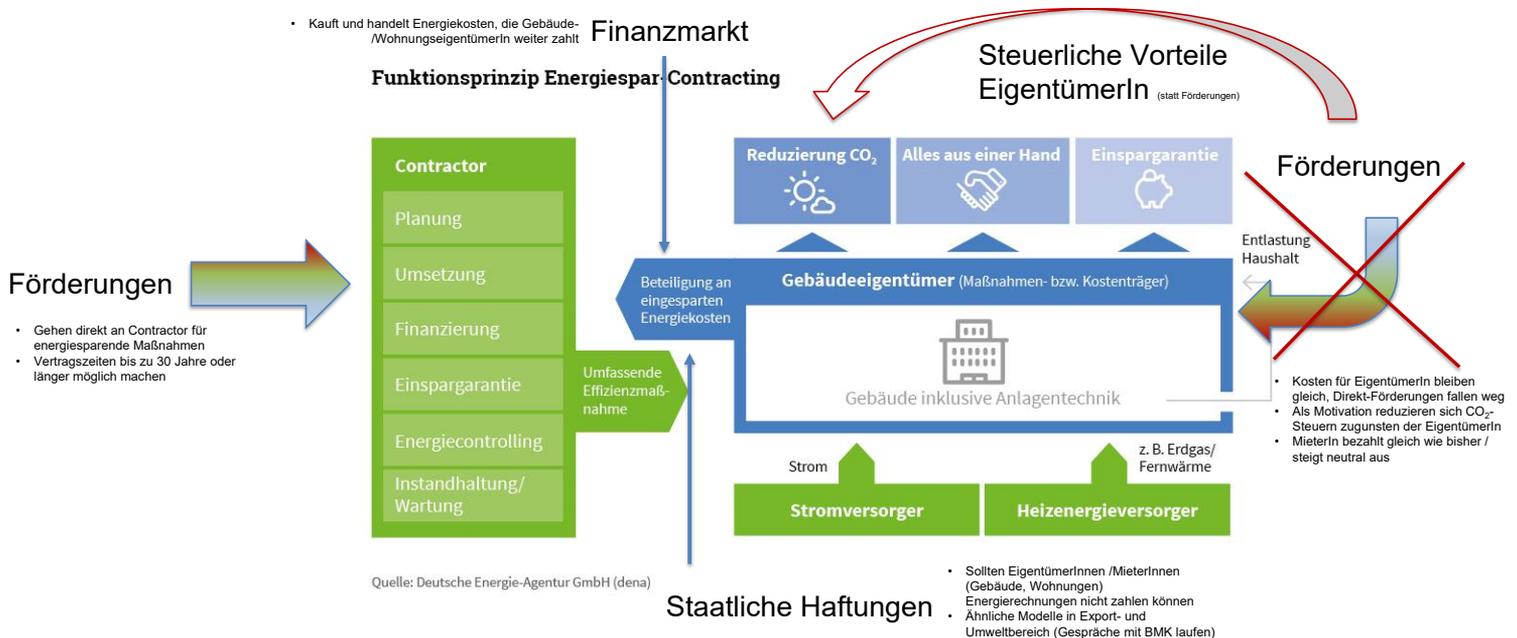


Abbildung 40: Möglicher Ausbau von bestehenden Contractingmodellen (Quelle: AEE INTEC nach dena [20])

One-Stop Shop Sanierungen

Ähnlich dem Energiesprung-Modell (siehe Kapitel 5.3) mit hohem staatlichen Eingangsförderprogramm könnten One-Stop-Shop Sanierungen vor allem für Gebäudetypologien mit folgenden Merkmalen durchgeführt werden:

- Marktpotenzial sehr hoch für Gebäude 1950 bis 1980
- Zwei bis max. vier Stockwerke
- Einfache Kubatur (keine Stuckfassaden / Denkmalschutz)
- Hohe Energiekosten bzw. keine umfassend erfolgte Sanierung

Prinzipien des Modells sind:

- Definierter und vereinbarter NetZero-Standard: Die Gebäude erzeugen über das Jahr so viel Energie, wie die BewohnerInnen für Raumwärme, Warmwasser und Strom benötigen
- Langjährige Qualitätsgarantie (10–30 Jahre): Generalübernehmer und Dienstleister verpflichten sich über Verträge dazu
- Einfache, schnelle Umsetzung: innerhalb weniger Wochen in bewohntem Zustand
- Bezahlbarkeit: Die Maßnahmen sollen primär durch Einsparungen bei den Energiekosten refinanziert werden – bei konstanter Warmmiete
- Attraktives Design: Qualität des Designs und der eingesetzten Technologien passen zusammen

Es bildet sozusagen ein Übergangsmodell zwischen Förderinstrument und Geschäftsmodell.

Vorteile: Klare Zieldefinition für bestimmte Gebäudetypologie z. B. NZE oder 90 % CO₂-Reduktion, Monitoringsystem mit fixierten KPIs fördert verkaufbare Dienstleistungen, „Aus einer Hand“-Lösungen, mögliche Pooling / Bundling Kostenvorteile bei hoher Stückzahl

Nachteile: Große Fördervolumina und öffentliches Geld zur Entwicklung und Rahmensetzung nötig, lange Vorbereitungsphasen

Zum **Programm „Stadt der Zukunft“** und den Gesamtzielen des Programms trägt RENEWnow vor allem die Analyse innovativer Technologien und Konzepte der Energieerzeugung, -verteilung, -umwandlung und -speicherung, aber auch der Verbrauchsoptimierung in Bestandsgebäuden, sowie Technologien und Dienstleistungsmodelle für die Sanierung bei. Das Projekt hat die Qualität der Forschung und die Wettbewerbsfähigkeit Österreichs im Bereich Sanierung massiv erhöht und einen dringend nötigen Schub verpasst.

6 Schlussfolgerungen

Es gibt noch zu wenige Hüllsanierungen mit vorgefertigten Fassaden oder Dachbauteilen, die bezüglich Kosten und vor allem Betriebskosten gut dokumentiert und damit gut kalkulierbar sind. Das macht Kostenschätzungen von vorgefertigten Fassadensanierung gegenüber Standardlösungen mit Zugängen für Haustechnik über Stiegenhaus / Hausinnerem sehr schwierig.

Fassaden, wo die TGA in der Vorfertigung von Beginn der Planung mitgedacht wird, sind jedenfalls günstiger als nachträglich einzuplanende und zu integrierende Haustechnik, die in der Fassade zu führen ist – letzteres ist bei vielen umgesetzten Projekten die Praxis. Zentrale Haustechnikmodule sind über den Lebenszyklus günstiger und dezentralen vorzuziehen, oft sind dezentrale Lösungen aber aufgrund der Typologie, Wohnungsanordnung und Raumaufteilung die einzig möglichen und waren in diesem Projekt ein Schwerpunkt bei technischen Fragestellungen.

Wenn dezentrale Haustechnikmodule zum Einsatz kommen, dann immer in Kombination mit Hüllmaßnahmen in Richtung Passivhausstandard, damit die Leistungsdimensionierung keine Probleme macht, und beispielsweise Wärmepumpenlösungen so verbaut werden können, dass sie keine schalltechnischen Probleme machen, und auch im (reduzierten) Design punkten.

Zusätzlich zu besseren Kostendokumentationen von Sanierungsmaßnahmen in Zukunft braucht die Weiterentwicklung der Dienstleistungsmodelle auf Basis der RENEWnow Analyse-Methodik, die hier vorgestellt wurde, viele weitere Sensitivitätsanalysen vielversprechender Varianten bezüglich Lebenszykluskosten und Rahmenbedingungen. Die Ergebnisse und Ansätze der Beurteilung von Sanierungsmaßnahmen in Bezug auf Technologien, Sanierungsentscheidungen und Geschäftsmodelle dienen vor allem technisch versierten KollegInnen bei Wohnbauträgern, technisch zuständigen BehördenvertreterInnen, Energie- und SanierungsberaterInnen sowie HaustechnikplanerInnen für weitere Überlegungen in ihren Portfolios.

Das Projektteam arbeitet auf der Basis der Ergebnisse des Projekts an einem Pre-Design-Tool zur Entscheidungsfindung von Sanierungsvarianten unter Berücksichtigung technischer und nicht-technischer Aspekte aus der Projektanalyse weiter. Es wurden und werden weitere Forschungsprojekte aus den vorliegenden Sondierungsergebnissen abgeleitet.

Das Ziel, weitere Wohnbauträger und Unternehmen für Gebäudesanierungsentwicklungen und Demonstrationsgebäude zu gewinnen, wurde eindeutig erreicht. Das genaue Bild, wie ein One-Stop-Shop Geschäftsmodell für die Sanierung großvolumiger Wohngebäude aussehen könnte, wurde nicht erreicht. Da konnte die Analyse des Energiesprong-Modells als auch die Einbeziehung von Stakeholdern über Workshops und Interviews vorerst kein klares Bild erkennen lassen. Weitere Analysen von Demonstrationsgebäuden und Sensitivitätsanalysen von wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Finanzierung- sowie Kostenparametern bei Sanierungen wären hilfreich.

Das Projektteam nimmt jedenfalls viele Highlights und Anregungen für weitere Arbeiten aus den sieben durchgeführten Workshops mit den Zielgruppen, und den etwa 20 persönlichen Interviews mit Unternehmen der Branche mit, und versucht weiter Kontakt zu halten und Feedback einzuholen. Die Ergebnisse des Projekts wurden und werden in vier Artikeln und Papers, sowie in mehreren Präsentationen zu neuen Impulsen für die Sanierung verbreitet. Diese Aktivitäten bilden damit eine

perfekte Anknüpfung an die Nachfolgeprojekte und weitere Kontakte zur Zielgruppe, um Feedback zu den Entwicklungen und Demonstrationsprojekte einzuholen.

7 Ausblick und Empfehlungen

Empfehlungen für weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten

Die Methodik, Analysen und das Pre-Design-Tool, aber auch aufgezeigte Geschäftsmodelle aus dem Projekt haben das Potenzial, in anderen Projekten weiterentwickelt zu werden. Die Aktivitäten aus dem Projekt werden weiter den Sanierungsmarkt mobilisieren, vor allem die durchgeführten Workshops mit vielen verschiedenen Stakeholdern, und die daraus entstandenen Forschungsprojekte PhaseOut und SüdSan, sowie das Innovationslabor RENOWAVE.AT, die alle mithelfen werden, die Sanierungsrate gemeinsam mit Unternehmen zu heben.

RENEWnow hat verschiedenste Entwicklungen wie konkrete Demonstrationsprojekte mit zugeordneten technischen Innovationen aber auch eine neue Methodik in der Sanierungsplanung angestoßen. Es ist nun klar wie Geschäftsmodelle wie Energiesprung einzuordnen sind, welche Vor- und Nachteile die einzelnen Modelle aufweisen, dass Contractingmodelle weiter ausgebaut und weitere bundesweite Initiativen im Bereich Gebäude- und Quartierssanierung nötig sein werden.

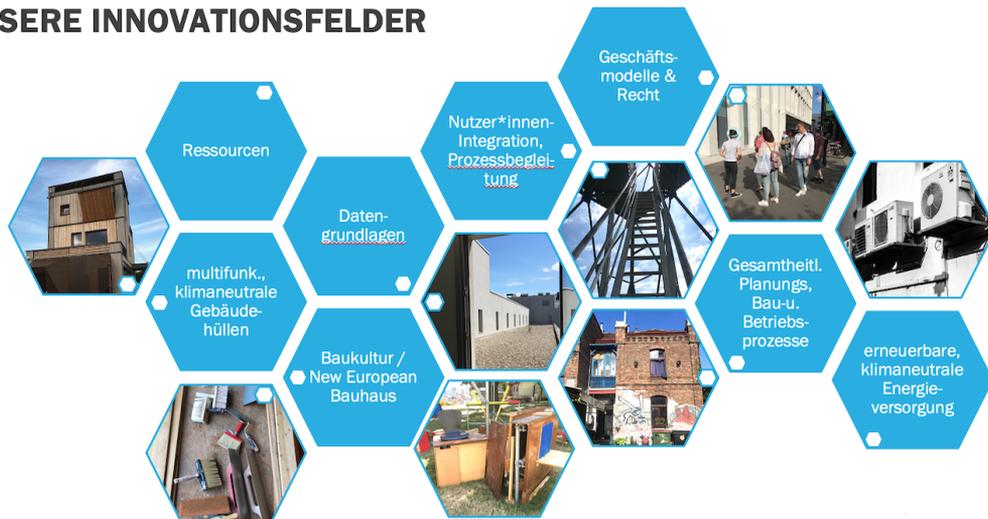
RENOWAVE.AT

RENOWAVE.AT ist das neue Innovationslabor für klimaneutrale Gebäude- und Quartierssanierungen in ganz Österreich. Seine Aufgabe ist es, Innovationen anzustoßen, aus denen neue technische, soziale und organisatorische Lösungen entstehen und dieses Wissen zu verbreiten. Dabei werden die Bevölkerung, Wohnungs- und Immobilienwirtschaft, Industrie- und Gewerbe, Banken sowie Wissenschaft und öffentliche Hand nach dem Open Innovation-Prinzip vernetzt und aktiv ein innovationsförderndes Umfeld gestaltet. Es ist die zentrale Anlaufstelle für Innovationsvorhaben im Sanierungsbereich. Das Ziel ist es, InitiatorInnen von Demonstrationsgebäuden und -quartieren zu unterstützen, um Impulse für einen klimaneutralen Gebäudebestand zu setzen.

