

Diplomarbeit

# Thermische und energetische Sanierungspotenziale eines Bestandsgebäudes der Jahrtausendwende

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grads

Diplom-Ingenieur

eingereicht an der TU Wien, Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwesen

---

Diploma Thesis

# Thermal and energy renovation potential of an existing building from the turn of the century

submitted in satisfaction of the requirements for the degree

Diplom-Ingenieur

of the TU Wien, Faculty of Civil and Environmental Engineering

**Clemens Wiesbauer, BSc**

Matr.Nr.: 01629075

Betreuung: Univ.Prof.in Dipl.-Ing.in Dr.in techn. **Iva Kovacic**  
Dipl.-Ing. **Stefan Schützenhofer**, BSc  
Institut für Hoch- und Industriebau  
Forschungsbereich Integrale Planung und Industriebau  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13/210, 1040 Wien, Österreich

Wien, im April 2025

---

# Kurzfassung

Die thermische und energetische Sanierung bestehender Gebäude spielt eine zentrale Rolle im Kampf gegen den Klimawandel und für das Gelingen der Energiewende. Besonders unsanierte Altbauten weisen einen überdurchschnittlich hohen Energieverbrauch auf, was zu erhöhten CO<sub>2</sub>-Emissionen führt. Daraus ergibt sich ein dringender Bedarf an wirksamen und gut geplanten Sanierungsmaßnahmen.

Die vorliegende Arbeit stützt sich auf eine empirisch-qualitative Forschungsmethodik. Zunächst wurden im Rahmen einer Literaturrecherche technologische Entwicklungen und deren Auswirkungen erfasst. Um praxisrelevante Einblicke zu gewinnen, wurden diese Erkenntnisse durch Experteninterviews ergänzt. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde eine Fallstudie an einem Bürogebäude aus der Jahrtausendwende durchgeführt. Dabei wurden mithilfe eines Gebäudemodells relevante Energiekennzahlen berechnet und verschiedene Sanierungsvarianten entwickelt. Diese wurden anschließend hinsichtlich ihrer Investitionskosten, Amortisationsdauer, CO<sub>2</sub>-Einsparung und Lebenszykluskosten bewertet. Die Varianten wurden in Low-End, Mid-Range und High-End unterteilt, wobei je nach Ausführung eine Photovoltaikanlage installiert, Fenster ausgetauscht oder eine Komplettdämmung umgesetzt wurde. Hinsichtlich des Energiesystems erfolgte eine Unterscheidung zwischen Fernwärme und Wärmepumpe.

Die Analyse zeigte, dass insbesondere die Variante mit Fernwärme, Fenstertausch, Raffstores und Photovoltaikanlage die vorteilhafteste Lösung darstellt. Durch diese Maßnahmen konnte der Heizwärmebedarf um 45 % und der Kühlbedarf um 51 % reduziert werden, während zugleich eine jährliche CO<sub>2</sub>-Einsparung von 9 Tonnen erzielt wurde. Die Amortisationsdauer dieser Variante liegt bei 16 Jahren und sie weist die niedrigsten Lebenszykluskosten über 50 Jahre auf.

# Abstract

The thermal and energy-efficient renovation of existing buildings plays a crucial role in the fight against climate change and the success of the energy transition. Many older, unrenovated buildings have high energy consumption and consequently, high CO<sub>2</sub> emissions. This creates a significant need for sensible and effective renovation measures.

This study follows an empirical-qualitative research methodology. A literature review was first conducted to identify technological developments and their impacts. These findings were then complemented by expert interviews to gain practical insights. Based on these results, a case study was conducted on an office building constructed around the turn of the millennium. Relevant energy indicators were calculated using a building model and various renovation options were developed. These were then evaluated in terms of investment costs, payback period, CO<sub>2</sub> savings and life-cycle costs. The variants were divided into low-end, mid-range and high-end scenarios. Depending on the specific configuration, a photovoltaic system was installed, windows were replaced, or comprehensive insulation was implemented. Regarding the energy system, a distinction was made between district heating and heat pump solutions.

The analysis revealed that the option involving district heating, window replacement, external blinds and a photovoltaic system was the most advantageous. These measures reduced the heating demand by 45% and the cooling demand by 51%, while achieving annual CO<sub>2</sub> savings of 9 tonnes. The payback period for this option is 16 years and it has the lowest life-cycle costs over 50 years.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
1.1	Problemstellung und Relevanz des Themas . . . . .	6
1.2	Ziel der Arbeit . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Aufbau der Arbeit und Methodik</b>	<b>8</b>
2.1	Vorgehensweise . . . . .	8
2.2	Literaturrecherche . . . . .	9
2.3	Experteninterviews . . . . .	9
2.4	Fallstudie . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b>	<b>11</b>
3.1	Definition alternativer Energiesysteme . . . . .	11
3.2	Klimawandel und Energiewende . . . . .	11
3.2.1	Klimawandel . . . . .	12
3.2.2	Energiewende . . . . .	13
3.3	Energetische Sanierung . . . . .	15
3.3.1	Holzpellet-Heizungen . . . . .	16
3.3.2	Fernwärme . . . . .	16
3.3.3	Wärmepumpen . . . . .	17
3.3.4	Photovoltaik . . . . .	19
3.3.5	Raumlufttechnische Anlagen . . . . .	20
3.4	Thermische Sanierung . . . . .	22
3.4.1	Baulicher Wärmeschutz . . . . .	22
3.4.2	Maßnahmen an Gebäudeteilen . . . . .	23
<b>4</b>	<b>Auswertung der Experteninterviews</b>	<b>28</b>
4.1	Interviewpartner und Fragenkatalog . . . . .	28
4.2	Zusammenfassung und Vergleich . . . . .	30
4.3	Tabellarische Darstellung . . . . .	35
<b>5</b>	<b>Fallstudie</b>	<b>36</b>
5.1	Berechnungen Bestand . . . . .	38
5.1.1	Standortklima . . . . .	38
5.1.2	Flächen und Volumina . . . . .	39
5.1.3	Bauteile . . . . .	39

5.1.4	Gesamtwärmeverluste . . . . .	41
5.1.5	Gesamtwärmegewinne . . . . .	44
5.1.6	HWB und KB . . . . .	47
5.1.7	Heizlast . . . . .	49
5.1.8	Gesamtstromverbrauch . . . . .	50
5.2	Thermische Sanierung . . . . .	51
5.2.1	Außenwand . . . . .	51
5.2.2	Fenster und Verglasung . . . . .	53
5.2.3	Dach . . . . .	54
5.2.4	Kellerdecke . . . . .	56
5.2.5	Sonnenschutzeinrichtung . . . . .	57
5.3	Energetische Sanierung . . . . .	58
5.3.1	Photovoltaikanlage . . . . .	58
5.3.2	Wärmepumpe . . . . .	59
5.4	Ergebnisse – Variantenvergleich . . . . .	60
5.4.1	Vergleich der Varianten ohne Sonnenschutz . . . . .	62
5.4.2	Vergleich der Varianten mit Sonnenschutzeinrichtungen . . . . .	63
<b>6</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>68</b>
6.1	Forschungsfragen . . . . .	68
6.2	Fazit . . . . .	69
6.3	Ausblick . . . . .	69
<b>A</b>	<b>Kenngößen und Ausgangsdaten</b>	<b>71</b>
A.1	Flächen . . . . .	71
A.2	Standortklima . . . . .	72
A.3	Nutzungsprofil Bürogebäude . . . . .	74
A.4	Defaultwerte für Sonnenschutzeinrichtungen . . . . .	74
A.5	Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne . . . . .	75
<b>B</b>	<b>Transkript</b>	<b>76</b>
B.1	Interview 1 . . . . .	76
B.2	Interview 2 . . . . .	83
B.3	Interview 3 . . . . .	93
B.4	Interview 4 . . . . .	102
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>112</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>113</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>115</b>

# Kapitel 1

## Einleitung

### 1.1 Problemstellung und Relevanz des Themas

Die Europäische Union will bis zum Jahr 2050 die Klimaneutralität erreichen und hat dies auch im Juni 2021 gesetzlich festgeschrieben. Bis 2030 sollen die Treibhausgase gegenüber 1990 um 55 % gesenkt werden [1]. Durch Heizen, Kühlen und Warmwasseraufbereitung fielen in Wien im Mittel der Jahre 2014 und 2018 knapp 30 % der Treibhausgasemissionen auf den Gebäudesektor. Rund 400.000 Gasthermen in Wohnungen oder Arbeitsstätten machen 90 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen in diesem Sektor aus. Kohle- und Heizölheizungen spielen dabei kaum mehr eine Rolle [2], [3]. Österreich will bis 2040 seine Abhängigkeit von Öl, Gas und Kohle in der Wärmeversorgung überwunden haben. Es gibt bereits zahlreiche Möglichkeiten, die Energieversorgung im Gebäudebereich umweltfreundlich und sicher zu gestalten [4].

Eine komfortable Alternative zu Heizungen mit Öl und Gas stellt die Fernwärme dar. Das Wegfallen von Wartung und Service sowie 100 % Verfügbarkeit sind nur wenige von vielen Vorteilen [5]. Laut Statistik Austria waren 2019 bereits 27 % aller Haushalte in Wien an Fernwärme angeschlossen [6]. Biomasseheizungen sind eine weitere Möglichkeit, effizient zu heizen und auf Gas beziehungsweise Öl zu verzichten. Diese Geräte sind besonders gut geeignet, wenn hohe Vorlauftemperaturen erforderlich sind und verursachen im Vergleich zu Wärmepumpen deutlich geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen. Jedoch ist Vorsicht geboten, da die Annahme einer klimaneutralen Energiegewinnung aus Holz auf dem Prinzip einer nachhaltigen Waldnutzung beruht. Dabei wird angenommen, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch die Verbrennung von Holz entstehen, durch die jährliche Kohlenstoffbindung in Waldholz ausgeglichen werden. Diese Annahme setzt voraus, dass die Kohlenstoffbindung durch Wälder zur Kompensation der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Holzverbrennung zur Verfügung steht. Allerdings erfolgt die Kohlenstoffbindung in Wäldern unabhängig von der Holzverbrennung und sollte besser zur Kompensation anderer, unvermeidbarer CO<sub>2</sub>-Emissionen genutzt werden [7]. Eine mittlerweile technisch sehr ausgereifte Alternative sind Wärmepumpen, welche die in der Umgebung gespeicherte Energie effizient nutzen. Für die Erzeugung von 100 % Heizenergie sind 25 % elektrische Antriebsenergie ausreichend. Die übrige Energie wird der Umgebung entzogen (Luft, Erdreich, Grundwasser) [5].

Die Heizungsstruktur in Wien unterscheidet sich grundlegend von der in den übrigen Bundesländern. Aufgrund dieser strukturellen Unterschiede können andere Bundesländer, in denen vorwiegend Ölheizungen in Einfamilienhäusern eingesetzt werden, ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen leichter und schneller reduzieren als Wien. Hier ist die CO<sub>2</sub>-Neutralität im Gebäudebereich nur möglich, wenn die Fernwärme noch stärker ausgebaut wird und Wärmepumpen oder in seltenen Fällen auch Biomasse verwendet werden. Außerdem erschweren die Vorgaben im Wohnrecht und im Gaswirtschaftsgesetz die Umsetzung von Maßnahmen zur Dekarbonisierung.

Da der Austausch beziehungsweise die Sanierung wesentlicher Gebäudeteile über Jahrzehnte hinweg geplant werden, ist eine Veränderung im Gebäudesektor langwieriger als in anderen Bereichen. So müssen hunderttausende Heizsysteme vor dem Ende der vorgesehenen Nutzungsdauer ausgewechselt werden, wenn bis zum Jahr 2040 der Ausstieg aus Gas gelingen soll. Eine weitere Herausforderung ist, dass die Umtauschmaßnahmen oftmals nicht aus den Rücklagen finanziert werden können und die Einmalkosten nicht in absehbarer Zeit amortisiert werden können [2].

## 1.2 Ziel der Arbeit

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist, eine umfassende Analyse verschiedener Investitionsvarianten für sowohl thermische als auch energetische Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand durchzuführen. Der Fokus liegt hierbei auf Objekten, die um die Jahrtausendwende errichtet wurden. Die verschiedenen Investitionsvarianten werden in Hinblick auf Energieeinsparung, CO<sub>2</sub>-Bilanzierung und Kosten-Nutzen gegenübergestellt und verglichen. Im Rahmen der Arbeit erfolgt eine Bewertung von verschiedenen Sanierungsvarianten, welche von kostenintensiven High-End-Lösungen bis hin zu minimalen, kostengünstigen Low-End-Lösungen reichen. Es werden Investitionskosten, laufende Betriebskosten, Amortisierungszeit sowie die Wirkung auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen verglichen und die Effizienz sowie Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen aufgezeigt. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist es, verschiedenen Akteuren wie Immobilienentwicklern, Eigentümern und Verwaltern praxisrelevante Entscheidungsgrundlagen zu geben. Hierfür wird ein Bestandsgebäude aus der Jahrtausendwende beispielhaft analysiert, um die baulichen und energetischen Möglichkeiten zu ermitteln. Ein besonderes Augenmerk gilt dabei der Integration moderner Technologien, wie beispielsweise Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen, sowie der Verbesserung der Gebäudehülle durch Dämmung und Fenstertausch. Die Varianten werden nicht nur einzeln betrachtet, sondern auch in Kombination analysiert.

Abschließend sollen die Ergebnisse dieser Arbeit als Orientierungshilfe für nachhaltige Gebäudeinvestitionen dienen und verdeutlichen, wie ökonomische und ökologische Ziele erfolgreich miteinander kombiniert werden können.

# Kapitel 2

## Aufbau der Arbeit und Methodik

### 2.1 Vorgehensweise

Diese Arbeit folgt einer empirisch-qualitativen Forschungsmethode, um die folgenden Forschungsfragen beantworten zu können:

- Welche Arten alternativer Energiesysteme gibt es und welche Herausforderungen treten bei der Umsetzung auf?
- Welche thermischen Sanierungsmöglichkeiten gibt es und in welchem Maße können sie die Energieeffizienz von Gebäuden verbessern?

Zunächst wird eine Literaturrecherche durchgeführt, um technologische Entwicklungen und deren Auswirkungen zu analysieren. Ergänzend dazu werden Experteninterviews genutzt, um wertvolle Informationen über Herausforderungen und mögliche Lösungsansätze zu erhalten. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse fließen in eine Fallstudie ein, die anhand von Kriterien wie Energieeinsparung, CO<sub>2</sub>-Emissionsbilanz und Kosten-Nutzen-Analyse untersucht wird. Abschließend werden die Ergebnisse einerseits durch die Analyse relevanter Studien und Literatur und andererseits durch eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit anhand der Amortisierung der Fallstudie zusammengefasst.

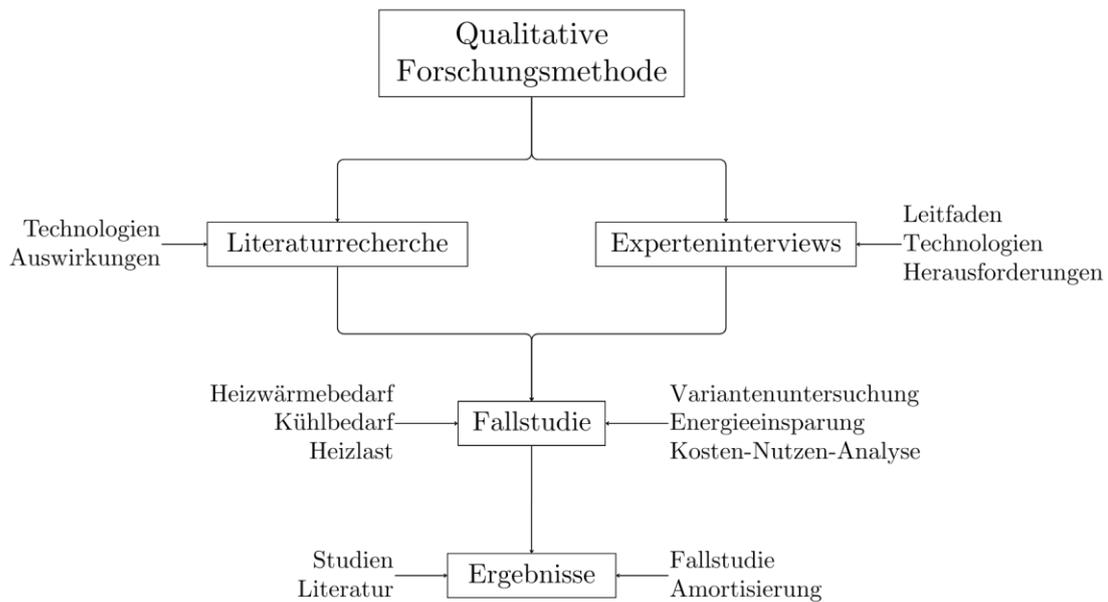


Abb. 2.1: Darstellung der Methodik

## 2.2 Literaturrecherche

Mithilfe der Literaturrecherche wurden verschiedene Möglichkeiten der Gebäudesanierung und deren Einfluss auf die Energieeffizienz untersucht. Dabei wurden Fachbücher sowie wissenschaftliche Studien genutzt, um fundierte Informationen zu sammeln. Zusätzlich wurden die relevanten ÖNORMEN und die OIB-Richtlinien herangezogen, um einen Überblick über die gesetzlichen Vorgaben und technischen Anforderungen zu erhalten. Diese Normen dienten auch als Grundlage für die Berechnung der Energiekennzahlen, wodurch eine objektive Beurteilung der Effizienz der Sanierungsmaßnahmen möglich wurde.

## 2.3 Experteninterviews

Neben der Literaturrecherche wurden Experteninterviews als ergänzende Methode genutzt, um zusätzliche Informationen zur Gebäudesanierung zu erhalten. Der direkte Austausch mit Fachleuten ermöglichte es, sowohl Herausforderungen als auch mögliche Lösungsansätze zu identifizieren.

Die Interviews wurden anhand eines Leitfadens durchgeführt, der offene Fragen enthielt, sodass die Befragten ihre Antworten frei formulieren konnten. Der Leitfaden diente als Orientierungshilfe, um sicherzustellen, dass alle wichtigen Themen behandelt wurden. Bei einem Leitfadeninterview ist die Reihenfolge der Fragen nicht strikt vorgegeben, sodass das Gespräch flexibel gestaltet werden konnte. Der Interviewer hatte zudem jederzeit die Möglichkeit, gezielte Nachfragen zu stellen. Alle Interviews wurden aufgezeichnet und anschließend wörtlich transkribiert. Diese

Transkripte bildeten die Grundlage für die Informationsgewinnung. Um die Vertraulichkeit der Teilnehmenden zu gewährleisten, wurden alle Interviews anonymisiert. Durch die Verschriftlichung konnte sichergestellt werden, dass alle relevanten Aussagen vollständig erfasst und systematisch ausgewertet wurden [8].

## 2.4 Fallstudie

Zusätzlich zur Literaturrecherche und den Experteninterviews wurde eine Fallstudie durchgeführt, um die gewonnenen Erkenntnisse praktisch anzuwenden und zu analysieren. Dabei wurde ein Bürokomplex aus den 1990er-Jahren als Untersuchungsobjekt herangezogen. Zunächst erfolgte eine Bestandsanalyse, bei der die energetische Ausgangssituation des Gebäudes erfasst und entsprechende Berechnungen zur Energieeffizienz durchgeführt wurden.

Auf Basis dieser Analyse wurden verschiedene Sanierungs- und Investitionsvarianten untersucht. Diese umfassten sowohl Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Gebäudehülle als auch einen Wechsel des Heizsystems. Jede Variante wurde hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Energieeffizienz und der laufenden Kosten untersucht.

Abschließend wurden alle Varianten miteinander verglichen. Die Bewertung erfolgte anhand verschiedener Faktoren, darunter die notwendigen Investitionskosten, die CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie die langfristigen Lebenszykluskosten. Durch diesen Vergleich konnte eine Grundlage geschaffen werden, um die wirtschaftlich oder ökologisch sinnvollste Sanierungsstrategie für das betrachtete Gebäude zu bestimmen. Die Ermittlung der Kosten erfolgte sowohl mithilfe des Baukosteninformationszentrums (BKI) als auch unter Berücksichtigung verfügbarer Herstellerpreise. Bei der Verwendung der BKI-Daten wurden die deutsche Mehrwertsteuer von 19 % und der Regionalfaktor für Wien mit dem Wert 1,123 berücksichtigt. Zusätzlich wurde die österreichische Mehrwertsteuer in Höhe von 20 % aufgeschlagen, sodass sämtliche Kosten brutto angegeben sind. Die Lebenszykluskosten wurden für den Vergleich statisch, ohne jährliche Preissteigerung berechnet. Sie setzen sich aus den einmaligen Investitionskosten, den jährlich anfallenden Kosten für Strom und Fernwärme sowie den laufenden Wartungskosten zusammen. Zusätzlich wurde eine neuerliche Investition für einen Austausch der technischen Anlagen berücksichtigt. Die Werte für die CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden von den jeweiligen Energieversorgern übernommen.

# Kapitel 3

## Theoretische Grundlagen

### 3.1 Definition alternativer Energiesysteme

Zunächst wird der Begriff „alternative Energiesysteme“ im Gebäudebereich erläutert. Um die Klimaziele erreichen zu können, müssen aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe bestehende Gas- und Ölheizungen mit alternativen Systemen ersetzt werden. Durch die Verwendung fortgeschrittener Technologien und erneuerbaren Energien können die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich reduziert werden. Viele neue Heiztechnologien haben zwar höhere Anschaffungskosten, sind aber im Betrieb günstiger, was auf längere Sicht zu niedrigeren Gesamtkosten führt [9]. Die OIB-Richtlinie 6, die die Energieeinsparung und den Wärmeschutz regelt, schreibt vor, dass bei Neubauten und größeren Renovierungen der Einsatz hocheffizienter alternativer Systeme, soweit möglich, zu berücksichtigen ist. Als hocheffiziente alternative Energiesysteme werden folgende definiert:

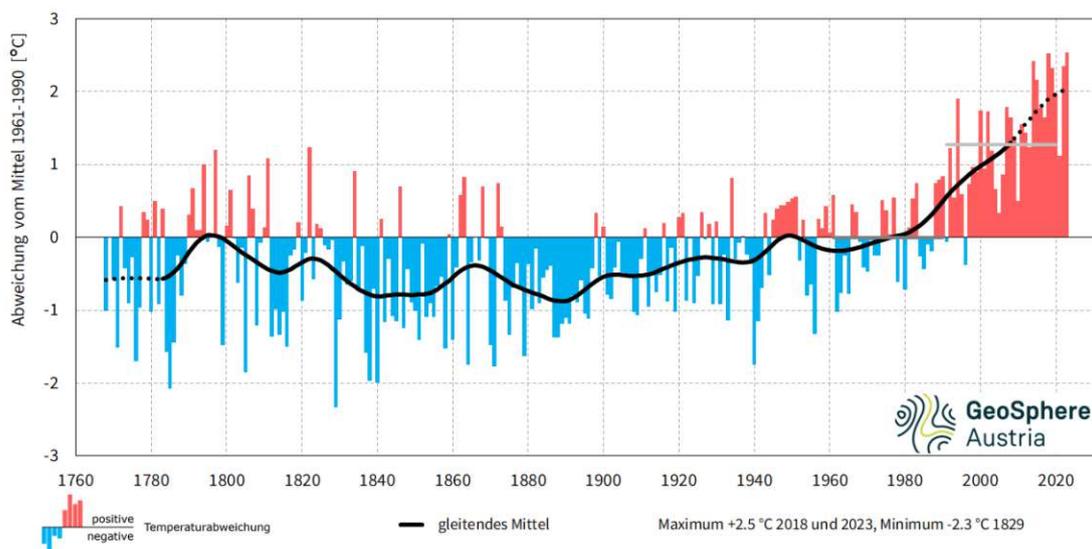
- Kraft-Wärme-Kopplung,
- Fern-/Nahwärme oder -kälte,
- Wärmepumpen,
- dezentrale Energiesysteme, wenn sie mit erneuerbarer Energie betrieben werden [10].

### 3.2 Klimawandel und Energiewende

Die Veränderung des Klimas (Klimawandel) ist durch zahlreiche Beobachtungen und Messungen eindeutig belegt. Die Auswirkungen reichen von intensiveren Hitze- und Trockenperioden, der Zunahme von Starkregenereignissen bis hin zum Abschmelzen von Gletschern und Permafrostböden und sind auch in Österreich deutlich spürbar. Ein Temperaturanstieg bis zur Mitte des Jahrhunderts gilt aufgrund der langen Verweildauer der Treibhausgase in der Atmosphäre und der Trägheit des Klimasystems als unvermeidlich. Es ist daher erforderlich, die Treibhausgasemissionen auf ein Minimum zu reduzieren und Maßnahmen zur Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels zu ergreifen [11].

### 3.2.1 Klimawandel

Die durchschnittliche globale Temperatur der Erdoberfläche ist seit der Industrialisierung um etwa  $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  gestiegen, wobei der starke Aufstieg seit 1970 besonders auffällig ist. Österreich ist von der Erwärmung besonders stark betroffen, denn die durchschnittliche Jahrestemperatur hat sich seit 1980 im Vergleich zu der vorindustriellen Zeit um etwa  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  erhöht, fast doppelt so stark wie im globalen Durchschnitt. Dies liegt daran, dass sich die Luft über dem Land schneller aufheizt als die Ozeane, die aufgrund ihrer thermischen Trägheit langsamer reagieren. In der Abb. 3.1 ist die Entwicklung der mittleren Jahrestemperatur von 1768 bis heute zu sehen [11].



**Abb. 3.1:** Entwicklung der mittleren Temperaturabweichung von 1768 bis 2023 [12].

In Österreich zeigt sich der menschlich bedingte Klimawandel deutlich durch eine Zunahme der Hitzetage, also Tage, an denen die Temperaturen über  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  steigen. Im Durchschnitt gab es zwischen 1991 und 2020 16 bis 22 solcher Tage, wobei der Rekord 2015 in Innsbruck bei 46 Hitzetagen liegt. Vor 30 Jahren lag der Rekord bei den heute durchschnittlichen 20 Tagen. Die steigenden Temperaturen führten in den letzten Jahren vermehrt zu gesundheitlichen Problemen in der Bevölkerung [11].

Marc Olefs, der Leiter der Abteilung für Klimaforschung an der ZAMG, ist folgender Meinung:

„Der derzeit noch extreme Wert von 40 Hitzetagen pro Jahr in Österreich wird bei einem weltweit ungebremsten Ausstoß von Treibhausgasen bis zum Jahr 2100 der Normalfall sein. Die Rekorde werden dann in einem derzeit noch völlig unvorstellbaren Bereich von 60 bis 80 Hitzetagen pro Jahr liegen. Bei Einhaltung des Pariser Klimaziels könnte sich die Zahl der Hitzetage in Österreich knapp über dem aktuellen Niveau einpendeln“ [13].

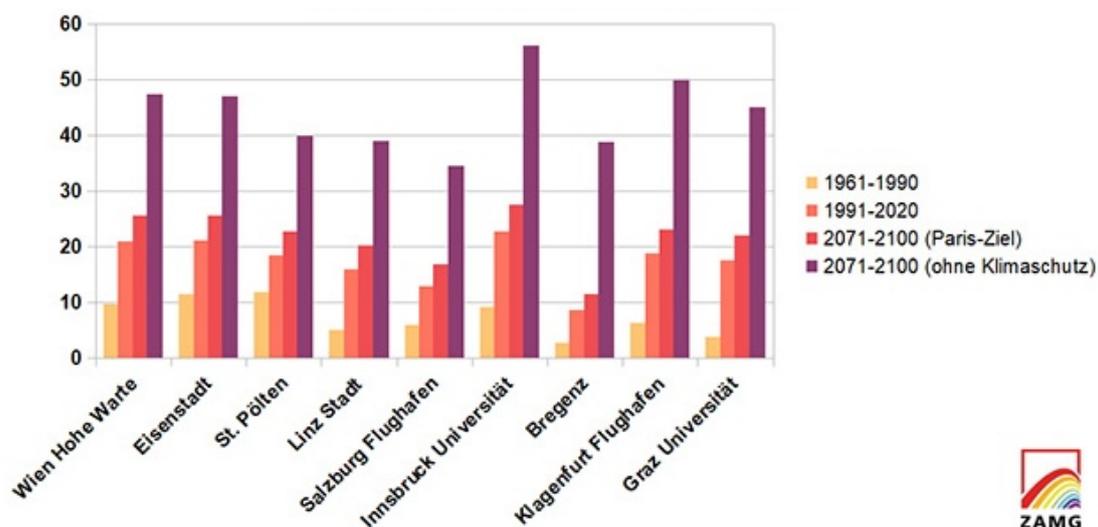


Abb. 3.2: Entwicklung der mittleren Hitzetage pro Jahr [13].

Die Abb. 3.2 zeigt die Entwicklung der mittleren Anzahl von Hitzetagen an verschiedenen Messstationen in Österreich über verschiedene Zeiträume. Es zeigt sich, dass auch bei einer erfolgreichen Umsetzung der Pariser Klimaziele die Zahl der Hitzetage bis 2100 zunehmen wird, wenn auch nur moderat. Ohne Klimaschutzmaßnahmen werden die Hitzetage, wie die Grafik zeigt, massiv zunehmen.

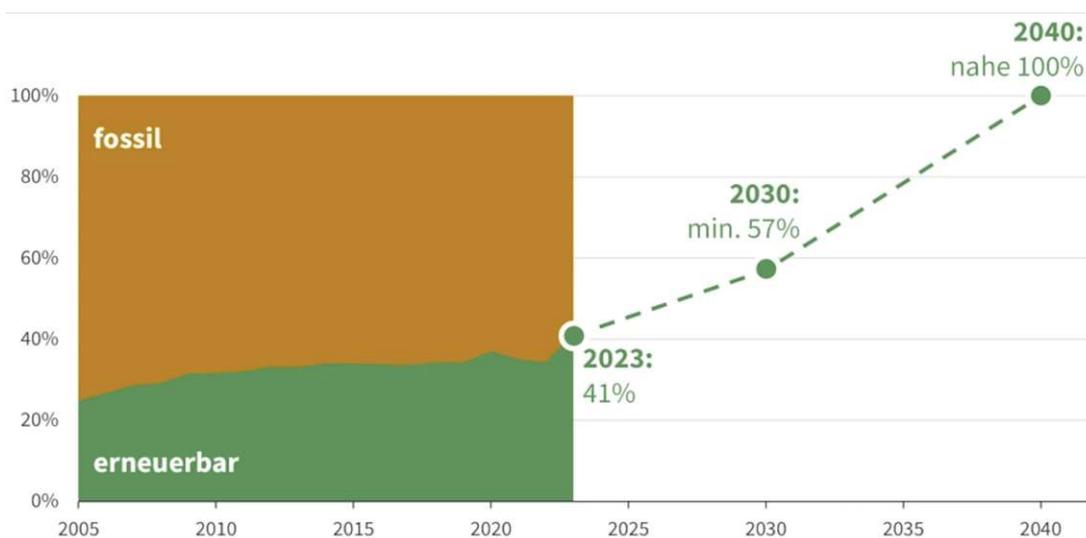
In den letzten Jahrzehnten hat die Dauer der Hitzeperioden deutlich zugenommen. In Bregenz etwa stieg die durchschnittliche Zahl dieser Tage von einem auf fünf pro Jahr, während sie in Graz von einem auf 16 Tage jährlich anstieg. Auch die Anzahl der Hitzeperioden wird künftig weiter zunehmen. Hitze wirkt sich generell negativ auf die Leistungsfähigkeit aus und stellt insbesondere für ältere sowie vulnerable Bevölkerungsgruppen eine erhebliche Gefahr dar. Ohne geeignete Maßnahmen wird bis 2050 mit mehr als 1.000 hitzebedingten vorzeitigen Todesfällen gerechnet, wobei die Sterblichkeitsrate pro 1 °C Temperaturanstieg um bis zu 6 % steigt [11].

### 3.2.2 Energiewende

Das siebte Nachhaltigkeitsziel der Vereinten Nationen (UN Sustainable Development Goal 7) thematisiert den Zugang zu bezahlbarer, nachhaltiger und moderner Energie. Gleichzeitig wird indirekt das dreizehnte Ziel (UN Sustainable Development Goal 13) berücksichtigt, das Maßnahmen gegen den Klimawandel beinhaltet. Darüber hinaus verfolgt das Pariser Klimaabkommen das Ziel, den durchschnittlichen globalen Temperaturanstieg auf unter 2 °C zu begrenzen. Österreich hat sich als nationalen Beitrag das Ziel der Klimaneutralität bis 2040 gesetzt. Um dieses Ziel zu erreichen, ist sowohl eine Reduktion des Energiebedarfs als auch der Ausbau erneuerbarer Energien notwendig. Bei der Umsetzung der Energiewende spielt die elektrische Energie eine bedeutende Rolle. Mithilfe des Erneuerbare-Ausbau-Gesetzes (EAG) wird angestrebt, dass der österreichische Stromverbrauch bis 2030 bilanziell zu 100 % mit in Österreich erzeugten

erneuerbaren Energien gedeckt wird. Um bis 2050 einen CO<sub>2</sub>-neutralen Gebäudebestand zu erreichen, wird die Gebäuderichtlinie erweitert. Dazu sind Maßnahmen wie die Einführung eines Gebäuderenovierungspasses und die Festlegung von Mindeststandards für die Energieeffizienz in bestehenden Gebäuden vorgesehen [11].

Derzeit wird in Österreich über 40 % des Energiebedarfs durch erneuerbare Energiequellen gedeckt, wobei Wasserkraft und Biomasse die wichtigsten Ressourcen darstellen. Vor allem im Verkehrssektor sowie bei der Wärmebereitstellung besteht jedoch nach wie vor eine erhebliche Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, sodass fast 60 % des Gesamtenergiebedarfs auf fossile Energieträger wie Kohle, Erdgas und Öl zurückzuführen sind. Bis 2030 soll der Anteil erneuerbarer Energien mindestens 57 Prozent betragen. Um das zu erreichen, wird der Ausbau von Photovoltaik- und Windkraftanlagen forciert. Eine Umstellung des Verkehrs- und Wärmesektors auf klimafreundliche und effiziente Technologien wie Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge ist dabei ebenso eine zentrale Maßnahme wie der verstärkte Einsatz von Biogas und Wasserstoff [14].

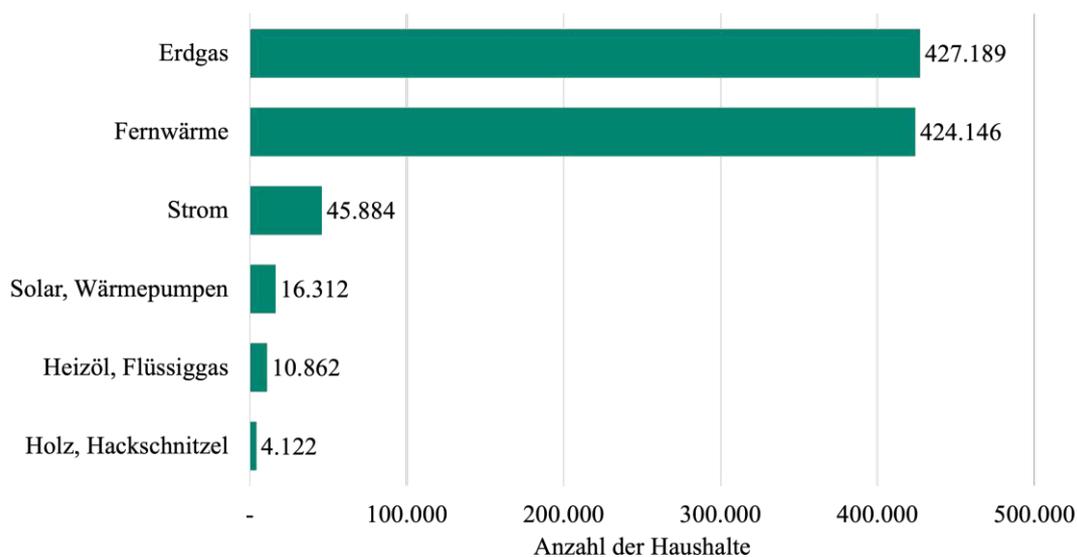


**Abb. 3.3:** Entwicklung erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch in Österreich [14].

Der Bedarf an Energie in Wien wird vorwiegend durch den Wärmesektor bestimmt. Derzeit leben fast 1,9 Millionen Menschen in Wien, was rund 22 Prozent der österreichischen Bevölkerung ausmacht. Die Hauptvariante der derzeitigen Bevölkerungsprognose der Statistik Austria geht davon aus, dass die Einwohnerzahl bis 2040 im Vergleich zu 2019 um etwa 10 % steigen wird. Die Erreichung der Klimaziele Wiens ist daher mit einem Anstieg der NutzerInnen von Wärme und Kälte, aber auch von Mobilität und anderen Energieformen verbunden. Dennoch wird bis 2040 ein Rückgang des Endenergiebedarfs erwartet.

Im Mobilitätsbereich wird dies durch Effizienzsteigerungen, Elektrifizierung und Verlagerung auf weniger motorisierten Individualverkehr erreicht. Im Gebäudesektor spielen vor allem die thermische Sanierung sowie die zunehmende Effizienz von Heiz- und Kühlsystemen eine wichtige Rolle [15].

In Wien konnten in den letzten Jahrzehnten dank des raschen Ausbaus der Fernwärme, aber auch durch zahlreiche Fördermodelle die Emissionen im Gebäudesektor deutlich reduziert werden. Seit 1990 sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 37 Prozent und seit 2005 um 20 Prozent gesunken. Der Energieverbrauch für Raumheizung und Warmwasser pro Kopf liegt in Wien bei knapp 52 % des durchschnittlichen Verbrauchs der anderen Bundesländer. Dies ist zum einen auf die dichtere Besiedelung, zum anderen aber auch auf die Bemühungen der Stadt Wien zurückzuführen. Dennoch wurden laut Statistik Austria (Abb. 3.4) 2021/2022 noch über 400.000 Haushalte primär mit Erdgas beheizt. Dabei machen Gaskombithermen in Wohnungen oder Arbeitsstätten den Großteil davon aus, Gaszentralheizungen nur einen kleinen Teil. Dieser hohe Anteil an fossilen Energieträgern unterstreicht die Notwendigkeit eines Wechsels zu nachhaltigeren Heizsystemen [2], [3].



**Abb. 3.4:** Primäres Heizsystem nach eingesetztem Energieträger in Wien 2021/2022. Eigene Darstellung nach [3].

### 3.3 Energetische Sanierung

In diesem Teil werden verschiedene alternative Heizsysteme und Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz aufgezeigt. Ein zentraler Aspekt der energetischen Sanierung ist die Haustechnik, welche die Installation von Photovoltaikanlagen, Wärmepumpen oder Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung beinhaltet.

### 3.3.1 Holzpellet-Heizungen

Bei diesem Heizsystem dienen Feststoffpellets als Energiequelle. Diese bestehen aus Sägemehl oder Holzspäne von natürlichem Restholz und werden unter hohem Druck zu Holzpellets verdichtet. Die Pellets werden mit einer Förderschnecke in die Brennerschale transportiert und dort durch einen Heizstab oder ein Heißluftgebläse erhitzt. Dabei entsteht ein Holzgasgemisch, das verbrannt wird und so Warmwasser erzeugt.

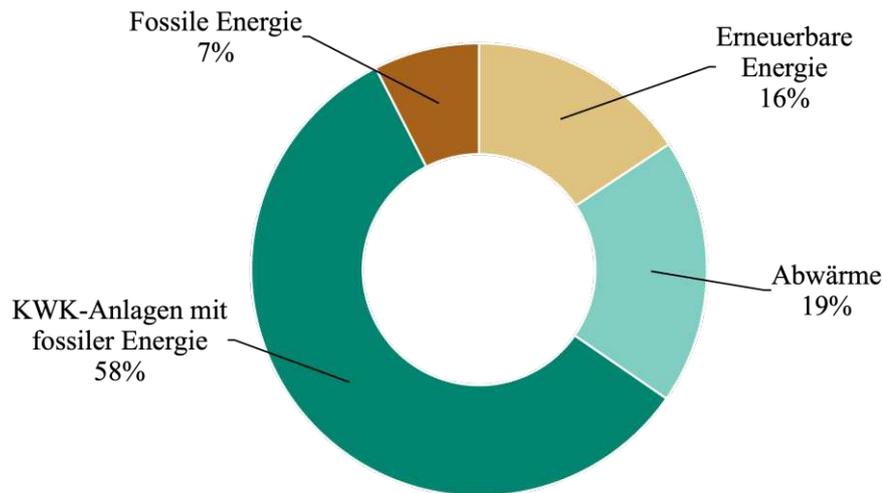
Da bei der Verbrennung von Holz nur so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, wie der Baum während seines Wachstums aufgenommen hat, gilt Holz als CO<sub>2</sub>-neutral [9]. Dies ist jedoch kritisch zu betrachten, denn die Verbrennung verursacht auch Feinstaubemissionen und schädliche Emissionen sowie Methan. Innerhalb der EU gibt es verbindliche Regeln, um die Fortschritte der Treibhausgasreduktion und die Entnahme durch Treibhausgasenken beurteilen zu können. Diese legen fest, dass die Emissionen bereits bei der Abholzung anfallen und dementsprechend dem Sektor Landnutzung zugerechnet werden. Wenn man den Gebäudesektor betrachtet, in dem das Holz letztlich verbrannt wird, scheint die Verwendung klimaneutral zu sein. Der Wald sollte jedoch als Senke verwendet werden, um nicht vermeidbare Emissionen auszugleichen. Die Nutzung von Holzprodukten mit langer Lebensdauer, bei denen der Kohlenstoff dauerhaft gespeichert wird, ist deutlich umweltfreundlicher als die Verbrennung von Holz. Das Heizen mit Holz ist daher nur unter sehr begrenzten Bedingungen für das Klima vertretbar [7].

### 3.3.2 Fernwärme

Fernwärme ist eine sehr umweltfreundliche und komfortable Form der Energiebereitstellung für Heizung sowie Wasser und trägt wesentlich zur Einsparung von Primärenergieträgern bei [6]. Ein großer Vorteil der Fernwärme ist die zentrale Erzeugung von Wärme, die über ein Rohrleitungssystem direkt zu den Haushalten geleitet wird. Dadurch entstehen beim Endverbraucher weder Abgase, Gerüche oder Lärm. Da kein Rauchfang erforderlich ist, entfallen auch die damit verbundenen Kosten. Zusätzlich spart diese Heizform Platz, da weder ein Heizkessel noch ein Lagerraum für Brennstoffe benötigt wird. Stattdessen ist nur eine kompakte Übergabestation erforderlich, die mit einem Wärmemengenzähler und Wärmetauscher ausgestattet ist [16].

Seit den 1970er Jahren haben Wärmenetze in Österreich immer mehr an Bedeutung gewonnen. Die Erzeugung von Fernwärme ist in Österreich zwischen 2005 und 2022 um etwa 39 % gestiegen und zeigt einen steigenden Trend. Die Bereitstellung der Fernwärme kann aus unterschiedlichen Anlagen erfolgen, wie durch Großwärmepumpen, Wärme aus Müllverbrennungsanlagen, industrieller Abwärme und KWK-Anlagen [17]. In Wien erzeugen erdgasbetriebene Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) etwa die Hälfte der Fernwärme. Darüber hinaus werden Heizkraftwerke (HKW) zur Spitzenabdeckung eingesetzt. KWK-Anlagen nutzen fast den gesamten Wärmeinhalt, auch Enthalpie genannt, des Energieträgers und sind mit einem Wirkungsgrad über 90 % sehr effizient. Dabei wird sowohl die bei der Energieumwandlung entstehende Wärme als auch die

elektrische Energie genutzt. Diese Anlagen werden mit Erdgas und Erdöl betrieben, können aber auch mit nachwachsenden Rohstoffen wie Holzpellets, Biodiesel und Pflanzenölen betrieben werden. Mit dem Ziel, bis 2040 erdgasfrei und klimaneutral zu werden, investiert die Wien Energie in den nächsten Jahren mehr als eine Milliarde Euro und setzt verstärkt auf Projekte wie Geothermie und effiziente Großwärmepumpen. In der Abb. 3.5 ist eine prozentuale Verteilung der Primärenergieträger von der Fernwärme Wien aus dem Jahr 2022 zu sehen [9], [18].



**Abb. 3.5:** Prozentuale Aufschlüsselung Primärenergieträger der Fernwärme Wien 2022. Eigene Darstellung nach [18].

### 3.3.3 Wärmepumpen

Die Funktionsweise einer Wärmepumpe ähnelt der eines Kühlschranks. Während ein Kühlschrank dem Innenraum Wärme entzieht und diese nach außen abgibt, wird bei einer Wärmepumpe der Kreislauf umgekehrt. Das bedeutet, dass der Umwelt Wärme entzogen und dem Gebäude zugeführt wird. In der Theorie enthält jede Temperatur über dem absoluten Nullpunkt ( $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) eine bestimmte Menge an Wärmeenergie, die genutzt und erhöht werden kann. Diese Energie kann der Luft, dem Grundwasser und dem Erdreich entzogen werden. Zunehmend wird auch die Wärmeenergie aus Industrie und Abwasser genutzt. Wärmepumpen können mit Strom, Öl oder Gas betrieben werden [19]. Wärmepumpensysteme werden je nach Funktionsweise in drei Typen unterteilt: Kompressions-, Vuilleumier- und Sorptions-Wärmepumpen. Besonders die elektrisch betriebenen Kompressionswärmepumpen haben sich in der Heiztechnik bewährt und gelten als eine umweltfreundliche Heizlösung.

Elektrisch betriebene Kompressionswärmepumpen sind derzeit die am häufigsten verwendete Wärmepumpentechnologie und zeichnen sich durch einen hohen technischen Entwicklungsstand aus. Es gibt vier verbreitete Varianten dieser Systeme:

- **Sole/Wasser-Wärmepumpe:** Hier wird Erdwärme als Energiequelle genutzt. Die Wärme wird entweder über in den Boden eingelassene Kollektoren oder durch vertikale Erdwärmesonden entzogen. Als Wärmeträgermedium dient eine Mischung aus Wasser und Frostschutzmittel (Sole).
- **Wasser/Wasser-Wärmepumpe:** Diese nutzt Grundwasser als Wärmequelle. Mithilfe einer Pumpe wird das Wasser zur Wärmepumpe gefördert und entzieht die enthaltene Wärme, bevor es wieder in den Boden zurückgeleitet wird.
- **Luft/Wasser-Wärmepumpe:** Hier wird Wärme aus der Außenluft gewonnen. Die Wärmepumpe kann sowohl im Innenbereich als auch im Freien aufgestellt werden. Bei einer Installation im Gebäudeinneren wird die Luft über gut isolierte Leitungen zugeführt, während bei einer Außenaufstellung gedämmte Rohre die erwärmte Luft ins Gebäude transportieren.
- **Luft/Luft-Wärmepumpe:** Auch diese Variante nutzt Außenluft als Wärmequelle. Im Unterschied zur Luft/Wasser-Wärmepumpe erfolgt die Wärmeverteilung nicht über Wasser, sondern über Luft. Besonders effizient ist sie in Gebäuden mit Lüftungsanlagen und Wärmerückgewinnung, da die Abwärme der Abluft genutzt wird, um die Effizienz des gesamten Systems zu steigern.

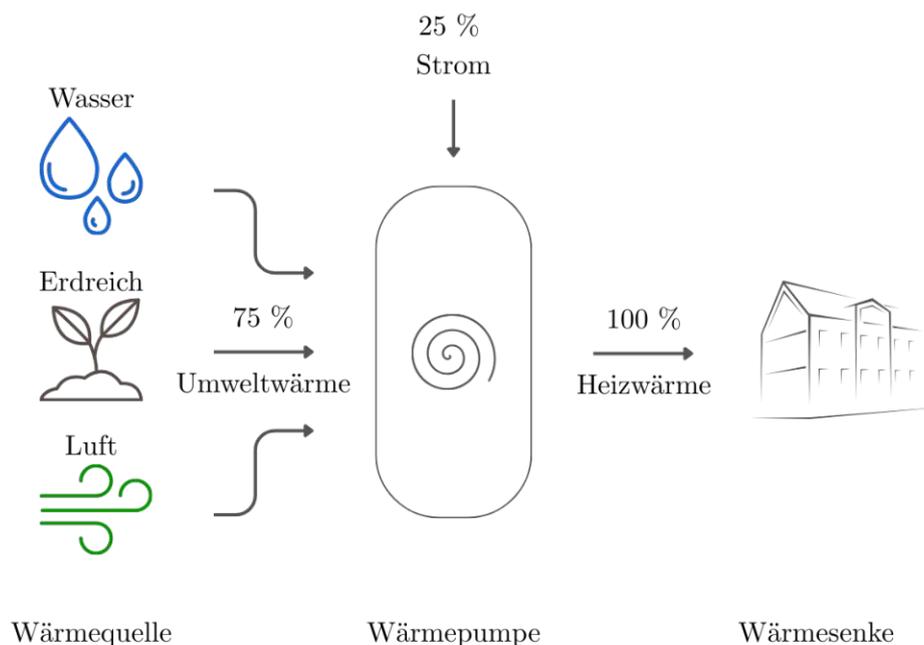


Abb. 3.6: Funktionsprinzip einer Wärmepumpe. Eigene Darstellung nach [20].

Die Effizienz einer elektrisch betriebenen Wärmepumpe kann durch das Verhältnis von aufgenommener elektrischer Energie zur erzeugten Wärmeleistung bestimmt werden. Dieser Wert wird als Coefficient of Performance (COP) bezeichnet. Bei Kompressionswärmepumpen gibt der COP an, wie viel Wärme im Verhältnis zur eingesetzten elektrischen Energie gewonnen wird. Für eine ganzjährige Bewertung wird stattdessen die Jahresarbeitszahl (JAZ) herangezogen. Sie berechnet das Verhältnis zwischen der insgesamt verbrauchten elektrischen Energie und der über das gesamte Jahr abgegebenen Wärmeleistung. Die JAZ liefert somit eine realistische Einschätzung der Effizienz im praktischen Betrieb. Die durchschnittliche JAZ von Wärmepumpen beträgt 3,3 bei Luft/Wasser-Wärmepumpen bis hin zu 4,4 bei Sole/Wasser- und Wasser/Wasser-Wärmepumpen [21].

### 3.3.4 Photovoltaik

Photovoltaik-Technologien nutzen den photoelektrischen Effekt, um Sonnenstrahlung direkt in elektrische Energie umzuwandeln. Ein typisches Photovoltaik-System setzt sich aus mehreren Bestandteilen zusammen: Solarmodule, Wechselrichter, Verkabelung und Befestigungssystemen. Die in den Modulen enthaltenen Photovoltaik-Zellen wandeln Sonnenlicht in Gleichstrom um. Damit dieser ins Stromnetz eingespeist werden kann, wird er durch den Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt. Die Verkabelung verbindet die einzelnen Module und leitet den erzeugten Strom weiter. Die Montage erfolgt entweder auf Dächern oder als Freiflächenanlage mithilfe von Halterungssystemen. Dabei kann die Neigung der Module so ausgerichtet werden, dass eine optimale Sonneneinstrahlung gewährleistet ist. Jedes Photovoltaik-Modul setzt sich aus mehreren Zellen zusammen, die miteinander verbunden sind [21].

Im Winter trifft die Sonnenstrahlung aufgrund des flacheren Einfallswinkels mit geringerer Intensität auf eine ebene Fläche. Dieser Effekt kann teilweise durch eine Neigung der Fläche in Richtung der Strahlung ausgeglichen werden. Zudem sind die Tage kürzer, wodurch insgesamt weniger Sonnenenergie zur Verfügung steht. Die Strahlungsintensität wird zusätzlich durch die längere Wegstrecke der Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre abgeschwächt. Ein weiterer Einflussfaktor sind Verschattungen durch benachbarte Gebäude oder Bäume, die in den Wintermonaten verstärkt auftreten. Bei der Prognose von Leistung und Energieertrag müssen sowohl tages- als auch jahreszeitliche Schwankungen sowie mögliche Abschattungen berücksichtigt werden. Die Sonnenstrahlung, die auf die Erdoberfläche trifft, lässt sich in drei Kategorien unterteilen:

- **Direktstrahlung** trifft ohne Umwege direkt auf die Fläche auf.
- **Diffusstrahlung** entsteht durch Reflexion an Oberflächen oder Streuung in der Atmosphäre und gelangt auf indirektem Weg auf die Fläche.
- **Globalstrahlung** setzt sich aus Direkt- und Diffusstrahlung zusammen.

Der Unterschied zwischen Global- und Diffusstrahlung wird beispielsweise im Sommer deutlich, wenn man sich im Schatten eines Sonnenschirms aufhält oder der direkten Sonne ausgesetzt ist. Für die Energieerzeugung ist hauptsächlich die Direktstrahlung relevant, wobei Photovoltaikmodule auch diffuses Licht in begrenztem Maß nutzen können. Ein optimales Gleichgewicht zwischen Verschattung und dem idealen Neigungswinkel für Sommer- und Winterbetrieb muss sorgfältig gewählt werden. Zudem sollte berücksichtigt werden, dass sich die Module im Sommer auf Temperaturen von bis zu 70 Grad Celsius aufheizen, was die Effizienz verringert. Im Winter hingegen steht die Sonne tiefer, und der Anteil der Direktstrahlung nimmt weiter ab [22].

Sowohl bei Montagen am Dach als auch bei gebäudeintegrierten Photovoltaikanlagen erfolgt die Stromerzeugung meist netzgekoppelt und standortgebunden. Im Gegensatz zu zentralen Kraftwerken, die Strom über Hochspannungsleitungen zu den Verbrauchern transportieren, wird die Energie direkt an den Gebäuden erzeugt, die sie nutzen. Die dezentrale Stromproduktion bringt mehrere Vorteile mit sich. Sie reduziert die Energiekosten des Besitzers, da ein Teil des jährlichen Strombedarfs direkt vor Ort gedeckt wird. Zudem werden Verteilungsverluste minimiert, da die Energie unmittelbar dort produziert wird, wo sie benötigt wird. Dächer und Fassaden bieten geeignete Flächen für die Stromerzeugung und die Nutzung erneuerbarer Energien trägt zur Umweltagenda bei. Darüber hinaus fördert die unmittelbare Nähe der Anlage zum Verbraucher das Bewusstsein für Energieeffizienz.

Netzgebundene Photovoltaik-Systeme versorgen die Gebäude, an denen sie installiert sind. Ist der Strombedarf hoch, wird die gesamte erzeugte Energie im Gebäude genutzt, wodurch weniger Netzstrom erforderlich ist und die Stromkosten sinken. Bei geringem Verbrauch wird überschüssiger Strom automatisch ins öffentliche Netz eingespeist. Die Vergütung für eingespeisten Strom variiert je nach Land und Energieversorger. Sie kann von niedrigen Tarifen im Vergleich zu konventionell erzeugtem Strom bis hin zu speziellen Einspeisetarifen reichen, die darauf abzielen, die Anschaffungskosten der Photovoltaikanlage über die Jahre zu amortisieren [23].

### 3.3.5 Raumluftechnische Anlagen

Raumluftechnische Anlagen dienen der Steuerung und Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen. Abhängig von ihrer thermischen Funktion werden sie in Lüftungs-, Teilklima- und Klimaanlage unterteilt. Klimaanlage übernehmen sowohl das Heizen als auch das Kühlen und die Regelung der Luftfeuchtigkeit. Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung dienen hingegen ausschließlich für die Beheizung. Die Zufuhr und Aufbereitung der Außenluft kann zentral erfolgen, wobei die Luft über ein Kanalsystem verteilt wird oder dezentral, direkt in den jeweiligen Räumen [21].

Die Luftqualität in Innenräumen muss durch ausreichende Belüftung gewährleistet werden, sei es durch natürliche Lüftung über Fenster oder durch mechanische Systeme. Verschiedene Faktoren beeinflussen die Luftbelastung in geschlossenen Räumen, darunter Stoffwechselprodukte von

Menschen, Möbel, Staub und mikrobiologische Verunreinigungen. Obwohl alle in Innenräumen vorkommenden Luftbelastungen die Luftqualität beeinflussen, spielen insbesondere der CO<sub>2</sub>-Gehalt und die Luftfeuchtigkeit eine zentrale Rolle, da sie direkt durch menschliche Aktivitäten beeinflusst werden. Ein Sauerstoffmangel ist nicht die Ursache für schlechte Luft, sondern eine zu hohe CO<sub>2</sub>-Konzentration. Während die Außenluft etwa 0,03 %<sub>vol</sub> CO<sub>2</sub> enthält, geben Menschen beim Ausatmen Luft mit einer CO<sub>2</sub>-Konzentration von rund 4 %<sub>vol</sub> ab. Ohne ausreichende Frischluftzufuhr steigt der CO<sub>2</sub>-Gehalt in Innenräumen schnell an. Erhöhte CO<sub>2</sub>-Werte stellen zwar keine unmittelbare Gesundheitsgefahr dar, können jedoch zu Symptomen wie Müdigkeit, Konzentrationsschwierigkeiten, Unwohlsein und Kopfschmerzen führen. Studien empfehlen, dass die CO<sub>2</sub>-Konzentration in Innenräumen 0,1 %<sub>vol</sub> nicht übersteigen sollte.

Im Winter reicht der erforderliche Luftwechsel bei kaltem Wetter aus, um die Feuchtigkeit abzuführen, ohne dass die Luft im Raum zu trocken wird. Wenn an kalten Tagen übermäßig gelüftet oder durch undichte Gebäude zu viel Luft ausgetauscht wird, entsteht eine zu trockene Raumluft. In der Übergangszeit ist der Luftwechsel oft höher anzusetzen, da wärmere und feuchtere Außenluft weniger Wasserdampf aus Innenräumen aufnehmen kann. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft beeinflusst ebenfalls die Raumhygiene. Dabei ist nicht die absolute Wasserdampfmenge relevant, sondern die relative Luftfeuchtigkeit, die das Verhältnis zwischen tatsächlich enthaltener und maximal speicherbarer Feuchtigkeit bei einer bestimmten Temperatur angibt. Da wärmere Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann, wird eine relative Luftfeuchtigkeit von 30 bis 55 % empfohlen, um sowohl die Gesundheit als auch die Bausubstanz zu schützen.

Energieeinsparung steht im Fokus von Neubauten und der Sanierung älterer Gebäude. Eine effiziente Wärmedämmung reduziert den Heizbedarf, erhöht jedoch die Notwendigkeit einer kontrollierten Wohnraumlüftung. Energieeinsparverordnungen verlangen eine luftdichte Gebäudehülle, jedoch muss die in Innenräumen entstehende Feuchtigkeit durch Pflanzen, Atmung oder andere Quellen nach außen abgeführt werden. Andernfalls kann an kalten Oberflächen Kondensation auftreten, was zu einem unangenehmen Raumklima führt und die Bildung von Schimmel begünstigt. Regelmäßiges Lüften ist daher besonders in der kalten Jahreszeit sowie im Frühjahr und Herbst erforderlich. Wer den manuellen Aufwand und die damit verbundenen Wärmeverluste vermeiden möchte, kann eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung nutzen. Solche Systeme leiten verbrauchte, feuchte Luft nach außen und versorgen die Räume mit frischer Luft. Durch den Einsatz eines Wärmetauschers kann die einströmende Außenluft mithilfe der Wärme aus der Abluft vorgewärmt werden. So können pro Kubikmeter Luft und Jahr Heizenergieeinsparungen von bis zu 20 Kilowattstunden erreicht werden. Der dafür notwendige elektrische Energieaufwand liegt im Vergleich dazu bei lediglich etwa 2 bis 3 Kilowattstunden pro Kubikmeter und Jahr. Zusätzlich sind Lüftungsanlagen in der Lage, Partikel wie Staub und Pollen aus der Luft zu entfernen, was zu einer weiteren Verbesserung der Raumluftqualität beiträgt [9].

## 3.4 Thermische Sanierung

Energieeffizientes Bauen beginnt bereits bei der Planung. Bei der Sanierung älterer Gebäude müssen vorhandene Materialien, Bauweisen und Konstruktionen berücksichtigt werden. Entscheidend ist ein gutes Verständnis der baulichen und physikalischen Eigenschaften sowie der damaligen Handwerkstechniken. Grundlage jeder Sanierung ist die Analyse der Gebäudehülle, der technischen Anlagen und der Nutzung. Dabei werden auch Schäden und die Lebensdauer der Bauteile bewertet. Eine energetische Bestandsaufnahme zeigt den Energieverbrauch und mögliche Schwachstellen auf. Unter günstigen Bedingungen kann der Energiebedarf auf das Niveau eines Neubaus gesenkt werden.

Neben der Wirtschaftlichkeit sind auch ökologische und soziale Aspekte wichtig. Viele Einsparungen lassen sich schon mit einfachen Maßnahmen erzielen. Ziele sind niedrigere Energiekosten, ein besseres Raumklima, ein höherer Immobilienwert und geringere Emissionen. Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmedämmung sollten möglichst mit anderen Bauarbeiten kombiniert werden [24].

### 3.4.1 Baulicher Wärmeschutz

Die Hülle eines Gebäudes bildet die Grenze zwischen dem beheizten Innenraum und der Außenluft. Sie setzt sich aus Bauteilen wie Außenwänden, Fenstern, Dach sowie der Kellerdecke beziehungsweise Bodenplatte zusammen. Wie gut diese Bauteile Wärme zurückhalten, hängt vom Aufbau der einzelnen Schichten ab, also von der Dicke der Materialien und deren Wärmeleitfähigkeit. Aus diesen Eigenschaften werden Kennwerte wie der Wärmedurchlasswiderstand ( $R$ ) und der Wärmedurchgangskoeffizient ( $U$ -Wert) berechnet. Ein niedriger  $U$ -Wert zeigt an, dass wenig Wärme nach außen verloren geht, was auf eine gute Dämmwirkung hinweist. Werte dieser Art sind in technischen Tabellen aufgeführt und werden unter anderem von ArchitektInnen, IngenieurInnen, EnergieberaterInnen oder auch Fachleuten aus der Baupraxis bestimmt [24].

Die folgende Tabelle (Tab. 3.1) zeigt typische Werte für den Wärmedurchgangskoeffizienten. Dabei werden zum einen häufig vorkommende Werte im Altbestand, zum anderen die aktuell gültigen Mindestanforderungen laut OIB-Richtlinie 6 (Ausgabe 2023) verglichen. Der Vergleich macht deutlich, dass ältere Gebäude deutlich schlechtere Dämmwerte aufweisen als Neubauten nach aktuellem Stand der Technik [24].

**Tab. 3.1:** Richtwerte Wärmedurchgangskoeffizienten (eigene Darstellung nach [24])

Bauteil	U-Wert Altbestand [W/m <sup>2</sup> a]	U-Wert Neubau OIB-RL 6 [W/m <sup>2</sup> a]
Außenwand	0,6 ... 1,5	0,35
Dach	0,8 ... 4,0	0,20
Oberste Geschossdecke	0,9 ... 3,0	0,40
Kellerdecke	0,9 ... 3,0	0,20 .. 0,40
Fenster	2,5 ... 5,0	1,40 .. 1,70

### 3.4.2 Maßnahmen an Gebäudeteilen

#### Außenwände

Ein großer Teil der Wärmeverluste, etwa 25 bis 40 %, entsteht über die Außenwände eines Gebäudes. Im Vergleich dazu ist der Gewinn von Wärme durch direkte Sonneneinstrahlung auf diese Bauteile gering.

Grundsätzlich lassen sich verschiedene Arten von Außenwänden unterscheiden:

- **monolithische Außenwand**

Massive Außenwände bestehen meist aus Materialien wie Ziegel, Porenbeton oder Leichtbeton. Bei Wandstärken über 30 cm bieten sie einen durchschnittlichen Wärmeschutz. Dieser lässt sich verbessern, wenn spezielle Baustoffe wie Dämmmörtel oder Steine mit trockenen Stoßfugen verwendet werden.

- **Außenwand mit Wärmedämmverbundsystem**

Bei dieser Bauweise übernimmt eine massive Wand, zum Beispiel aus Kalksandstein, Beton oder Ziegel die statische Funktion. Für den Wärmeschutz sorgt eine Dämmung, die an der Außenseite angebracht ist. Die äußere Schicht wird üblicherweise verputzt. Je nach Ausführung entsteht dabei ein leichtes bis schweres Mauerwerk, das bei einer Dämmschicht ab etwa 10 cm gute bis sehr gute Wärmedämmeigenschaften erreicht. Die außenliegende Dämmung hilft außerdem, Wärmebrücken zu vermeiden und schützt das tragende Mauerwerk vor thermischen Bewegungen.

- **zweischalige Außenwand**

Bei einem zweischaligen Mauerwerk wird die Wärmedämmung im Zwischenraum zwischen der inneren und der äußeren Wand eingebaut. Für diese Dämmschicht kommen unterschiedliche Materialien infrage. Bereits bei einer Dicke von bis zu 15 Zentimetern kann sowohl bei leichtem als auch bei schwerem Mauerwerk ein wirksamer Wärmeschutz erzielt werden. Die Dämmung schützt dabei die tragende Innenwand vor Temperaturschwankungen. Die äußere Wand hingegen benötigt Dehnungsfugen, damit sie sich bei Temperaturveränderungen ausdehnen oder zusammenziehen kann, ohne Schaden zu nehmen.