RENOWAVE.AT ist ein Sanierungs-Turbo für die Bau- und Immobilienbranche, um lebenswert gestaltete und treibhausgasneutrale Gebäude und Quartiere zu schaffen. Im Innovationslabor werden Kompetenzen gebündelt und mit kompetenten PartnerInnen Angebote und Dienstleistungen in folgenden Innovationsfeldern umgesetzt.

Abbildung 41: Die 8 identifizierten Innovationsfelder des Innovationslabors RENOWAVE.AT

UNSERE INNOVATIONSFELDER



Neben Vernetzung bietet RENOWAVE.AT Services und Dienstleistungen an wie z.B. Innovationswerkstätten, Konzeption und Umsetzung von Lehrgängen, Zugang zu Datenbanken und Forschungsinfrastrukturen.

Die Betreiberin des Innovationslabors ist eine österreichweite, eingetragene Genossenschaft mit folgenden Mitgliedern: AEE INTEC, ARCH + MORE, Energieinstitut Vorarlberg, FH Technikum Wien, GrünStattGrau, IBO, IBRI, IIBW, ÖGNB, pulswerk, Schöberl & Pöll, WH consulting engineers, wohnbund:consult (Beitritt geplant u.a. von: TU Wien, Uni Innsbruck, FH Salzburg). Der Beitritt von interessierten Organisationen, die sich mit den Zielen des Innovationslabors identifizieren, ist ausdrücklich erwünscht.

SüdSan

Das Projekt SüdSan zielt darauf ab, einige der Haupt-Hemmnisse bei der schnellen Markteinführung Klimaziel-kompatibler Mehrfamilienhaussanierungen zu beseitigen:

- Mangel an belastbaren Daten zu investiven Mehrkosten effizienter Sanierungen
- Fixierung auf Investitions- statt auf Lebenszykluskosten
- Unkenntnis über Methoden zur energetisch-wirtschaftlichen Optimierung
- Mangel an Praxisprojekten, die die Vereinbarkeit von Klimaschutz und Sozialverträglichkeit demonstrieren

Projekinhalt ist die energetisch-wirtschaftlich optimierte Sanierung von 2 Mustergebäuden verschiedener Altersklassen/Typen in der Südtirolersiedlung Bludenz. Die Gebäudetypen der 1943-62 errichteten Siedlung mit 397 Wohneinheiten sind als kleine/mittlere Mehrfamilienhäuser repräsentativ für große Teile des Bestandes im nicht-großstädtischen Österreich, energetisch fast im Originalzustand und ausschließlich über Einzelöfen (Gas, Holz, Öl) beheizt. Da die Siedlung zu niedrigen Mieten an einkommensschwache Haushalte vermietet ist, ist die gleichrangige Optimierung von Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit essentiell, um Lösungen zur Beseitigung von Energiearmut in der Praxis aufzuzeigen.

Für jedes der 2 Mustergebäude werden mehrere Tausend Ausführungsvarianten unterschiedlicher Energieniveaus und -konzepte geplant und modular ausgeschrieben.

Realisiert werden die Varianten, mit denen das angestrebte Klimazielkompatible Energieniveau mit den niedrigsten Lebenszykluskosten erreicht wird. Die Kosten sowie die messtechnisch ermittelten Energieverbräuche der Mustergebäude werden als Grundlage für das Energiekonzept der übrigen Gebäude der Siedlung genutzt. Sie dienen auch dazu, die Option Klimaziel-kompatible Sanierung mit der Option Abriss + Neubau im Hinblick auf Energiebedarf, THG-Emissionen (Herstellung + Betrieb), Investitions- und Lebenszykluskosten zu vergleichen.

PhaseOut

Für die Erreichung der Klimaschutzziele hat sich Österreich für den Umstieg von gas- und ölbasierten Heizungssystemen zu erneuerbaren Systemen und für hochwertige energetische Sanierung entschieden. Obwohl seit vielen Jahren technische Lösungen für die Sanierung von mehrgeschoßigen Wohngebäuden (Fenstertausch, Dämmung) und für den Kesseltausch (bei zentraler Wärmeversorgung) existieren, stagniert die Sanierungsrate bei deutlich unter 1%. Hält dieser Trend an, werden die Klimaschutzziele nicht annähernd erreicht.

Die Gründe für die geringe Aktivität sind vielfältig. Konventionelle Ansätze sind teuer, aufwändig auf der Baustelle, erfordern den Einsatz von Gerüsten und teils die Umsiedelung. Zudem gibt es keine zufriedenstellende Lösung für dezentrale Wärmepumpen und erneuerbare Wärmeversorgung für Wohnungen. Angesichts der begrenzten Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom und Fernwärme bei steigender Nachfrage, ist die thermische Sanierung von Gebäuden unverzichtbar, um die Klimaziele insgesamt zu erreichen.

Der Umstieg von gas- oder ölbasierten Heizsystemen auf Wärmepumpen ist (häufig) nur in Kombination mit einer angemessenen thermischen Sanierung technisch machbar und i.d.R. auch nur in Kombination mit dieser zu empfehlen.

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

Dieses innovative und multidisziplinäre Demo-Projekt hat das Ziel, innovative Lösungen weiterzuentwickeln und optimierte Sanierungsprozesse, unter besonderer Berücksichtigung serieller/industrialisierter Ansätze, aufzuzeigen. Dabei wird von einem großen Marktpotential im Bestand ausgegangen, das allerdings herausfordernd zu erschließen ist.

Drei Schlüsselaspekte werden mit dem Ziel einer minimalinvasiven Sanierung vereint:

1. Innovative Wärmepumpentechnologie,
2. modulare und vorgefertigte Fassadenelemente und
3. Fassadenintegration von Gebäudetechnik.

Dabei werden alle Schritte des Sanierungsprozesses in einem ganzheitlichen Ansatz von der Konzeption, Planung, Optimierung, betriebs- und volkswirtschaftlichen Bewertung bis hin zur NutzerInnen-Einbeziehung durch kompetente Projektpartner berücksichtigt.

Drei verschiedene Sanierungsvarianten werden bei PhaseOut in sieben identischen Gebäuden verglichen und bewertet:

1. eine zentrale Wärmepumpe pro Gebäude
2. eine zentrale NT-Wärmepumpe mit wohnungsweisen Booster-Wärmepumpen und

3. einzelne dezentrale Wärmepumpen in jeder Wohnung.

Neben der Entwicklung zweier innovativer, kompakter Wärmepumpentypen speziell für die Sanierung - eine Booster-WP und eine Mini-Split-Brauchwasser-WP - wird eine modulare und vorgefertigte Fassade entwickelt und in den Demo-Gebäuden eingesetzt. Dabei werden entweder die Verteilerrohre oder die Außeneinheit der dezentralen Wärmepumpen und optional dezentrale Lüftung mit Wärmerückgewinnung und erneuerbare Energien ((BI)PV) in die Fassade integriert.

Um eine hohe Akzeptanz für die Sanierung zu erreichen, ist größtmögliche Transparenz und der Einbezug der BewohnerInnen in allen Prozessschritten ein weiterer Fokus. Aus den Erfahrungen wird ein Sanierungsleitfaden entwickelt, der als Initiator und Beschleuniger für weitere Projekte in Österreich und auf internationaler Ebene dienen soll, um so die Klimaziele und einen klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen.

Weitere Demonstrationsgebäude und -quartiere mit der Sanierung von Gebäuden und Siedlungen sind unbedingt umzusetzen, da die Anwendung von Wärmepumpen-, Lüftungs- und Wärmepumpen-Sondenregenerations-Technologien, um nur einige zu nennen, weiterer Forschung bedürfen.

8 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablaufschema einer Gebäudesanierung nach der RENEWnow-Methode	38
Abbildung 2: Skizze des modularen Konzepts.....	47
Abbildung 3: Auswahl an Kompaktwärmepumpen auf dem Markt.....	47
Abbildung 4: Darstellung der Installation der Kompaktwärmepumpe (a) Pkom4 im Badezimmer und (b) Genvex COMBI in der Küche	48
Abbildung 5: (a) Kombinierte Heizungs- und Warmwasser Wärmepumpe (Daikin Altherma 3 R F - EHFH-D3V) und separate wohnungsweise Lüftung (Pichler Lüftungsgeräte 150); (b) Warmwasser Wärmepumpe (Daikin Altherma M HW - EKHH2E-AV33), Luft – Luft Heizungswärmepumpe (Split) und separate wohnungsweise Lüftung (Pichler Lüftungsgeräte 150).....	49
Abbildung 6: Innovative fassadenintegrierte Kompaktwärmepumpe für die mechanische Lüftung und Heizung in Kombination mit einer innovativen Wärmepumpe für die Warmwasserbereitung.....	49
Abbildung 7: Gebäudetechnikschema Sanierungsvariante Enerphit Dezentral	57
Abbildung 8: Eingriffsmatrix Sanierungsvariante Enerphit Dezentral.....	58
Abbildung 9: Investitionskostenmatrix Sanierungsvariante Enerphit Dezentral	63
Abbildung 10: Wartungskostenmatrix Sanierungsvariante Enerphit Dezentral	65
Abbildung 11: Ausfallwahrscheinlichkeitsmatrix Sanierungsvariante Enerphit Dezentral	66
Abbildung 12: Heizleistung der einzelnen Räume der Wohnung Top 1 des Referenzgebäudes B berechnet nach ÖNORM EN 12831 für den Bestandsfall.....	66
Abbildung 13: Maximale Vorlauftemperatur zu den Heizkörpern, berechnet für die verschiedenen Sanierungsfälle, die für das Referenzgebäude B berücksichtigt wurden.....	67
Abbildung 14: Heizleistung berechnet nach ÖNORM EN 12831 und mit PHPP für jede Wohnung im Referenzgebäude B für jeden betrachteten Fall	68
Abbildung 15: Heizwärmebedarf für die Referenzgebäude unter Berücksichtigung der verschiedenen Sanierungsschritte.....	69
Abbildung 16: Heizlast für die Referenzgebäude unter Berücksichtigung der verschiedenen Sanierungsschritte.....	69
Abbildung 17: Heizlast und Heizwärmebedarf, berechnet mit PHPP für verschiedene Wohnungen im Referenzgebäude B	70
Abbildung 18: Monatliche Globalstrahlung und Außentemperatur in Innsbruck.	71
Abbildung 19: Endenergie bzw. Strombedarf für Wärmepumpe, Hilfsstrom und Lüftung für Gebäude D in 3 HWB Sanierungsniveaus (25, 45 oder 60 kWh/(m ² a)). Anmerkung: Dezentrale Systeme wurden für HWB45 und HWB60 nicht simuliert (nicht empfohlen).	74
Abbildung 20: Anordnung der Steigleitungen.....	75
Abbildung 21: Leitungsverluste des Vorlaufs für die Variante mit Hochlochziegel, 20 cm Dämmung und DN 32 Rohr. bei [Ti, Te, Tvor, Trück] = [22°, 0°, 50°, 40°].....	76

Abbildung 22: Leitungsverluste des Vorlaufs für die Variante mit Hochlochziegel, 20 cm Dämmung und DN 32 Rohr. bei [Ti, Te, Tvor, Trück] = [22°, 0°, 50°, 40°] im Vergleich zur Stiegenhausinstallation mit Tu=18°C	76
Abbildung 23: Repräsentative Legende für alle nachfolgenden Endenergie- und CO ₂ eq-Bilanzen	77
Abbildung 24: Endenergiebilanz inklusive Haushalts-, Allgemein- und Hilfsstrom sowie Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung für die Bestandssituation	78
Abbildung 25: CO ₂ eq-Emissionen pro BewohnerIn für Haushalts-, Allgemein- und Hilfsstrom sowie Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung für die Bestandssituation	78
Abbildung 26: Monatliche CO ₂ eq-Emissionen des aktuellen österreichischen Verbraucherstrommix [18]	79
Abbildung 27: Endenergiebilanz Instandsetzung	80
Abbildung 28: CO ₂ eq-Bilanz Instandsetzung	81
Abbildung 29: Endenergiebilanz Sanierungsvariante OIB fGEE Dezentral	81
Abbildung 30: CO ₂ eq-Bilanz Sanierungsvariante OIB fGEE Dezentral	81
Abbildung 31: Endenergiebilanz Sanierungsvariante Enerphit Dezentral	82
Abbildung 32: CO ₂ eq-Bilanz Sanierungsvariante Enerphit Dezentral	82
Abbildung 33: Endenergiebilanz Sanierungsvariante Enerphit Zentral	82
Abbildung 34: CO ₂ eq-Bilanz Sanierungsvariante Enerphit Zentral	83
Abbildung 35: Lebenszykluskosten als Annuität in € (Brutto)	85
Abbildung 36: Lebenszykluskosten als Annuität in € (Brutto) mit 365 €/t CO ₂ eq-Steuer	86
Abbildung 37: Lebenszykluskosten als Annuität in € (Brutto) mit 405 €/t CO ₂ eq-Steuer	86
Abbildung 38: Anzahl der Mehrfamilienhäuser mit Mietwohnungen (links) im Vergleich zu denen mit Eigentumswohnungen (Quelle: AEE INTEC nach Statistik Austria 2001)	87
Abbildung 39: Konzept der Sanierung mit Nachverdichtung (Quelle: AEE INTEC)	90
Abbildung 40: Möglicher Ausbau von bestehenden Contractingmodellen (Quelle: AEE INTEC nach dena [20])	92
Abbildung 41: Die 8 identifizierten Innovationsfelder des Innovationslabors RENOWAVE.AT	97
Abbildung 42: Gebäudetechnikschema Sanierungsvariante OIB fGEE	110
Abbildung 43: Gebäudetechnikschema Sanierungsvariante Enerphit Zentral	110
Abbildung 44: Eingriffsmatrix Sanierungsvariante OIB fGEE	111
Abbildung 45: Eingriffsmatrix Sanierungsvariante Enerphit Zentral	111
Abbildung 46: Investitionskostenmatrix Sanierungsvariante OIB fGEE	113
Abbildung 47: Investitionskostenmatrix Sanierungsvariante Enerphit Zentral	113
Abbildung 48: Wartungskostenmatrix Sanierungsvariante OIB fGEE	114
Abbildung 49: Wartungskostenmatrix Sanierungsvariante Enerphit Zentral	114
Abbildung 50: Ausfallwahrscheinlichkeitsmatrix Sanierungsvariante OIB fGEE	114
Abbildung 51: Ausfallwahrscheinlichkeitsmatrix Sanierungsvariante Enerphit Zentral	115
Abbildung 52: Heizlast und Heizwärmebedarf, berechnet mit PHPP für verschiedene Wohnungen im Referenzgebäude A	115
Abbildung 53: Heizlast und Heizwärmebedarf, berechnet mit PHPP für verschiedene Wohnungen im Referenzgebäude C	115