Bei verputzten Außenwänden können zusätzliche Dämmschichten entweder außen oder innen angebracht werden. Da beide Varianten den Aufbau der Wand aus bauphysikalischer Sicht verändern, sollten die Auswirkungen solcher Maßnahmen im Vorfeld genau überprüft werden. Grundsätzlich stellt die Außendämmung aus bauphysikalischer Sicht die günstigste Lösung dar. Häufig kommt das oben bereits erwähnte Wärmedämmverbundsystem zum Einsatz. Dieses System eignet sich sowohl für Neubauten als auch zur nachträglichen Verbesserung bestehender Gebäude. Es zählt außerdem zu den kosteneffizientesten Methoden zur Dämmung von Außenwänden. Alle Bestandteile müssen miteinander abgestimmt sein, weshalb eine Kombination unterschiedlicher Systeme nicht erlaubt ist. Grundsätzlich werden zwei Arten unterschieden. Bei der ersten werden Hartschaumplatten verwendet, die mit einer kunststoffhaltigen Klebe- oder Spachtelmasse versehen werden. In diese Schicht wird auch ein Armierungsgewebe eingebracht, welches entstehende Spannungen aufnimmt und zugleich als Grundlage für den abschließenden Oberputz dient. Durch diese Konstruktion wird der Taupunkt aus dem Mauerwerk heraus in die Dämmschicht verlagert, was das Risiko von Schimmelbildung verringert. Bei der zweiten Variante besteht die Möglichkeit, entweder Hartschaum- oder Mineralfaserplatten zu verwenden. Mineralfaserplatten müssen nach der Verklebung zusätzlich durch Dübel befestigt werden. Charakteristisch für diese Ausführung ist die Verwendung einer mineralisch gebundenen Spachtelmasse, in welche ebenfalls ein Armierungsgewebe eingebettet wird.

**Tab. 3.2:** Funktionen und Baustoffe für WDVS (eigene Darstellung nach [24])

<b>Funktion</b>	<b>Materialien/Baustoffe</b>
Spachtel/Kleber	Mineralische diffusionsoffene Produkte mit geringen organischen Bestandteilen
Wärmedämmung	Polystyrol-Hartschaumplatten, Mineralschaumplatten, Mineralfaserplatten, Korkplatten, Holzweichfaserplatten, Holzwolle, Leichtbauplatten, Schilfrohrplatten
Armierung	Kunststoffgittergewebe
Putz	Rein mineralische diffusionsoffene Mörtel bzw. solche mit wenigen organischen Bestandteilen

Bis in die späten 1980er-Jahre hinein wurden Außenwände in der Regel mit Dämmplatten von 40 bis 50 Millimeter gedämmt. Mittlerweile entsprechen diese Gebäude aber nicht mehr dem heutigen Standard. Zur nachträglichen Verbesserung älterer Fassaden wurde ein spezielles System entwickelt, das als Warm-Wand-System bezeichnet wird. Dieses zugelassene Verfahren nutzt Styroporplatten, die mithilfe eines Klebe- und Armiermörtels auf die bestehende Fassade angebracht werden. Durch eine Nut- und Federtechnik wird eine flexible Verlegung ermöglicht, unabhängig von der ursprünglichen Anordnung der alten Platten. Die Fläche wird anschließend mit einer Quarzschicht überzogen, die mit demselben Mörtel aufgetragen wird. Das äußere Erscheinungsbild wird mit einem abgestimmten Oberputz vervollständigt. Die Anwendung solcher Aufdopplungssysteme bringt verschiedene Vorteile mit sich. Neben der Einsparung von

Rückbau- und Entsorgungskosten durch die Weiterverwendung der vorhandenen Dämmung können vorhandene Schäden wie Risse, Wärmebrücken oder sichtbare Dübelstellen behoben werden. Auch die finanziellen Aufwendungen für diese energetische Nachrüstung gleichen sich in der Regel nach wenigen Jahren durch die eingesparten Energiekosten aus [24].

### Fenster

In einem Einfamilienhaus geht ein erheblicher Teil der Heizwärme, mitunter bis zu 40 %, über die Fenster verloren. Im Vergleich zu anderen Bauteilen weisen Fenster deutlich schlechtere Dämmwerte auf. Selbst hochwertige Verglasungen erreichen nicht die Wärmedämmung, die bei einer herkömmlichen Wand üblich ist. Aus diesem Grund gelten Fenster als die größten Schwachstellen in Bezug auf den Energieverlust eines Hauses. Gleichzeitig erfüllen sie jedoch wichtige Funktionen für das Wohnklima, da sie natürliches Licht in die Innenräume bringen und den visuellen Kontakt zur Außenwelt ermöglichen. Darüber hinaus kann durch die Sonneneinstrahlung über das Glas kostenlose Wärme in das Gebäude gelangen, was einen positiven energetischen Effekt hat.

Ein Fenster besteht nicht nur aus der Glasscheibe, sondern je nach Ausführung auch zu einem erheblichen Teil aus dem Rahmen, der zwischen 20 und 40 % des Gesamtvolumens ausmacht. Die Wahl des Rahmenmaterials, etwa Holz, Metall oder Kunststoff, beeinflusst den energetischen Gesamtwert maßgeblich, da jedes Material unterschiedliche Wärmedurchgangskoeffizienten aufweist. Auch der Übergangsbereich zwischen Glas und Rahmen sowie die Dichtungen spielen eine entscheidende Rolle. Werden diese konstruktiven Details nicht sorgfältig ausgeführt, kann es während der Heizperiode zu Zugluft und kalten Flächen kommen, die dem Raum Wärme entziehen und das Wohlbefinden der Bewohner beeinträchtigen. Neben diesen Komfortverlusten führen schlecht gedämmte und undichte Fenster zudem zu erhöhtem Energieverbrauch und damit zu steigenden Heizkosten.

**Tab. 3.3:** Vergleich unterschiedlicher Glassorten (eigene Darstellung nach [24])

Verglasung	Ug-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Scheibeninnenoberflächentemperatur bei -10 °C außen u. +20 °C innen
Einscheibenglas	5,6	-1,0 °C
Zweischeibenisoliertglas	2,9-3,1	+8,4 °C
Zweischeibenwärmeschutzglas	1,1-1,9	+15,5 bis +12,8 °C
Dreischeibenwärmeschutzglas	0,4-0,9	+17,3 bis +16,4 °C

Grundsätzlich lassen sich die Fenster nach der Rahmenbauart unterscheiden:

- **Einfachfenster**  
Einfachfenster gehören zu den am weitesten verbreiteten Fensterkonstruktionen. Bei dieser Bauweise besteht der Flügel aus einem einzigen, durchgehenden Rahmen.
- **Verbundfenster**  
Bei dieser Fensterart sind ein innerer und ein äußerer Flügelrahmen fest miteinander verbunden. Meistens besteht diese Art aus einer Einfachverglasung. Wenn der Abstand zwischen den Scheiben 40 bis 70 Millimeter beträgt, wird ein besserer Wert als bei einer normalen Zweischeibenisolierverglasung erzielt. Für eine bessere Energieeffizienz kann innen ein normales Fensterglas und außen ein Zweischeibenwärmeschutzglas eingebaut werden.
- **Kastenfenster**  
Diese Fenster bestehen aus zwei einzelnen Flügeln, die einen Abstand von mindestens 10 bis 15 Zentimetern zueinander haben. Sie sind durch einen umlaufenden Rahmen miteinander verbunden. In bestehenden Gebäuden ist oft nur einfaches Glas in den Flügeln eingesetzt. Durch diesen Aufbau lässt sich eine gute Wärmedämmung erzielen. Um Energie zu sparen, kann zum Beispiel innen eine einfache Scheibe und außen eine moderne Doppelverglasung eingebaut werden.

Kasten- und Verbundfenster bieten sich besonders bei der Sanierung oder dem Erhalt denkmalgeschützter Fassaden an, da sie den Einbau von Sprossen im ursprünglichen Maß erlauben. Dadurch bleibt das historische Erscheinungsbild der Fenster erhalten [24].

## Dach

Dächer müssen, sobald sich dahinter ein Wohnraum befindet, nicht nur Regen und Schnee ableiten, sondern auch die gleichen Aufgaben wie eine Außenwand übernehmen. Bei alten Bauwerken war diese doppelte Funktion jedoch kaum gegeben, da die damals verfügbaren Materialien dafür nur eingeschränkt tauglich waren. Besonders während der Gründerzeit wurden Dachräume vermehrt als Wohnfläche genutzt, vor allem in Mansarddächern. Durch die steile Dachform stellte der Schutz vor Regen kein großes Problem dar. Materialien wie Bimssteine, Hüttensteine oder später auch Platten aus Holzwolle gaben zwar etwas Wärmeschutz, reichten jedoch nicht aus, um ganzjährig angenehme Temperaturen zu gewährleisten. Infolgedessen war der Energieverbrauch im Winter sehr hoch, während im Sommer starke Hitzeentwicklung entstand. Daher galten solche Dachwohnungen lange Zeit nicht als bevorzugter Wohnraum.

Zum Dachbereich gehören sowohl geneigte als auch flache und begrünte Dächer, ebenso wie Decken zu nicht beheizten Dachräumen und Abseitenwände. Der Wärmeschutz wird dabei in erster Linie durch die eingesetzte Dämmung erreicht, deren Aufbau sich je nach Art des Daches unterscheiden kann. Bei einem Steildach kann die Dämmung zwischen, unter oder über den Sparren eingebracht werden. In vielen Fällen werden diese Varianten auch kombiniert. Je nachdem,

ob es sich um ein belüftetes Kaltdach oder ein unbelüftetes Warmdach handelt, ändern sich die Anforderungen an die Konstruktion. Flachdächer unterscheiden sich ebenfalls hinsichtlich ihrer Belüftung. Ist ein Flachdach belüftet, wird die Dämmschicht entweder direkt auf der Stahlbetondecke oder oberhalb der inneren Deckenverkleidung angebracht. Bei nicht belüfteten Ausführungen ist eine besonders sorgfältige Dämmung erforderlich, um Feuchtigkeitsschäden zu vermeiden. Hier wird auf der warmen Seite der Dämmung zusätzlich eine Dampfsperre eingebaut, um die Bildung von Tauwasser zu verhindern. Beim Umkehrdach liegt die Dämmung oberhalb der Dachabdichtung. Dabei wird ein druckfester, geschlossenzelliger Hartschaum verwendet, der keine Feuchtigkeit aufnimmt und somit seine dämmenden Eigenschaften auch bei Nässe behält. Diese Anordnung schützt zusätzlich die Abdichtung vor mechanischer Belastung, extremen Temperaturunterschieden sowie UV-Strahlung. Wird das Dachgeschoss nicht beheizt, beschränkt sich die Dämmung ausschließlich auf die oberste Geschossdecke, die Dachschrägen selbst bleiben in diesem Fall ungedämmt [24].

### Keller

Bauphysikalische Analysen haben gezeigt, dass über den Kellerbereich bis zu ein Fünftel der gesamten Wärmeverluste eines Gebäudes entstehen können. Bei Kellern, die nicht beheizt werden, empfiehlt es sich daher, die Decke zum Wohnbereich zu dämmen, um den Energieverlust aus den darüber liegenden Räumen zu reduzieren. Diese Dämmschicht kann entweder an der Unterseite der Kellerdecke angebracht werden oder oberseitig in den Bodenaufbau des darüber liegenden Raums integriert werden. Die Montage unterhalb der Decke ist dabei meist unkomplizierter, während die Ausführung von oben mit Eingriffen in die Bodenkonstruktion verbunden ist.

In der Praxis hat sich die Anordnung der Dämmung an der kälteren Seite, also der Unterseite der Decke, als vorteilhaft erwiesen. Diese Vorgehensweise ähnelt dem Prinzip der Außendämmung bei Fassaden und verhindert die Entstehung von Wärmebrücken. Gleichzeitig bleibt das tragende Bauteil, sei es die Wand oder die Decke, auf der warmen Seite und kann dadurch Wärme speichern. Neben dem energetischen Nutzen überzeugt diese Variante vor allem durch die einfache Ausführung und die Möglichkeit, Dämmstoffe in größeren Dicken von mindestens zehn Zentimetern einzusetzen [24].

# Kapitel 4

## Auswertung der Experteninterviews

In diesem Kapitel werden zuerst die Interviewpartner vorgestellt und der Fragenkatalog beschrieben. Anschließend wurden die Interviews strukturiert ausgewertet, miteinander verglichen und die wichtigsten Aussagen zusammengefasst.

### 4.1 Interviewpartner und Fragenkatalog

#### Interviewpartner

Um verschiedene Perspektiven auf die Gebäudesanierung zu erhalten, wurden insgesamt vier Fachpersonen aus unterschiedlichen Bereichen befragt. Zur besseren Unterscheidung und Referenzierung in der Analyse wurden die Interviewpartner mit den Kürzeln IP1, IP2, IP3 und IP4 gekennzeichnet. Der Interviewer selbst wurde mit „I“ bezeichnet.

- **IP1:** Geschäftsführender Gesellschafter bei einem privaten Forschungsinstitut für Wohnbau
- **IP2:** Mitarbeiterin bei einer Beratungsstelle für Sanierungen
- **IP3:** Geschäftsführer bei einem Bauphysik- und Gebäudetechnikplanungsbüro
- **IP4:** Geschäftsführer bei einem großen Bauphysikbüro

#### Fragenkatalog

Um eine vergleichbare Grundlage zu schaffen, wurden jedem Interviewpartner dieselben Fragen gestellt. Der Interviewleitfaden war in drei thematische Bereiche gegliedert. Der erste Teil beschäftigte sich mit thermischen Sanierungsmaßnahmen, um Erkenntnisse über gängige Methoden und Herausforderungen zu gewinnen. Im zweiten Abschnitt lag der Fokus auf der Umstellung von Heizsystemen und abschließend wurden im dritten Teil bewährte Praktiken („Best Practices“) thematisiert.

### Thermische Sanierungen

- Welche thermischen Sanierungsmaßnahmen sind Ihrer Erfahrung nach in Bestandsgebäuden am effektivsten?
- Welche Herausforderungen treten häufig bei der Umsetzung von thermischen Sanierungen auf?
- Welche Dämmmaterialien und -technologien halten Sie derzeit für besonders innovativ und nachhaltig?
- Welche Rolle spielt die Auswahl nachhaltiger Materialien bei der Planung und Umsetzung thermischer Sanierungen und wie häufig werden diese tatsächlich verwendet?
- Gibt es Hemmnisse, die den Einsatz nachhaltiger Materialien bei thermischen Sanierungen einschränken, beispielsweise Kosten, Verfügbarkeit oder technische Anforderungen?
- Sind thermische Sanierungsmaßnahmen zwingend notwendig, um auf ein nachhaltiges Energiesystem umzurüsten?

### Umstellung Heizsystem

- Welche Heizsysteme kommen für eine Umstellung infrage und welche davon sind besonders nachhaltig und effizient für die Zukunft?
- Welche Herausforderungen treten bei der Umstellung auf ein modernes Heizsystem in Bestandsgebäuden auf, insbesondere im Hinblick auf technische Anpassungen und Kosten?
- Welche Vor- und Nachteile sehen Sie bei der Verwendung von Wärmepumpen im Vergleich zur Fernwärme?
- Welche Kriterien sind bei der Entscheidung zwischen einer Wärmepumpe und Fernwärme besonders relevant (z.B. Effizienz, Kosten, Umweltfreundlichkeit)?
- Ist es aus Ihrer Sicht notwendig, bestehende Wärmeabgabesysteme (z.B. Heizkörper) bei einer Umstellung auf moderne Heizsysteme zu erneuern?

### Best-Practice-Beispiel

- Gibt es Best-Practice-Beispiele für besonders erfolgreiche thermische Sanierungen beziehungsweise Heizungsumstellungen?
  - Was wurde gemacht?
  - Was waren die Herausforderungen?

## 4.2 Zusammenfassung und Vergleich

### Effektive Maßnahmen der thermischen Sanierung

Die Experten sind sich einig, dass die Dämmung der obersten Geschossdecke die effektivste und wirtschaftlichste Maßnahme zur Reduzierung von Wärmeverlusten darstellt. Laut IP4 gehen über diesen Bereich bis zu 40 Prozent der Wärme verloren, sodass bereits mit geringem Aufwand eine spürbare Verbesserung erreicht werden kann. Direkt danach folgt die Dämmung der Kellerdecke, die laut IP2 ebenfalls einfach umsetzbar und kosteneffizient ist. Beide Maßnahmen lassen sich gut in Bestandsgebäuden realisieren und sind daher besonders empfehlenswert.

Nach der Geschossdeckendämmung sieht IP4 den Austausch der Fenster als nächsten wichtigen Schritt. Dieser sollte jedoch immer in Kombination mit der Fassadendämmung erfolgen, um eine optimale Wirkung zu erzielen. Zusätzlich hebt IP4 hervor, dass neben der energetischen Sanierung auch die Anpassung an den Klimawandel berücksichtigt werden muss. Ein effektiver Sonnenschutz spielt dabei eine entscheidende Rolle, um steigenden Temperaturen entgegenzuwirken und den thermischen Komfort zu verbessern.

### Herausforderungen der thermischen Sanierung im Bestand

Thermische Sanierungen sind mit vielfältigen Herausforderungen verbunden, die sowohl technische als auch wirtschaftliche und rechtliche Aspekte betreffen. Alle vier Interviewpartner betonen, dass insbesondere umfassende Sanierungen oft eine temporäre Räumung der Gebäude erfordern, was hohe Kosten und erheblichen organisatorischen Aufwand mit sich bringt. Zudem lassen sich bauliche Mängel wie unzureichender Schallschutz oder zu geringe Raumhöhen durch rein thermische Maßnahmen nicht beheben. Auch die Einhaltung normgerechter Fluchtwege stellt eine große Herausforderung dar, hebt IP1 hervor.

IP2 und IP3 weisen darauf hin, dass gegliederte Fassaden die thermische Sanierung erheblich erschweren. Eigentümer stehen dabei oft vor der Wahl, entweder keine Maßnahmen zu setzen oder auf eine kostenintensive Innendämmung mit zahlreichen Nachteilen zurückzugreifen. Zwar gibt es innovative Materialien wie Aerogelputze, doch in vielen Fällen bleibt nur die Erhaltung der Gebäude ohne umfassende Dämmmaßnahmen. Besonders in Schutzzonen ist eine Außendämmung kaum realisierbar.

IP3 nennt zudem eine juristische Hürde: Um Feuermauern zu dämmen, ist die Zustimmung der Nachbarn erforderlich. Wird diese verweigert, bleibt das Bauteil ungedämmt. IP4 legt den Fokus auf die Dekarbonisierung und betont, dass bei jeder Sanierung von Anfang an berücksichtigt werden muss, wie das Gebäude zukünftig mit klimafreundlicher Energie versorgt werden kann. Besonders problematisch sind Gebäude aus den 1990er und 2000er Jahren, deren Wärmedämmung oft nicht ausreicht, um ein effizientes Niedertemperatur-Heizsystem zu betreiben. Während bei

einem Fernwärmeanschluss bestehende Heizkörper weiterhin genutzt werden können, sind für den Einsatz von Wärmepumpen häufig umfassende Sanierungsmaßnahmen erforderlich.

### **Nachhaltige Dämmmaterialien**

IP1 betont, dass der Vergleich zwischen EPS und Naturdämmstoffen wie Hanf oder Stroh kontrovers diskutiert wird. Während viele eine stärkere Förderung natürlicher Dämmstoffe fordern, argumentiert die EPS-Industrie mit den Vorteilen ihres Produkts in Bezug auf Kosten, Brandschutz und energetische Effizienz. Darüber hinaus habe sich die EPS-Branche in den letzten Jahren insbesondere im Bereich des Recyclings und der Rücknahme von Produktionsabfällen weiterentwickelt. Ein kritischer Punkt bleibt jedoch die frühere Verwendung von bromhaltigen Flammschutzmitteln, die die Wiederverwertung erschweren. Allerdings enthalten auch Naturdämmstoffe häufig synthetische Stabilisatoren und müssen mit Pestiziden, Brandschutzmitteln und Klebstoffen behandelt werden, was ihre Umweltbilanz relativiert.

IP2 hebt hervor, dass nachhaltige Dämmstoffe grundsätzlich positiv bewertet werden, jedoch die Nachbehandlung dieser Materialien ein Problem darstellt. Auch IP4 sieht Herausforderungen bei nachhaltigen Dämmstoffen und weist darauf hin, dass sie eine geringere Dämmleistung aufweisen, was größere Dämmstoffstärken erforderlich macht.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Unterschied zwischen Neubau und Sanierung. IP3 betont, dass nachhaltige Materialien im Neubau wesentlich häufiger eingesetzt werden als in der Sanierung. Besonders Holz wird aufgrund seiner positiven CO<sub>2</sub>-Bilanz und des OI3-Indexes bevorzugt. Im Bereich der Dämmstoffe sei dieser Trend jedoch weniger sichtbar. So stehe selbst bei Pilot- und Vorzeigeprojekten Nachhaltigkeit nicht immer an erster Stelle.

### **Zusammenhang zwischen thermischer Sanierung und Heizungsumstellung**

IP1 erklärt, dass bei kompakten Gebäuden bereits der Austausch von Fenstern oder gezielte Teilmaßnahmen ausreichen können, um eine Umstellung auf ein Niedertemperatursystem zu ermöglichen. Ein Heizwärmebedarf von etwa 65 kWh/m<sup>2</sup> wird als realistische Grenze für eine solche Umstellung angesehen. Moderne Wärmepumpen sind mittlerweile in der Lage, auch bei niedrigen Außentemperaturen Vorlauftemperaturen von 50 bis 55 Grad bereitzustellen, wodurch sie für viele Bestandsgebäude eine praktikable Lösung darstellen.

IP2 betont, dass insbesondere bei Gründerzeitgebäuden zunächst kosteneffiziente thermische Verbesserungen durchgeführt werden sollten, bevor eine Umstellung auf alternative Heizsysteme erfolgt. Dazu zählen unter anderem die Dämmung der obersten Geschossdecke, die Kellerdeckendämmung sowie die Sanierung der Hofseite.

Erst nach einer Optimierung der Gebäudehülle sollten Systeme wie Tiefenbohrungen oder Grundwasserwärmepumpen in Betracht gezogen werden. Luft-Wasser-Wärmepumpen sind aufgrund ihrer Schallemissionen und begrenzten Leistungsfähigkeit nicht immer eine geeignete Lösung, sodass in manchen Fällen Kaskadenlösungen notwendig sind. Ein Heizwärmebedarf von 60 bis 70 kWh/m<sup>2</sup> gilt dabei als kritischer Schwellenwert, da er in direktem Zusammenhang mit der erforderlichen Vorlauftemperatur des Heizsystems steht.

Nach Einschätzung von IP3 ist eine thermische Sanierung für den effizienten Betrieb von Niedertemperatur-Heizsystemen nahezu unverzichtbar. Während Fernwärme unabhängig vom energetischen Zustand eines Gebäudes genutzt werden kann, ist eine Sanierung für erneuerbare Heizsysteme in nahezu allen Fällen erforderlich, da eine schlechte Gebäudehülle den effizienten Betrieb erschwert. Besonders die Lebensdauer der Fassade spielt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle, da sie oft kürzer ist als die einer Heizungsanlage. Ohne vorherige Sanierung würde eine neue Heizungsanlage für einen energetisch schlechten Zustand ausgelegt, der durch eine spätere Sanierung überflüssig wird. Zudem beeinträchtigen ungedämmte Wände den thermischen Komfort erheblich. Ein Mangel, der mit einer Niedertemperaturheizung kaum ausgeglichen werden kann.

IP4 nennt als Faustregel, dass eine Wärmepumpenlösung bei einem Heizwärmebedarf von 30 bis 40 kWh/m<sup>2</sup> effizient betrieben werden kann. In diesem Zusammenhang werden geothermische Wärmepumpen bevorzugt, da Luft-Wasser-Wärmepumpen insbesondere im Winter an Effizienz verlieren, einen höheren Stromverbrauch aufweisen und Lärmemissionen verursachen. Besonders bei niedrigen Außentemperaturen schneiden Luftwärmepumpen deutlich schlechter ab als Grundwasser- oder Tiefenwärmepumpen, die durchgehend stabile Temperaturen von etwa 10 Grad nutzen können.

### **Nachhaltige Heizsysteme im Vergleich**

IP1 und IP4 sind der Meinung, dass Fernwärme die bevorzugte Heizlösung darstellt, sofern sie verfügbar ist. Der größte Vorteil liegt in der leichteren Dekarbonisierung im Vergleich zu dezentralen Systemen. IP1 hebt hervor, dass Fernwärme trotz des derzeit noch hohen Gasanteils als regeneratives System betrachtet wird. Besonders im Bürobau spielt Fernwärme laut IP4 eine wichtige Rolle, da hier neben der Heizung auch die Kühlung berücksichtigt werden muss.

Falls Fernwärme nicht verfügbar ist, sehen alle ExpertInnen Wärmepumpensysteme als sinnvolle Alternative. IP3 betont, dass bei der Wahl eines Wärmepumpensystems zunächst geprüft werden sollte, ob eine Grundwasserwärmepumpe nachhaltig genutzt werden kann. Falls dies nicht möglich ist, kommt eine Erdwärmesonde infrage. Erst wenn beide Optionen ausscheiden, wird eine Luft-Wasser-Wärmepumpe in Betracht gezogen. Ein entscheidender Faktor bei der Auswahl ist die benötigte Vorlauftemperatur: Gebäude mit einem Bedarf von über 60 Grad gelten als ungeeignet für Wärmepumpensysteme, sodass in solchen Fällen Hochtemperatursysteme wie Fernwärme oder

biogene Heizsysteme sinnvoller sind. IP4 hebt zudem hervor, dass Geothermie-Wärmepumpen einen besonderen Vorteil bieten, da sie im Sommer eine kostengünstige Kühlung ermöglichen.

Ein weiterer diskutierter Aspekt ist der Einsatz von Pelletsheizungen. IP1 und IP2 betonen, dass diese insbesondere für Gebäude mit hohem Temperaturbedarf eine sinnvolle Lösung darstellen. Moderne Anlagen haben erhebliche Fortschritte bei der Reduktion von Feinstaubemissionen gemacht und bieten dank der Brennwerttechnik einen zusätzlichen Effizienzvorteil. Gleichzeitig wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Verbrennung von Biomasse grundsätzlich vermieden werden sollte, wenn andere, nachhaltigere Lösungen möglich sind.

### **Vergleich von Wärmepumpe und Fernwärme**

Die Entscheidung zwischen Fernwärme und Wärmepumpen hängt von mehreren Faktoren ab, darunter Eigentumsverhältnisse, Gebäudenutzung, wirtschaftliche Aspekte und gesetzliche Rahmenbedingungen. Die ExpertInnen setzen unterschiedliche Schwerpunkte, stimmen in vielen Punkten jedoch überein.

IP4 betont, dass Fernwärme besonders für bereits angeschlossene Gebäude wirtschaftlich sinnvoll ist. Ein wesentlicher Vorteil liegt darin, dass die Verantwortung für die Wärmeerzeugung beim Anbieter liegt, was vor allem für vermietete Immobilien vorteilhaft ist. Eigentümer sparen Folgeinvestitionen, während Mieter den Wärmeliefervertrag direkt mit dem Anbieter abschließen können.

Demgegenüber sieht IP3 den zentralen Vorteil der Wärmepumpe in der Unabhängigkeit, da Strom als Primärenergie flexibel am Markt gewählt werden kann. Dies ermöglicht die Nutzung von flexiblen Stromtarifen, Spotmarkttarifen oder Regelenergiemärkten, was künftig wirtschaftliche Vorteile bringen könnte. Zudem seien Wärmepumpen in Bürogebäuden besonders vorteilhaft, da sie sowohl heizen als auch kühlen können. Im Gegensatz dazu erfordert Fernwärme für die Kühlung eine separate Kältemaschine.

IP4 ergänzt, dass Kühlung in Bürogebäuden oft wichtiger als die Heizung sei, wodurch Geothermiewärmepumpen eine effiziente Lösung darstellen. Gleichzeitig weist IP4 darauf hin, dass Fernwärme in Wien derzeit noch zu 70 % aus Gas besteht, sich dies jedoch durch das Erneuerbare-Wärme-Gesetz ändern wird. Bis 2035 muss Fernwärme mindestens 80 % aus erneuerbaren Quellen beziehen, mit dem Ziel, bis 2040 vollständig CO<sub>2</sub>-neutral zu sein. Dadurch könnte Fernwärme langfristig eine klimafreundliche Alternative zur Wärmepumpe darstellen.

### Optimierung von Wärmeabgabesystemen in Bestandsgebäuden

Eine vollständige Umstellung auf Flächenheizungen ist in Bestandsgebäuden nicht zwingend erforderlich, betonen IP1 und IP2. IP1 weist darauf hin, dass dies meist nur möglich ist, wenn die Wohnungen leer stehen, da umfangreiche Bauarbeiten während der Nutzung kaum realisierbar sind. Stattdessen wird häufig versucht, das bestehende Heizsystem beizubehalten und lediglich die Gasthermen durch Wohnungsstationen mit Wärmetauschern zu ersetzen.

IP3 ergänzt, dass in komplexen Raumsituationen Raumsimulationen durchgeführt werden, um die Auswirkungen verschiedener Vorlauftemperaturen auf die Behaglichkeit zu testen. In den meisten Fällen reicht eine Vergrößerung der Heizkörperfläche aus, um eine ausreichende Wärmeabgabe zu gewährleisten. Eine vollständige Umstellung auf Flächenheizungen wäre zwar ideal, ist in der Praxis jedoch oft nicht umsetzbar, da sie eine Entkernung des Gebäudes und die vorübergehende Aussiedlung der Bewohner erfordern würde.

IP1 verweist auf innovative Lösungen wie das RENVELOP-Forschungsprojekt, bei dem eine Flächenheizung außen an der Wand angebracht wird. Diese Methode ermöglicht eine effiziente Wärmeverteilung ohne Eingriffe in die Innenräume, ist derzeit jedoch noch kostspielig und wenig verbreitet.

IP4 hebt hervor, dass bei der Gebäudesanierung die Kühlung oft wichtiger als die Heizung ist. Eine Kühlung über Radiatoren oder Fan-Coils wird als unbehaglich empfunden und kann den Immobilienwert senken. Daher empfiehlt sich in umfassend sanierten Gebäuden die Umstellung auf Flächenheiz- und Kühlsysteme, beispielsweise durch Deckensegel oder Fußbodenheizungen (siehe Transkript).

### 4.3 Tabellarische Darstellung

Zur besseren Übersicht wurden die Aussagen in der Tabelle 4.1 dargestellt. Die wichtigsten Aussagen, die in der weiteren Arbeit verwendet wurden, sind grau hinterlegt.

**Tab. 4.1:** Tabellarische Auswertung der Interviews

Thema	IP1	IP2	IP3	IP4
<b>Effektive Maßnahmen</b>	Keine spezifischen Maßnahmen genannt	Oberste Geschossdecken; Fenster	Zuerst oberste Geschossdecke dann Kellerdecke, da diese einfach zugänglich sind	Priorität oberste Geschossdecke dann Fenster in Kombination mit Fassadendämmung
<b>Herausforderungen</b>	Gebäude mietfrei machen; Fluchtwege; Schallschutz	Gegliederte Fassaden; Schutzzonen	Zustimmung Nachbarn (Feuermauer); Gegliederte Fassade	Dekarbonisierung als Herausforderung; Gebäude aus den 1990er und 2000er Jahren problematisch
<b>Nachhaltige Dämmmaterialien</b>	Behandelt mit Brandschutzmittel und Stabilisatoren	Probleme bei Nachbehandlung	Im Neubau präserter als in der Sanierung	Geringere Dämmleistung; Bindemittel problematisch
<b>Sanierung und Heizungsumstellung</b>	Teilmaßnahmen können genügen (z.B. Fenster); Ab HWB-Wert 65 $kWh/m^2$ Wärmepumpen einsetzbar	Erst thermische Sanierung, dann Heizsystem; Ab HWB-Wert 60-70 $kWh/m^2$ Wärmepumpe sinnvoll	Bei Fernwärme ist keine Sanierung notwendig aber bei Niedertemperatursystemen eine Voraussetzung	HWB-Wert 30-40 $kWh/m^2$ als Zielwert
<b>Heizsysteme im Vergleich</b>	Bevorzugt Fernwärme (Dekarbonisierung leicht); Wärmepumpe am effizientesten (niedrige Vorlauftemperatur)	Wärmepumpen sehr effizient und vor allem außerhalb vom Stadtzentrum; Fernwärme sinnvoll bei höheren Vorlauftemperaturen	Bevorzugt wird Wärmepumpe dann Fernwärme und zuletzt Biomasse; Wärmepumpe unabhängig, freier Strommarkt	Priorität Fernwärme dann Wärmepumpe; Geothermiewärmepumpe sehr effizient und Kühlung im Sommer kostengünstig möglich
<b>Wärmeabgabesysteme</b>	Bevorzugt Flächenheizsysteme; Erhaltung bestehender Systeme; Innovative Ansätze wie RENVELOP	Tausch der Heizkörper nicht zwingend notwendig, aber empfohlen	Durch Raumsimulation überprüfen; Vergrößerung der Heizkörperfläche teilweise notwendig; Flächenheizsystem bevorzugt	Kühlung entscheidender als Heizung; Flächensysteme bevorzugt

# Kapitel 5

## Fallstudie

In diesem Kapitel wird zunächst das Objekt beschrieben und wichtige Parameter wie der Heizwärme- und Kühlbedarf, aber auch die Heizlast zur Dimensionierung der Heizungsanlage berechnet. Anschließend werden verschiedene thermische, aber auch energetische Sanierungsvarianten vorgestellt und in Hinsicht auf eine Verbesserung der Energieeffizienz verglichen. Die Berechnungen wurden nach den aktuellen ÖNORMEN durchgeführt. Die notwendigen Mengen und Daten wie Aufbauten wurden aus einem ArchiCAD-Modell entnommen, welches zur Verfügung gestellt worden ist.