Abbildung 54: Heizlast und Heizwärmebedarf, berechnet mit PHPP für verschiedene Wohnungen im Referenzgebäude D	116
Abbildung 55: System Vierleiter mit Zirkulation – vereinfachtes Haustechnikschema.	117
Abbildung 56: System Vierleiter mit dezentralem Wärmeübertrager (Frischwasserstation) – vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind.....	118
Abbildung 57: System Zweileiter mit dezentralem Wärmeübertrager– vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind	119
Abbildung 58: System Zweileiter mit dezentralem Frischwasserspeicher und Beladefenster – vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind.....	120
Abbildung 59: System Zweileiter mit Elektro-Boiler – vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind.....	121
Abbildung 60: System Zweileiter mit dezentralem Elektro-Boiler Boiler mit Duschwasser-Wärmerückgewinnung – vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind.....	121
Abbildung 61: Zweileitersystem mit dezentralem Warmwasser Wärmepumpe – vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind.	122
Abbildung 62: Dezentrale Split Wärmepumpe für Raumheizung und Elektro-Boiler – vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind.	123
Abbildung 63: Dezentrale Split Wärmepumpe für Raumheizung und dezentrale Warmwasser Wärmepumpe – vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind).....	123

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht zum F&E Bedarf zu den Themen Gebäudehülle, neue Methoden, Vorfertigung	24
Tabelle 2 Übersicht zum F&E Bedarf zu den Themen Energieerzeugung, -speicherung, -verteilung...	27
Tabelle 3: Übersicht zum F&E-Bedarf zu den Themen Digitalisierung und neue Geschäftsmodelle ...	31

Tabelle 4: Hauptdaten, Gebäudeansicht und Grundriss des Gebäudes A	39
Tabelle 5: Hauptdaten, Gebäudeansicht und Grundriss des Gebäudes B	39
Tabelle 6: Hauptdaten, Gebäudeansicht und Grundriss des Gebäudes C	40
Tabelle 7: Hauptdaten, Gebäudeansicht und Grundriss des Gebäudes D	40
Tabelle 8: Angaben, die für die Berechnung der Varianten für das Referenzgebäude B verwendet wurden.	42
Tabelle 9: Zusammenstellung der benötigten Informationen im Planungsprozess einer Sanierung ...	44
Tabelle 10: Gebäudekennwerte je nach Referenzgebäude	51
Tabelle 11: Spezifische Gebäudeheizlast je nach Referenzgebäude und Sanierungsstandard	52
Tabelle 12: Spezifischer Heizwärmebedarf je nach Referenzgebäude und Sanierungsstandard	52
Tabelle 13: Reduktion der Wärmeabgabeleistung von Heizkörpern in Abhängigkeit der Vor- und Rücklauftemperaturen	59
Tabelle 14: Spezifische Basiskosten unabhängig von Gebäudeheizlast aus Forschungsprojekt KliNaWo (#1-17) bzw. Forschungsprojekt Wolfurt Lerchenstraße (#18-19).....	60
Tabelle 15: Spezifische Basiskosten abhängig von Gebäudeheizlast aus Forschungsprojekt KliNaWo (#20-25) bzw. Forschungsprojekt Wolfurt Lerchenstraße (#26)	61
Tabelle 16: Werte zur Berechnung der Kostenfaktoren je nach Komponente	61
Tabelle 17: Jährlicher Aufwand für Instandsetzung, Wartung und Inspektion nach VDI 2067	63
Tabelle 18: Angaben zur Dimensionierung von Heizkörpern.....	67
Tabelle 19: Heizwärmebedarf und Trinkwarmwasserbedarf für Gebäude D in 3 Sanierungsniveaus .	71
Tabelle 20: Zusammenfassung der Wärmepumpen-Daten (Leistungszahl bzw. Coefficient of Performance COP):.....	72
Tabelle 21: Eingaben für die Berechnungen der Wärmeverteilsysteme (d.h. Vorlauf- und Rücklauftemperatur von Trinkwarmwasser, Gesamtlänge der Rohrleitung, Größe des Speichers und Leistung der Zirkulationspumpe)	72
Tabelle 22: Eingaben für die Berechnungen der Wärmeverteilsysteme (d.h. Vorlauf- und Rücklauftemperatur von Raumheizung unter Berücksichtigung verschiedener Qualitäten der Gebäudehülle, nämlich HWB)	73
Tabelle 23: Investitionskosten der thermischen Gebäudehülle für die verschiedenen Varianten bezogen auf die Bauteilfläche bzw. als Absolutwerte.....	83
Tabelle 24: Grenzwertbetrachtung mit CO _{2eq} -Steuer und Direktzuschuss	85
Tabelle 25: Angaben, die für die Berechnung der Varianten für das Referenzgebäude A verwendet wurden	106
Tabelle 26: Angaben, die für die Berechnung der Varianten für das Referenzgebäude C verwendet wurden	107
Tabelle 27: Angaben, die für die Berechnung der Varianten für das Referenzgebäude D verwendet wurden	108
Tabelle 28: Heizlast, berechnet nach ÖNORM EN 12831 für jeden Raum in jeder Wohnung für jeden für das Referenzgebäude B berücksichtigten Sanierungsgrad.....	109
Tabelle 29: Spezifische Kosten unabhängig von Gebäudeheizlast für Referenzgebäude A.....	111
Tabelle 30: Spezifische Kosten abhängig von Gebäudeheizlast für Referenzgebäude A.....	112

Literaturverzeichnis

1. Haselsteiner, E.: plusFASSADEN, Internationaler Know-how- und Wissenstransfer über „intelligente Fassadensysteme“ für österreichische AkteurInnen und KompetenzträgerInnen. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 50/2011. Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber: BMVIT
2. Netzwerk Alpines Bauen: Planungshinweise Haustechnik, auf <https://www.alpines-bauen.com/planungshinweise/>, abgerufen am 06.10.2020, 15:00
3. Klimaaktiv Bauen und Sanieren: klimaaktiv Leitfaden Sanierungsfahrplan, auf <https://www.klimaaktiv.at/bauen-sanieren/gebäude-deklarieren/klimaaktiv-leitfaden-sanierungsfahrplan.html>, abgerufen am 06.10.2020, 15:30
4. BMK/nachhaltig wirtschaften: Dialog in Fokusgruppen: F&E-Aktivitäten als Schlüssel zur nachhaltigen Sanierung des Gebäudebestands 10. September 2020, TUtheSky, Getreidemarkt 9, 1060 Wien und Online-Teilnahme, Information auf <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/veranstaltungen/2020/20200910-dialog-in-fokusgruppen.php>
5. Dermentzis, G., Ochs, F., Thuer, A., Streicher, W.: Supporting Decision-Making for Heating and Distribution Systems in a New Residential District - An Austrian Case Study. Energy 224 (June): 120141. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2021.120141>
6. Magni, M., Ochs, F., Knotzer, A., Roßkopf-Nachbaur, T., Dermentzis, G., Venturi, E., Jähmig, D.: Supporting the decision-making process related to the renovation of multi-family houses. Paper at the ISEC conference 2022
7. Ploss, M., Ochs, F., et al.: Low Cost nZEB. Preis-kompatible Mehrfamilienhäuser – Interreg Österreich-Bayern. Under Publication
8. IEE-Projekte TABULA und EPISCOPE (2017): Tabula WebTool Region Österreich. Verfügbar unter: <https://webtool.building-typology.eu/?c=at#bm>, abgerufen am 28.01.2021, 9:00
9. Passivhaus Institut (2017) Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) Version 9.7
10. Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-5 Wärmeschutz im Hochbau, Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile. 2011
11. IEE-Projekt TABULA (2013): Tabula Berechnungsmethode. Verfügbar unter: www.episcope.eu/fileadmin/tabula/public/docs/report/TABULA_CommonCalculationMethod.pdf, abgerufen am 28.01.2021, 10:00
12. Münzenberger, M. (2004): Der natürliche Luftwechsel in Gebäuden und seine Bedeutung bei der Beurteilung von Schimmelpilzschäden. Seite 2. Verfügbar unter: http://agoef.de:8080/fileadmin/user_upload/dokumente/publikationen/auszuege-kongressreader/Muenzenberg-2004--natuerlicher-Luftwechsel-in-Gebaeuden-Bedeutung-Beurteilung-Schimmelpilzschaden.pdf, abgerufen am 28.01.2021, 13:00
13. Statistik Austria (2021): Baupreisindex für den Hochbau – Hochbau gesamt (Referenzjahr 2000), Verfügbar unter: https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/preise/baupreisindex/020628.html, abgerufen am 11.11.2021, 8:00
14. Ministerium für Energie und Raumentwicklung (2019): Berechnung kostenoptimaler Niveaus von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz für neue und bestehende Wohn- und Nichtwohngebäude
15. Verein Deutscher Ingenieure (2012): VDI 2067 September 2012 – Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Grundlagen und Kostenberechnung

16. Weber, J.: Geothermische Energienutzung - Country Update für Deutschland. 2016; Folie 11, Szenario 2, Verfügbar unter: [https://www.geotis.de/homepage/sitecontent/info/publication_data/congress/congress_data/Weber DGK 2016 Geothermische Energienutzung in D.pdf](https://www.geotis.de/homepage/sitecontent/info/publication_data/congress/congress_data/Weber_DGK_2016_Geothermische_Energienutzung_in_D.pdf), abgerufen am 11.11.2021, 10:15
17. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen „Obsoleszenz“. Seite 147, Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_11_2016_einfluss_der_nutzungsdauer_von_produkten_obsoleszenz.pdf, abgerufen am 11.11.2021, 16:30
18. Stolz, Frischknecht (2016): Umweltkennwerte und Primärenergiefaktoren von Energiesystemen, Verfügbar unter: https://treeze.ch/fileadmin/user_upload/downloads/Publications/Case_Studies/Energy/563-Energiesysteme-v1.0.pdf, abgerufen am 28.12.2021, 10:00
19. Rüdiger, L.: Energiedienstleistungen – Wirtschaftliche Werkzeuge der Energieeffizienz in Gebäuden. Präsentation bei FÖS. Berlin, Oktober 2014
20. Schuch, C., Ursel Weißleder, U., Baedeker, H.: Ein Beitrag zu mehr Klimaschutz und Energieeffizienz in öffentlichen Liegenschaften - Energiemanagement und Energiespar-Contracting in Kommunen. dena-LEITFADEN. 1. überarbeitete Auflage. Berlin 12/2017

9 Anhang

9.1. Angaben für die Referenzgebäude A, C und D

Tabelle 25: Angaben, die für die Berechnung der Varianten für das Referenzgebäude A verwendet wurden

Parameter	Einheit	Bestand	OIB fgee	OIB EEB	Enerphit+ Abluft	Enerphit
Effektiver U-Wert Dach	W/(m ² K)	Holzbretter mit 8 cm Dämmung 0.366	Holzbretter mit 26 cm Dämmung 0.155	Holzbretter mit 26 cm Dämmung 0.155	Holzbretter mit 26 cm Dämmung 0.155	Holzbretter mit 26 cm Dämmung 0.155
Effektiver U-Wert Wand	W/(m ² K)	Wabenbeton-Ziegel (0.45 W/(mK)) 1 154	Wabenbeton-Ziegel mit 14 cm Dämmung 0.186	Wabenbeton-Ziegel mit 12 cm Dämmung 0.211	Wabenbeton-Ziegel mit 18 cm Dämmung 0.150	Wabenbeton-Ziegel mit 18 cm Dämmung 0.150
Effektiver U-Wert Boden	W/(m ² K)	Beton mit 4 cm Trittschall-dämmung 0.607	Beton mit 4 cm Trittschall-dämmung 0.607	Beton mit 2 cm Trittschall-dämmung und 5 cm Dämmung 0.337	Beton mit 4 cm Trittschall-dämmung und 10 cm Dämmung 0.226	Beton mit 4 cm Trittschall-dämmung und 10 cm Dämmung 0.226
Korrekturfaktor	-	Keller 0.50	Keller 0.50	Keller 0.50	Keller 0.50	Keller 0.50
U-Wert-Fenster	W/(m ² K)	Fenster mit Holzrahmen 1.66	Fenster mit Holzrahmen 1.66	U _f = 1.10 U _g = 0.70 Psi = 0.05 1.01	U _f = 1.10 U _g = 0.50 Psi = 0.035 0.84	U _f = 1.10 U _g = 0.50 Psi = 0.035 0.84
Wärmebrücken	W/(m ² K)	0.100	0.075	0.075	0.050	0.050
Reduktionsfaktor externe Verschattung	-	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
Luftwechselrate	1/h	0.13	Abluft 0.30	Abluft 0.30	Abluft 0.30	78% Wärmerück-gewinnung 0.06
Infiltrationsluftwechselrate	1/h	n ₅₀ = 1.5 1/h 0.13	n ₅₀ = 1.25 1/h, Abluft 0.008	n ₅₀ = 1 1/h, Abluft 0.004	n ₅₀ = 0.5 1/h, Abluft 0.001	n ₅₀ = 0.5 1/h, Wärmerück-gewinnung 0.044
Reduktionsfaktor (ungleichmäßiger Temperatur)	-	0.92	-	-	-	-
Durchschnittliche Innentemperatur	°C	18.8	22	22	22	22
spez. Kapazität	Wh/(m ² _{TFA})	Mischbauweise 132	Mischbauweise 132	Mischbauweise 132	Mischbauweise 132	Mischbauweise 132
Innere Wärmequelle	W/(m ² _{TFA})	PHPP standard 2.9	PHPP standard 2.9	PHPP standard 2.9	PHPP standard 2.9	PHPP standard 2.9
Wetterdaten	-	PHPP Innsbruck	PHPP Innsbruck	PHPP Innsbruck	PHPP Innsbruck	PHPP Innsbruck
Heizwärmebedarf	kWh/(m ² _{TFA})	125.5	71.6	59.2	45.3	30.2
Heizlast	W/(m ² _{TFA})	61.2	32.2	27.0	21.5	17.9

Tabelle 26: Angaben, die für die Berechnung der Varianten für das Referenzgebäude C verwendet wurden

Parameter	Einheit	Bestand	OIB fgee	OIB EEB	Enerphit+ Abluft	Enerphit
Effektiver U-Wert Dach	W/(m²K)	Holzbrettern mit 8 cm Dämmung 0.366	Holzbrettern mit 22 cm Dämmung 0.180	Holzbrettern mit 26 cm Dämmung 0.155	Holzbrettern mit 28 cm Dämmung 0.146	Holzbrettern mit 28 cm Dämmung 0.146
Effektiver U-Wert Wand	W/(m²K)	Wabenbeton-Ziegel mit 6 cm Dämmung 0.907	Wabenbeton-Ziegel mit 10 cm Dämmung 0.265	Wabenbeton-Ziegel mit 14 cm Dämmung 0.197	Wabenbeton-Ziegel mit 18 cm Dämmung 0.157	Wabenbeton-Ziegel mit 18 cm Dämmung 0.157
Effektiver U-Wert Wand zu Keller	W/(m²K)	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) 1.187	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) 1.187	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) 1.187	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) mit 10 cm Dämmung 0.276	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) mit 10 cm Dämmung 0.276
Effektiver U-Wert Wand zu Erdreich	W/(m²K)	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) 1.991	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) 1.991	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) 1.991	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) 1.991	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) 1.991
Effektiver U-Wert Boden	W/(m²K)	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 0.872	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 0.872	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung und 5 cm Dämmung 0.406	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung und 10 cm Dämmung 0.276	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung und 10 cm Dämmung 0.276
Effektiver U-Wert Fußboden zu Erdreich	W/(m²K)	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 1.239	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 1.239	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 1.239	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 1.239	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 1.239
Korrekturfaktor	-	Keller 0.50	Keller 0.50	Keller 0.50	Keller 0.50	Keller 0.50
U-Wert-Fenster	W/(m²K)	Fenster mit Holzrahmen 2.26	Uf = 1.10 Ug = 0.70 Psi = 0.05 1.01	Uf = 1.10 Ug = 0.70 Psi = 0.05 1.01	Uf = 1.10 Ug = 0.50 Psi = 0.035 0.83	Uf = 1.10 Ug = 0.50 Psi = 0.035 0.83
Wärmebrücken	W/(m²K)	0.100	0.075	0.075	0.050	0.050
Reduktionsfaktor externe Verschattung	-	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Luftwechselrate	1/h	0.15	Abluft 0.30	Abluft 0.30	Abluft 0.30	78% Wärmerückgewinnung 0.064
Infiltrationsluftwechselrate	1/h	n ₅₀ = 1.5 1/h 0.11	n ₅₀ = 1.25 1/h, Abluft 0.007	n ₅₀ = 1 1/h, Abluft 0.004	n ₅₀ = 0.5 1/h, Abluft 0.000	n ₅₀ = 0.5 1/h, Wärmerückgewinnung 0.038
Reduktionsfaktor (ungleichmäßiger Temperatur)	-	0.92	-	-	-	-
Durchschnittliche Innentemperatur	°C	18.7	22	22	22	22
spez. Kapazität	Wh/(m² _{TFAa})	Mischbauweise 132	Mischbaueise 132	Mischbaueise 132	Mischbaueise 132	Mischbaueise 132
Innere Wärmequelle	W/(m² _{TFA})	PHPP standard 2.9	PHPP standard 2.9	PHPP standard 2.9	PHPP standard 2.9	PHPP standard 2.9
Wetterdaten	-	PHPP Innsbruck	PHPP Innsbruck	PHPP Innsbruck	PHPP Innsbruck	PHPP Innsbruck
Heizwärmebedarf	kWh/(m² _{TFAa})	124.7	75.5	61.7	46.5	30.7
Heizlast	W/(m² _{TFAa})	60.5	32.8	27.9	22.0	18

Tabelle 27: Angaben, die für die Berechnung der Varianten für das Referenzgebäude D verwendet wurden

Parameter	Einheit	Bestand	OIB fgee	OIB EEB	Enerphit+ Abluft	Enerphit
Effektiver U-Wert Dach	W/(m²K)	Beton mit 8 cm Dämmung 0.400	Beton mit 18 cm Dämmung 0.177	Beton mit 20 cm Dämmung 0.161	Beton mit 20 cm Dämmung 0.161	Beton mit 20 cm Dämmung 0.161
Effektiver U-Wert Dach zur Loggia	W/(m²K)	Beton 1.989	Beton mit 8 cm Dämmung (0.025 W/(mK)) 0.270	Beton mit 8 cm Dämmung (0.025 W/(mK)) 0.270	Beton mit 8 cm Dämmung (0.025 W/(mK)) 0.270	Beton mit 8 cm Dämmung (0.025 W/(mK)) 0.270
Effektiver U-Wert Wand	W/(m²K)	Wabenbeton-Ziegel mit 6 cm Dämmung 0.907	Wabenbeton-Ziegel mit 12 cm Dämmung 0.226	Wabenbeton-Ziegel mit 16 cm Dämmung 0.175	Wabenbeton-Ziegel mit 18 cm Dämmung 0.157	Wabenbeton-Ziegel mit 18 cm Dämmung 0.157
Effektiver U-Wert Wand zu Keller	W/(m²K)	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) 1.187	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) mit 5 cm Dämmung 0.463	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) mit 5 cm Dämmung 0.463	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) mit 5 cm Dämmung 0.463	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) mit 5 cm Dämmung 0.463
Effektiver U-Wert Wand zu Erdreich	W/(m²K)	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) 1.991	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) 1.991	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) 1.991	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) 1.991	Wabenbeton-Ziegel (0.7 W/(mK)) 1.991
Effektiver U-Wert Boden	W/(m²K)	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 0.872	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 0.872	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung und 5 cm Dämmung 0.406	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung und 5 cm Dämmung 0.406	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung und 5 cm Dämmung 0.406
Effektiver U-Wert Fußboden zu Erdreich	W/(m²K)	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 1.239	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 1.239	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 1.239	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 1.239	Beton mit 2 cm Trittschalldämmung 1.239
Korrekturfaktor	-	Keller 0.50	Keller 0.50	Keller 0.50	Keller 0.50	Keller 0.50
U-Wert-Fenster	W/(m²K)	Fenster mit Holzrahmen 2.23	U _f = 1.10 U _g = 0.70 Psi = 0.05 0.95	U _f = 1.10 U _g = 0.70 Psi = 0.05 0.95	U _f = 1.10 U _g = 0.50 Psi = 0.035 0.76	U _f = 1.10 U _g = 0.50 Psi = 0.035 0.76
Wärmebrücken	W/(m²K)	0.100	0.075	0.075	0.050	0.050
Reduktionsfaktor externe Verschattung	-	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
Luftwechselrate	1/h	0.15	Abluft 0.30	Abluft 0.30	Abluft 0.30	78% Wärmerückgewinnung 0.064
Infiltrationsluftwechselrate	1/h	n ₅₀ = 1.5 1/h 0.11	n ₅₀ = 1.25 1/h, Abluft 0.007	n ₅₀ = 1 1/h, Abluft 0.004	n ₅₀ = 0.5 1/h, Abluft 0.000	n ₅₀ = 0.5 1/h, Wärmerückgewinnung 0.037
Reduktionsfaktor (ungleichmäßiger Temperatur)	-	0.92	-	-	-	-
Durchschnittliche Innentemperatur	°C	18.7	22	22	22	22
spez. Kapazität	Wh/(m² _{TFA} a)	Massivbau 204	Massivbau 204	Massivbau 204	Massivbau 204	Massivbau 204
Innere Wärmequelle	W/(m² _{TFA})	PHPP standard 2.7	PHPP standard 2.7	PHPP standard 2.7	PHPP standard 2.7	PHPP standard 2.7
Wetterdaten	-	PHPP Innsbruck	PHPP Innsbruck	PHPP Innsbruck	PHPP Innsbruck	PHPP Innsbruck
Heizwärmebedarf	kWh/(m² _{TFA} a)	107.8	62.5	52.3	45.4	30.2
Heizlast	W/(m² _{TFA} a)	57.0	30.8	26.7	23.5	19.4

9.2. Berechnung der Heizlast für jeden Raum im Gebäude B

Tabelle 28: Heizlast, berechnet nach ÖNORM EN 12831 für jeden Raum in jeder Wohnung für jeden für das Referenzgebäude B berücksichtigten Sanierungsgrad

		Tsoll [°C]	WNF [m²]	HL [W]					
				Top 1 - W2 Untere	Top 2 - W1 Untere	Top 3 - W2 Mittlere	Top 4 - W1 Mittlere	Top 5 - W2 Obere	Top 6 - W1 Obere
Bestand	Zimmer	22	11.4/12.3	1151	1210	970	1017	1060	1113
	Küche	22	6.5/7	684	691	581	594	632	648
	Schrank	22	3.2	465	365	414	314	439	339
	Bad	24	2.9	356	341	306	306	326	328
	Wohnraum	20	24.1/22.6	2361	2401	1986	2059	2175	2237
OIB fgee	Zimmer	22	11.4/12.3	836	887	657	695	663	701
	Küche	22	6.5/7	586	595	484	500	488	503
	Schrank	22	3.2	294	238	243	187	245	189
	Bad	24	2.9	290	275	241	241	241	241
	Wohnraum	20	24.1/22.6	1715	1725	1343	1385	1355	1397
+OIB EEB	Zimmer	22	11.4/12.3	677	716	590	623	648	685
	Küche	22	6.5/7	487	492	441	453	471	484
	Schrank	22	3.2	257	205	234	182	249	196
	Bad	24	2.9	244	237	222	222	236	234
	Wohnraum	20	24.1/22.6	1230	1262	1185	1233	1182	1222
OIB Enerphit Abluft	Zimmer	22	11.4/12.3	538	571	482	511	540	572
	Küche	22	6.5/7	425	429	394	404	426	439
	Schrank	22	3.2	182	159	167	143	183	159
	Bad	24	2.9	210	205	194	194	210	209
	Wohnraum	20	24.1/22.6	981	977	874	897	991	989
OIB Enerphit	Zimmer	22	11.4/12.3	404	424	348	364	405	426
	Küche	22	6.5/7	342	339	310	314	343	349
	Schrank	22	3.2	158	113	142	98	158	114
	Bad	24	2.9	170	165	155	154	154	170
	Wohnraum	20	24.1/22.6	711	768	604	670	670	780