### Gebäudebeschreibung

Bei dem Objekt handelt es sich um ein Bürogebäude (Baujahr 1995) in einem inneren Wiener Bezirk mit sieben Obergeschossen und zwei Untergeschossen, welche als Garage dienen. Das Gebäude ist an die Fernwärme Wien angeschlossen und wird mit Radiatoren beheizt. Es wurde angenommen, dass eine Raumlufthechnische Anlage (RLT-Anlage) zur maschinellen Belüftung vorhanden ist und keine äußeren Sonnenschutzeinrichtungen zur Verschattung installiert sind.

**Tab. 5.1:** Gebäudekennndaten

Baujahr	1995	Nutzungsprofil	Bürogebäude
BGF	14 559 m <sup>2</sup>	Klimaregion	N
Brutto-Volumen	43 677 m <sup>3</sup>	Heiztage	269 d
Gebäude-Hüllfläche	12 771 m <sup>2</sup>	Norm-Außentemperatur	-11,4 °C
Kompaktheit (A/V)	0,29 1/m	Soll-Innentemperatur	22 °C
charakteristische Länge	3,42 m	Art der Lüftung	RLT mit WRG
Bauweise	mittelschwere	Wärmeversorgung	Fernwärme

Zur Übersichtlichkeit wurde in der Abb. 5.1 das 2. Obergeschoss, welches die typische Struktur des Gebäudes wiedergibt und in Abb. 5.2 der Schnitt S-01 dargestellt.

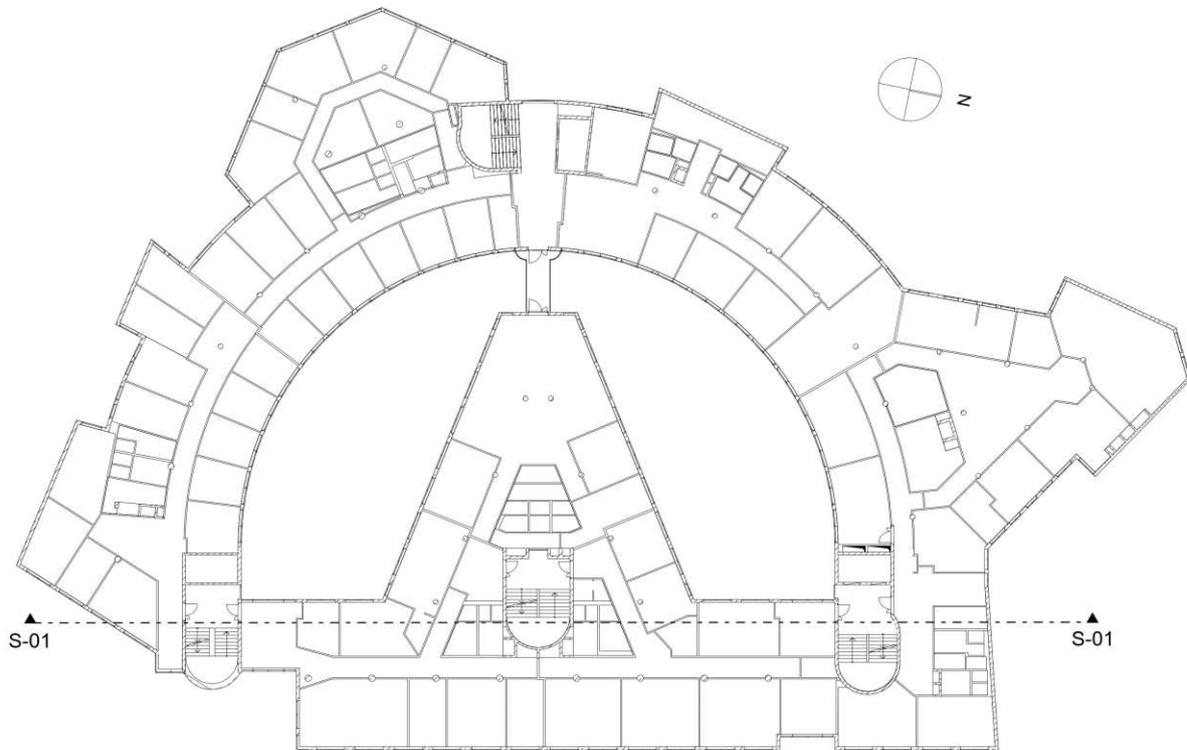


Abb. 5.1: Grundriss 2. Obergeschoss

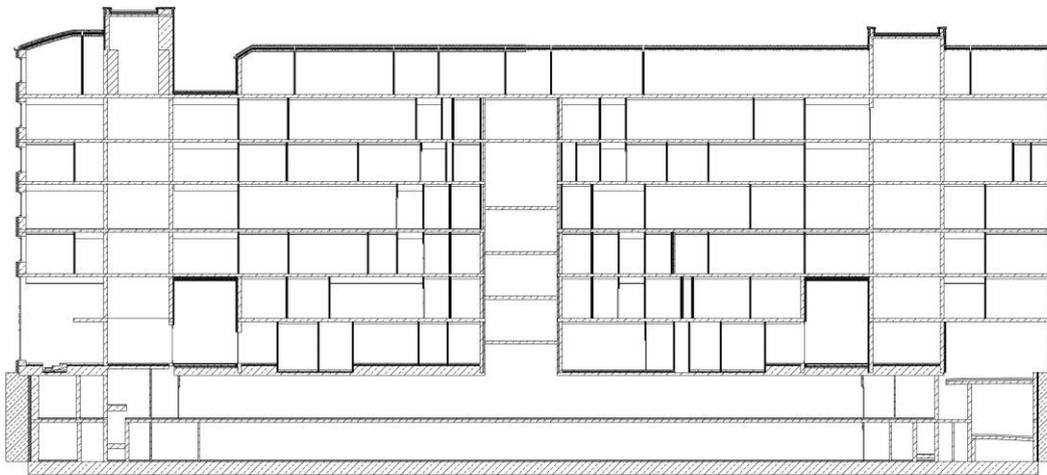


Abb. 5.2: Schnitt S-01

## 5.1 Berechnungen Bestand

Zunächst wurden die für den Bestand notwendigen Standortklimadaten, Flächen und Volumina berechnet, um anschließend den Heizwärme- und Kühlbedarf zu berechnen. Anschließend wurden die Heizlast und der Stromverbrauch ermittelt. Der Heizwärme- und Kühlbedarf wurde mit dem Monatsbilanzverfahren nach der ÖNORM B 8110-6-1:2024 und die Heizlast mit dem vereinfachten Verfahren nach der ÖNORM H 7500-3 berechnet.

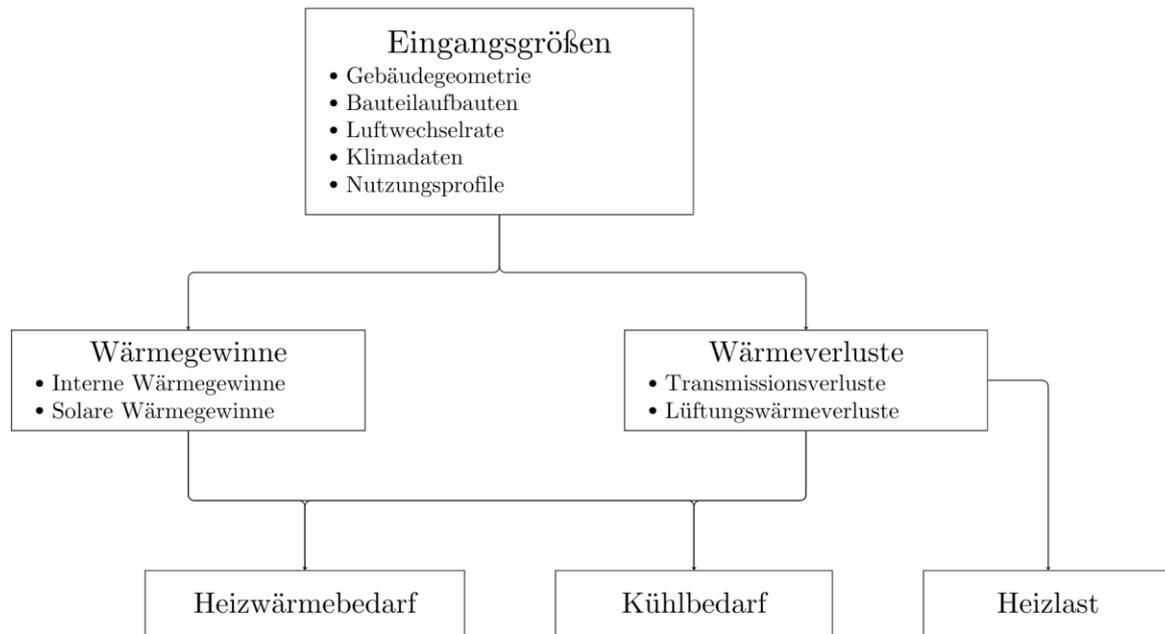


Abb. 5.3: Schematische Darstellung der Berechnung

### 5.1.1 Standortklima

Die erforderlichen Werte für das Standortklima wurden nach der ÖNORM B 8110-5 berechnet.

#### Monatsmitteltemperatur

Die Monatsmitteltemperatur  $\theta_{e_j}$  (Tab. A.8) wurde für eine Seehöhe von 160 m berechnet. Die Parameter  $a$  und  $b$  befinden sich im Anhang in Tab. A.9

$$\theta_{e_j} = a + b \cdot \frac{h}{100} \quad (5.1)$$

### Mittlere Globalstrahlung

Die mittleren Monatssummen der Globalstrahlung  $I_S$  wurden mit den zugehörigen Parametern (Anhang) für den Standort des Objekts berechnet.

$$I_S = a_2 \cdot h^2 + a_1 \cdot h + a_0 \quad (5.2)$$

$$I_{S,ON,j} = I_S \cdot F_T \quad (5.3)$$

### 5.1.2 Flächen und Volumina

Die Flächen und Volumina wurden mithilfe des 3D-Modells ermittelt. Anzumerken ist, dass die Orientierung der Wandflächen in die vier Himmelsrichtungen unterteilt worden ist und die Flächen, die zwischen zwei Himmelsrichtungen liegen, einfachheitshalber der jeweils näheren Richtung zugerechnet worden sind. Die ermittelten Flächen sind aus Gründen der Anschaulichkeit im Anhang von Tab. A.1 bis Tab. A.3 zu finden.

$$BGF = 14\,559 \text{ m}^2 \quad (5.4)$$

$$V = 43\,677 \text{ m}^3 \quad (5.5)$$

Das geometrische Verhältnis eines Gebäudes ist in Österreich ein Maß für die Kompaktheit und wird mit der charakteristischen Länge  $l_c$  berechnet.

$$l_c = \frac{V}{A} = 3,42 \text{ m} \quad (5.6)$$

### 5.1.3 Bauteile

Die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) der Bauteile wurden mithilfe der Software **baubook-Rechner für Bauteile** ermittelt. Bei unbekanntem Bauteilen wie Fenstern, Verglasungen und Türen wurden Defaultwerte aus der ÖNORM B 8110-6-1 genommen.

#### Außenwand

**Tab. 5.2:** U-Wert Außenwand (Stahlbetonwand)

Schicht	Dicke [cm]	$\lambda$ [W/mK]
Gipsspachtel	0,50	0,400
Stahlbeton	25,00	2,300
Kleber mineralisch	0,50	1,000
EPS-F	10,00	0,032
Silikatputz	1,00	0,800
U-Wert = 0,291 W/m <sup>2</sup> ·K	Gesamtdicke = 0,370 m	

## Fenster

Bei den Fenstern wurden Bestandsfenster bis circa 2005 aus der ÖNORM B 8110-6-1 ausgewählt.

**Tab. 5.3:** U-Wert Fenster (eigene Darstellung nach [25])

Verbundfenster	Aufbau	$U_w$	$U_g$	$g$ [-]
		[W/m <sup>2</sup> ·K]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	
A03	3/Luft/3	3,000	2,800	0,81

## Glas

**Tab. 5.4:** U-Wert Glas (eigene Darstellung nach [25])

Profilbauglas	Aufbau	$U_w$	$U_g$	$g$ [-]
		[W/m <sup>2</sup> ·K]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	
I01	1-schalig	5,700	5,700	0,79

## Türen

Bei den Türen gegen Außenluft wurde ein U-Wert von 1,7 W/m<sup>2</sup>·K gewählt, welcher den Anforderung der OIB-Richtlinie 6 entspricht [10].

## Flachdach

**Tab. 5.5:** U-Wert Flachdach (Umkehrdach)

Schicht	Dicke [cm]	$\lambda$ [W/mK]
Waschbetonplatten	4,00	2,000
Vlies	0,01	0,220
XPS-G	14,00	0,042
Abdichtung	1,00	0,230
Stahlbeton	20,00	2,400
Gipsspachtel	0,50	0,400
U-Wert = 0,275 W/m <sup>2</sup> ·K	Gesamtdicke = 0,395 m	

## Tonnendach

**Tab. 5.6:** U-Wert Tonnendach

Schicht	Dicke [cm]	$\lambda$ [W/mK]
Aluminiumblech	1,00	221,000
Konterlattung und Hinterlüftung	5,00	0,284
Unterdachbahn (PE)	0,06	0,500
Massivholz-Schalung	2,40	0,120
Holzlattung / Glaswolle-Dämmung	12,00	0,043
Dampfbremse	0,02	0,170
Drei-Schichtplatte	1,90	0,120
U-Wert = 0,301 W/m <sup>2</sup> ·K		Gesamtdicke = 0,224 m

## Kellerdecke

**Tab. 5.7:** U-Wert Kellerdecke

Schicht	Dicke [cm]	$\lambda$ [W/mK]
Fliesen	1,00	1,300
Zementestrich	6,50	1,100
EPDM Baufolie	0,50	0,170
Trittschalldämmung	6,00	0,035
Stahlbeton	20,00	2,300
U-Wert = 0,484 W/m <sup>2</sup> ·K		Gesamtdicke = 0,340 m

### 5.1.4 Gesamtwärmeverluste

Der gesamte Wärmeverlust  $Q_l$  innerhalb des jeweiligen Monats setzt sich aus dem Transmissionswärmeverlust und dem Lüftungswärmeverlust zusammen. In Österreich wird zur Berechnung des Heizwärmebedarfs eine Innentemperatur von 22 °C angenommen und zur Berechnung des Kühlbedarfs eine maximale Innentemperatur von 26 °C. Dabei ist  $\theta_i$  die jeweilige mittlere Innentemperatur und  $\theta_e$  die standortabhängige mittlere Außentemperatur im jeweiligen Monat, welche gemäß ÖNORM B8110-5 mittels Dreischichten-Regressionsmodells ermittelt worden ist, siehe Tab. A.8. Der Parameter  $t$  gibt die Gesamtzeit des Monats in  $h/M$  an [25].

Der monatliche Transmissionswärmeverlust  $Q_T$  wird wie folgt berechnet:

Im Heizfall:

$$Q_{T,h} = \frac{1}{1000} \cdot L_{T,h} \cdot (\theta_{i,h} - \theta_e) \cdot t \quad (5.7)$$

Im Kühlfall:

$$Q_{T,c} = \frac{1}{1000} \cdot L_{T,c} \cdot (\theta_{i,c} - \theta_e) \cdot t \quad (5.8)$$

Der monatliche Lüftungswärmeverlust  $Q_V$  wird wie folgt berechnet:

Im Heizfall:

$$Q_{V,h} = \frac{1}{1000} \cdot (L_{Vh,RLT} + L_{Vh,Inf}) \cdot (\theta_{i,h} - \theta_e) \cdot t \quad (5.9)$$

Im Kühlfall:

$$Q_{V,c} = \frac{1}{1000} \cdot (L_{Vc,RLT} + L_{Vc,Inf}) \cdot (\theta_{i,c} - \theta_e) \cdot t \quad (5.10)$$

In den nachstehenden zwei Tabellen sind die gesamten monatlichen Wärmeverluste im Heiz- beziehungsweise Kühlfall dargestellt.

**Tab. 5.8:** Gesamte Wärmeverluste im Heizfall im jeweiligen Monat, in kWh/M

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
$Q_{T,h}$	222 237	177 829	153 749	98 039	57 419	22 784
$Q_{V,h}$	83 281	64 156	57 616	36 313	21 517	8439
$\Sigma$	305 518	241 985	211 365	134 352	78 936	31 223
	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
$Q_{T,h}$	4878	10 510	48 645	108 976	157 201	198 611
$Q_{V,h}$	1828	3939	18 018	40 838	58 226	74 427
$\Sigma$	6705	14 449	66 662	149 814	215 428	273 038

**Tab. 5.9:** Gesamte Wärmeverluste im Kühlfall im jeweiligen Monat, in kWh/M

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
$Q_{T,c}$	261 973	213 720	193 485	136 494	97 155	61 238
$Q_{V,c}$	89 928	70 630	66 418	46 311	33 351	20 778
$\Sigma$	351 902	284 350	259 903	182 805	130 505	82 016
	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
$Q_{T,c}$	44 614	50 246	87 099	148 712	195 655	238 347
$Q_{V,c}$	15 315	17 248	29 552	51 049	66 384	81 818
$\Sigma$	59 928	67 494	116 651	199 761	262 040	320 165

### Transmissionsleitwert $L_T$

Um den Transmissionsleitwert nach dem vereinfachten Ansatz zu berechnen, wurden die jeweiligen Flächen  $A_i$  mit dem Temperaturkorrekturfaktor der Bauteile für den Heizfall  $f_{i,h}$  bzw. Kühlfall  $f_{i,c}$  mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile  $U_i$  multipliziert. Der Leitwertzuschlag für zweidimensionale  $L_\psi$  und dreidimensionale  $L_\chi$  wird addiert.

Im Heizfall:

$$L_{T,h} = \sum_i f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i + L_\psi + L_\chi = 13\,437,29 \text{ W/K} \quad (5.11)$$

$$\begin{aligned} L_\psi + L_\chi &= 0,2 \cdot \left( 0,75 - \frac{\sum_i f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i}{\sum_i A_i} \right) \cdot \sum_i f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i \\ &\geq 0,1 \cdot (L_e + L_u + L_g) = 1234,51 \text{ W/K} \end{aligned} \quad (5.12)$$

Im Kühlfall:

$$L_{T,c} = \sum_i f_{i,c} \cdot A_i \cdot U_i + L_\psi + L_\chi = 13\,437,29 \text{ W/K} \quad (5.13)$$

$$\begin{aligned} L_\psi + L_\chi &= 0,2 \cdot \left( 0,75 - \frac{\sum_i f_{i,c} \cdot A_i \cdot U_i}{\sum_i A_i} \right) \cdot \sum_i f_{i,c} \cdot A_i \cdot U_i \\ &\geq 0,1 \cdot (L_e + L_u + L_g) = 1234,51 \text{ W/K} \end{aligned} \quad (5.14)$$

**Tab. 5.10:** Bauteile mit dem jeweiligen U-Wert und Temperaturkorrekturfaktor  $f_i$

Bauteil	U-Wert [W/m <sup>2</sup> ·K]	$f_{i,h}$ [-]	$f_{i,c}$ [-]
<b>Außenwand</b>	0,291	1,00	1,00
<b>Fenster</b>	3,000	1,00	1,00
<b>Türen</b>	1,700	1,00	1,00
<b>Glas</b>	5,700	1,00	1,00
<b>Flachdach</b>	0,275	1,00	1,00
<b>Tonnendach</b>	0,300	1,00	1,00
<b>Decke Garage</b>	0,484	0,80	0,80

### Lüftungsleitwert $L_V$

Um den Lüftungsleitwert zu ermitteln, wurde ein mittlerer Luftwechsel mit einer raumlufthechnischen Anlage (RLT-Anlage) gemäß ÖNORM H 5057-1 angenommen. Dabei ist zu unterscheiden zwischen dem Lüftungsleitwert infolge einer RLT-Anlage und Infiltration [26].

Im Heizfall:

$$L_{Vh,RLT} = c_{p,L} \cdot \rho_L \cdot V_V \cdot n_{L,m,h} \cdot (1 - \eta_{Vges,h}) = 12\,355,35 \text{ W/K} \quad (5.15)$$

Im Kühlfall:

$$L_{Vc,RLT} = c_{p,L} \cdot \rho_L \cdot V_V \cdot n_{L,m,c} \cdot (1 - \eta_{Vges,c}) = 12\,355,35 \text{ W/K} \quad (5.16)$$

Mit der von der ÖNORM festgelegten volumenbezogenen Wärmespeicherfähigkeit der Luft:

$$c_{p,L} \cdot \rho_L = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \quad (5.17)$$

Das energetisch wirksame Luftvolumen  $V_V$  bezieht sich auf das Nettovolumen, welches sich aus einer fixen Raumhöhe von 2,6 m und dem Umrechnungsfaktor von 0,8, um von der Bruttogrundfläche auf die Bezugsfläche zu schließen, zusammensetzt.

$$V_V = 0,8 \cdot BGF \cdot 2,6 = 30\,282,72 \text{ m}^3 \quad (5.18)$$

Mittlerer Luftwechsel einer RLT-Anlage im Heiz- und Kühlfall gemäß ÖNORM B 8110-5 [27]:

$$n_{L,m,h} = n_{L,m,c} = n_{L,RLT} = 2,00 \text{ h}^{-1} \quad (5.19)$$

Um den Temperaturänderungsgrad des Gesamtsystems im Heiz- beziehungsweise Kühlfall zu ermitteln wurde angenommen, dass zur Wärmerückgewinnung ein Kreislaufverbund-Wärmeübertrager mit einem Temperaturänderungsgrad  $\phi_{WRG}$  (zuluftseitiger Änderungsgrad für Temperatur) von 40 % vorhanden ist und der Temperaturänderungsgrad  $\eta_{EWT}$  (Erdwärmetauscher) 0 % beträgt, da kein Erdwärmetauscher vorhanden ist.

$$\eta_{Vges,h} = 1 - (1 - \phi_{WRG}) \cdot (1 - \eta_{EWT,h}) = 0,4 \quad (5.20)$$

$$\eta_{Vges,c} = 1 - (1 - \phi_{WRG}) \cdot (1 - \eta_{EWT,c}) = 0,4 \quad (5.21)$$

Durch Undichtheiten des Gebäudes entstehen Lüftungsverluste infolge Wind und Auftrieb, welche durch den Lüftungsleitwert bei mechanischer Lüftung infolge Infiltration berücksichtigt werden.

$$L_{V,Inf} = c_{p,L} \cdot \rho_L \cdot V_V \cdot n_{Inf} = 1132,57 \text{ W/K} \quad (5.22)$$

Es wird angenommen, dass  $n_{50} > 1,50$ . Somit gilt:

$$n_{Inf} = 0,11 \text{ h}^{-1} \quad (5.23)$$

### 5.1.5 Gesamtwärmegewinne

Die Wärmegewinne  $Q_g$  setzen sich aus den monatlichen inneren Wärmegewinnen  $Q_i$  und den solaren Wärmegewinnen  $Q_s$  zusammen. Dies gilt jedoch nur, wie in diesem Beispiel, wenn  $\theta_{i,h} \geq \theta_e$  ist.

Die inneren Wärmegewinne  $Q_i$  werden wie folgt berechnet:

Im Heizfall:

$$Q_{i,h} = \frac{1}{1000} \cdot q_{i,h} \cdot BGF \cdot 0,8 \cdot t + 0,5 \cdot BelEB \cdot BGF \cdot \frac{d_{Nutz,Monat}}{d_{Nutz,Jahr} \cdot \mu_L} \quad (5.24)$$

Im Kühlfall:

$$Q_{i,c} = \frac{1}{1000} \cdot q_{i,c} \cdot BGF \cdot 0,8 \cdot t \cdot BelEB \cdot BGF \cdot \frac{d_{Nutz,Monat}}{d_{Nutz,Jahr} \cdot \mu_L} \quad (5.25)$$

Die solaren Wärmegevinne  $Q_s$ :

Im Heizfall:

$$Q_{s,h} = \sum_j \left( I_{S,ON,j} \cdot \sum_k A_{trans,h,k,j} \right) \quad (5.26)$$

Im Kühlfall:

$$Q_{s,c} = \sum_j \left( I_{S,ON,j} \cdot \sum_k A_{trans,h,k,j} \right) + \sum_j \left( \sum_k Q_{Opak,c,k,j} \right) \quad (5.27)$$

In den nachstehenden zwei Tabellen sind die gesamten monatlichen Wärmegevinne im Heiz- bzw. Kühlfall dargestellt.

**Tab. 5.11:** Gesamte Wärmegevinne im Heizfall im jeweiligen Monat, in kWh/M

	<b>Jänner</b>	<b>Februar</b>	<b>März</b>	<b>April</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>
$Q_{i,h}$	38 666	34 483	38 666	37 272	38 666	37 272
$Q_{s,h}$	11 265	19 032	29 662	37 883	48 507	47 764
$\Sigma$	49 930	53 515	68 328	75 154	87 173	85 036

	<b>Juli</b>	<b>August</b>	<b>September</b>	<b>Oktober</b>	<b>November</b>	<b>Dezember</b>
$Q_{i,h}$	38 666	38 666	37 272	38 666	37 272	38 666
$Q_{s,h}$	48 398	43 904	34 173	24 520	12 210	8811
$\Sigma$	87 064	82 570	71 445	63 185	49 481	47 477

**Tab. 5.12:** Gesamte Wärmegevinne im Kühlfall im jeweiligen Monat, in kWh/M

	<b>Jänner</b>	<b>Februar</b>	<b>März</b>	<b>April</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>
$Q_{i,c}$	76 898	68 575	76 898	74 124	76 898	74 124
$Q_{s,c}$	30 536	49 953	76 530	97 081	123 643	121 786
$\Sigma$	107 434	118 528	153 428	171 205	200 542	195 910

	<b>Juli</b>	<b>August</b>	<b>September</b>	<b>Oktober</b>	<b>November</b>	<b>Dezember</b>
$Q_{i,c}$	76 898	76 898	74 124	76 898	74 124	76 898
$Q_{s,c}$	123 370	112 136	87 807	63 674	32 899	24 402
$\Sigma$	200 269	189 034	161 931	140 572	107 023	101 300

### Innere Wärmegewinne

Für die inneren Wärmegewinne  $Q_i$  sind die inneren Nettowärmegewinne  $q_i$  für Bürogebäude gemäß [27] und der Beleuchtungsenergiebedarf  $BelEB$  gemäß ÖNORM H 5059-1 [28] zu ermitteln. Die inneren Nettowärmegewinne sind wie folgt gegeben:

$$q_{i,h} = 2,95 \text{ W/m}^2 \quad (5.28)$$

$$q_{i,c} = 5,85 \text{ W/m}^2 \quad (5.29)$$

Der Beleuchtungsenergiebedarf kann laut ÖNORM H 5059-1 ohne weitere Berechnung mit einem Benchmarkwert angenommen werden, welcher mit  $25,76 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  aber hoch angesetzt ist und daher mittels Schnellverfahren laut ÖNORM berechnet wurde.

$$BelEB = \left\{ F_C \cdot \frac{P_i}{1000} \cdot F_O \cdot [(t_{Bel,D \cdot F_D}) + t_{Bel,N}] \right\} + W_{pe} + W_{pc} = 21,05 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad (5.30)$$

### Solare Wärmegewinne

Für die solaren Wärmegewinne im Heizfall  $Q_{s,h}$  wird die Globalstrahlung  $I_{S,ON,j}$  (Tab. A.4) mit der wirksamen Kollektorfläche der transparenten Bauteile  $A_{trans,h}$  multipliziert.

Die wirksame Kollektorfläche im Heizfall ergibt sich aus der Verglasungsfläche  $A_g$  (Tab. A.1), dem Verschattungsfaktor  $F_{S,h}$ , welcher bei Nichtwohngebäuden bei einer Fläche von mehr als  $1000 \text{ m}^2$  mit einem Pauschalwert von 0,40 angenommen wird, dem Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung  $g$  und dem Abminderungsgrad  $F_g = 0,9 \cdot 0,98$ .

$$A_{trans,h} = A_g \cdot F_{S,h} \cdot g \cdot F_g \quad (5.31)$$

Dabei ergibt sich die Glasfläche der Fenster  $A_g$  aus dem pauschalen Glasanteil  $f_g$  welcher mit 0,7 anzusetzen ist und der Architekturlichte der Fenster.

$$A_g = f_g \cdot A_W \quad (5.32)$$

Bei den solaren Wärmegewinnen im Kühlfall  $Q_{s,c}$  unterscheidet sich die wirksame Kollektorfläche  $A_{trans,c}$  und der solare Eintrag über opake Oberflächen  $Q_{opak,c}$  wird ebenfalls berücksichtigt. Der Verschattungsfaktor  $F_{S,c}$  wird im Kühlfall mit 1,00 angesetzt und der Gesamtenergiedurchlassgrad  $g_{tot}$  der Verglasung mit äußeren Abschlüssen ebenfalls mit 1,00, da keine äußere Verschattung vorhanden ist. Der Parameter zur Bewertung der Aktivierung von Sonnenschutzeinrichtungen  $a_{m,S,c}$  (Tab. A.14) ist 0, da kein Sonnenschutz vorhanden ist.

$$A_{trans,c} = A_g \cdot F_{S,c} \cdot [g_{tot} \cdot a_{m,S,c} + g \cdot (1 - a_{m,S,c})] \cdot F_g \quad (5.33)$$

Der Wärmeeintrag über opake Bauteile wird wie folgt berechnet:

$$Q_{opak} = U \cdot A_{op} \cdot Z_{ON} \cdot f_{op} \quad (5.34)$$

Dabei ist  $A_{op}$  (Tab. A.1 und A.2) die Fläche des opaken Bauteils,  $Z_{ON}$  der Orientierungsfaktor (Tab. A.10) und  $f_{op}$  (Tab. A.11) der Strahlungswirkungskorrekturwert.

### 5.1.6 HWB und KB

Die Gebäudezeitkonstante  $\tau$  beschreibt die interne thermische Trägheit der konditionierten Zone. Die Leitwerte  $L_T$  und  $L_V$  wurden bereits ermittelt. Für die wirksame Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes  $C$  wurde eine mittelschwere Bauweise gewählt ( $f_{BW} = 20,0$ ).

$$C = f_{BW} \cdot V = 873\,540 \text{ Wh/K} \quad (5.35)$$

$$\tau = \frac{C}{(L_T + L_V)} = 33,98 \text{ h} \quad (5.36)$$

#### Heizwärmebedarf

Der monatliche Heizwärmebedarf ist durch Bilanzierung zu ermitteln, wobei  $Q_{l,j}$  die gesamten Wärmeverluste und  $Q_{g,j}$  die gesamten Wärmegewinne im jeweiligen Monat sind.  $d_{Heiz,j}$  ist die Anzahl der jeweiligen Heiztage im Monat (Tab. A.12) und  $MT_j$  die Anzahl der Tage des jeweiligen Monats.

$$Q_{h,j,SK} = (Q_{l,j} - \eta_{h,j} \cdot Q_{g,j}) \cdot \frac{d_{Heiz,j}}{MT_j} \quad (5.37)$$

Der Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne im Heiz- beziehungsweise Kühlfall wurde laut ÖNORM berechnet und ist in Tab. A.15 zu finden.