9.3. Eingriff- und Kostenmatrix – Ergänzungen

Gebäudetechnikschemaschemata, Eingriffsmatrizen, spezifische Kosten

Referenzgebäude A, Investitionskostenmatrizen,

Wartungskostenmatrizen, Ausfallwahrscheinlichkeitsmatrizen

Abbildung 42: Gebäudetechnikschema Sanierungsvariante OIB fGEE

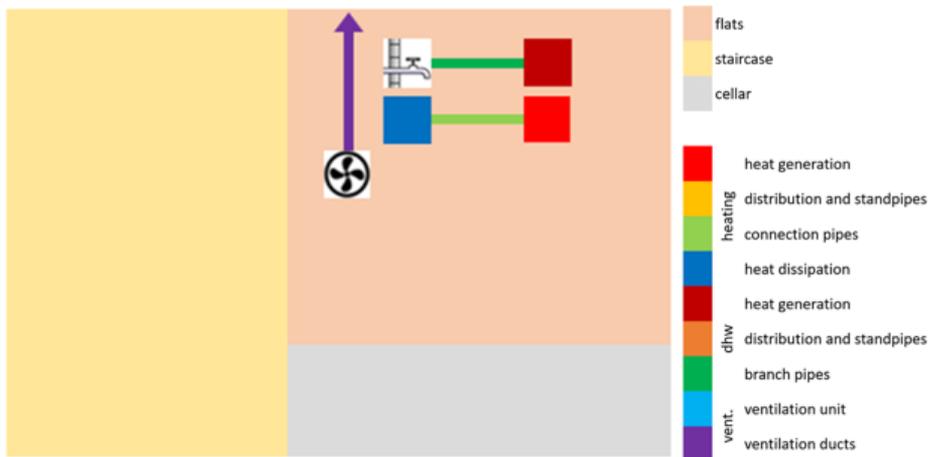


Abbildung 43: Gebäudetechnikschema Sanierungsvariante Enerphit Zentral

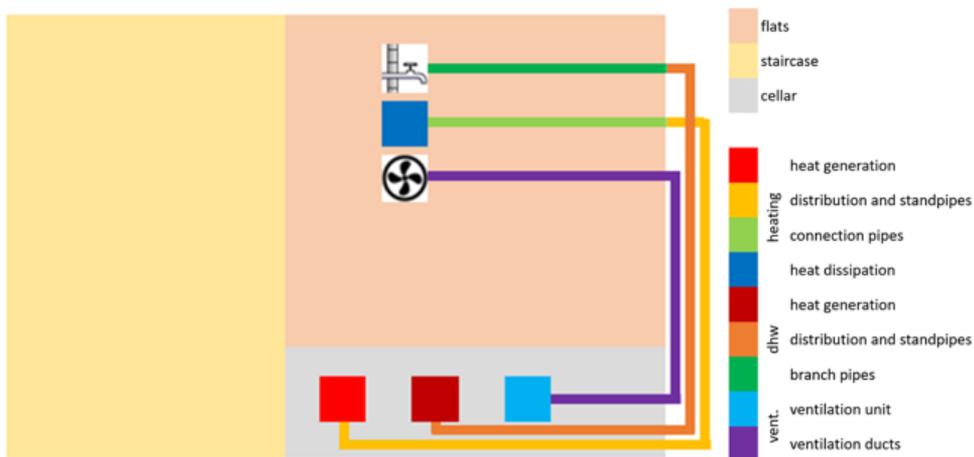


Abbildung 44: Eingriffsmatrix Sanierungsvariante OIB fGEE

		Kein Eingriff	Geringer Eingriff	Starker Eingriff	
Innerhalb der Wohnung	Heizung	Wärmebereitstellung		Einbau von neuer, dezentraler Wärmebereitstellung in der Wohnung	
		Anbindeleitungen		Verbindung zwischen vorhandenen Anbindeleitungen und neuer, dezentraler Wärmebereitstellung	
		Wärmeabgabesystem	Weitere Nutzung des vorhandenen Wärmeabgabesystems 55/45 °C		
	WW	Wärmebereitstellung			Einbau von neuer, dezentraler Wärmebereitstellung in der Wohnung kombiniert mit Heizung
		Stichleitungen		Verbindung zwischen vorhandenen Stichleitungen und neuer, dezentraler Wärmebereitstellung	
		Lüftung		Einbau von neuen Abluftventilatoren	
Allgemeinbereiche	Heizung	Wärmebereitstellung	Dezentrale Wärmebereitstellung		
		Verteil- und Steigleitungen	Keine Verteil- und Steigleitungen benötigt		
		Wärmebereitstellung	Dezentrale Wärmebereitstellung kombiniert mit Heizung		
	WW	Verteil- und Steigleitungen	Keine Verteil- und Steigleitungen benötigt		
		Lüftung		Abluftventilatoren	
		Lüftung		Einbau von neuen Abluftkanälen in Fassade	

Abbildung 45: Eingriffsmatrix Sanierungsvariante Enerphit Zentral

		Kein Eingriff	Geringer Eingriff	Starker Eingriff	
Innerhalb der Wohnung	Heizung	Wärmebereitstellung	Zentrale Wärmebereitstellung		
		Anbindeleitungen		Verbindung zwischen vorhandenen Anbindeleitungen und neuen Verteil- und Steigleitungen	
		Wärmeabgabesystem	Weitere Nutzung des vorhandenen Wärmeabgabesystems 45/35 °C		
	WW	Wärmebereitstellung	Zentrale Wärmebereitstellung kombiniert mit Heizung		
		Stichleitungen		Verbindung zwischen vorhandenen Stichleitungen und neuen Verteil- und Steigleitungen	
		Lüftung		Zentrales Lüftungsgerät	
Allgemeinbereiche	Heizung	Wärmebereitstellung		Einbau von neuer, zentraler Wärmebereitstellung im Keller	
		Verteil- und Steigleitungen		Einbau von neuen Verteil- und Steigleitungen in Keller und Fassade	
		Wärmebereitstellung		Einbau von neuer, zentraler Wärmebereitstellung im Keller kombiniert mit Heizung	
	WW	Verteil- und Steigleitungen		Einbau von neuen Verteil- und Steigleitungen in Keller und Fassade	
		Lüftung			Einbau von neuem, zentralen Lüftungsgerät im Keller/Dachboden
		Lüftung		Einbau von neuen Lüftungskanälen in Keller/Dachboden und Fassade	

Tabelle 29: Spezifische Kosten unabhängig von Gebäudeheizlast für Referenzgebäude A

#	Komponente	Spezifische Kosten
1	Wärmeabgabe: Neuer Estrich + Dampfsperre + Trittschalldämmung + Dämmschüttung für FBH	53,5
2	Wärmeabgabe: Neuer Parkettboden für FBH	57,5
3	Wärmeabgabe: Neue Anbindeleitungen für FBH	1,7

4	Wärmeabgabe: Neue Anbindeleitungen für Heizkörper	13,6
5	Wärmeverteilung: Verteil- und Steigleitungen Heizung (Vor- und Rücklauf)	19,3
6	Wärmeverteilung: Verteil- und Steigleitungen Warmwasser (Vor- und Zirkulationsrücklauf)	11,9
7	Wärmeverteilung: Stichleitungen Warmwasser	35,8
8	Wärmeerzeugung: Fernwärme-Übergabestation	22,1
9	Wärmeerzeugung: Gas-Kessel	30,2
10	Wärmespeicherung: Kombispeicher für Gas-Kessel, Luft- bzw. Sole-Wärmepumpe	8,0
11	Wärmespeicherung: Kombispeicher für Pellet-Kessel	10,4
12	Abluftanlage: Abluftventilatoren	9,5
13	Abluftanlage: Nachströmöffnungen	10,5
14	Abluftanlage: Abluftkanäle	16,4
15	Lüftungsanlage: Lüftungsgerät	32,2
	Lüftungsanlage: Lüftungsgerät dezentral	45,3
16	Lüftungsanlage: Geräte zur Regelung von Zuluft- und Abluft-Volumenstrom je Wohnung	27,8
17	Lüftungsanlage: Zu- und Abluftkanäle	71,5
18	Wärmeerzeugung: E-Boiler	26,9
19	Wärmeerzeugung: WP-Boiler	40,4

Tabelle 30: Spezifische Kosten abhängig von Gebäudeheizlast für Referenzgebäude A

#	Komponente	Spezifische Kosten	Heizlastbereich
9	Wärmeerzeugung: Gastherme dezentral	44,9 – 81,0 € Netto/m ² _{WNF}	18,6 – 63,5 W/m ² _{WNF}
20	Wärmeabgabe: Neue Fußbodenheizung	38,2 – 59,3 € Netto/m ² _{WNF}	18,6 – 63,5 W/m ² _{WNF}
21	Wärmeabgabe: Ersatz Heizkörper	29,3 – 51,9 € Netto/m ² _{WNF}	18,6 – 63,5 W/m ² _{WNF}
22	Wärmeerzeugung: Sole-Wärmepumpe	53,2 – 71,4 € Netto/m ² _{WNF}	18,6 – 63,5 W/m ² _{WNF}

23	Wärmeerzeugung: Erdsondenanlage für Sole-Wärmepumpe	55,5 – 129,1 € Netto/m ² _{WNF}	18,6 – 63,5 W/m ² _{WNF}
24	Wärmeerzeugung: Luft-Wärmepumpe	56,4 – 74,6 € Netto/m ² _{WNF}	18,6 – 63,5 W/m ² _{WNF}
	Wärmeerzeugung: Luft-Wärmepumpe dezentral	159,6 – 211,2 € Netto/m ² _{WNF}	18,6 – 63,5 W/m ² _{WNF}
25	Wärmeerzeugung: Pellet-Kessel	40,3 – 52,6 € Netto/m ² _{WNF}	18,6 – 63,5 W/m ² _{WNF}
	Wärmeerzeugung: Pelletofen dezentral	57,1 – 128,2 € Netto/m ² _{WNF}	18,6 – 63,5 W/m ² _{WNF}
26	Wärmeerzeugung: Stromheizung	43,1 – 147,2 € Netto/m ² _{WNF}	18,6 – 63,5 W/m ² _{WNF}

Abbildung 46: Investitionskostenmatrix Sanierungsvariante OIB fGEE

		Kein Eingriff	Geringer Eingriff	Starker Eingriff	Summe
Heizung	Wärmebereitstellung			€ 50.500	€ 50.500
	Anbindeleitungen		€ 0		
WW	Wärmeabgabesystem	€ 0			€ 0
	Wärmebereitstellung			€ 0	
Innerhalb der Wohnung	Stichleitungen		€ 0		€ 12.100
	Lüftungsgerät		€ 5.700		
Lüftung	Lüftungskanäle			€ 6.400	€ 9.900
	Wärmebereitstellung	€ 0			
Heizung	Verteil- und Steigleitungen	€ 0			€ 0
	Wärmebereitstellung	€ 0			
WW	Verteil- und Steigleitungen	€ 0			€ 0
	Lüftungsgerät	€ 0			
Allgemeinbereiche	Lüftungskanäle		€ 9.900		€ 9.900
	Lüftung				
					€ 72.500

Abbildung 47: Investitionskostenmatrix Sanierungsvariante Enerphit Zentral

		Kein Eingriff	Geringer Eingriff	Starker Eingriff	Summe
Heizung	Wärmebereitstellung	€ 0			€ 0
	Anbindeleitungen		€ 0		
WW	Wärmeabgabesystem	€ 0			€ 0
	Wärmebereitstellung	€ 0			
Innerhalb der Wohnung	Stichleitungen		€ 0		€ 38.400
	Lüftungsgerät	€ 0			
Lüftung	Lüftungskanäle		€ 38.400		€ 50.500
	Wärmebereitstellung			€ 38.800	
Heizung	Verteil- und Steigleitungen		€ 11.700		€ 7.200
	Wärmebereitstellung			€ 0	
WW	Verteil- und Steigleitungen		€ 7.200		€ 41.100
	Lüftungsgerät			€ 19.500	
Allgemeinbereiche	Lüftungskanäle		€ 21.600		€ 21.600
	Lüftung				
					€ 137.200

Abbildung 48: Wartungskostenmatrix Sanierungsvariante OIB fGEE

		Kein Eingriff	Geringer Eingriff	Starker Eingriff	Summe	
Innerhalb der Wohnung	Heizung	Wärmebereitstellung		€/a 1.520	€/a 1.520	
	Anbindeleitungen		€/a 0			
	Heizung	Wärmeabgabesystem	€/a 0			
	WW	Wärmebereitstellung			€/a 0	€/a 0
		Stichleitungen		€/a 0		
	Lüftung	Lüftungsgerät		€/a 400		€/a 460
		Lüftungskanäle			€/a 60	
	Außerhalb der Wohnung	Heizung	Wärmebereitstellung	€/a 0		€/a 0
			Verteil- und Steigleitungen	€/a 0		
		WW	Wärmebereitstellung	€/a 0		€/a 0
Verteil- und Steigleitungen			€/a 0			
Lüftung		Lüftungsgerät	€/a 0		€/a 200	
		Lüftungskanäle		€/a 200		

€/a 2.180

Abbildung 49: Wartungskostenmatrix Sanierungsvariante Enerphit Zentral

		Kein Eingriff	Geringer Eingriff	Starker Eingriff	Summe	
Innerhalb der Wohnung	Heizung	Wärmebereitstellung	€/a 0		€/a 0	
		Anbindeleitungen		€/a 0		
	WW	Wärmeabgabesystem	€/a 0		€/a 0	
		Wärmebereitstellung	€/a 0			
	Lüftung	Stichleitungen		€/a 0	€/a 770	
		Lüftungsgerät	€/a 0			
	Außerhalb der Wohnung	Heizung	Wärmebereitstellung		€/a 970	€/a 970
			Verteil- und Steigleitungen		€/a 0	
		WW	Wärmebereitstellung		€/a 0	€/a 0
			Verteil- und Steigleitungen		€/a 0	
Lüftung		Lüftungsgerät			€/a 780	€/a 1.210
		Lüftungskanäle		€/a 430		

€/a 2.950

Abbildung 50: Ausfallwahrscheinlichkeitsmatrix Sanierungsvariante OIB fGEE

		Kein Eingriff		Geringer Eingriff		Starker Eingriff		Summe	
		Ausfallwahrscheinlichkeit	Kosten bei Ausfall	Ausfallwahrscheinlichkeit	Kosten bei Ausfall	Ausfallwahrscheinlichkeit	Kosten bei Ausfall	Wahrscheinlichkeit x Kosten	
Innerhalb der Wohnung	Heizung	Wärmebereitstellung				71,8%	€ 4.210	€ 3.021	
		Anbindeleitungen			0,0%	€ 0			
	WW	Wärmeabgabesystem	0,0%	€ 0				€ 0	
		Wärmebereitstellung			0,0%	€ 0			
	Lüftung	Stichleitungen			0,0%	€ 0		€ 221	
		Lüftungsgerät			92,0%	€ 240			
	Außerhalb der Wohnung	Heizung	Lüftungskanäle				0,0%	€ 0	€ 0
			Wärmebereitstellung	0,0%	€ 0				
		WW	Verteil- und Steigleitungen	0,0%	€ 0			€ 0	
			Wärmebereitstellung	0,0%	€ 0				
Lüftung		Verteil- und Steigleitungen	0,0%	€ 0			€ 0		
		Lüftungsgerät	0,0%	€ 0					
Allgemeinbereiche	Lüftungskanäle			0,0%	€ 0		€ 0		
	Lüftung								