**Tab. 5.13:** Monatlicher Heizwärmebedarf bei Berechnung mit Standortklimabedingungen, in kWh

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
$Q_{h,j,SK}$	189 738	134 890	107 141	47 764	12 083	644
	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
$Q_{h,j,SK}$	2	38	10 605	66 154	121 977	167 475

Der jährliche Heizwärmebedarf  $Q_{h,a}$  setzt sich aus der Summe der einzelnen Monate mit Heizwärmebedarf zusammen.

$$Q_{h,a} = \sum_j Q_{h,j} = 858\,511 \text{ kWh/a} \quad (5.38)$$

$$HWB_{BGF} = \frac{Q_{h,a}}{BGF} = 58,97 \text{ kWh/(m}^2 \cdot \text{a)} \quad (5.39)$$

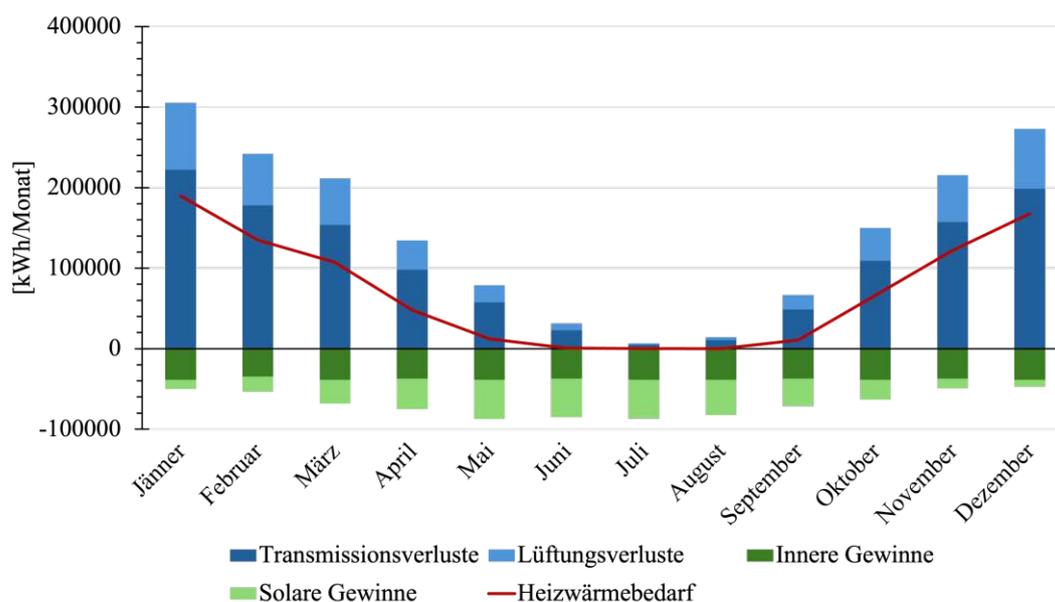


Abb. 5.4: Monatliche Verluste und nutzbare Gewinne Heizfall

### Kühlbedarf

Der monatliche Kühlbedarf  $Q_{c,j}$  ist ebenfalls durch Bilanzierung zu ermitteln. Der Korrekturfaktor  $f_{corr} = 1,4$  für  $\tau \leq 90$ . Des Weiteren dürfen nur jene Monate zum Kühlbedarf beitragen, in denen der monatliche Wärmegewinn größer als der monatliche Wärmeverlust ist.

$$Q_{c,j} = f_{corr} \cdot (1 - \eta_{c,j}) \cdot Q_{g,j,c} | Q_{g,j,c} > Q_{l,j,c} \quad (5.40)$$

Tab. 5.14: Monatlicher Kühlbedarf bei Berechnung mit Standortklimabedingungen, in kWh

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
$Q_{c,j,SK}$	0	0	0	0	118 143	163 973
	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
$Q_{c,j,SK}$	197 843	172 625	85 502	0	0	0

Der jährliche Kühlbedarf  $Q_{c,a}$  setzt sich aus der Summe der einzelnen Monate mit tatsächlichem Kühlbedarf zusammen.

$$Q_{c,a} = \sum_j Q_{c,j} = 738\,085 \text{ kWh/a} \quad (5.41)$$

$$KB_{BGF} = \frac{Q_{c,a}}{BGF} = 50,70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad (5.42)$$

$$KB_V^* = \frac{Q_{c,a}}{V} = 16,90 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{a}) \quad (5.43)$$

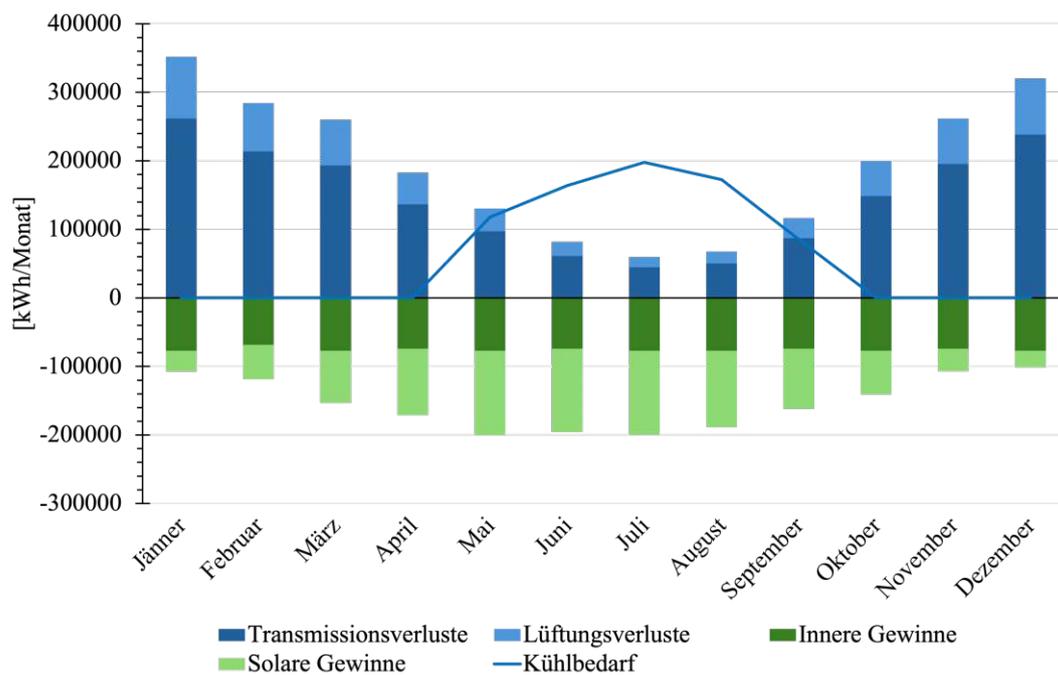


Abb. 5.5: Monatliche Verluste und nutzbare Gewinne Kühlfall

### 5.1.7 Heizlast

In diesem Abschnitt wird die Heizlast berechnet, welche als Basis zur Überprüfung der Wärmeleistung bestehender Heizsysteme dient und die Grundlage für die Berechnung der erforderlichen Wärmeleistung bei einem Tausch des Heizsystems bildet.

Zunächst wird die Normaußentemperatur  $\theta_{ne}$  nach der ÖNORM B 8110-5 für die Katastralgemeinde des Bürogebäudes bestimmt. Die Normaußentemperatur für die niedrigste Seehöhe der Gemeinde  $\theta_{ne}(ELEV_{MIN})$  wurde aus der OIB-Richtlinie 6 Normaußentemperaturen entnommen [29]. Das Jahresmittel der Außentemperatur  $\theta_{m,e}$  wurde nach der ÖNORM H 7500-3 berechnet [30].

$$\theta_{ne} = \theta_{ne}(ELEV_{MIN}) - 0,2 \cdot \left( \frac{h - ELEV_{MIN}}{100} \right) = -11,4 \text{ °C} \quad (5.44)$$

$$\theta_{m,e} = 0,0044 \cdot h_S + 10,144 = 3,1 \text{ °C} \quad (5.45)$$

Für die Berechnung der Norm-Gebäudeheizlast ist die Norm-Innentemperatur für Bürogebäude:

$$\theta_{int} = 20 \text{ °C} \quad (5.46)$$

#### Transmissionswärmeverlust

Der Transmissionswärmeverlust von der konditionierten Zone an die äußere Umgebung wird wie folgt berechnet:

$$\Phi_{T,e} = H_{T,e} \cdot (\theta_{int} - \theta_e) = 389\,178 \text{ W} \quad (5.47)$$

Der Transmissionswärmeverlust-Koeffizient  $H_{T,e}$  setzt sich aus der Summe der Flächen und dem dazugehörigen U-Wert des Bauteils zusammen. Zu dem U-Wert wird jedoch noch ein Wärmebrückenzuschlag  $\Delta U_{WB}$  addiert.

$$\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1} \quad (5.48)$$

$$H_{T,e} = \sum_k A_k \cdot U_{c,k} \quad (5.49)$$

$$U_{c,k} = U_k + \Delta U_{WB} \quad (5.50)$$

**Tab. 5.15:** Transmissionswärmeverlust-Koeffizient

	$U_k + \Delta U_{WB} [W/m^2 \cdot K]$	$A_k [m^2]$	$H_{T,e} [W/K]$
<b>Außenwand</b>	0,341	4851	1654,30
<b>Fenster</b>	3,050	2598	7924,66
<b>Türen</b>	1,750	97	169,25
<b>Flachdach</b>	0,325	423	137,44
<b>Tonnendach</b>	0,350	2174	760,90
<b>Decke Garage</b>	0,534	2463	711,89
<b>Glas</b>	5,750	180	1032,59
$\Sigma$			12 391,03

### Norm-Lüftungsverluste

Der Lüftungswärmeverlust einer konditionierten Zone  $\Phi_V$  wird wie folgt berechnet:

$$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_{int} - \theta_e) = 223\,879 \text{ W} \quad (5.51)$$

$$H_V = \dot{V}_{therm} \cdot 0,34 = 7128 \text{ W/K} \quad (5.52)$$

$$\dot{V}_{therm} = \max(\dot{V}_{min}, \dot{V}_{inf}) = 20\,965 \text{ m}^3/\text{h} \quad (5.53)$$

### Gebäudeheizlast

Die Norm-Gebäudeheizlast  $\Phi_{HL}$  setzt sich aus dem Transmissions- und Lüftungswärmeverlust zusammen.

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V = 613,06 \text{ kW} \quad (5.54)$$

### 5.1.8 Gesamtstromverbrauch

Der Gesamtstromverbrauch wurde aus den bereits berechneten Werten wie dem Kühlbedarf und dem Beleuchtungsenergiebedarf ermittelt. Der Heizwärmebedarf der Fernwärme wurde hier nicht berücksichtigt, da er nicht direkt Strom benötigt. Der Energiebedarf der Lüftung wurde nach der ÖNORM H 5057-1 [26] berechnet. Für den Verbrauch der Bürogeräte und Stromverbraucher ohne

Antriebe wurden Werte aus dem Bericht über Energiekennzahlen in Dienstleistungsunternehmen des Energieinstituts der Wirtschaft GmbH verwendet [31].

**Tab. 5.16:** Gesamtstromverbrauch

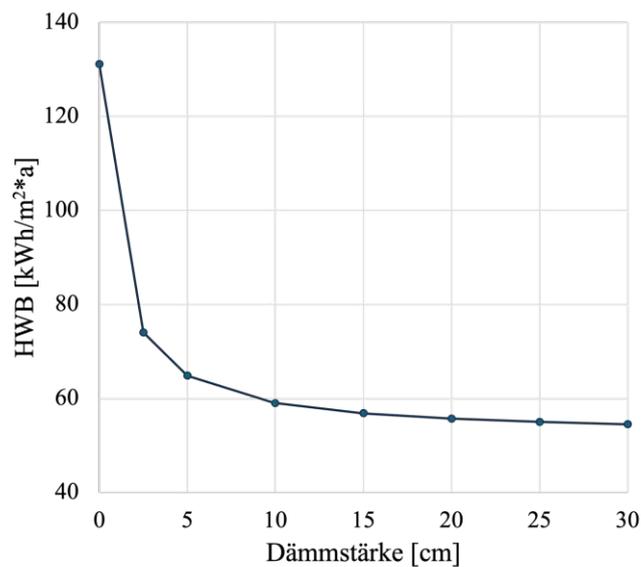
Verbraucher	Verbrauch pro Nutzfläche [kWh/m <sup>2</sup> ]	Verbrauch pro Jahr [kWh/a]
HWB (Fernwärme)	0	0
KB (JAZ 3,5)	14,48	210 882
Lüftung	12,77	185 906
BelEB	21,05	306 487
Bürogeräte	16,00	232 944
Stromverbraucher ohne Antriebe	9,00	131 031
<b>Gesamt</b>	<b>73,31 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>1 067 249 kWh/a</b>

## 5.2 Thermische Sanierung

In diesem Kapitel werden einzelne Bauteile betrachtet, die bei einer thermischen Sanierung wichtig sind. Für jedes Bauteil wird berechnet, welche Kosten beim Austausch entstehen und wie stark sich dieser Austausch auf den Heizwärme- und Kühlbedarf des Gebäudes auswirkt. Die Berechnung des Heizwärme- und Kühlbedarfs erfolgte nach dem gleichen Verfahren wie bei der Analyse des Bestandsgebäudes. Die Kostenermittlung wurde sowohl mithilfe der Daten des BKI [32] als auch unter Einbeziehung verfügbarer Herstellerpreise durchgeführt. Bei der Nutzung der BKI-Daten wurden die deutsche Mehrwertsteuer von 19 % sowie der Regionalfaktor für Wien (1,123) berücksichtigt. Die angegebenen Kosten verstehen sich als Bruttowerte.

### 5.2.1 Außenwand

Bei der Außenwand war bereits eine 10 cm starke EPS-Dämmung vorhanden. Diese wurde mit einer 14 cm starken EPS-Dämmung ergänzt, sodass die Dämmung eine Gesamtstärke von 24 cm aufweist. In der Abb. 5.6 wird der Einfluss der Dämmstärke auf den Heizwärmebedarf dargestellt. Es wird deutlich, dass eine erste Dämmstoffschicht eine erhebliche Reduktion bewirkt, dieser Effekt aber mit zunehmender Dämmstoffstärke nicht linear abnimmt.



**Abb. 5.6:** Einfluss der Dämmstärke auf den Heizwärmebedarf

**Tab. 5.17:** U-Wert Außenwand neu

Schicht	Dicke [cm]	$\lambda$ [W/mK]
Gipsspachtel	0,50	0,400
Stahlbeton	25,00	2,300
Kleber mineralisch	0,50	1,000
EPS-F	24,00	0,032
Silikatputz	1,00	0,800
U-Wert = 0,119 W/m <sup>2</sup> ·K		Gesamtdicke = 0,530 m

### Energetische Verbesserung

Durch eine Verstärkung der Dämmung können 60 000 kWh pro Jahr eingespart werden, was einer Verbesserung des Heizwärmebedarfs um 7 % entspricht.

**Tab. 5.18:** Verbesserung des Heizwärmebedarfs durch Außenwand

Bauteil	HWB alt [kWh/m <sup>2</sup> · a]	HWB neu [kWh/m <sup>2</sup> · a]	Verbesserung
Außenwand	58,97	54,88	7 %

### Kostenermittlung

Es wurde laut BKI Altbau ein Wärmedämmverbundsystem mit Polystyrol-Hartschaumplatten (140 mm) ausgewählt. In der Position ist das Kleben inklusive Dübelung und Armierungsschicht mit Gewebe enthalten. Zunächst wurde aus den Kosten die deutsche Mehrwertsteuer (19 %)

herausgerechnet und die österreichische (20 %) mit dem Regionalfaktor beaufschlagt. Die angegebenen Kosten beziehen sich auf die Fassadenfläche.

$$\frac{130}{1,19} \cdot 1,20 \cdot 1,123 = 147,22 \text{ €/m}^2 \quad (5.55)$$

**Tab. 5.19:** Kosten WDVS

Kosten	147,22 €/m <sup>2</sup>
Fläche	4851 m <sup>2</sup>
<b>Σ Gesamtsumme</b>	<b>714 197 €</b>

## 5.2.2 Fenster und Verglasung

Bei den Bestandsfenstern waren keine weiteren Informationen vorhanden, weshalb als Ausgangsbasis zweifach verglaste Verbundfenster aus der ÖNORM B-8110-6-1 gewählt wurden [25]. Diese werden im Zuge einer Sanierung gegen moderne und nachhaltige Holzfenster mit einer Dreifachverglasung getauscht. Bei der Stiegenhausverglasung wurde ein einschaliges Profilbauglas angenommen, welches durch ein zweischaliges Profilbauglas mit Wärme- und Sonnenschutz ersetzt wird.

**Tab. 5.20:** U-Wert Holzfenster neu

Aufbau	$U_w$ [W/m <sup>2</sup> ·K]	$U_g$ [W/m <sup>2</sup> ·K]	$g$ [-]
4/AR/4/AR/4	0,886	0,65	0,46

**Tab. 5.21:** U-Wert Verglasung neu

Aufbau	$U_w$ [W/m <sup>2</sup> ·K]	$U_g$ [W/m <sup>2</sup> ·K]	$g$ [-]
2-schalig	1,80	1,80	0,45

## Energetische Verbesserung

Durch den Austausch der Fenster und der Verglasung können bis zu 45 % des Heizwärmebedarfs eingespart werden, was knapp 390 000 kWh pro Jahr bedeutet.

**Tab. 5.22:** Verbesserung des Heizwärmebedarfs durch Fenster und Verglasung

Bauteil	HWB alt [kWh/m <sup>2</sup> · a]	HWB neu [kWh/m <sup>2</sup> · a]	Verbesserung
Fenster und Vergl.	58,97	32,15	45 %

### Kostenermittlung

Die Kostenberechnung für die Fenster erfolgte nach Fensteranzahl und für die Verglasung nach Fläche. Aufgrund der hohen Fenster in diesem Objekt, wurde vereinfacht eine Fenstertür als Berechnungsgrundlage gewählt. Bei der Position Ausbau ist der komplette Ausbau inklusive Entsorgung des Bauschutts enthalten.

**Tab. 5.23:** Kosten Fenster und Verglasung

Ausbau Fenster	123,44 €/Stk.
Stück	922 Stk.
$\Sigma$	113 808 €
Fenster inkl. Einbau	1326,08 €/Stk.
Stück	922 Stk.
$\Sigma$	1 222 649 €
$\Sigma$ Fenster	1 336 457 €
Ausbau Vergl.	61,15 €/m <sup>2</sup>
Fläche	180 m <sup>2</sup>
$\Sigma$	10 982 €
Vergl. inkl. Einbau	189,12 €/m <sup>2</sup>
Fläche	180 m <sup>2</sup>
$\Sigma$	33 962 €
$\Sigma$ Verglasung	44 943 €
$\Sigma$ <b>Gesamtsumme</b>	1 381 400 €

### 5.2.3 Dach

Bei dem begehbaren Flachdach handelt es sich um ein Umkehrdach. Aufgrund dessen, dass die Abdichtungsebene bei dieser Bauweise unter der Dämmung liegt, muss diese nicht entfernt und erneuert werden. Zu der bereits vorhandenen XPS-Dämmung in der Stärke von 14 cm wird eine zusätzliche Dämmung mit 16 cm aufgebracht. Somit ergibt sich eine Gesamtstärke von 30 cm. Das Tonnendach enthält eine 12 cm starke Zwischensparrendämmung aus Glaswolle, welche mit einer zusätzlichen Dämmung in der Stärke von 18 cm von innen erweitert wird.

**Tab. 5.24:** U-Wert Flachdach neu

Schicht	Dicke [cm]	$\lambda$ [W/mK]
Waschbetonplatten	4,00	2,000
Vlies	0,01	0,220
XPS-G	30,00	0,042
Abdichtung	1,00	0,230
Stahlbeton	20,00	2,400
Gipsspachtel	0,50	0,400
U-Wert = 0,134 W/m <sup>2</sup> ·K		Gesamtdicke = 0,555 m

**Tab. 5.25:** U-Wert Tonnendach neu

Schicht	Dicke [cm]	$\lambda$ [W/mK]
Aluminiumblech	1,00	221,000
Konterlattung und Hinterlüftung	5,00	0,284
Unterdachbahn (PE)	0,06	0,500
Massivholz-Schalung	2,40	0,120
Holzlattung / Glaswolle-Dämmung	30,00	0,043
Dampfbremse	0,02	0,170
Drei-Schichtplatte	1,90	0,120
U-Wert = 0,140 W/m <sup>2</sup> ·K		Gesamtdicke = 0,404 m

### Energetische Verbesserung

Durch eine nachträgliche Verstärkung der Dämmung können etwa 30 000 kWh pro Jahr eingespart werden. Dies entspricht einer Verbesserung des Heizwärmebedarfs um 3,4 %.

**Tab. 5.26:** Verbesserung des Heizwärmebedarfs durch Dach

Bauteil	HWB alt [kWh/m <sup>2</sup> · a]	HWB neu [kWh/m <sup>2</sup> · a]	Verbesserung
Dach	58,97	56,97	3,4 %

### Kostenermittlung

Für die Kostenschätzung der nachträglichen Verstärkung der Dachdämmung wurden die Kostenwerte mithilfe von Internetquellen verglichen und geschätzt, da im BKI keine passende Position gefunden wurde. In den Kosten ist die Dämmung inklusive Montage enthalten [33].

**Tab. 5.27:** Kosten Dach

Dämmung Flachdach	100 €/m <sup>2</sup>
Fläche	423 m <sup>2</sup>
$\Sigma$	42 290 €
Dämmung Tonnendach	80 €/m <sup>2</sup>
Fläche	2174 m <sup>2</sup>
$\Sigma$	173 920 €
$\Sigma$ <b>Gesamtsumme</b>	216 210 €

### 5.2.4 Kellerdecke

Bei der Kellerdecke handelt es sich um eine Stahlbetondecke, welche mit einer 6 cm Dämmung unterhalb des Estrichs ausgeführt worden ist. Diese wird mit einer 14 cm starken Dämmung aus Mineralwolle unterhalb der Stahlbetondecke erweitert.

**Tab. 5.28:** U-Wert Kellerdecke neu

Schicht	Dicke [cm]	$\lambda$ [W/mK]
Fliesen	1,00	1,300
Zementestrich	6,50	1,100
EPDM Baufolie	0,50	0,170
Trittschalldämmung	6,00	0,035
Stahlbeton	20,00	2,300
Mineralwolle	14,00	0,040
U-Wert = 0,180 W/m <sup>2</sup> ·K	Gesamtdicke = 0,480 m	

### Energetische Verbesserung

Durch eine Kellerdeckendämmung können 44 000 kWh pro Jahr eingespart werden, was einer Verbesserung des Heizwärmebedarfs um 5 % entspricht.

**Tab. 5.29:** Verbesserung des Heizwärmebedarfs durch Kellerdeckendämmung

Bauteil	HWB alt [kWh/m <sup>2</sup> · a]	HWB neu [kWh/m <sup>2</sup> · a]	Verbesserung
Kellerdecke	58,97	55,96	5 %

### Kostenermittlung

Hier wurde wieder auf den BKI zurückgegriffen und die Position Dämmung Kellerdecke mit Mineralwolle bis 140 mm gewählt [32].

**Tab. 5.30:** Kosten Kellerdecke

Dämmung Kellerdecke	103,05 €/m <sup>2</sup>
Fläche	2463 m <sup>2</sup>
$\Sigma$ Gesamtsumme	253 816 €

### 5.2.5 Sonnenschutzeinrichtung

Aufgrund der großen Fensterflächen und dem fehlenden außenliegenden Sonnenschutz, sollte ebenfalls ein Augenmerk auf den hohe Kühlbedarf gelegt werden. In diesem Schritt werden dunkle Raffstores mit einer automatischen Steuerung nachgerüstet. Der Parameter für die Steuerung ( $\alpha_{m,S,c} = 0,80$ ) und der Gesamtenergiedurchlassgrad ( $g_{tot} = 0,09$ ) wurden für die Berechnung aus der ÖNORM B 8110-6 gewählt (Tab. A.13 und A.14).

### Energetische Verbesserung

Durch den nachträglichen Verbau von Raffstores kann der Kühlbedarf um 68 % gesenkt werden, dies entspricht einer Reduktion von über 504 000 kWh. Wenn man bei der Klimaanlage von einer Jahresarbeitszahl von 3,5 ausgeht, bedeutet dies eine Senkung des Strombedarfs der Klimaanlage um etwa 144 000 kWh pro Jahr.

**Tab. 5.31:** Verbesserung des Kühlbedarfs durch Sonnenschutzeinrichtungen

Bauteil	KB alt [kWh/m <sup>2</sup> · a]	KB neu [kWh/m <sup>2</sup> · a]	Verbesserung
Raffstores	50,70	16,05	68 %

### Kostenermittlung

Für die Kostenschätzung der Sonnenschutzeinrichtungen wurde die Position elektrisch betriebene Raffstores aus dem BKI gewählt [32].

**Tab. 5.32:** Kosten Sonnenschutzeinrichtung

Raffstores	1007,87 €/Stk.
Stück	922 Stk.
$\Sigma$ Gesamtsumme	929 255 €

## 5.3 Energetische Sanierung

In diesem Abschnitt wird aufgezeigt, welchen Ertrag eine Photovoltaikanlage auf dem Dach des Objektes bringen kann und welche Kosten damit verbunden sind. Außerdem wird die Umstellung auf eine Wärmepumpe anhand von drei Investitionsvarianten analysiert und mit dem Bestand verglichen.

### 5.3.1 Photovoltaikanlage

Eine Photovoltaikanlage benötigt für die Installation von 1 kWp etwa 5 m<sup>2</sup> Dachfläche und erzeugt im Jahr umgerechnet etwa 1000 kWh. Hierbei handelt es sich um Richtwerte, die je nach Bauweise und Ausrichtung abweichen können [34].

- Verfügbare Dachfläche: 1620 m<sup>2</sup>
- Leistung:  $1620 \text{ m}^2 \cdot \frac{1 \text{ kWp}}{5 \text{ m}^2} = 324 \text{ kWp}$
- Ertrag:  $324 \text{ kWp} \cdot \frac{1000 \text{ kWh}}{1 \text{ kWp}} = 324 \text{ 000 kWh}$

Mit der vorhandenen Dachfläche können somit im Durchschnitt 324 000 kWh pro Jahr selbst erzeugt und verbraucht werden. Aufgrund des hohen Verbrauchs des Bürogebäudes durch Beleuchtung, Bürogeräte und Lüftung/Kühlung während des Tages wird angenommen, dass der erzeugte Strom auch vollständig selbst verbraucht wird und kein Strom eingespeist wird.

#### Kostenermittlung

Für die Kostenberechnung wurde aus dem BKI die Position einer 10 kWp Photovoltaikanlage auf €/kWp umgerechnet und mit anderen Quellen verglichen [32], [34].

**Tab. 5.33:** Kosten Photovoltaikanlage

Photovoltaik	2024,80 €/kWp
Leistung	324 kWp
<b>∑ Gesamtsumme</b>	<b>656 034 €</b>

In der Abb. 5.7 ist zu sehen, dass sich die Photovoltaikanlage sehr schnell amortisiert, nämlich nach nur ungefähr 6,5 Jahren. Für die Berechnung der Amortisierung wurde der aktuelle Strompreis von etwa 30 Cent/kWh laut E-Control angenommen (Stand: Jänner 2025) [35].

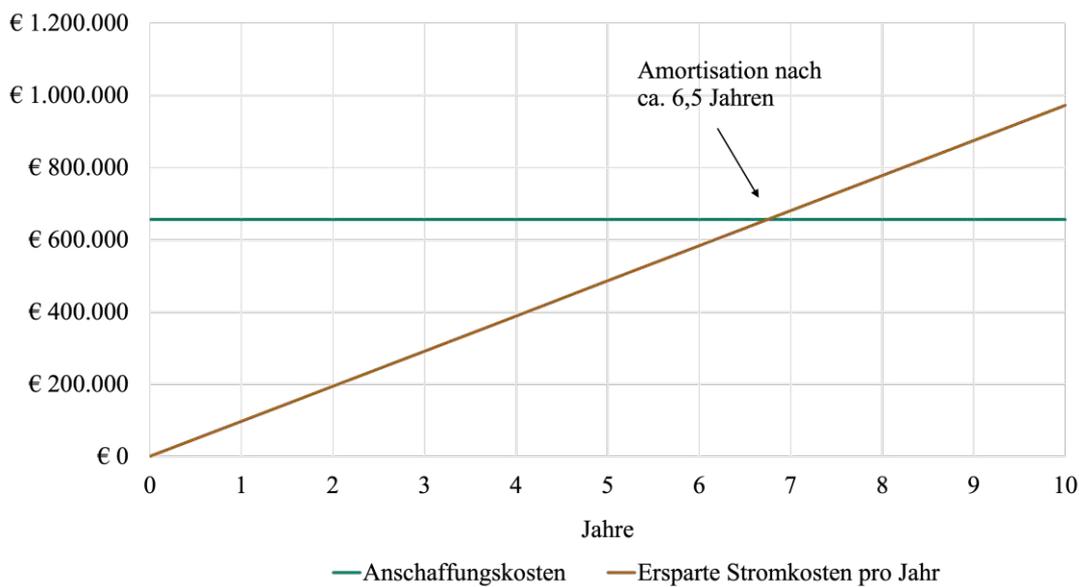


Abb. 5.7: Amortisation der Photovoltaikanlage

### 5.3.2 Wärmepumpe

Da sich die Heizlast je nach Dämmstandard des Gebäudes ändert, werden in diesem Abschnitt drei verschiedene Dämmmaßnahmen/Stufen verglichen. Anschließend wird für jede Heizlast eine geeignete Wärmepumpe ausgewählt. Dabei handelt es sich um eine Luft-Wasser-Wärmepumpe, da im Objekt nicht genügend Platz für Bohrungen vorhanden ist und keine Erdsonden oder Brunnen gebohrt werden können. Die erste Stufe stellt den Ist-Zustand ohne Maßnahmen dar. In der zweiten Stufe werden nur die Fenster ausgetauscht und in der dritten Stufe werden Fenster, Außenwände, Dach und Kellerdecke gedämmt.

- Erste Stufe: Bestand
- Zweite Stufe: Fenstertausch
- Dritte Stufe: Fenstertausch und Komplettdämmung

#### Kostenermittlung

Für die Kostenschätzung wurden der Heizlast entsprechende Wärmepumpen von der Firma Kampmann GmbH & Co. KG ausgewählt und die österreichische Mehrwertsteuer von 20 % hinzugerechnet [36]. Je nach Aufstellort, Art und Größe der Anlage kommen zusätzliche Kosten für die Installation hinzu. Deshalb wurde ein prozentualer Aufschlag auf die Anschaffungskosten aufgeschlagen [37].

- Anlage: 50 %
- Installation: 30 %

- Erschließung: 10 %
- Pufferspeicher: 10 %

Tab. 5.34: Kosten Wärmepumpe

	HWB [kWh/m <sup>2</sup> · a]	HL [kW]	Kosten Anlage [€]	Gesamtkosten [€]
1. Stufe	58,97	613,06	323 531	647 062
2. Stufe	32,15	418,54	256 258	512 515
3. Stufe	23,37	366,20	247 050	494 100

## 5.4 Ergebnisse – Variantenvergleich

Im folgenden Teil werden verschiedene Sanierungsvarianten eingeführt und unter anderem hinsichtlich Kosten, Energieeinsparung und CO<sub>2</sub>-Emissionen verglichen. In den beiden folgenden Abbildungen sind die unterschiedlichen Varianten zur Veranschaulichung dargestellt. Bei den dargestellten Varianten wurde der Sonnenschutz weggelassen, da dieser später separat behandelt wird. In den durchgeführten Interviews wurde betont, dass Maßnahmen an Dach und Kellerdecke maßgeblich zur energetischen Effizienz beitragen können. Bei den analysierten Varianten wurden diese Bauteile jedoch nicht gesondert betrachtet, da im untersuchten Bestand bereits eine Dämmung vorhanden war und zusätzliche Maßnahmen keine wesentliche Verbesserung brachten.