€ 3.242

Abbildung 51: Ausfallwahrscheinlichkeitsmatrix Sanierungsvariante Enerphit Zentral

		Kein Eingriff		Geringer Eingriff		Starker Eingriff		Summe Wahrscheinlichkeit x Kosten
		Ausfallwahrscheinlichkeit	Kosten bei Ausfall	Ausfallwahrscheinlichkeit	Kosten bei Ausfall	Ausfallwahrscheinlichkeit	Kosten bei Ausfall	
Heizung	Wärmebereitstellung	0,0%	€ 0					€ 0
	Anbindeleitungen			0,0%	€ 0			
	Wärmeabgabesystem	0,0%	€ 0					
ww	Wärmebereitstellung	0,0%	€ 0					€ 0
	Stichleitungen			0,0%	€ 0			
Innerhalb der Wohnung	Lüftungsgerät	0,0%	€ 0					€ 0
	Lüftungskanäle			0,0%	€ 0			
Heizung	Wärmebereitstellung					10,0%	€ 38.800	€ 3.880
	Verteil- und Steigleitungen			0,0%	€ 0			
	Wärmebereitstellung					0,0%	€ 0	
ww	Verteil- und Steigleitungen			0,0%	€ 0			€ 0
	Wärmebereitstellung					10,0%	€ 19.500	
Allgemeinbereiche	Lüftungsgerät					10,0%	€ 19.500	€ 1.950
	Lüftungskanäle			0,0%	€ 0			

€ 5.830

9.4. Wohnungsweise Heizwärmebedarf und -last, berechnet mit PHPP für die verschiedenen Sanierungstiefen für die Gebäude A, C und D

Abbildung 52: Heizlast und Heizwärmebedarf, berechnet mit PHPP für verschiedene Wohnungen im Referenzgebäude A

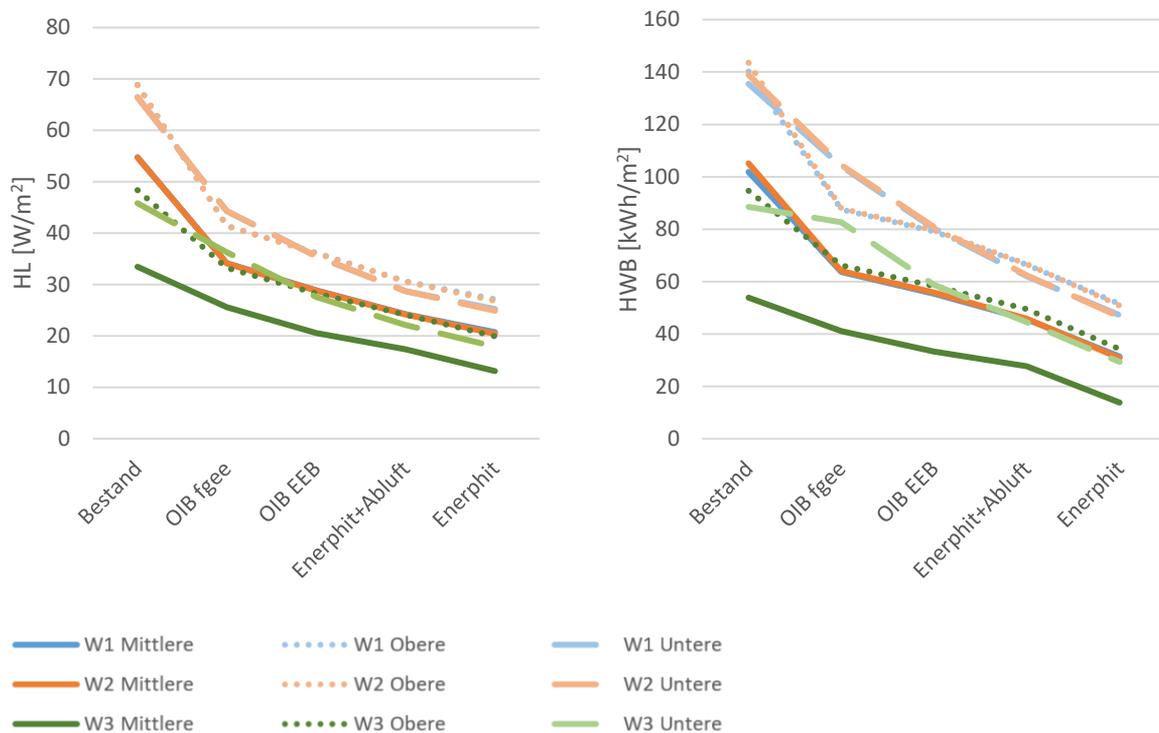


Abbildung 53: Heizlast und Heizwärmebedarf, berechnet mit PHPP für verschiedene Wohnungen im Referenzgebäude C

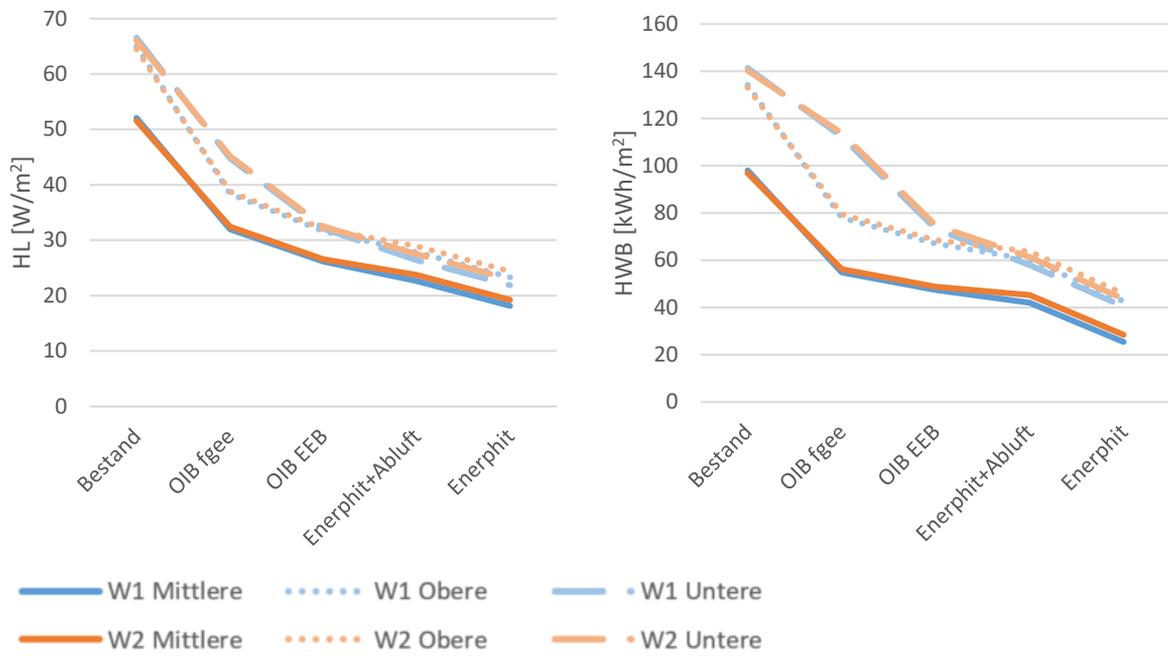
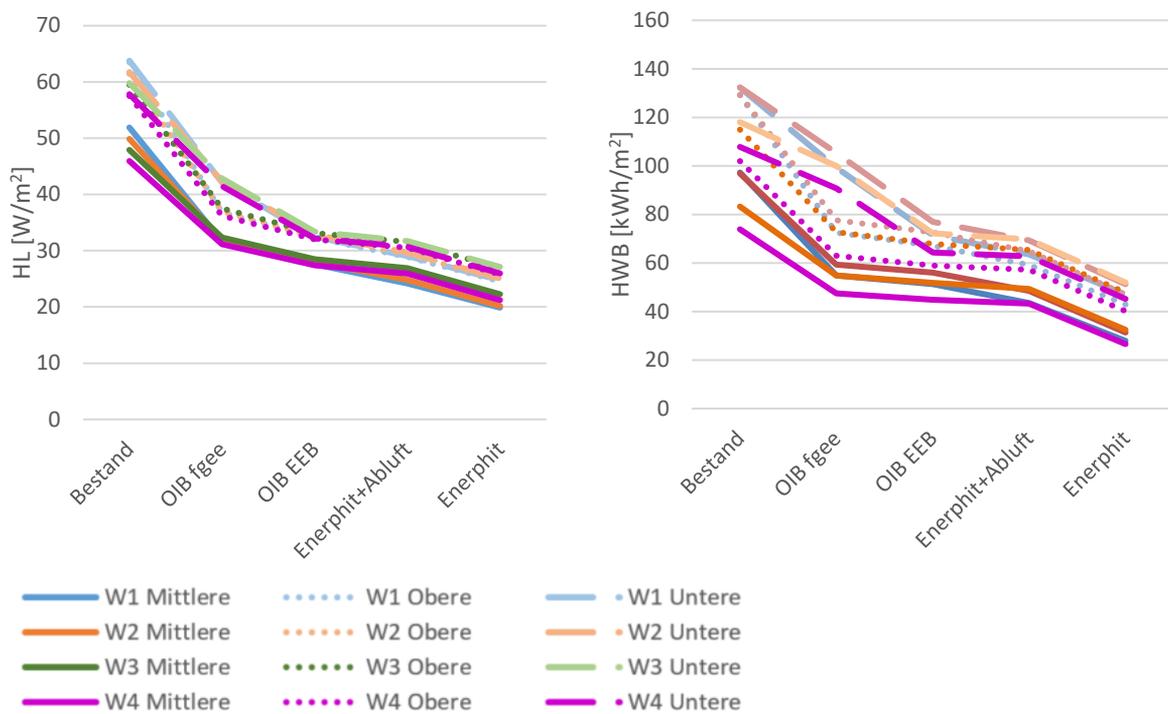


Abbildung 54: Heizlast und Heizwärmebedarf, berechnet mit PHPP für verschiedene Wohnungen im Referenzgebäude D

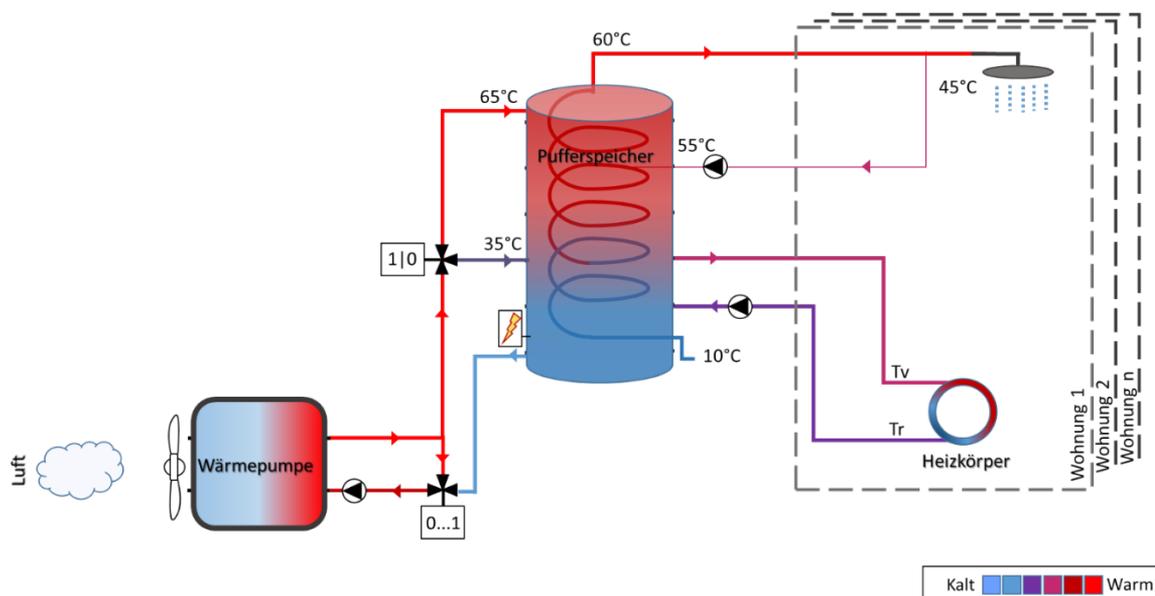


9.5. Energetische Bilanzierung – untersuchte Haustechniksysteme

Vierleitersystem mit Zirkulation (4LZ)

Das System Vierleiter mit Zirkulation ist in Abbildung 55 als vereinfachtes Haustechnikschema dargestellt. In diesem System gibt es einen zentralen technischen Pufferspeicher häufig als Schichtspeicher ausgeführt, der über einen meist internen Wärmeübertrager zur Warmwasserbereitung und direkt zur Heizung genutzt wird. Aus Hygienegründen muss bei zentraler Warmwasser-Bereitung am Austritt des Wärmespeichers 60 °C garantiert werden. Die Wärmepumpe verfügt optional über eine Hydraulik, die eine Schichtbeladung erlaubt, d.h. über zwei Einlässe auf unterschiedlichen Höhen kann der untere Teil des Speichers für die Raumheizung auf mit höherer Effizienz auf niedrigem Temperaturniveau gehalten werden. Das Drei-Wege-Mischventil im Vorlauf der Wärmepumpe wird in der Heizphase der Anlage eingesetzt und schützt die Wärmepumpe gegen zu große Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf. Es gibt mehrere Anlagenvarianten unter anderem auch die Variante mit zentralem Frischwasserspeicher und getrenntem Heizungspuffer bzw. sogenannter hydraulischer Weiche.