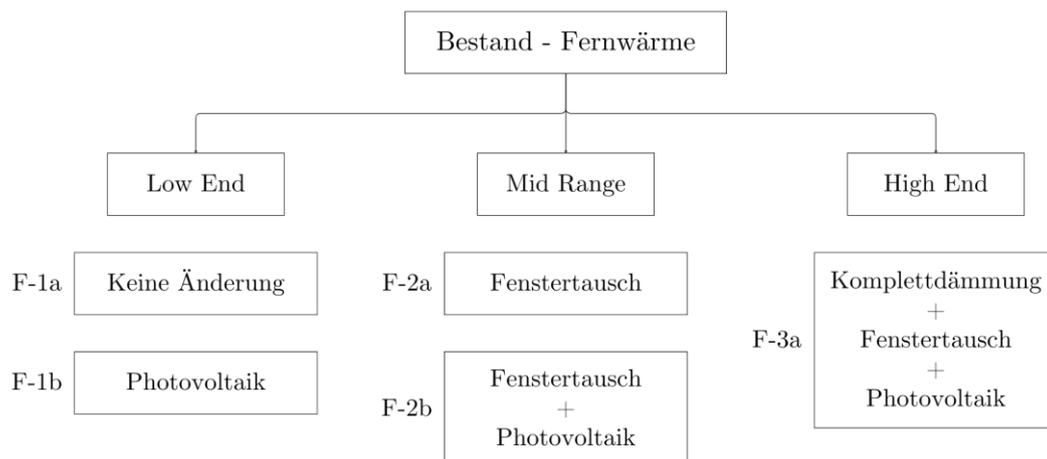
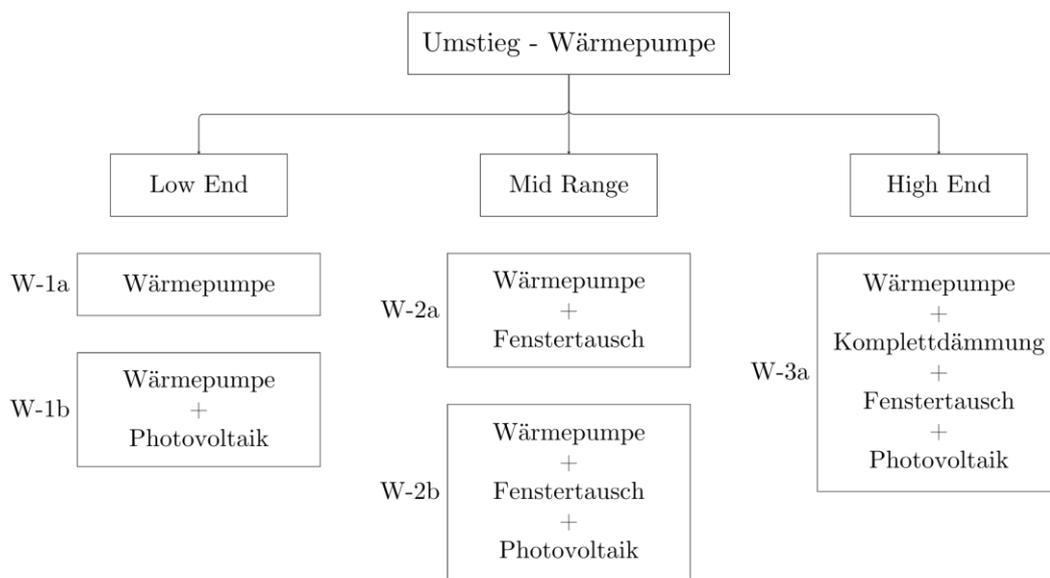


Abb. 5.8: Sanierungsvarianten Bestand – Fernwärme



**Abb. 5.9:** Sanierungsvarianten Umstieg – Wärmepumpe

Für die Kostenberechnung der verschiedenen Varianten wurde ein Stromtarif mithilfe des Tarifrechners der E-Control gewählt, welcher zu 100 % aus erneuerbaren Energieträgern stammt und laut Stromkennzeichnung keine CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht [38]. Für die Berechnung der Fernwärme wurde der aktuelle Tarif Index15 für Neukunden gewählt und laut Prüfbericht der TÜV SÜD Landesgesellschaft Österreich GmbH, wurden die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wiener Fernwärme auf 22 g/kWh festgelegt [39], [40].

#### **Strom:**

- Preis: 0,30 €/kWh
- CO<sub>2</sub>-Emissionen: 0,00 g/kWh

#### **Fernwärme:**

- Preis: 0,137 €/kWh
- CO<sub>2</sub>-Emissionen: 22,00 g/kWh

In der folgenden Tabelle (Tab. 5.35) erfolgt eine Gegenüberstellung der verschiedenen Varianten, wobei sowohl die gesamten Investitionskosten als auch die jährlichen Aufwendungen für Strom und Fernwärme ermittelt wurden. Für die Varianten mit Wärmepumpe wurde zusätzlich eine jährliche Wartungspauschale in Höhe von 1 % der Anschaffungskosten der Wärmepumpe berücksichtigt. Anschließend wurden die CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie die Gesamtkosten über einen Zeitraum von 25 und 50 Jahren berechnet. Es ist zu berücksichtigen, dass die Kosten für den Vergleich statisch, ohne jährliche Preissteigerung berechnet wurden. Die Lebenszykluskosten setzen sich aus den Investitionskosten sowie den jährlich anfallenden Kosten für Strom und Fernwärme zusammen.

Bei der Berechnung der Kosten über einen Zeitraum von 50 Jahren wird berücksichtigt, dass nach 25 Jahren eine erneute Investition für den Austausch der Wärmepumpe beziehungsweise der Photovoltaikanlage erforderlich ist. Bei den CO<sub>2</sub>-Einsparungen handelt es sich um Einsparungen, welche durch den laufenden Betrieb durch die Fernwärme erzielt werden.

### 5.4.1 Vergleich der Varianten ohne Sonnenschutz

Für den Vergleich wurde in der Tab. 5.35 die Variante mit den niedrigsten Investitionskosten und die beiden mit den niedrigsten Lebenszykluskosten grau markiert.

**Tab. 5.35:** Variantenvergleich ohne Sonnenschutz

Variante	Investitionskosten	Energieeinsparung (HWB)	Jährliche Kosten	Jährliche Kosteneinsparung	CO <sub>2</sub> Einsparung	Amortisation	LCC 25	LCC 50
	[€]	[kWh/a]	[€]	[€]	[t CO <sub>2</sub> /a]	[Jahre]	[€]	[€]
F1-a	0	0	437 937	0	0	0	10 948 419	21 896 838
W-1a	647 062	0	400 232	37 705	19	17	10 652 863	21 305 727
F1-b	656 034	0	340 737	97 200	0	7	9 174 453	18 348 907
W-1b	1 303 096	0	309 503	128 434	19	10	9 040 663	18 081 326
F-2a	1 381 400	390 378	373 050	64 887	9	21	10 707 642	20 033 884
W-2a	1 893 915	390 378	354 087	83 850	19	23	10 746 084	20 110 767
F-2b	2 037 434	390 378	275 850	162 087	9	13	8 933 677	16 485 953
W-2b	2 549 950	390 378	262 012	175 925	19	14	9 100 247	16 819 093
F-3a	3 221 658	518 230	263 143	174 794	11	18	9 800 239	17 034 855
W-3a	3 715 758	518 230	250 575	187 362	19	20	9 980 129	17 394 635

#### Variante F-1b – Minimale Investitionskosten und schnelle Amortisation



##### Maßnahmen:

Photovoltaikanlage

##### Verbesserung:

HWB: 59 kWh/m<sup>2</sup>·a → 59 kWh/m<sup>2</sup>·a (0 %)

KB: 51 kWh/m<sup>2</sup>·a → 51 kWh/m<sup>2</sup>·a (0 %)

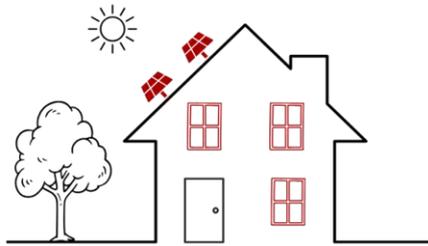
Stromertrag: 324 000 kWh/a

##### Jährliche Kosten (Energie und Wartung):

340 737 €/a

Die Variante F-1b überzeugt durch ihre besonders niedrigen Investitionskosten und amortisiert sich bereits innerhalb von sieben Jahren, was sie zu einer äußerst wirtschaftlichen Lösung macht. Zudem wird durch die Nutzung der Wiener Fernwärme langfristig von der geplanten Dekarbonisierung bis 2040 profitiert, sodass keine zusätzlichen Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion erforderlich sind.

### Variante F-2b – Niedrigste Gesamtkosten und langfristig klimaneutral



#### Maßnahmen:

Fenstertausch, Photovoltaikanlage

#### Verbesserung:

HWB:  $59 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a} \rightarrow 32 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$  (45 %)

KB:  $51 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a} \rightarrow 42 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$  (18 %)

Stromertrag: 324 000 kWh/a

#### Jährliche Kosten (Energie und Wartung):

275 850 €/a

Die Variante F-2b hat mit rund 8,93 Millionen Euro über 25 Jahre und 16,49 Millionen Euro über 50 Jahre die niedrigsten Lebenszykluskosten (LCC). Dies ist auf die moderaten Investitionskosten und die geringen Betriebskosten zurückzuführen. Zudem ermöglicht sie eine jährliche CO<sub>2</sub>-Einsparung von 9 Tonnen. Ein entscheidender Vorteil dieser Lösung ist ihre langfristige Klimaneutralität. So ist sie durch die geplante vollständige Dekarbonisierung der Wiener Fernwärme voraussichtlich ab 2040 emissionsfrei. Dabei sind keine zusätzlichen Investitionen oder technische Anpassungen erforderlich, da die Stadt Wien diese Umstellung übernimmt.

### Variante W-2b – Höchste CO<sub>2</sub>-Reduktion



#### Maßnahmen:

Fenstertausch, Wärmepumpe, Photovoltaikanlage

#### Verbesserung:

HWB:  $59 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a} \rightarrow 32 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$  (45 %)

KB:  $51 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a} \rightarrow 42 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$  (18 %)

Stromertrag: 324 000 kWh/a

#### Jährliche Kosten (Energie und Wartung):

262 012 €/a

Über einen Zeitraum von 25 Jahren ist die Variante W-1b die wirtschaftlichste Option unter den Wärmepumpenvarianten (siehe Tab. 5.35). Über einen Zeitraum von 50 Jahren erweist sich jedoch die Variante W-2b auch unter Berücksichtigung der Neuinvestitionen als vorteilhafter, da hier der Austausch auf moderne Fenster langfristige Vorteile mit sich bringt.

### 5.4.2 Vergleich der Varianten mit Sonnenschutzeinrichtungen

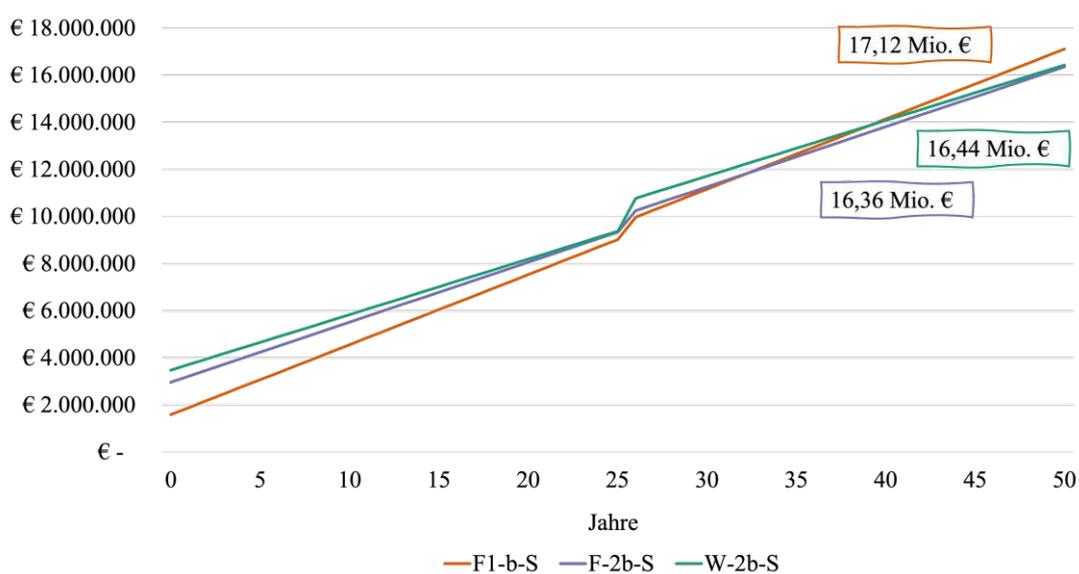
Im folgenden Kapitel werden die drei ausgewählten Varianten F-1b, F-2b und W-2b unter Berücksichtigung des zusätzlichen Einbaus von Sonnenschutzeinrichtungen analysiert und miteinander verglichen. Während im vorherigen Vergleich vor allem die Energieeinsparungen anhand des Heizwärmebedarfs bewertet wurden, liegt der Fokus nun auf dem Kühlbedarf und dessen

Einfluss auf die Lebenszykluskosten sowie die Betriebskosten. Der zusätzliche Sonnenschutz kann den Energieverbrauch für Kühlung signifikant reduzieren, was sich sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch unterschiedlich auf die Varianten auswirkt. Durch die Gegenüberstellung der Szenarien mit und ohne Sonnenschutz wird bewertet, welche Lösung langfristig die effizienteste und kostengünstigste Wahl darstellt.

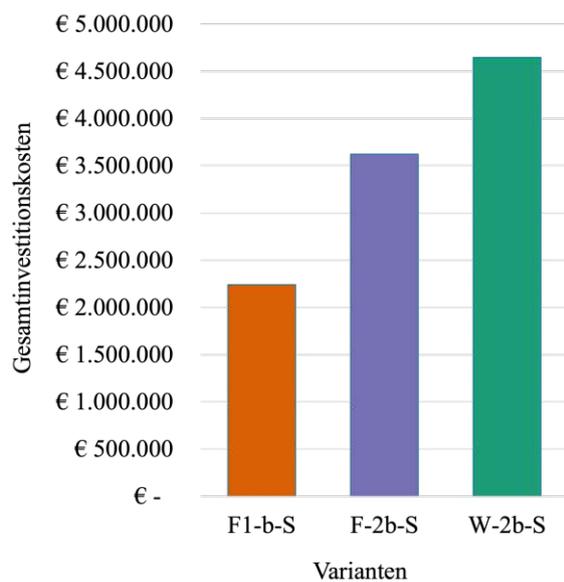
**Tab. 5.36:** Vergleich ausgewählter Varianten mit Sonnenschutz

Variante	Investitionskosten [€]	Energieeinsparung (KB) [kWh/a]	Jährliche Kosten [€]	Jährliche Kosteneinsparung [€]	CO <sub>2</sub> Einsparung [t CO <sub>2</sub> /a]	Amortisation [Jahre]	LCC 25 [€]	LCC 50 [€]
F1-b-S	1 585 289	504 367	297 505	140 431	0	11	9 022 923	17 116 591
F-2b-S	2 966 690	378 322	254 761	183 176	9	16	9 335 713	16 360 771
W-2b-S	3 479 205	378 322	235 798	202 139	19	17	9 374 154	16 437 653

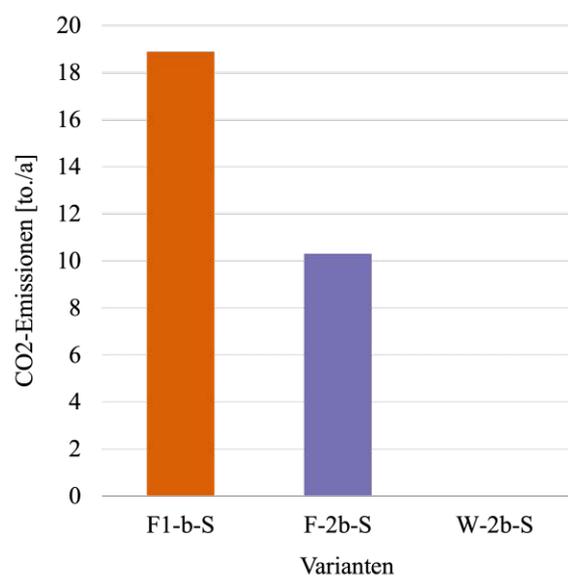
Bei einer zusätzlichen Investition in einen Sonnenschutz steigen die Lebenszykluskosten bei F-2b-S und W-2b-S bei einer Dauer von 25 Jahren an, wie in der Tab. 5.36 ersichtlich. Betrachtet man jedoch einen Zeitraum über 50 Jahre, wirkt sich die erhöhte Einsparung beim Kühlbedarf positiv aus und die Kosten sinken im Vergleich zu der Variante ohne Sonnenschutz.



**Abb. 5.10:** LCC 50



**Abb. 5.11:** Gesamtinvestitionskosten innerhalb 50 Jahren



**Abb. 5.12:** Jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionen in Tonnen

### Variante F-2b-S - niedrigste Lebenszykluskosten



#### Maßnahmen:

Fenstertausch, Raffstores, Photovoltaikanlage

#### Verbesserung:

HWB: 59 kWh/m<sup>2</sup>·a → 32 kWh/m<sup>2</sup>·a (45 %)

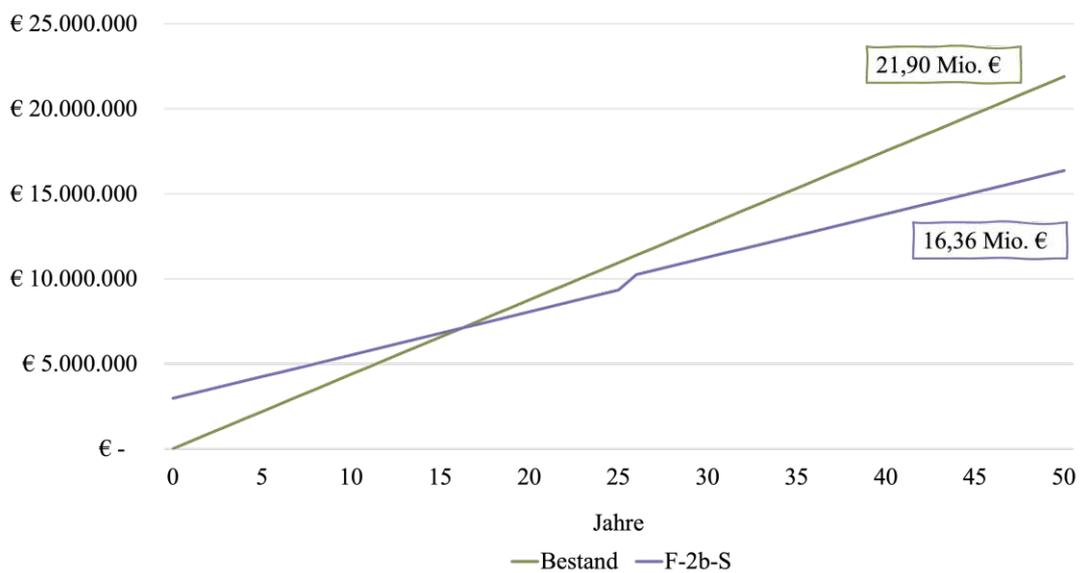
KB: 51 kWh/m<sup>2</sup>·a → 25 kWh/m<sup>2</sup>·a (51 %)

Stromertrag: 324 000 kWh/a

#### Jährliche Kosten (Energie und Wartung):

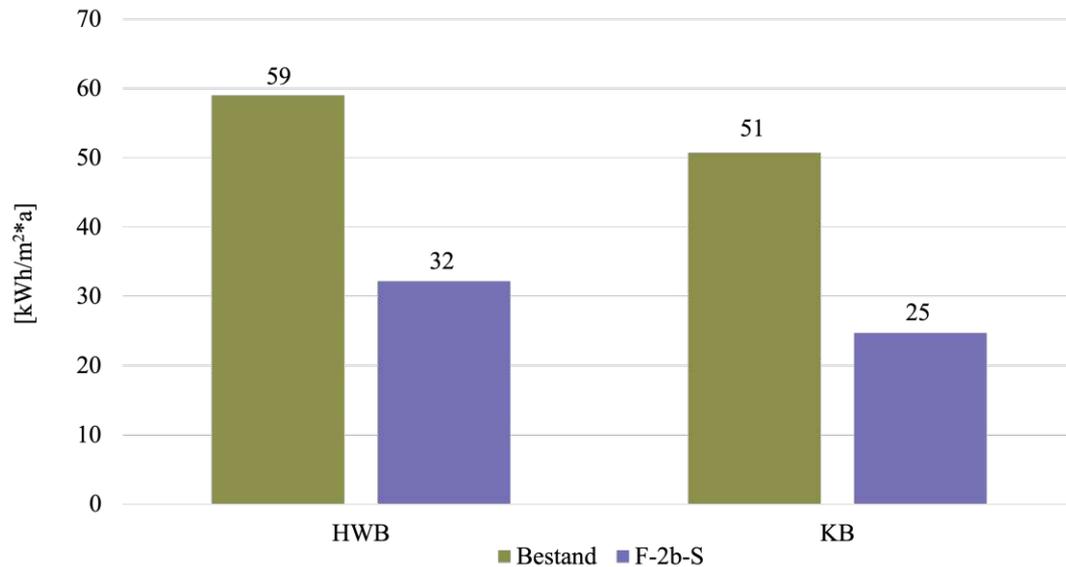
254 761 €/a

Die Variante F-2b-S stellt im Vergleich die wirtschaftlich und ökologisch vorteilhafteste Lösung dar. Mit den niedrigsten Lebenszykluskosten über 50 Jahre in der Höhe von 16,36 Millionen Euro bietet sie eine langfristig kosteneffiziente Investition. Zudem führen die Sanierungsmaßnahmen zu einer CO<sub>2</sub>-Einsparung von 9 Tonnen pro Jahr, wodurch ein wesentlicher Beitrag zur Reduktion der Umweltbelastung geleistet wird.



**Abb. 5.13:** Lebenszykluskosten Vergleich Bestand – F-2b-S

Ein entscheidender Vorteil dieser Variante liegt in der signifikanten Reduktion des Heizwärme- und Kühlbedarfs um 45 % beziehungsweise um 51 %, welche durch den Austausch der bestehenden Fenster und die Installation von Sonnenschutzeinrichtungen erreicht wird.



**Abb. 5.14:** Verbesserung HWB und KB

Ein weiteres Argument für diese Variante ist die Integration einer Photovoltaikanlage, die einen jährlichen Stromertrag von 324 000 kWh generiert. Diese Eigenerzeugung ermöglicht es, einen erheblichen Anteil des Strombedarfs direkt zu decken und die Abhängigkeit von externen Energieversorgern zu reduzieren. In Kombination mit den energetischen Einsparmaßnahmen führt dies zu einer jährlichen Kostenersparnis von 183 176 € im Vergleich zur Bestandsvariante.

Neben den wirtschaftlichen Vorteilen überzeugt die Variante F-2b-S auch durch eine vergleichsweise schnelle Amortisation von 16 Jahren. Gerade in Anbetracht steigender Energiepreise sowie zukünftiger gesetzlicher Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden erweist sich diese Variante als eine besonders zukunftssichere Lösung.

Zusammenfassend bietet die Variante F-2b-S durch ihre geringen Lebenszykluskosten, hohen Energieeinsparungen und den nachhaltigen Eigenstromertrag die besten wirtschaftlichen und ökologischen Rahmenbedingungen. Sie stellt damit die effizienteste und langfristig sinnvollste Lösung dar, insbesondere über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren.

# Kapitel 6

## Fazit und Ausblick

### 6.1 Forschungsfragen

#### **Welche Arten alternativer Energiesysteme gibt es und welche Herausforderungen treten bei der Umsetzung auf?**

In der vorliegenden Arbeit werden verschiedene Arten alternativer Energiesysteme thematisiert. Hierzu zählen Fernwärme, Wärmepumpen sowie Biomasseanlagen. Diese Systeme ermöglichen es, fossile Energieträger zu ersetzen und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß erheblich zu verringern. Die Umsetzung dieser Systeme ist jedoch mit verschiedenen Herausforderungen verbunden. Während der Einsatz von Fernwärme und Biomasseanlagen aufgrund ihrer hohen Vorlauftemperatur auch in unsanierten Gebäuden möglich ist, stellt die Nutzung von Wärmepumpen höhere Anforderungen an die Gebäudehülle. Damit eine Wärmepumpe effizient arbeiten kann, muss der Heizwärmebedarf des Gebäudes auf ein niedriges Niveau gesenkt werden. Dies erfordert in der Regel eine umfassende thermische Sanierung. Hinzu kommen spezifische Herausforderungen, abhängig von der Art der Wärmepumpe. Bei geothermischen Anlagen ist für die Erdsonden ausreichend Platz auf dem Grundstück erforderlich. Bei Grundwasser-Wärmepumpen muss zudem eine ausreichende Menge und Qualität des Grundwassers verfügbar sein. Luftwärmepumpen wiederum können insbesondere in dicht bebauten städtischen Gebieten durch die Lärmentwicklung Probleme verursachen. Insgesamt zeigt sich, dass alternative Energiesysteme großes Potenzial zur Reduktion von Emissionen bieten, jedoch ihre Umsetzung Herausforderungen mit sich bringt.

#### **Welche thermischen Sanierungsmöglichkeiten gibt es und in welchem Maße können sie die Energieeffizienz von Gebäuden verbessern?**

Thermische Sanierungen bieten die Möglichkeit, den Energieverbrauch von Bestandsgebäuden deutlich zu senken. Dabei werden verschiedene Bauteile der Gebäudehülle verbessert oder erneuert, um die Wärmeverluste zu reduzieren. Zu den wichtigsten Maßnahmen zählen die Dämmung der Außenwände, des Dachs und der Kellerdecke sowie der Austausch von Fenstern und Verglasungen. In der untersuchten Fallstudie zeigte sich, dass der Tausch der Fenster am meisten zur Verbesserung der Energieeffizienz beigetragen hat. Der Ersatz der bestehenden Fenster durch moderne Holzfenster mit Dreifachverglasung führte zu einer Reduktion des Heizwärmebedarfs um bis zu 45 %, was einer jährlichen Einsparung von nahezu 390 000 kWh entsprach. Da die

Außenwände, das Dach und die Kellerdecke bereits mit einer Dämmung versehen waren, führten zusätzliche Sanierungsmaßnahmen nur zu geringen Energieeinsparungen. Die Wirkung dieser Maßnahmen war somit deutlich schwächer als beim Fenstertausch.

## 6.2 Fazit

In dieser Arbeit wurden die Möglichkeiten einer thermischen und energetischen Sanierung eines Gebäudes aus der Jahrtausendwende analysiert. Durch die Analyse des bestehenden Zustands und den Vergleich verschiedener Sanierungsvarianten konnten sinnvolle Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz identifiziert werden. Dabei zeigte sich, dass die Variante F-2b-S die wirtschaftlichste Lösung darstellt.

Die Kombination aus Fernwärme, Fenstertausch und außenliegendem Sonnenschutz führte zu einer signifikanten Reduktion des Heizwärme- als auch des Kühlbedarfs, wodurch gleichzeitig die laufenden Kosten gesenkt werden konnten. Durch die Photovoltaikanlage auf dem Dach konnte ein hoher Eigenverbrauchsanteil des selbst erzeugten Stroms realisiert werden, was zu einer deutlichen Senkung der Stromkosten führte, da weniger Energie aus dem Netz bezogen werden musste. Auch aus wirtschaftlicher Perspektive erwies sich diese Variante als vorteilhaft, da die Investitionskosten innerhalb eines angemessenen Zeitraums durch die Einsparungen ausgeglichen werden können.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit gezielten Sanierungsmaßnahmen sowohl ökologische als auch finanzielle Vorteile erzielt werden können. Dies ist insbesondere angesichts der steigenden Energiekosten und der aktuellen Klimaziele von großer Bedeutung. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass jedes Gebäude einzigartig ist und individuell betrachtet werden sollte. Unterschiede in Bauweise, Zustand, früheren Sanierungen oder Nutzung beeinflussen die Wirksamkeit der Maßnahmen, weshalb diese nicht überall gleich ausfallen. Zwar können allgemeine Aussagen über den Nutzen einzelner Maßnahmen getroffen werden, doch für jedes Gebäude sollte eine spezifische Analyse durchgeführt werden.

Die Arbeit verdeutlicht, dass auch ältere Gebäude durch gezielte Sanierungsmaßnahmen einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigen Zukunft leisten können. Die gewonnenen Erkenntnisse bieten eine wertvolle Grundlage für ähnliche Sanierungsprojekte und unterstützen dabei, fundierte Entscheidungen zu treffen.

## 6.3 Ausblick

Die vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen das Potenzial, das in einer gut geplanten Sanierung von Bestandsgebäuden steckt. Angesichts der zunehmenden Bedeutung des Klimaschutzes wird es in Zukunft immer wichtiger, bestehende Gebäude energetisch zu optimieren. Technologische Entwicklungen wie verbesserte Wärmedämmstoffe, intelligente Energiemanagementsysteme und

fortschrittliche Photovoltaik-Technologien sollten dabei in zukünftige Betrachtungen einfließen. Es wäre zudem sinnvoll, die langfristigen Auswirkungen der Maßnahmen über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes hinweg noch genauer zu analysieren. Faktoren wie Nutzerverhalten, Wartungsaufwand oder Veränderungen der Energiepreise könnten die Wirksamkeit einzelner Sanierungsstrategien beeinflussen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Weg zu einem nachhaltigen Gebäudebestand über individuell abgestimmte und ganzheitlich geplante Sanierungsmaßnahmen führt. Die Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Aspekte wird dabei auch in Zukunft eine zentrale Rolle spielen.