Abbildung 55: System Vierleiter mit Zirkulation – vereinfachtes Haustechnikschema.



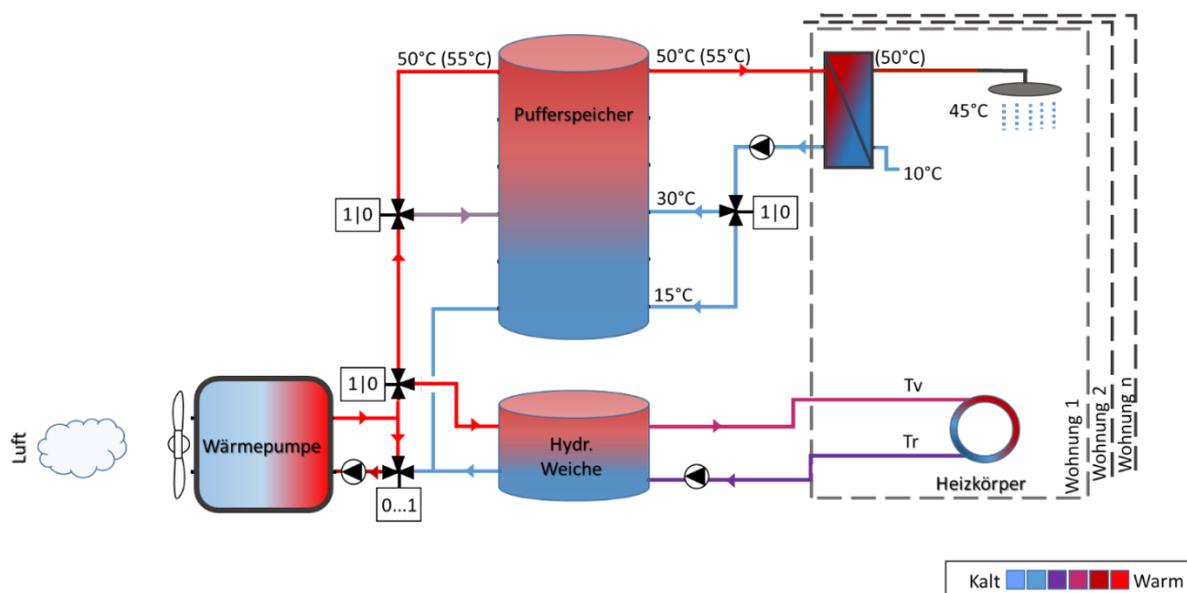
System Vierleiter mit dezentraler Frischwasserstation (4L FriWa)

Das System Vierleiter mit dezentralen Wärmeübertragern (d.h. wohnungsweise Frischwasserstationen), auch als sog. 2+2 Leiter bekannt, ist in Abbildung 56 als vereinfachtes Haustechnikschema dargestellt.

Bei dezentraler d.h. wohnungswieser Trinkwarmwassererwärmung mit dezentralen Wärmeübertragern entfällt die Notwendigkeit das Warmwasser auf mindestens 60 °C zu erwärmen. In diesem System gibt es einen zentralen Pufferspeicher, von dem aus die dezentralen Plattenwärmeübertrager zur Warmwasserbereitung versorgt werden. Die dezentralen Plattenwärmetauscher haben i.d.R Leistungen im Bereich 25 kW bis 35 kW und eine Regelung begrenzt die Rücklauftemperatur auf etwa 30 °C in Zeiten ohne Zapfung. Idealerweise wird je nach

Rücklauftemperatur (d.h. 30 °C ohne Zapfung und etwa 15 °C in Zeiten hohen Trinkwarmwasserbedarfs) aus dem Plattenwärmetauscher das in den Pufferspeicher zurückgeführte Wasser in unterschiedlicher Höhe wieder zugeführt, um die Schichtung im Speicher aufrechtzuerhalten. Hier kann aufgrund der dezentralen Warmwasserbereitung (insofern die Leitungslängen in der Wohnung kurzgehalten werden können) die Vorlauftemperatur auf etwa 52 °C abgesenkt werden. Der Heizungsvorlauf kann unabhängig auf möglichst geringem Temperaturniveau gefahren werden. Für die Heizung wird idealerweise eine hydraulische Weiche verwendet, um den Massenstrom des zur Wärmepumpe zirkulierenden Wassers von dem zur Heizung hydraulisch zu entkoppeln. Varianten nutzen einen Kombispeicher oder eigenen Heizungspuffer. Die Wärmepumpe ist hydraulisch idealerweise über zwei Einlässe auf unterschiedlichen Höhen mit dem Pufferspeicher verbunden, so dass eine Schichtbeladung ermöglicht werden kann. Das Drei-Wege-Mischventil im Vorlauf der Wärmepumpe wird in der Heizphase der Anlage eingesetzt und schützt die Wärmepumpe gegen zu große Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf.

Abbildung 56: System Vierleiter mit dezentralem Wärmeübertrager (Frischwasserstation) – vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind.



System Zweileiter mit dezentraler Wärmeübergabestation (2L WüSt)

Das System Zweileiter mit dezentralem Wärmeübertrager (Wärmeübergabestation) ist in Abbildung 57 als vereinfachtes Haustechnikschema dargestellt.

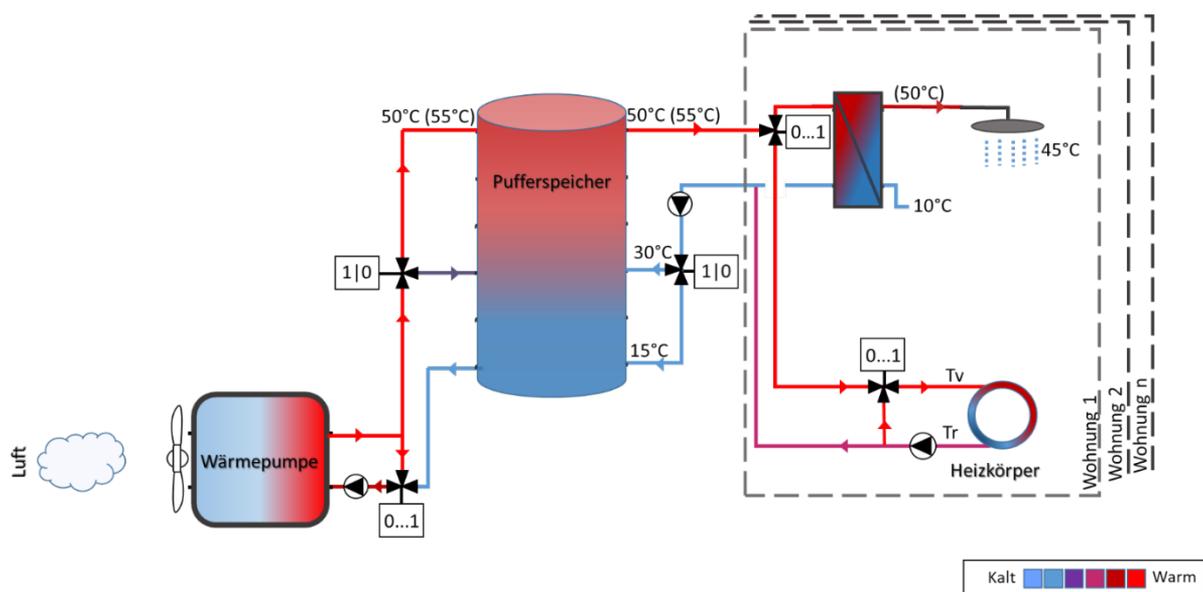
Günstiger in der Installation ist das sogenannte Zweileiter-System. Bei diesem System gibt es einen zentralen Pufferspeicher, der sogenannte wohnungsweise Wohnungsübergabestationen mit Heizungsverteiler und Plattenwärmeübertragern für die Warmwasserbereitung versorgt. Auch hier kann aufgrund der dezentralen Warmwasserbereitung (insofern die Leitungslängen in der Wohnung kurzgehalten werden können) die Vorlauftemperatur auf etwa 52 °C abgesenkt werden.

Optional kann abhängig von der Rücklauftemperatur das in den Pufferspeicher zurückgeführte Wasser auf unterschiedlichen Niveaus eingespeist werden, um die Schichtung im Speicher aufrechtzuerhalten.

Ein Drei-Wege-Ventil regelt den Durchfluss zwischen Heizung und Warmwasser. Im Falle einer Niedertemperaturheizung, muss die Vorlauftemperatur von ca. 52°C auf etwa 35 °C gesenkt werden, was mit dem Dreiwege-Mischventil vor der Fußbodenheizung geschieht.

Für eine Schichtbeladung verfügt die Hydraulik optional über zwei Einlässe in unterschiedlicher Höhe in den Pufferspeicher, so dass unterschiedliche Höhen bei unterschiedlichen Temperaturen von der Wärmepumpe geladen werden können. Das Drei-Wege-Mischventil im Vorlauf der Wärmepumpe wird in der Aufheizphase der Anlage eingesetzt und soll die Wärmepumpe vor zu großer Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf schützen.

Abbildung 57: System Zweileiter mit dezentralem Wärmeüberträger– vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind



System Zweileiter mit dezentralem Warmwasserspeicher mit Beladefenstersteuerung (2L BF)

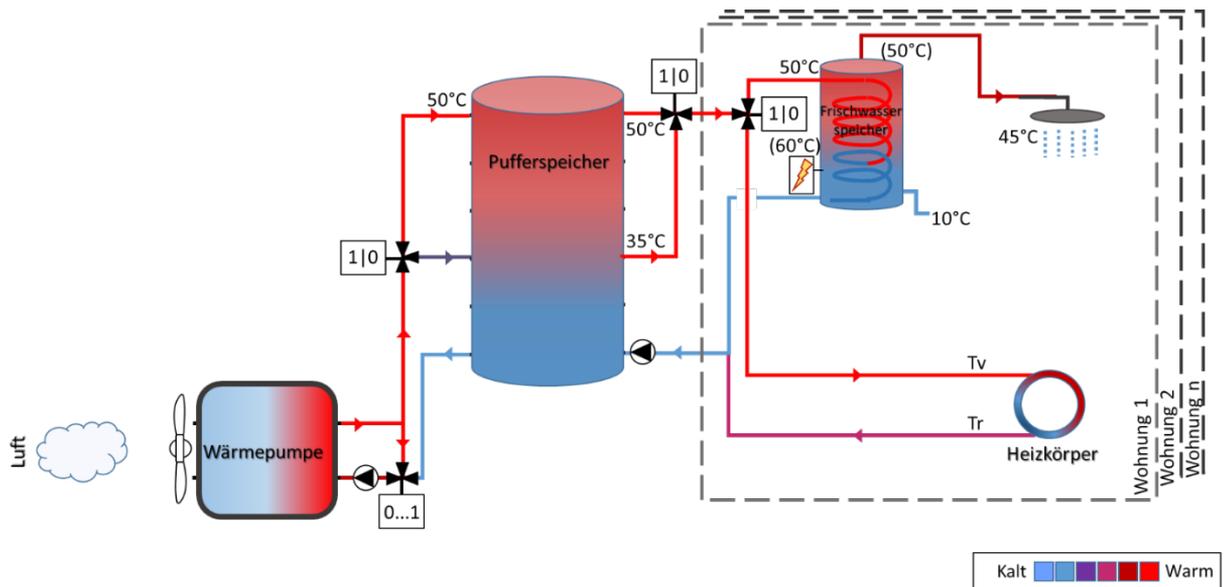
Das System Zweileiter mit dezentralem Warmwasserspeicher und Beladefenster ist in Abbildung 58 als vereinfachtes Haustechnikschema dargestellt.

Der Nachteil der Wärmebereitstellung auf hohem Temperaturniveau beim Zweileitersystem, kann durch dezentrale, d.h. wohnungsweise Wärmespeicher reduziert werden. In diesem System gibt es einen zentralen Pufferspeicher, der während der in sogenannten Beladefenstern Warmwasser zur Aufladung der dezentralen Speicher für Trinkwarmwasser liefert. Außerhalb der Beladefenster wird die Heizung auf niedrigem Temperaturniveau (wie bei der 2+2-Leitervariante bereitgestellt).

Das Wasser wird aus dem oberen Teil des zentralen Pufferspeichers entnommen, wenn es für die Warmwasserbereitung bei ca. 52°C verwendet wird, oder aus der Mitte des zentralen Pufferspeichers für die Heizung. Optional versorgt die Wärmepumpe über zwei Einlässe in unterschiedlicher Höhe den Pufferspeicher, so dass unterschiedliche Höhen bei unterschiedlichen Temperaturen geladen werden können (Schichtbeladung).

Das Drei-Wege-Mischventil im Vorlauf der Wärmepumpe wird in der Heizphase der Anlage eingesetzt und soll die Wärmepumpe vor zu großer Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf schützen.

Abbildung 58: System Zweileiter mit dezentralem Frischwasserspeicher und Beladefenster – vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind.