# Anhang A

## Kenngrößen und Ausgangsdaten

### A.1 Flächen

Tab. A.1: Wandflächen gegen Außenluft nach Orientierung und Bauteilen

<b>Himmelsrichtung: Norden</b>	<b>Fläche [m<sup>2</sup>]</b>
Außenwand	1635
Fenster	441
Türen	19
Glas	56
Außenwand abzgl. Fenster etc.	1118

<b>Himmelsrichtung: Osten</b>	<b>Fläche [m<sup>2</sup>]</b>
Außenwand	2385
Fenster	994
Türen	29
Glas	81
Außenwand abzgl. Fenster etc.	1282

<b>Himmelsrichtung: Süden</b>	<b>Fläche [m<sup>2</sup>]</b>
Außenwand	1828
Fenster	532
Türen	29
Glas	43
Außenwand abzgl. Fenster etc.	1223

<b>Himmelsrichtung: Westen</b>	<b>Fläche [m<sup>2</sup>]</b>
Außenwand	1878
Fenster	631
Türen	19
Glas	0
Außenwand abzgl. Fenster etc.	1228

**Tab. A.2:** Dachflächen gegen Außenluft

Dach	Fläche [m <sup>2</sup> ]
Flachdach	423
Tonnendach	2174

**Tab. A.3:** Kellerdecke

Decke	Fläche [m <sup>2</sup> ]
Decke EG	2463

## A.2 Standortklima

**Tab. A.4:** Strahlungswerte auf 90° geneigten Flächen in kWh/m<sup>2</sup> (eigene Darstellung nach [27])

Monate	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
S	34,64	55,66	76,27	80,91	90,23	80,48
W+O	17,19	29,97	51,12	69,35	91,81	91,74
N	11,46	19,50	27,59	40,45	56,98	61,16

Monate	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
S	82,17	88,41	81,58	68,54	38,34	29,73
W+O	93,45	82,79	59,96	40,25	18,45	12,74
N	59,62	44,90	35,39	23,27	12,11	8,30

**Tab. A.5:** Koeffizienten des Regressionsmodells zur Bestimmung der mittleren Monatssummen der Globalstrahlung  $I_G$  für die Region Nord - außerhalb von Föhngebieten (N) (eigene Darstellung nach [27])

Koeff.	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
$a_2$	5,051E-06	8,463E-06	1,261E-05	1,093E-05	9,400E-06	1,323E-05
$a_1$	6,248E-04	-6,088E-03	-1,272E-02	-1,168E-02	-2,360E-02	-3,897E-02
$a_0$	2,579E+01	4,836E+01	8,295E+01	1,173E+02	1,621E+02	1,672E+02

Koeff.	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
$a_2$	-4,989E-07	-7,066E-06	9,334E-06	1,164E-05	7,253E-06	5,179E-06
$a_1$	-1,487E-02	4,755E-03	-8,937E-03	-1,537E-02	-2,268E-03	-3,973E-04
$a_0$	1,637E+02	1,397E+02	9,955E+01	6,517E+01	2,900E+01	1,922E+01

**Tab. A.6:** Berechnung der mittleren Monatssummen der Globalstrahlung auf die horizontale Fläche (eigene Darstellung nach [27])

Monate	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
$I_S$	2,604E+01	4,757E+01	8,114E+01	1,156E+02	1,583E+02	1,610E+02

Monate	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
$I_S$	1,611E+02	1,403E+02	9,829E+01	6,288E+01	2,883E+01	1,931E+01

**Tab. A.7:** Transpositionsfaktoren  $F_T$  für 90° Neigung und Seehöhe 200 m (eigene Darstellung nach [27])

Monate	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
S	1,33	1,17	0,94	0,70	0,57	0,50
W+O	0,66	0,63	0,63	0,60	0,58	0,57
N	0,44	0,41	0,34	0,35	0,36	0,38

Monate	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
S	0,51	0,63	0,83	1,09	1,33	1,54
W+O	0,58	0,59	0,61	0,64	0,64	0,66
N	0,37	0,32	0,36	0,37	0,42	0,43

**Tab. A.8:** Standortklima (Mittlere Außentemperatur im jeweiligen Monat in °C) (eigene Darstellung nach [27])

Monate	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
$\theta_e$	-0,37 °C	2,18 °C	6,52 °C	11,80 °C	16,22 °C	19,63 °C

Monate	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
$\theta_e$	21,51 °C	20,94 °C	16,94 °C	11,03 °C	5,65 °C	2,01 °C

**Tab. A.9:** Koeffizienten des Dreischichten-Regressionsmodells zur Bestimmung der Monatsmitteltemperatur  $\theta_{e,j}$  in °C (eigene Darstellung nach [27])

Monate	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
$a$	0,352	2,181	6,523	11,802	16,220	19,630
$b$	-0,423	-0,458	-0,521	-0,613	-0,602	-0,610

Monate	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
$a$	21,509	20,942	16,940	11,030	5,648	2,007
$b$	-0,597	-0,607	-0,495	-0,413	-0,486	-0,566

**Tab. A.10:**  $Z_{ON}$  - Orientierungs- und Neigungsfaktor (eigene Darstellung nach [25])

Neigung der Flächennormalen	Norden	Osten	Süden	Westen
0° (Wand)	0,54	1,13	1,00	1,13
90° (Dach)		2,06		

**Tab. A.11:**  $f_{op}$  - Strahlungskorrekturwert in kKh/M (eigene Darstellung nach [25])

Flächen	Graue Oberfläche $\alpha = 0,5$
0° (Wand)	0,7
90° (Dach)	0,9

### A.3 Nutzungsprofil Bürogebäude

**Tab. A.12:** Nutzungstage für Bürogebäude (eigene Darstellung nach [27])

Monate	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
d/M	23	20	23	22	23	22
Monate	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
d/M	23	23	22	23	22	23

### A.4 Defaultwerte für Sonnenschutzeinrichtungen

**Tab. A.13:** Typische Gesamtenergiedurchlassgrade  $g_{tot}$  für Abschlüsse außen (eigene Darstellung nach [25])

Art	Sehr hell	Hell	Dunkel	Sehr dunkel
Lamellenbehänge, fast geschlossen	0,07	0,07	0,07	0,07
Lamellenbehänge, Lamellenwinkel halboffen (bis 45°)	0,12	0,10	0,09	0,07
Lamellenbehänge, Lamellen geöffnet (bis 90°)	0,24	0,19	0,15	0,09

**Tab. A.14:** Parameter  $\alpha_{m,S,c}$  zur Bewertung der Aktivierung von Sonnenschutzeinrichtungen (eigene Darstellung nach [25])

Art der Steuerung	$\alpha_{m,S,c}$
Automatische Steuerung	0,80
Vorsorgliche manuelle Bedienung	0,50
Manuelle Bedienung	0,25
Keine Sonnenschutzeinrichtung	0,00

## A.5 Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne

**Tab. A.15:** Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne im Heiz- bzw. Kühlfall

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
$\eta_{h,j}$	0,997	0,993	0,980	0,921	0,719	0,357
$\eta_{c,j}$	0,983	0,961	0,911	0,782	0,579	0,402

	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
$\eta_{h,j}$	0,077	0,174	0,731	0,960	0,992	0,996
$\eta_{c,j}$	0,294	0,348	0,623	0,871	0,963	0,981

# Anhang B

## Transkript

### B.1 Interview 1

Datum: 20.01.2025

- 1 **I:** *Können Sie sich / Ihr Unternehmen kurz vorstellen und Ihren beruflichen Hintergrund*  
2 */ Ihre unternehmerische Tätigkeit darstellen?*
- 3 **IP1:** Ja, bei dem Institut bin ich geschäftsführender Gesellschafter. Es ist ein privates  
4 Forschungsinstitut.  
5 Wir beschäftigen uns intensiv mit Fragen der Wohnbauförderung, Wohnhaussanierung.  
6 Wir begleiten auch Bestandshalter bei der Dekarbonisierung von Gebäuden. Wir haben  
7 auch internationale Projekte, vor allem in Richtung sozialer Wohnbau.  
8 Finanzierung ist noch ein großes Thema und auch soziale Aspekte des Wohnens.
- 9 **I:** *Welche Rolle spielen thermische Sanierungen und Heizungsumstellungen in Ihrem Un-*  
10 *ternehmen?*
- 11 **IP1:** Ja, eine große, also ein Drittel unseres Umsatzes ist mit Projekten, die mit Dekarboni-  
12 sierung zu tun haben.
- 13 **I:** *Dann zur thermischen Sanierung. Welche thermischen Sanierungsmaßnahmen sind*  
14 *Ihrer Erfahrung nach im Bestandsgebäude am effektivsten?*
- 15 **IP1:** Grundsätzlich muss man zwischen thermischen und energetischen Maßnahmen unter-  
16 scheiden. Derzeit sind die energetischen Maßnahmen aufgepoppt, also die Bundesför-  
17 derung ist zuletzt zu 85 Prozent in Kesseltauschmaßnahmen gegangen. Thermische  
18 Maßnahmen hätten an und für sich weiterreichende Vorteile.  
19 Zum einen wird die Energieeffizienz tatsächlich verbessert und nicht nur die CO2-  
20 Bilanz. Zum anderen ist ein größerer Teil der Bauwirtschaft Nutznießer von thermischen  
21 Maßnahmen. Während bei energetischen Maßnahmen ja praktisch nur die Installateure  
22 und die Anlagenhersteller profitieren.

23 Also grundsätzlich wäre es besser, thermische und am besten umfassende thermische  
24 Maßnahmen anzuregen, aber wenn es darum geht, möglichst rasch aus fossilen Energie-  
25 trägern rauszukommen, tut man sich mit Heizungsumstellungen halt etwas leichter.

26 **I:** *Welche Herausforderungen treten bei der Umsetzung von thermischen Sanierungen*  
27 *meistens auf?*

28 **IP1:** Sehr unterschiedliche. Also thermische Sanierungen, meinen Sie jetzt Wohnbau oder  
29 Nichtwohnbau?

30 **I:** *Nicht Wohnbau, Bürogebäude.*

31 **IP1:** Also thermische Maßnahmen sind umfassender und bedeuten sehr häufig, dass die  
32 Gebäude mietfrei gemacht werden müssen, um diese Maßnahmen umzusetzen, was  
33 immer ein Riesending ist. Sie sind dann auch sehr teuer und manche der Mängel vor  
34 Sanierung können auch bei einer umfassenden thermischen, energetischen Sanierung  
35 nicht behoben werden, zum Beispiel Schallschutz oder im Bürobau unzureichende  
36 Raumhöhen. Das ist einfach unsanierbar, schlicht und ergreifend.

37 Fluchtwege, solche Dinge sind ganz, ganz schwer herstellbar. Also wir haben da technische  
38 und wirtschaftliche Barrieren. Bei kleinen Objekten, jetzt bei Eigenheimen ist ein  
39 Riesenthema, dass der Bauherr typischerweise kein Bauträger ist und damit mit der  
40 Bauträgerfunktion der Koordination der Gewerke überfordert ist.

41 Das wird auch den einen oder anderen Eigentümer von Bürobauten betreffen. Das wäre  
42 es jetzt einmal im Wesentlichen.

43 **I:** *Haben Sie mit nachhaltigen Dämmmaterialien auch zu tun? Welche Dämmmaterialien,*  
44 *Technologien halten Sie für besonders innovativ und nachhaltig?*

45 **IP1:** Ja, da bin ich in einem jahrelangen Streitgespräch mit der EPS-Industrie, weil ich  
46 natürlich, wie viele andere auch auf dem Standpunkt stehe, Navaros sollten stärkeres  
47 Gewicht erhalten und ich versuche schon seit Längerem, die Industrie zu überzeugen, dass  
48 sie doch Werkstraßen für Navaros aufbauen soll und wenn die industriellen Kapazitäten  
49 da sind, dann wäre es kein allzu großer Schritt, die Navaros dann zum Beispiel über die  
50 Wohnbauförderung auch ein entsprechendes Marktvolumen zu generieren.

51 Also industrielle Kapazitäten und Incentives könnten gut aufeinander abgestimmt  
52 werden. Aber ich muss eingestehen, dass die Argumente der EPS-Industrie nicht von der  
53 Hand zu weisen sind. Zum einen einmal, dass EPS einige wirklich sehr beeindruckende  
54 Performanceindikatoren hat, was die Kosten anbelangt, was den Brandschutz anbelangt,  
55 was die Verarbeitbarkeit anbelangt und natürlich die energetische Performance.

56 Und mittlerweile ist die EPS-Industrie auch ziemlich weit, wenn es darum geht, Abfälle  
57 bei der Verarbeitung wieder zurückzunehmen. Da gibt es mittlerweile eine Kette, eine  
58 Lieferkette. Sie ist auch auf dem Weg, Recycling von alten EPS auf den Weg zu bringen.

59 Dort ist es allerdings schwierig, weil bis vor einigen Jahren giftige, bromhaltige Flamm-  
60 schutzmittel eingesetzt worden sind. Aber es tut sich was in dem Bereich. Und was  
61 auch nicht von der Hand zu weisen ist, viele Navaros, also zum Beispiel Stroh oder  
62 Hanf, brauchen als Stabilisatoren andere Elemente und sie behaupten, dass in typi-  
63 schen Hanfplatten ebenso viel Kunststoff drin steckt für die Stabilisatoren wie in einer  
64 EPS-Platte.

65 Überdies müssen sie behandelt werden mit Gift gegen Pilze und Insekten und alles  
66 Mögliche mit Brandschutzmittel. Und sie sind dann auch verklebt, also es ist auch eine  
67 Kontamination mit Klebstoffen. Das heißt, im Recycling sind die Navaros dem EPS gar  
68 nicht wirklich überlegen.

69 **I:** *Also auf den ersten Blick wirkt das meistens so, als wäre das nachhaltig, aber es ist  
70 dann bei genauer Betrachtung gar nicht so der Fall.*

71 **IP1:** Richtig. Insofern kann ich diesem Slogan, man klebt sich Sondermüll an die Wand, nicht  
72 folgen. Ich denke, dass EPS in Summe doch so große Vorteile hat, beziehungsweise  
73 die Alternativen auch große Nachteile haben, dass doch sehr viel dafür spricht, EPS  
74 weiterhin als bevorzugtes Material zu verwenden.

75 **I:** *Welche Rolle spielt die Auswahl an nachhaltigen Materialien in der Planung und Um-  
76 setzung und wie oft wird das dann wirklich angewendet?*

77 **IP1:** Ja, also ich würde sagen, wir sind da noch mitten in einem Entwicklungsprozess drin.  
78 Bearbeiten Sie auch Taxonomie und ESP?

79 **I:** *Nicht wirklich.*

80 **IP1:** Aber Sie wissen, worum es geht ungefähr?

81 **I:** *Ja.*

82 **IP1:** Dass von Seiten der Immobilienwirtschaft und der Bankfinanzierung da nachhaltige The-  
83 men hineingedrückt werden in die Systementscheidungen und auch schon ein erhebliches  
84 Umdenken stattgefunden hat auf Immobilienseite und Finanzierungsseite.

85 Aber so richtig mit Inhalt gefühlt ist es noch nicht. Also einfach zu sagen, mehr  
86 Nachwachsende, mehr Holz, das ist einfach zu wenig. Es braucht einen umfassenden  
87 Ansatz und das geht auch über Navaros und Energieeffizienz hinaus.

88 Also da sind auch soziale Aspekte von großer Bedeutung. Also dass man an die Ar-  
89 beitnehmergesundheit denkt, dass man an soziale Durchmischung denkt, dass man an  
90 besondere Bedürfnisse zum Beispiel von älteren Menschen und Familien mit Kindern  
91 denkt bei der Entwicklung der Immobilien. Also es ist sehr umfassend, sehr komplex  
92 und ist mit dem Einsatz von Navaros allein sicherlich nicht getan.

93 Aber wenn Sie auf Holz ansprechen, da gibt es sehr interessante Projektentwicklungen  
94 und technologische Entwicklungen und es erweist sich, dass Holz in viel größerem

95 Ausmaß anwendbar ist, als man das vor ein paar Jahren noch für möglich gehalten hat.  
96 Das halte ich für gut und richtig. Aber wir sind mitten im Entwicklungsprozess drin.  
97 Also insofern sind Sie genau richtig mit Ihrer Diplomarbeit.

98 **I:** *Also das wird ein immer mehr werdendes Thema.*

99 **IP1:** Es wird ein werdendes Thema, aber Sie müssen sich dessen bewusst sein, dass Sie mit  
100 noch keinen abgeschlossenen ausentwickelten Technologien zu tun haben werden. Also  
101 Ihre Diplomarbeit wird in zwei Jahren veraltet sein.

102 **I:** *Dann komme ich noch zu einer letzten Frage der thermischen Sanierungen, nämlich  
103 sind thermische Sanierungsmaßnahmen zwingend notwendig, um auf ein nachhaltiges  
104 Energiesystem umzurüsten, sprich eher Richtung Wärmepumpe?*

105 **IP1:** Ja, zum Beispiel in den Niederlanden heißt es Low Temperature Readiness. Wir haben  
106 es 80-20 Sanierungen genannt. Soll heißen, dass die Hülle so weit ertüchtigt wird, dass  
107 eine Umstellung auf Niedertemperaturheizung möglich ist.

108 Ich halte das für sehr vielversprechend, insbesondere in Gebäuden, wo wenig Geld  
109 drin ist. Das ist bei vielen Wohnbauten der Fall, aber auch im Bürobereich. Also das  
110 heißt, wenn Sie ein kompaktes Gebäude haben mit einer gewissen Größe, also Ihre  
111 15.000 Quadratmeter klingen nach einem großen Brummer, das kann schon sein, dass  
112 Sie da mit Teilmaßnahmen Auslangen finden, zum Beispiel neue Fenster, dass Sie auf  
113 Niedertemperatur umsteigen können.

114 **I:** *Zielt das auf den HWB-Wert ab? Gibt es irgendetwas, eine Kennzahl, wo man sagen  
115 kann, okay, das würde in Frage kommen, dass man da jetzt das Heizsystem tauschen  
116 kann?*

117 **IP1:** Also im Wohnbau ist so eine Leitgröße, wenn man in der Gegend von etwa 65 Kilo-  
118 wattstunden HWB ist, scheint es typischerweise machbar. In einigen Fällen wird es  
119 notwendig sein, Räume zu simulieren, also energietechnisch zu simulieren, um zu sehen  
120 ob man die Heizkörper vielleicht etwas verstärken muss. Aber in dieser Größenordnung  
121 65 HWB scheint es zu funktionieren, dass man auf Niedertemperaturheizung umstellt.  
122 Es gibt ja mittlerweile auch Hochleistungs-Wärmepumpen, die auch wenn es einmal  
123 wirklich kalt ist, 50 bis 55 Grad schaffen.

124 **I:** *Dann würde ich jetzt zur Umstellung vom Energiesystem kommen. Welche Heizsysteme  
125 kommen für eine Umstellung meistens in Frage und welche sind besonders nachhaltig,  
126 effizient für die Zukunft?*

127 **IP1:** Also Fernwärme in erster Linie. Sie ist zwar noch sehr fossil, das kennen Sie sicher, die  
128 Zahlen, aber sie gilt als regenerativ. Bei der Fernwärme ist halt auch zu berücksichtigen,  
129 dass eine Dekarbonisierung viel leichter ist als bei dezentralen Systemen.

130 Aus dem Grund wird Fernwärme durchwegs als regeneratives System angesehen, auch  
131 wenn, wie jetzt in Wien, immer noch sehr viel Gas zugeheizt wird. Am effizientesten  
132 dürfte aus derzeitiger Sicht die Wärmepumpe sein. Da wäre natürlich vorteilhaft, wenn  
133 die Gebäudehülle so gut ist, dass man mit 40 Grad Vorlauftemperatur tatsächlich  
134 auskommt.

135 Im Neubau ist das völlig unproblematisch, in der Sanierung ist es deutlich schwieriger  
136 und wie ich vorher gesagt habe, es gibt Grenzwerte, wo man auch bei mittelmäßiger  
137 Performance immer noch mit Wärmepumpe reingehen kann. Die ganz kalten Tage sind  
138 ja nicht so viele und es hängt natürlich auch mit anderen Aspekten wie der Kompaktheit  
139 des Gebäudes zusammen. Pelletsheizungen gelten auch als regenerativ und ich denke,  
140 dass in vielen Fällen sie auch eine gute Wahl sind, gerade wenn Hochtemperatur nötig  
141 ist, also wenn es sich mit der Wärmepumpe nicht ausgeht.

142 Moderne Pelletsanlagen sind hinsichtlich der Emissionen weit entwickelt, also Feinstaub  
143 und so Sachen sind bei modernen Anlagen kaum mehr ein Thema. Allerdings muss man  
144 natürlich berücksichtigen, wenn es in Richtung Skalierung geht, Holz ist natürlich auch  
145 ein endlich verfügbarer Rohstoff.

146 **I:** *Weil Sie es angesprochen haben, die Pelletsheizungen. Das Holz, also die CO-Emissionen  
147 kommen ja schon bei der Holzfällung sozusagen zum Tragen, das heißt, das Heizholz  
148 wird dem Landwirtschaftssektor zugeschrieben, es ist dann bei der Heizung CO2-neutral.  
149 Wie sehen Sie das? Dass das Holz meistens am Anfang so wirkt, als wäre das Holz eben  
150 sehr nachhaltig, CO2-neutral, obwohl es ja eigentlich nicht so ist?*

151 **IP1:** Ja, da gibt es Kritik daran, auch was den konstruktiven Holzbau angeht, dass der ja  
152 auch nur eine Senke ist, wenn dauerhaft das Holz verbaut bleibt, was ja typischerweise  
153 nicht der Fall ist. Irgendwann geht es wahrscheinlich in die thermische Verwertung. Was  
154 die Emissionsinventur angeht, das ist ein bisschen heikel, also ich habe mich da nicht  
155 so richtig in die Untiefen dieser Statistik eingelassen.

156 Es ist zum Beispiel auch so, wenn Sie von einer Holzheizung auf eine Wärmepumpe  
157 umsteigen, dann ist plötzlich die Emission nicht mehr beim Gebäudesektor, sondern  
158 beim Energiesektor, beim Strom. Also die Emissionsinventur, die hat da ein paar gröbere  
159 Unschärfen, die es ein bisschen heikel machen, da mit Zuordnungen zu arbeiten. Holz  
160 ist grundsätzlich vom CO2 her schon neutral, es sind aber andere Emissionen natürlich  
161 auch damit verbunden, NOX-Emissionen, aber wie gesagt, moderne Pellets-Heizungen  
162 haben schon sehr, sehr hohe Qualitäten.

163 **I:** *Welche Herausforderungen treten bei einer Umstellung auf ein modernes Heizsystem in  
164 Bestandsgebäuden auf, in Hinblick auf technische Anpassungen?*

165 **IP1:** Also wenn Sie Pellets machen wollen, brauchen Sie einen Lagerraum, einen ziemlich  
166 großen, der muss wasserdicht sein, also auch Überschwemmungen tun Pellets-Lagern  
167 nicht besonders gut, die quellen. Wenn Sie in Richtung Wärmepumpe gehen und es mit

168 PV kombinieren wollen, was natürlich sehr zweckmäßig ist, vor allem wenn Sie Kühlung  
169 auch mit abdecken. Ich kenne Fälle, wo ein großes Produktionsgebäude, da sollte PV  
170 draufgegeben werden und da hat die Baubehörde dann gesagt, da muss die Statik neu  
171 nachgewiesen werden für das Dach und das hätte mit der neuen, also die Statik wurde  
172 vor ein paar Jahren einmal kräftig verschärft mit der Schneelast, da hat es einmal so  
173 einen Einbruch von einer Halle gegeben und das hätte also bedeutet, wenn die auf dieser  
174 großen Halle PV errichten wollen, müssen sie das ganze Dach neu errichten und zwar  
175 nicht nur die Deckung, sondern die ganze Statik. Das wäre nie möglich gewesen, also  
176 das sind ein paar wirklich dumme Regelungen in Geltung. Also das ist, wenn Sie PV  
177 errichten, manchmal ein echt nerviges Thema, dass Sie es mit dem geltenden Konsens  
178 in der Anlage nicht unterbringen können.

179 Ansonsten, Wärmepumpen sind vom Platzbedarf her sehr bescheiden, Pelletsanlagen  
180 weniger, also Pelletskessel, die sind natürlich größer und brauchen auch Pufferspeicher.  
181 Pufferspeicher sind generell ein Thema zur Zwischenlagerung von Wärme, die müssen  
182 Sie auch irgendwo unterbringen. Also man muss sich den Einzelfall anschauen.

183 **I:** Zurück zur Wärmepumpe, wie schaut es hier mit Lärm aus, gerade im städtischen  
184 Bereich? Also im Innenhof beziehungsweise am Dach aufgestellt.

185 **IP1:** Innenhof ist heikel, weil das manchmal so Trichterwirkung hat. Am Dach müsste es  
186 meistens schon gehen, die Ventilatoren laufen doch relativ langsam und die Kompressoren  
187 sind mittlerweile auch in einer Schaltklasse, dass es nicht allzu sehr stört. Oft wird  
188 gesagt, dass wenn es sichtgeschützt ist, also wenn man es nicht sieht, hört man es auch  
189 nicht.

190 Also man kann mit einem Sichtschutz unter Umständen auch die Belästigung für  
191 Nachbarn reduzieren. Hof ist aber generell grenzwertig.

192 **I:** *Also Sie würden es, wenn es möglich ist, eher am Dach empfehlen?*

193 **IP1:** Eher am Dach, ja. Da muss man natürlich die Statik wiederum berücksichtigen. Die  
194 Wärmepumpen haben doch ein erhebliches Gewicht.

195 **I:** *Kurz jetzt noch zum Vergleich, Wärmepumpe und Fernwärme. Welche Vor- und Nachteile  
196 sehen Sie bei der Fernwärme im Vergleich zur Wärmepumpe?*

197 **IP1:** Also die Fernwärme ist typischerweise im Betrieb teurer, wegen den Leitungsverlusten,  
198 weil ein zusätzlicher Unternehmer zwischengeschaltet ist, weil hohe Investitionskosten  
199 damit verbunden sind. Hat aber den großen Vorteil, dass die Verantwortung der Fern-  
200 wärme übergeben werden kann. Währenddessen, wenn Sie eine Wärmepumpe realisieren,  
201 müssen Sie die auch warten als Immobilieneigentümer.

202 Also wenn der Betrieb der Halle und der Besitz der Immobilie getrennt sind, spricht sehr  
203 viel für Fernwärme. Der Immobilieneigentümer kann einfach Verantwortung abgeben

- 204 und der Betreiber, der Mieter direkt mit der Fernwärme seine vertragliche Vereinbarung  
205 hat. Bei der Fernwärme gibt es da natürlich auch keine Folgeinvestitionen.
- 206 **I:** *Das heißt, es bleibt einmal bei den Anschlusskosten, keine laufenden Betriebskosten.*
- 207 **IP1:** Genau. Um es auf den Punkt zu bringen, als Selbstnutzer wird die Wärmepumpe wahr-  
208 scheinlich deutlich günstiger sein in der Verbindung von Investitions- und Nutzerkosten.  
209 Wenn Sie einen Fremdnutzer haben, spricht sehr viel für Fernwärme.
- 210 **I:** *Wenn Sie sich jetzt entscheiden zwischen Wärmepumpe und Fernwärme in Hinblick auf  
211 Kosten, Umweltfreundlichkeit. Gerade jetzt noch Fernwärme, ich glaube drei Viertel der  
212 Fernwärme in Wien ist derweil noch aus KWK-Kraftwerken.*
- 213 *Wie würden Sie das noch kurz vergleichen?*
- 214 **IP1:** Ja, wie ich gesagt habe, als Selbstnutzer und außerhalb von Fernwärmeversorgungs-  
215 gebieten Wärmepumpe. In Fernwärmeversorgungsgebieten und wenn ich Fremdnutzer  
216 habe, eindeutig Fernwärme.
- 217 **I:** *Ist es aus Ihrer Sicht notwendig, bestehende Wärmeabgabesysteme, gerade bei Bestands-  
218 gebäuden, wo Heizkörper noch im Einsatz sind bei einer Umstellung auf Wärmepumpe  
219 zum Beispiel, zu erneuern?*
- 220 **IP1:** Ja, unsere Erfahrung ist, wenn Sie auf eine Flächenheizung umstellen, das geht typi-  
221 scherweise nur bei mietfreien Wohnungen. Bei aufrechten Nutzungen ist es technisch  
222 und praktisch unmöglich umzusetzen. Das beantwortet einen guten Teil der Frage.
- 223 Also typischerweise sind die Nutzer auch sehr unrund, wenn in ihrer Wohnung oder  
224 in ihrem Büro Bauarbeiten stattfinden. Also nach meiner Erfahrung versucht man,  
225 soweit es geht, ohne Eingriffe in der Wohnung auszukommen. Also sprich, dass das  
226 wohnungssinnseitige Wärmeverteilsystem so gut wie möglich aufrecht bleibt und statt  
227 der Gastherme dann eine Wohnungsstation mit einem Wärmetauscher einbaut.
- 228 Allenfalls, wenn man die Temperatur absenkt, den einen oder anderen Heizkörper  
229 austauscht.
- 230 **I:** *Das heißt, man muss nicht zwingend auf Flächenheizsysteme wie Fußbodenheizung  
231 umstellen, wenn man mit einer niedrigeren Vorlauftemperatur arbeiten will.*
- 232 **IP1:** Ja, es gibt aber auch innovative Ansätze. Wenn Sie mal googeln, RENVELOP, das ist  
233 ein Forschungsprojekt, in dem ich involviert bin. Da haben wir drei Demonstratoren,  
234 ein Wohnbau, eine Schule und ein Bürogebäude glaube ich, oder ein Heim.
- 235 Also da ist Ihre Typologie durchaus auch dabei und da wird eine Flächenheizung von  
236 außen an der Wand angebracht. Also da wird das Heizsystem komplett umgedreht und  
237 das alte Heizsystem kann dann abgewickelt werden. Das ist ein sehr spannender Zugang,  
238 aber relativ im hochpreisigen Bereich.

- 239 **I:** *Dann komme ich zum letzten Punkt. Zu Beispielen aus Ihrer Erfahrung. Haben Sie*  
240 *da ein besonders gutes Beispiel, wo Sie sagen, wo eine thermische Sanierung und eine*  
241 *Heizungsumstellung erfolgreich umgesetzt worden ist. Was wurde gemacht bzw. was*  
242 *waren die Herausforderungen?*
- 243 **IP1:** Ja, im Wohnbau gibt es sehr viele Objekte mit sehr anspruchsvollen Sanierungen.  
244 RENVELOP sind da sehr gute Beispiele. Auch Wiener Wohnen hat zum Beispiel der  
245 Che-Guevara-Hof, wenn ich mich recht erinnere.
- 246 Der ist in der Nähe vom Zentralfriedhof. Eine sehr, sehr große Gemeindewohnanlage,  
247 die auf barrierefrei umgestellt wurde. Also Lifttürme außen, wo man dann nicht im  
248 Halbstock, sondern im Stock in die Geschosse reinkommt.
- 249 Aufgestockt, 20 Zentimeter an Wänden. Also ich glaube fast auf Passivhausstandard  
250 saniert. Also wirklich sehr beeindruckend.
- 251 Ich bin dann aber auch der Ansicht, dass wir es das Pareto-Prinzip nennen, 80-20-  
252 Sanierungen, wo bei Häusern, wo einfach wenig Geld in der Rücklage ist, man versucht  
253 mit geringstmöglichem Aufwand an der Gebäudehülle eine Umstellung auf regenerative  
254 Heizsysteme zustande zu bringen. Da haben wir Pilotprojekte gemeinsam mit der  
255 Wohnbaugenossenschaft Wien Süd. Also ich bin der Ansicht, dass man unterschiedliche  
256 Ansätze verfolgen soll.
- 257 Es ist einfach nicht so, dass ein Sanierungszugang der richtige für alle Objekte ist.

## B.2 Interview 2

**Datum: 23.01.2025**

- 258 **I:** *Kurz zu Ihnen, können Sie sich / Ihr Unternehmen bitte kurz vorstellen und Ihren*  
259 *beruflichen Hintergrund / Ihre unternehmerische Tätigkeit darstellen?*
- 260 **IP2:** Okay, also wir sind eine Beratung und erste Anlaufstelle allgemein für Sanierungen  
261 im Wohngebäudesektor. Sprich, egal ob man jetzt gefördert sanieren möchte oder ob  
262 man ungefördert sanieren möchte, sowohl was das Gebäudetechnische als auch die  
263 thermische Hülle angeht, kann man sich an uns wenden. Und wir sind eine kostenlose  
264 Beratungsstelle, unsere Beratungen sind kostenlos und, was wollte ich jetzt sagen?  
265 Entschuldigung, jetzt bin ich kurz hängen geblieben. Richtig, genau und ob es gefördert  
266 oder ungefördert ist, ist nicht relevant in dem Sinn. Und es ist sowohl für Mehrfamilien-  
267 häuser als auch für Einfamilienhäuser sogar runter bis zu Kleingartenhäusern.
- 268 **I:** *Okay, also eigentlich kann jeder zu Ihnen kommen?*
- 269 **IP2:** Richtig, genau, sogar Wohnungseigentümer, da haben wir ein spezielles Beratungspro-  
270 dukt, weil das ist so eine schiere Masse in Wien, da machen wir Orientierungsabende  
271 gemeinsam.

- 272 **I:** *Also Wohnungseigentümer, wenn die gesammelt kommen?*
- 273 **IP2:** Richtig, das machen wir auch, das sind dann sogar spezielle Beratungen für Haus-  
274 versammlungen, die bieten wir auch an. Für die Wohnungseigentümer machen wir es  
275 meistens so, dass wir das sozusagen als Sammelberatung haben, der Wohnungseigentü-  
276 merabend, weil die Masse schwer zu bewältigen wäre und die Fragen oft sehr ähnlich  
277 sind. Wohnungseigentumsgesetz, diese Themen, was darf ich, was kann ich überhaupt?
- 278 **I:** *Das ist glaube ich auch ein bisschen im WEG Bereich, ein bisschen schwieriger.*
- 279 **IP2:** Genau, richtig, da kann man auf vieles, 80 Prozent der Fragen sind sehr, sehr ähnlich.
- 280 **I:** *Welche Rolle spielen thermische Sanierungen und Heizungsumstellungen in Ihrem Un-  
281 ternehmen?*
- 282 **IP2:** Eine ganz große Rolle, es ist unser Hauptberatungsfokus.
- 283 **I:** *Dann komme ich zum ersten Thema, thermische Sanierungen. Welche thermischen  
284 Sanierungsmaßnahmen sind Ihrer Erfahrung nach in Bestandsgebäuden am effektivsten?*
- 285 **IP2:** Gut, kommt ganz auf das Bestandsgebäude an. Muss man dazu sagen, ich sage immer,  
286 viele Bestandshäuser kümmern sich nicht um ihre low-hanging-fruits und das sind zum  
287 Beispiel obere Geschossdecken, haben wir sogar in der Bauordnung drinnen, muss durch  
288 die Wohnungseigentümergeinschaft durch, passiert nur oft jahrelang nicht. Wäre  
289 jetzt ein Klassiker, die 50er-Jahre-Häuser, wo wirklich nichts gemacht wurde seit 60, 70  
290 Jahren.
- 291 **I:** *Hat schon einen großen Mehrwert mit geringen Kosten.*
- 292 **IP2:** Richtig, sehr wenige Kosten, technisch, weil die meisten eine klassische Betondecke  
293 haben, also auf Beton drauf, irgendwie sonst unterschiedlich mit Stahl oder noch mit  
294 Ziegeleinhang, aber von der Diffusionsgeschichte her kein Thema, also das sind mal diese  
295 50er-Jahre-Häuser. Ansonsten, wenn wir über den gründerzeitlichen Bestand sprechen,  
296 ist die Sache schon ein bisschen differenzierter. Oftmals sind es die Hofseiten, die auch  
297 nicht angefasst werden, obwohl man sie sehr leicht anfassen könnte, da hat man keine  
298 Thematiken, das sind keine erhaltenswürdigen Fassaden, die sind zu 90 Prozent glatt,  
299 Fenster, überhaupt nicht mehr Kastenfenster, Originalbestand, das sind oft Fenster aus  
300 den 80er-Jahren drinnen oder irgendwelche Einfachverglasungen wegen Kriegsschäden  
301 noch.
- 302 Also da sind so diese Sachen im Wiener Gebäudebestand, wo man eigentlich mal viel  
303 erreicht, danach geht es natürlich darüber hinaus, dass man bei den 50er-, 60er-Jahre-  
304 Häusern die Fassaden macht, Fassadenfenster. Da ist man dann eh schon im Umfassenden  
305 darin drinnen, aber es gibt halt tatsächlich einen relativ großen Gebäudebestand, der  
306 gar nicht saniert wurde.