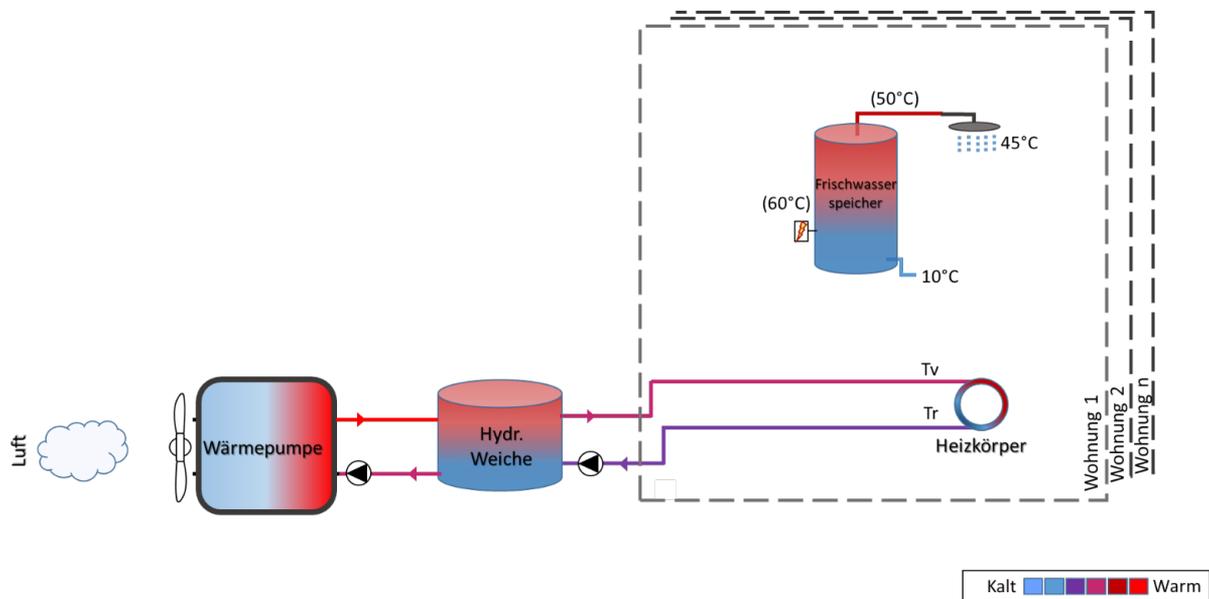


System Zweileiter mit dezentralem Elektro-Boiler (2L EB)

Das System Zweileiter mit dezentralem Elektro-Boiler ist in Abbildung 59 als vereinfachtes Haustechnikschema dargestellt.

Kostengünstig in der Anschaffung, jedoch wenig effizient ist dieses System bei dem eine zentrale Wärmepumpe über eine hydraulische Weiche für die Heizung sorgt, während die Warmwasserbereitung dezentral über einen E-Boiler erfolgt.

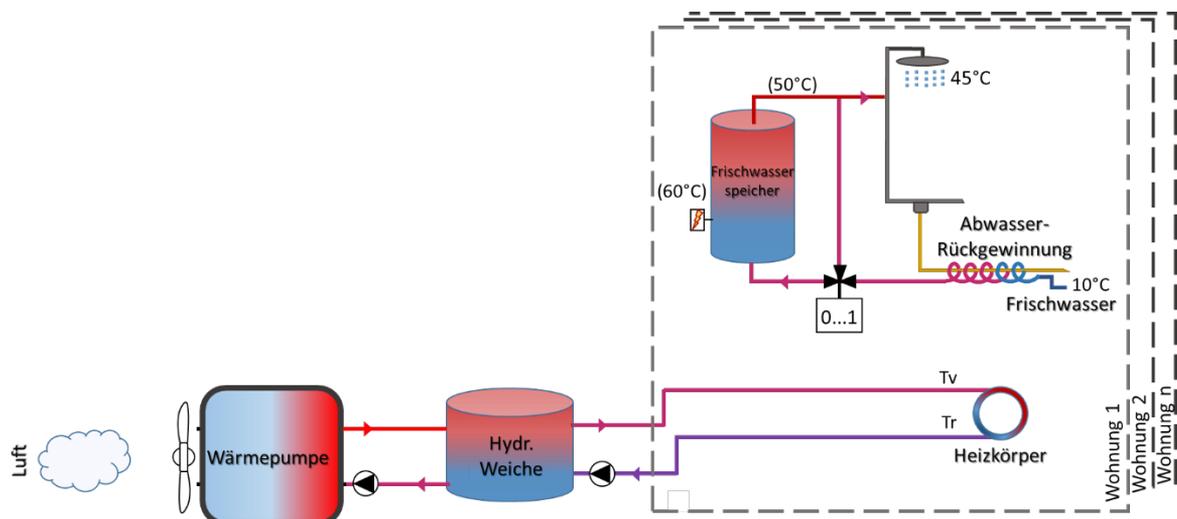
Abbildung 59: System Zweileiter mit Elektro-Boiler – vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind.



System Zweileiter mit dezentralem Elektro-Boiler Boiler mit Duschwasser-Wärmerückgewinnung (2L EB DWRG)

Das System Zweileiter mit dezentralem Elektro-Boiler und Duschwasser-Wärmerückgewinnung ist in Abbildung 60 als vereinfachtes Haustechnikschema dargestellt. Die Duschwasser-Wärmerückgewinnung hat das Potential, den Stromverbrauch während des Duschens zu reduzieren.

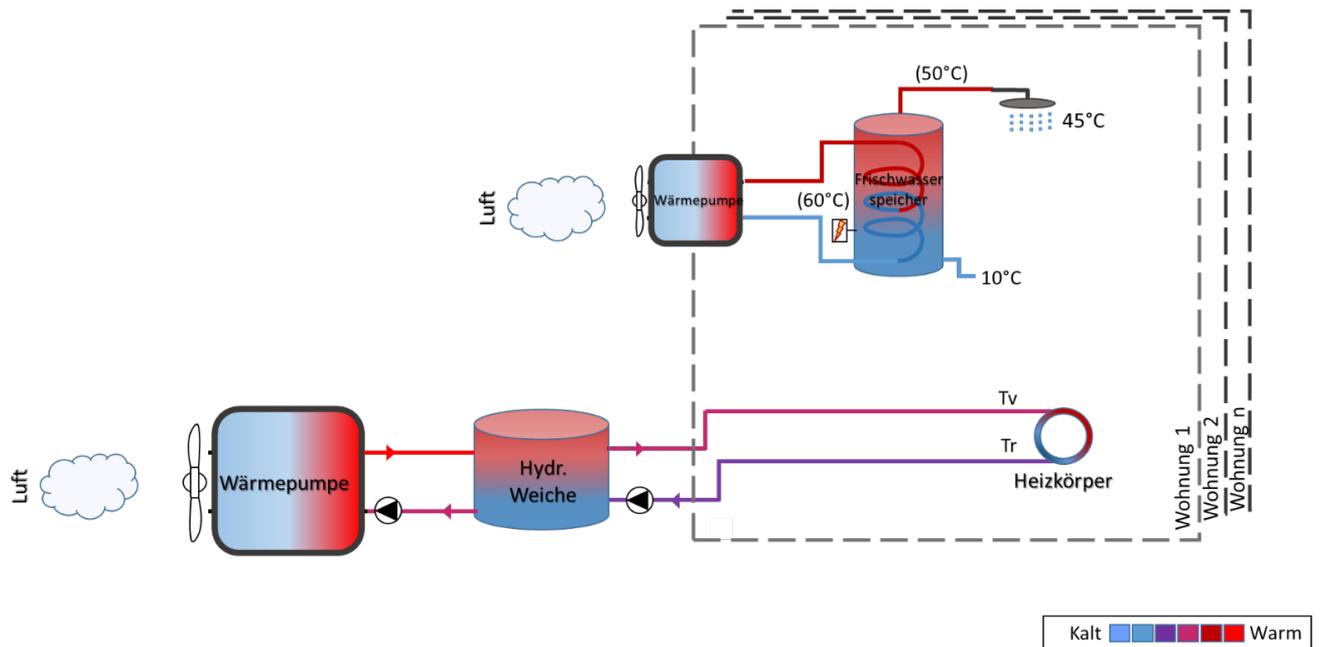
Abbildung 60: System Zweileiter mit dezentralem Elektro-Boiler Boiler mit Duschwasser-Wärmerückgewinnung – vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind.



Zweileitersystem mit dezentralem Warmwasser Wärmepumpe (2L WW-WP)

Als Variante würde statt des E-Boilers eine sogenannte Boiler-Wärmepumpe (welche Raum- bzw. Abluft als Quelle nutzt) bzw. eine dezentrale Fortluft- oder Außenluft-Wärmepumpe eingesetzt (Abbildung 61). Sowohl dezentrale Fort-Luft bzw. Außenluft (Split) Wärmepumpen sind am Markt bisher nur als Prototyp erhältlich.

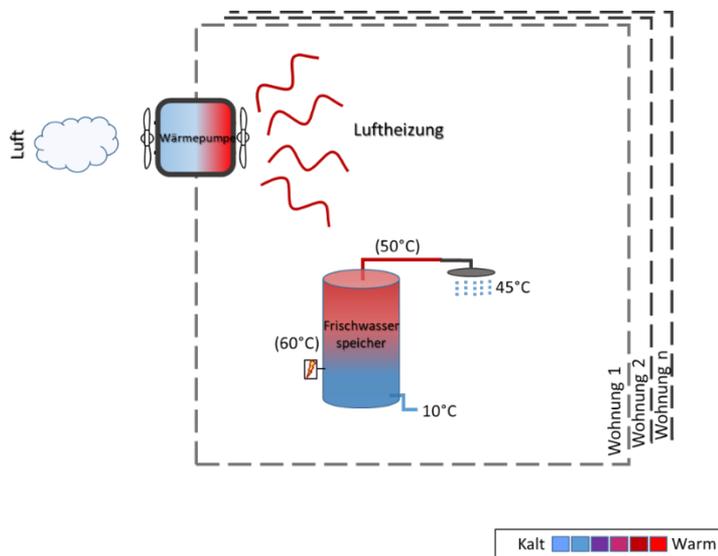
Abbildung 61: Zweileitersystem mit dezentralem Warmwasser Wärmepumpe – vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind.



Dezentrale Split Wärmepumpe für Raumheizung und Elektro-Boiler (S-WP EB)

Ein dezentrales System für Raumheizung und Warmwasser ist in Abbildung 62 dargestellt. Ein oder mehrere Split Luft-Luft Wärmepumpen werden für Raumheizung genutzt. Ein Elektroboiler erwärmt das Warmwasser.

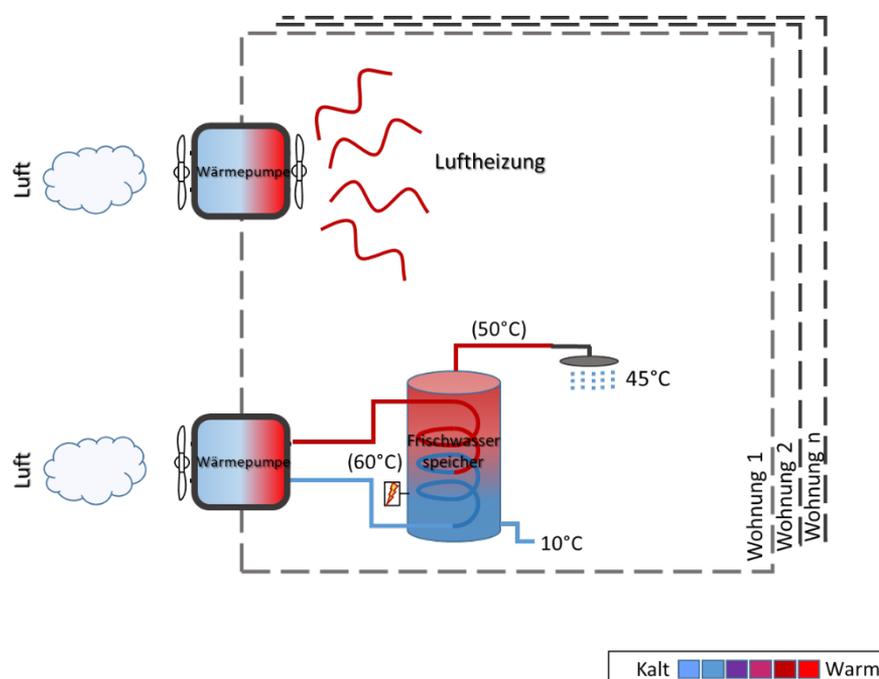
Abbildung 63: Dezentrale Split Wärmepumpe für Raumheizung und Elektro-Boiler – vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind.



Dezentrale Split Wärmepumpe für Raumheizung und dezentrale Warmwasser Wärmepumpe (S-WP WW-WP)

Zwei dezentrale Wärmepumpen pro Wohnung sind berücksichtigt. Ein oder mehrere Split Geräte mit Luftheizung werden für die Raumheizung eingesetzt und eine dezentrale Fort-Luft bzw. Außenluft (Split) Wärmepumpe für Warmwasser (Abbildung 64).

Abbildung 64: Dezentrale Split Wärmepumpe für Raumheizung und dezentrale Warmwasser Wärmepumpe – vereinfachtes Haustechnikschema; die Zahlen zeigen beispielhafte bzw. empfohlene Temperaturen in °C; in Klammern sind Temperaturen angegeben, wenn diese aus hygienischen Gründen erreichbar sein müssen bzw. bei Bedarf bzw. zyklisch erforderlich sind).



**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)