- 307 **I:** *Vielleicht weicht das jetzt kurz ab, aber wie ist das bei Gründerzeithäusern, bei den*  
308 *gegliederten Fassaden?*
- 309 **IP2:** Kommt ganz drauf an, man könnte sagen, die Häuser aus der Gründerzeit, die entstuckt  
310 wurden, haben sie natürlich leichter, die müssen nicht nachbilden, vielleicht haben sie ein  
311 bisschen Auflagen, wenn sie trotzdem in einer Schutzzone sind, aber prinzipiell können  
312 die dämmen. Bei den Häusern mit einer gegliederten Fassade, da steht man tatsächlich  
313 vorm Thema, mache ich nichts oder mache ich teure, nachgerechnete Innendämmungen.  
314 Mit allen Nachteilen, die darin entstehen können.
- 315 **I:** *Von außen sonst, wie ist es mit Dämmputz?*
- 316 **IP2:** Das wird extrem selten gemacht, Aerogelputze, ja, es werden wohl Dinge möglich, aber  
317 ab dem Zeitpunkt, wo man bei einer gegliederten Fassade ist, ist es dann oft einfach  
318 der Stoppunkt erreicht und wird gesagt, okay, die bleibt genauso, wie sie ist, vielleicht  
319 wirklich gerade mal ein bisschen in Richtung Dämmputz, aber es wird wirklich, die  
320 werden oft einfach nur erhalten, da ist nicht der ärgste Innovationsgedanke dahinter,  
321 dass man diese Fassaden von außen angreift, bei ganz vielen ist es auch gar nicht  
322 erlaubt, da braucht man gar nicht drüber nachdenken, also wenn man die Kombi hat  
323 aus Schutzzone und gegliederte Fassade und dann noch Kastenfenster drinnen, dann ist  
324 die ganze Wand schon geschützt.
- 325 **I:** *Welche Dämmmaterialien und Technologien halten Sie derzeit für besonders innovativ*  
326 *und nachhaltig?*
- 327 **IP2:** Ja natürlich, also von dem, ich meine klar, es gibt die vorgefertigte, die direkten  
328 Fassadendämmungen, wo tatsächlich vorkonstruiert wird, mit Laser abgemessen wird  
329 und es direkt davor gehängt wird, wo schon Haustechnik teilweise drinnen ist, Anschlüsse,  
330 das ist aus meiner Sicht tatsächlich für, wenn man sich zum Beispiel Gemeindebauten  
331 anschaut, die exakt gleich sind, immer wieder die gleichen Blöcke, wo noch relativ viel  
332 zu tun ist, die man mit diesen Elementen, weil es Klone sind voneinander, maximal  
333 Spiegelverkehr, also das, das finde ich ganz interessant, diese serielle Sanierung, also dass  
334 man wirklich in der Fabrik anfängt und vorhängt. Ansonsten von den Dämmmaterialien  
335 her ja, also ich bin ein Fan der nachhaltigen Rohstoffe, was man immer halt bedenken  
336 muss, sie sind ja chemisch behandelt, ja, es ist ja die Zellulose, die aufgeflockt wird, ja,  
337 es ist mit Bohr behandelt, es wirkt total natürlich, ja, aber es ist natürlich nicht 100 %,  
338 aber das ist ja dann auch wieder ein bisschen so eine theoretische Diskussion, weil es  
339 ist ja trotzdem aus einem Abfallprodukt, ja, sprich die CO<sub>2</sub>-Bilanz, ja, ist ja trotzdem  
340 großartig im Vergleich dagegen, aber viele, viele Leute haben dieses, das ist ja Natur  
341 pur, das ist ja nur, aber das stimmt natürlich nicht, ja, also Schafwolle, Dämmplatten  
342 sind auch, die rennen auch durch Fabrik durch, ja, die werden entfettet, die werden  
343 behandelt, die werden eingespritzt mit Schädlingschutzmittel.

- 344 Also es ist von der CO<sub>2</sub>-Bilanz her, man muss immer sagen, in welche Richtung geht die  
345 Diskussion, die CO<sub>2</sub>-Bilanz ist super, ja, es ist halt nur immer eine Frage, von welcher  
346 Richtung man das aufzählt, es gibt halt dann Kunden, die sind dann total enttäuscht,  
347 wenn sie draufkommen, okay, das ist ja, da ist ja doch Chemie drinnen, ja, es gibt diese  
348 Schiene, ja, da ist ja doch Chemie drinnen, die sind dann manchmal enttäuscht, wenn  
349 man sagt, das ist natürlich nicht direkt vom Schaf, die Schafwolle, ja, das ist schon
- 350 **I:** *Welche Rolle spielt die Auswahl von nachhaltigen Materialien hier, oder wie oft werden*  
351 *die tatsächlich auch verwendet? Spielen sie eine Rolle überhaupt?*
- 352 **IP2:** Ja, spielen schon eine Rolle und zwar deshalb, weil die Bundesförderung, die ja vor  
353 kurzem ausgelaufen ist, hat die nachhaltigen Rohstoffe wirklich gut gefördert, klingt jetzt  
354 komisch, aber es war einfach der Anreiz, der ökonomische Anreiz war da, dadurch, dass  
355 man nur 25 Prozent von allen zu dämmenden Flächen, also Fenster auch abgerechnet,  
356 hat man ja nur mit nachhaltigen Rohstoffen dämmen müssen, und das war bei gewissen  
357 AV-Verhältnissen sehr leicht möglich, dass man in eine weit bessere Stufe gerutscht  
358 ist, dadurch, dass man sich zum Beispiel für die oberste Geschossdecke für Zellulose  
359 entschieden hat.
- 360 **I:** *Also es spielt durchaus eine große Rolle?*
- 361 **IP2:** Es hat in der Beratung für uns eine Riesenrolle gespielt, ja, das haben viele Leute gar  
362 nicht, für die war das, das hat man gar nicht so am Schirm gehabt, dass es da auch  
363 wirklich Anbieter gibt, die das aufbringen, dass das eben im Bereich von den Herstellern  
364 sich sehr viel eigentlich getan hat, dass man sich das auch wirklich recht gut aussuchen  
365 konnte dann schon in dem Bereich, ja. Also definitiv, ja.
- 366 **I:** *Gibt es Hemmnisse, die den Einsatz nachhaltiger Materialien einschränken? Kosten,*  
367 *Verfügbarkeit, technische Anforderungen?*
- 368 **IP2:** Ja, mit Sicherheit, ja. Also technische Anforderungen ab Gebäudeklasse 5, glaube ich.  
369 Also es wird, je höher man von der Gebäudeklasse geht, umso mehr ist halt Brandschutz  
370 ein Thema, ja, da kann man gar nicht diskutieren und mit manchen nachhaltigen  
371 Rotstoffen kriege ich es nicht hin.  
372 Also Mineralwolle.
- 373 **I:** *Gerade mit Brandschutz werden wahrscheinlich auch alle stark nachbehandelt sein.*
- 374 **IP2:** Ja, richtig, sie müssen sehr stark nachbehandelt werden, also manche, glaube ich,  
375 Schafwolleprodukte, da möchte ich gar nicht wissen, was da drinnen ist, ja, dass die  
376 in die Brandschutzklasse kommen, aber es gibt einfach Sachen, wo man sagt, da greift  
377 man auf die Mineralwolle zurück, Punkt. Damit bin ich auf der sicheren Seite, ja, das  
378 kriege ich nicht hin.

- 379 **I:** *Sind thermische Sanierungsmaßnahmen zwingend notwendig, um auf ein nachhaltiges*  
380 *Energiesystem umzurüsten?*
- 381 **IP2:** Es kommt ganz drauf an, wie es schon dort steht, das Haus.
- 382 **I:** *Kann man das eingrenzen?*
- 383 **IP2:** Ja, also es ist, ich meine, auch wenn es jetzt vielleicht billig ist, aber diese Klimaaktivma-  
384 trix finde ich wirklich nicht schlecht, die das ganz einfach aufzeichnet, ja, mit von grün zu  
385 rot, ab wann es happig wird, ja, und man kann kompensieren, ja. Die Frage ist, will ich  
386 es? Wenn ich, wenn ich selbst beim Gründerzeitgebäude noch Potenzial habe, thermisch  
387 das Haus auf Vordermann zu bringen, ohne dass es mich halb in den Ruin treibt, ja,  
388 weil ich zum Beispiel obere Geschosdecke noch habe, Keller, Kellerdeckendämmung  
389 und eine Hofseite, dann unbedingt das vorher machen, bevor man, wenn man zum  
390 Beispiel sich nicht an die Fernwärme anschließen kann, sich mehr oder weniger verbiegt  
391 und sagt, okay, ich muss auf tiefen Bohrungen oder auf eine Grundwasserwärmepumpe  
392 setzen, weil eine Luftwasserwärmepumpe, das kriege ich nicht hin, ja, das kriege ich  
393 von den Schallemissionen nicht hin, das kriege ich von der Leistung kaum hin, da muss  
394 ich Kaskadenlösungen machen, ja. Also es gibt, es gibt einfach Situationen, wo man  
395 sagen muss, also da braucht man nicht diskutieren, da muss vorher thermisch, muss  
396 sinnvollerweise thermisch vorher was gemacht werden.
- 397 **I:** *Kann man das eingrenzen mit dem HWB-Wert zum Beispiel?*
- 398 **IP2:** Ja, schon. So 60, 70 ist, sagt man oft, ist irgendwie so ein Knackpunkt, so Richtung 70,  
399 vielleicht noch mit tiefen Bohrungen, weil es halt einfach mit der Vorlauftemperatur  
400 korreliert und man kann natürlich auch, ohne dass ich die Hülle angreife, einfach durch  
401 Flächenheizungen, durch irgendwelche Speziallüfter bei Radiatoren es noch ein bisschen  
402 runter drücken, aber es ist ja auch die Energiemenge, die ich reinstecken muss, die muss  
403 ich irgendwie stellen. Ich habe nicht unendlich Platz zum Beispiel für Sonden.  
404 Es ist gescheiter, ich verbrauche es nicht, ja. Aber es gibt schon so, also wenn es nicht  
405 mehr sanierbar ist, die Häuser tun mir eigentlich leid, ja. Also die nicht dürfen, nicht  
406 können, ja.
- 407 **I:** *Also sind thermische Sanierungsmaßnahmen, wenn es geht, auf jeden Fall zuerst zu*  
408 *machen, um den Energieverbrauch generell mal zu drücken.*
- 409 **IP2:** Auch wegen der Auslegung vom Heizsystem. Es sind unnötige Kosten, weil sie über-  
410 dimensioniert sind, dann ohnehin. Schlecht abgestimmt, dann muss man das wieder  
411 nachziehen.
- 412 **I:** *Dann kommen wir zum nächsten Thema, eben Umstellung vom Energiesystem. An*  
413 *welche Heizsysteme kommen für eine Umstellung in Frage und welche davon sind*  
414 *besonders nachhaltig und effizient für die Zukunft?*

415 **IP2:** Also von der Technologie, wie sie sich weiterentwickelt, in welche Richtung das geht, sind  
416 es definitiv die Wärmepumpen, auch weil es mit den Kältemitteln, nennen wir es mal so,  
417 es entschärft sich mit den Kältemitteln. Also Propan war noch vor paar Jahren gar nicht  
418 so sehr das Thema, dass man das wirklich, also ich glaube es entwickelt sich zum neuen  
419 Standard, hat Vorteile bei höheren Vorlauftemperaturen, wenn ich mit Propan arbeiten  
420 kann. Und muss man auch sagen, die Lösungen werden innovativer, also so gekoppelte  
421 Lösungen tatsächlich, wo ich sage, wir haben mittlerweile so seltsame Winter, wo man,  
422 der ist jetzt gerade ein bisschen komisch, aber so diese Winterphasen, wo ich über fünf  
423 Grad bin, bis zu sieben Grad rauf, wo sich dann zum Beispiel so Lösungen mit, ich  
424 habe massive Rückkühler, ganz einfach übertrage das an der Sohle und kombiniere es  
425 mit einer tiefen Bohrung, dann kann ich mit weit weniger Bohrungen arbeiten, ich habe  
426 vielleicht eh nicht den Platz. Also in der Richtung tut sich halt bei den Wärmepumpen  
427 sehr viel, die sind, ja es gibt physikalische Grenzen, aber sie sind auch nicht ausgereizt,  
428 einfach durch das, was man kombinieren kann, wie man es abstimmen kann, die ganze  
429 Steuerungsregelungstechnik dahinter.

430 Die entwickeln sich halt wirklich weiter von den Ideen, das Thema ist halt auch das  
431 Handwerk einfach in Österreich. Also die Geräte gibt es, die Hersteller, sie müssen  
432 halt geplant und verbaut werden, also die Planungsdienstleistungen und dann halt  
433 tatsächlich das Handwerk, was dann wirklich verbaut wird.

434 **I:** *Gibt es sonst noch weitere, wie schaut es mit Pellets aus?*

435 **IP2:** Wir sind beim Pellets Brennwert angelangt, vor Jahren schon. Also ich meine, ich  
436 beschäftige mich jetzt nicht so viel mit, ich verbrenne Sachen, wenn ich es nicht  
437 verbrennen muss. Natürlich wäre es gut, wenn sich in die Richtung noch mehr tut, weil  
438 es einfach Häuser gibt, wo man sagen muss, wenn die Fernwärme nicht in der Nähe ist,  
439 wenn ich keine Wärmepumpe sinnvoll verbauen kann, was bleibt dann über?

440 Scheitholz, Pellets. Und das ist ja auch gerechtfertigt, irgendwie muss ich ja heizen,  
441 wenn ich nicht weiter Gas verbrennen will, was soll ich nehmen?

442 **I:** *Also eher in Ausnahmen, wenn es anders nicht möglich ist.*

443 **IP2:** Aus meiner Sicht klar in Ausnahmen.

444 **I:** *Und wie ist es, wenn ich einen Fernwärmeanschluss habe, wird dann wahrscheinlich  
445 immer zu raten sein, Fernwärme zu nehmen, abgesehen von den Förderungen?*

446 **IP2:** Man muss es mit der Fernwärme einfach so betrachten, es gibt vor allem Häuser, die  
447 parifiziert oder abverkauft wurden, die Leute lassen niemanden in die Wohnung rein.  
448 Also wenn ich auf einem Mittel- bis Hochtemperatursystem bin, ich habe immer das  
449 schwächste Glied. Ich muss leider für die schlechteste, exponierteste Wohnung, muss ich  
450 die Vorlauftemperatur herstellen.

451 Wenn ich da gar nicht in die Wohnung reinlasse, habe ich gar keine andere Möglichkeit,  
452 als dass ich das auf den auslege. Da ist die Fernwärme natürlich praktisch, weil sie kann  
453 mir diese hohen Temperaturen liefern und ich habe halt relativ gute Chancen, dass ich  
454 das auch bei Wohnungseigentümersammlungen durchkriege, weil für die Leute ist es  
455 einfach zu verstehen. Man hat vielleicht, wenn es gut geht, irgendeinen alten Heizkeller,  
456 wo irgendwie Kohle noch gelagert war, man bohrt durch, macht eine Heizzentrale, macht  
457 eine Übergabestation, macht einen Wartungsvertrag und im Idealfall ist das Haus genau  
458 zu dem Zeitpunkt im Zustand, wo man sagt, man muss sowieso in die Stiegenhäuser  
459 was machen.

460 Oder ich kann vielleicht alte Kaminen nutzen, was aber oft nicht geht, weil die Kamine  
461 eher verzogen sind. Also es ist gar nicht so leicht über Kamine dann Fernwärmerohre  
462 zu ziehen. Aber ja, das kriegt man hin.

463 Den Leuten zu sagen, okay, wir müssen in der Wohnung Heizkörper tauschen, vielleicht  
464 Wandheizungen einfräsen. Das ist für, wenn ich 100 Prozent Zustimmung brauche oder  
465 wenn ich da von dem einen die Zustimmung brauche, da sind wir auf einer anderen  
466 Ebene. Also so Entscheidungen zu treffen.

467 Mit Reingehen in die Wohnungen, in den Wohnungen nachbessern, mehr Heizkörper,  
468 größere Heizkörper. Das ist schon ganz eine andere Geschichte, wie zu sagen, alles bleibt  
469 in deiner Wohnung gleich. Das Einzige, was passiert, deine Gastherme wird rausgerissen  
470 und genau an dem Fleck, wo die Gastherme war, hast du vielleicht eine Wohnungsstation  
471 hängen oder stehen.

472 Das kriegt man hin. Das können auch die Hausverwalter vielleicht verkaufen.

473 **I:** *Welche Herausforderungen treten bei der Umstellung auf ein modernes Heizsystem*  
474 *in Bestandsgebäuden auf, insbesondere im Hinblick auf technische Anpassungen und*  
475 *Kosten?*

476 **IP2:** Ja, eins ist sicherlich, dass nicht jeder interessiert sich dafür, wie eine Wärmepumpe  
477 funktioniert oder warum größere Flächenheizungen von Vorteil sind. Also sicherlich  
478 ein Mangel an Wissen, was man den Leuten aber nicht vorwerfen kann, wenn das  
479 nicht sein Beruf ist. Das Zweite, was ich tatsächlich ein bisschen als Problem sehe, ist,  
480 WEG-Beschlüsse sind sehr langsam.

481 Es zieht sich, es dauert, die Förderlandschaft ändert sich dazwischen. Dazwischen  
482 versterben Leute. Ich brauche 100 Prozent Zustimmung bei vielen Dingen.

483 Das Dritte aus meiner Sicht sind tatsächlich WEG-Wohnungen, wo Wohneinheiten  
484 komplett vermietet sind. Diese Wohnungen, das sind Anlegerwohnungen, die sind auf  
485 Rendite.

486 Dann wird der Stift angesetzt und dann kommt halt mal raus, okay, warum soll ich  
487 das jetzt tun? Der Mieter zahlt seine Heizkosten. Wenn ich jetzt zustimme, dass das  
488 Haus thermisch saniert wird, was ich davor machen soll, bevor ich das Heizsystem

489 dekarbonisiere, warum sollte ich es machen? Wenn der Mieter eine hohe Gasrechnung  
490 hat, kann mir das für den Vermieter fast egal sein.

491 **I:** *Also ich schätze, das kann man auch umlegen auf Bürogebäude, wenn die vermietet sind,*  
492 *oder?*

493 **IP2:** Bürogebäude ist vielleicht ein bisschen schwieriger, weil ich weiß jetzt nicht, wie die  
494 Bürolandschaft gerade aussieht, aber vielleicht sind Firmen mobiler, was das angeht.  
495 Aber am Wohnungsmarkt, Leute tun sich sehr schwer, eine Wohnung aufzugeben, bloß  
496 weil sie sich über den Vermieter ärgern, weil gute Förderungen im Prinzip da wären und  
497 das Haus könnte saniert werden. Und über wessen Vermieter ärgere ich mich eigentlich?  
498 Wenn der sagt, ja, aber der andere, der die Wohnung vermietet, mag auch nicht, kann er  
499 wunderbar das auch weiterschieben. Also da ist sicherlich das Wohnungseigentumsgesetz,  
500 hat er wahrscheinlich nicht ganz so im Blick, dass durch Wandel in der Zeit die  
501 Entscheidungsfindung so schwierig wird, wenn viel vermietet ist.

502 **I:** *Welche Vor- und Nachteile sehen Sie bei der Verwendung von Wärmepumpen im Vergleich*  
503 *zu Fernwärme?*

504 **IP2:** Vor- und Nachteile?

505 **I:** *Also wenn man jetzt Förderungen weg nimmt, wenn man sich jetzt entscheiden müsste.*

506 **IP2:** Klingt komisch, aber ein Faktor ist tatsächlich der Lärm.

507 **I:** *Von Luftwasserwärmepumpen?*

508 **IP2:** Wenn man sich hier so diese Häuserzeilen anschaut, wenn man jetzt mal sagt, ich meine  
509 hier ist Fernwärme versorgt, aber mit riesigen Lüftungsschächten auf den Dächern, in  
510 den Kellern, das wäre ein Faktor, die Innenhöfe würden rauschen.

511 **I:** *Wie ist es mit der Montage am Dach?*

512 **IP2:** Ja, auch dann. Kann dann wiederum der totale Hemmschuss sein für einen Dachge-  
513 schossausbau. Also wenn er schon ausgebaut ist, sagt er vielleicht sicherlich nicht neben  
514 meiner Dachterrasse.

515 Wenn er noch nicht ausgebaut ist, dann tun sich vor allem WEGs wahnsinnig schwer,  
516 das umzusetzen, weil sie sagen, ja das kann ich ja alles wieder rückbauen, dann kann  
517 ich den Dachboden nicht verkaufen. Also die Luft als Wärmequelle bei Wärmepumpen  
518 hat das als, man muss halt dazu sagen, Grundwasser ist wirklich nicht überall, also  
519 es gibt Häuser, das ist super. Tiefenbohrungen ist einfach der Platz ein Thema. Bei  
520 Fernwärme habe ich keinerlei Lärm.

521 Es ist bequem. Und die Vorlauftemperatursache, es gibt sicherlich, es geht schon  
522 wirklich gut durchsanierte Gründerzeithäuser, wo vielleicht ein Dachgeschossausbau

- 523 sogar drauf gesetzt wurde. Das ist dann noch einmal zusätzlich, wenn der hochqualitativ  
524 ausgeführt worden ist, die kriege ich schon auf ein Wärmepumpen-Level eher Richtung  
525 Tiefenbohrungen, einfach weil ich bessere Wirkungsgrade dann habe durch die Quelle,  
526 weil die höher ist.
- 527 **I:** *Und wie schaut es mit Nachhaltigkeit aus? Also Stand jetzt mit Wärmepumpe, wenn*  
528 *man sagt ich beziehe den Strom aus erneuerbaren Quellen?*
- 529 **IP2:** Man kann es sich mit der Fernwärme halt recht gut machen, also recht gut lösen. Wenn  
530 das Ziel ausgegeben wird von der Stadt, die Fernwärme hat, CO2-neutral zu werden,  
531 bis 2040 glaube ich, ist das Ziel, kann ich mich als Vermieter dann zurücklehnen und  
532 sagen, okay, ich vertraue darauf.
- 533 **I:** *Also der Vorteil ist auf jeden Fall bei Fernwärme, dass man sich zurücklehnen kann.*
- 534 **IP2:** Da kann man sich zurücklehnen, ja. Und man muss auch halt sagen, eben im dichten  
535 bebauten, es gibt ja diesen Wiener Wärmeplan und da ist ja drauf geschaut, was ist die  
536 Energiedichte, wie dicht stehen die Häuser, wie viele Leute wohnen da.  
537 Und wenn man die Fernwärme schafft, dadurch, dass sie ein Hochtemperatursystem ist,  
538 dass man sie im absoluten Stadtkern hält und dort ruhig eine hohe Energiedichte hat,  
539 ist es ja sinnvoll. Aber natürlich durch die Verluste irgendwie sich rauszusprageln.
- 540 **I:** *Die Leitungsverluste?*
- 541 **IP2:** Die Leitungsverluste in die Vorstädte raus. Da muss man sich dann die Frage stellen,  
542 warum.
- 543 **I:** *Also gerade ein bisschen außerhalb vom Stadtzentrum spielen Wärmepumpen eine viel*  
544 *größere Rolle?*
- 545 **IP2:** Ja, ja, spielt es auf jeden Fall. Es ist ja auch im Wiener Wärmeplan, es ist ja auch so  
546 postuliert worden, dass man schauen soll, außerhalb vom Zentrum, aber immer noch  
547 dicht verbaut, dass man dann mit lokalen Wärmenetzen in die Richtung etwas etabliert.  
548 Also sprich einfach zu, weil es eben keinen Lärm macht, das muss man auch sagen, das  
549 ist das Schöne an Energienetzen.
- 550 Ich renne da mit 10 Grad im Boden, habe eine Sohle drinnen und jedes Haus zieht es  
551 über einen Wärmetauscher, kühlt es runter, abgerechnet wird vielleicht einfach nach  
552 wie vielen Liter und wie viel Kelvin habe ich es abgekühlt und entzieht dem die Energie.  
553 Und kümmer dich dann wieder selbst darum, indem ich im Keller irgendeine Sole-  
554 Wärmepumpe stehen habe, die selbst wenn es riesengroß ist, vom Schall her keine Rolle  
555 spielt. Also wenn das Schwingungsentkoppelt ist, das sind 40 kW-Geräte und die hört  
556 der im Erdgeschoss nicht, wenn es gescheit ausgeführt ist.

- 557 Also das ist es halt, Fernwärme passt nicht überall, ich kann sie nicht am Kaltenberg  
558 rauf bauen, auch wenn dort ein geschütztes Haus stehen mag, was es ansonsten nur  
559 Pellets nehmen kann, das wird nicht sinnvoll sein.
- 560 **I:** *Welche Kriterien sind bei der Entscheidung zwischen einer Wärmepumpe und Fernwärme*  
561 *besonders relevant? Effizienz, Kosten, Umweltfreundlichkeit?*  
562 *Wartung fällt bei Fernwärme ja weg.*
- 563 **IP2:** Ja, ich meine ein bisschen Wartung gibt es schon, aber oftmals werden es halt einfach  
564 als Verträge abgeschlossen. Ja, das Thema Wartung, es ist eigentlich zentral versorgt  
565 und die paar Pufferspeicher, die im Keller stehen, der Wärmetauscher, könnte man  
566 jetzt sagen, ist von der Wartungsintensität natürlich etwas anderes, als wenn ich selber  
567 super komplexe Steuerungsregelungstechnik mit Sondenfeldern betreiben muss. Also  
568 das ganze Thema Komplexität kann man wahrscheinlich so zusammenfassen.
- 569 Alle Lösungen, die ich für mich selber bauen muss, haben schon einmal diesen Komple-  
570 xitätscharakter, weil sie ja für mein Haus konzipiert werden, ausgelegt werden, gebaut  
571 werden. Und das ist halt immer so diese Frage, hat man dafür auch die Leute? Hätten  
572 wir überhaupt so viele Bohrmeister, die so viele Erdsonden bohren können?
- 573 Weil der Boden ist in 200 Metern anders. Und beim Mittel- bis Hochtemperatursystem  
574 wird es warm. Bei der Wärmepumpe muss ich schauen, dass es effizient ist, dass ich so  
575 weit wie möglich runter komme.
- 576 Das ist immer wieder beim Thema Komplexität. Und dann gleichzeitig gibt es Häuser,  
577 die sind dafür perfekt. Die sind gut gedämmt, stehen draußen, haben einen riesengroßen  
578 Garten, sind vielleicht außerhalb von der Bewilligungszone für Tiefenbohrungen sogar.
- 579 **I:** *Ist es aus Ihrer Sicht notwendig, bestehende Wärmeabgabesysteme wie Heizkörper bei*  
580 *einer Umstellung auf moderne Heizsysteme zu erneuern?*
- 581 **IP2:** Man muss schon sagen, es gibt schon Fälle, wo einem das Herz blutet, wenn es nicht  
582 gemacht wird. Also wo wirklich es Hausverwalte nicht schaffen bei einer Erhebung,  
583 die bemühen sich wirklich, wenn sie die Leute nicht fotografieren wollen, dass sie es  
584 dann abmessen und einmelden, dass sie den Überblick kriegen. Und manchmal schaffen  
585 sie es nicht. Und dann muss fiktiv angenommen werden auf Heizkörpergrößen.
- 586 Und es wird größer dimensioniert und mit mehr Vorlauftemperatur reingegangen. Das  
587 ist dann natürlich schade. Also ja, man soll es immer probieren.
- 588 Gut ist, wenn es minimalinvasiv geht.
- 589 **I:** *Also im Bestand muss man nicht zwingend auf ein Flächenheizsystem umrüsten?*
- 590 **IP2:** Man muss nicht zwingend. Es gibt natürlich Punkte, wo man sagt, wenn man es nicht  
591 tut, ist es ausgesprochen dumm. Also dann zahle ich das.

- 592 Das sind Fälle, wo ich in zwei, drei Jahren... Was ist in zwei, drei Jahren? Also wir  
593 haben es mal zum Spaß ausgerechnet.
- 594 Okay, das ist eine Heizsaison. Das sind wirklich nur zwei Wohnungen oder sowas, wo  
595 viel zu kleine Heizkörper verbaut sind. Dann liegen die auch nordseitig.
- 596 Wenn nur diese Wohnungen auf größere Heizkörper umgestellt würden, würden alle  
597 anderen einfach, dass die Wärmepumpe weniger Hub hat...
- 598 **I:** *Also man kann schon, gerade wenn man auf Wärmepumpe umrüstet, die Heizkörper  
599 drinnen lassen. Eventuell größer dimensionieren. Aber es geht mit Heizkörper genauso?  
600 Man muss nicht auf Fußbodenheizung nachrüsten?*
- 601 **IP2:** Man muss nicht unbedingt. Es gibt natürlich Grenzen. Ab so 35 Grad bricht einem die  
602 natürliche Luftwalze oft zusammen.
- 603 Dann gibt es diese elektrisch betriebenen Elemente darunter. Das mag wiederum nicht  
604 jeder. Viele Leute wehren sich gegen so einen Luftzug.
- 605 Dann wäre die andere Lösung größer bauen. Also so schauen, dass man die 40 Grad  
606 packt, aber halt größer baut, dass ich noch ein bisschen Auftrieb habe hinter dem Ganzen.  
607 Manche sagen, okay, wenn ich eine riesige Feuermauer habe, warum tue ich nicht die  
608 ganze Feuermauer von außen, Flächenheizung drauf und rechne es über allgemeine  
609 Fläche oder so, dass ich ein bisschen mehr über Fläche einbringen kann ins Haus. Also  
610 gehen tut vieles, die Frage ist wie schlau es ist.

### B.3 Interview 3

**Datum: 24.01.2025**

- 611 **I:** *Können Sie sich / Ihr Unternehmen kurz vorstellen und Ihren beruflichen Hintergrund  
612 / Ihre unternehmerische Tätigkeit darstellen?*
- 613 **IP3:** Ja, mein Hintergrund ist Maschinenbau-HTL, dann Energietechnik studiert, Master  
614 und Bachelor, dann TU-Doktorat bei den Bauingenieuren und bin jetzt seit 20 Jahren  
615 Gebäudetechnikplaner in der Bauphysik. Wir sind zwei Firmen im Wesentlichen, zwei  
616 Schwesterfirmen. Wir planen im Hochbau die ganzen Energiethemen, also wir haben  
617 die Bauphysikplanung im Hochbau, die Simulationen, die thermischen Simulationen  
618 und auch die Gebäudetechnikplanung, also die Haus- und Elektrotechnikplanung und  
619 sind mit dem ganzen Energiethema im Hochbau als Ingenieurkonsulent unterwegs.
- 620 **I:** *Welche Rolle spielen thermische Sanierungen, Heizungsumstellungen in Ihren Unterneh-  
621 men?*
- 622 **IP3:** War immer eine große Rolle, jetzt seit zwei Wochen wird es ein bisschen weniger  
623 vermutlich, einfach weil die Fördertöpfe jetzt stark reduziert worden sind. Reduziert

- 624 sag ich deshalb, weil die Bundesförderung für raus aus Öl- und Gaskessel gestrichen  
625 worden sind. Die Wohnfonds- und die Landesförderung gibt es ja noch.
- 626 Es gibt aber weniger Förderungen, das merkt man in den letzten drei Wochen, dass  
627 es weniger Anfragen gibt. Wir sind aber sowohl im Neubau als auch in der Sanierung  
628 tätig, aber prinzipiell ist dieses Thema ein sehr präsenten bei uns. Wir machen so  
629 Sanierungskonzepte im Jahr ungefähr 30 bis 40 Stück.
- 630 **I:** *Okay, dann würde ich zum ersten Thema kommen, thermische Sanierungen. Welche*  
631 *thermischen Sanierungsmaßnahmen sind in Ihrer Erfahrung nach den Bestandsgebäuden*  
632 *am effektivsten?*
- 633 **IP3:** Wir sind in so vielen Bestandsgebäuden das ganze Jahr, da gleichen wenigen Objekten  
634 den anderen. Ich möchte nicht sagen Individuum, aber jedes Gebäude ist halt speziell  
635 für sich.
- 636 Wenn ich jetzt statistisch ein Ranking machen würde, ist sicher die oberste Geschossdecke  
637 Platz 1, dann Platz 2 wird sicher die Kellerdecke sein, weil einfach die Zugänglichkeit,  
638 das heißt nicht nur das Kostenthema, sondern auch das Machbarkeitsthema bei diesen  
639 beiden Bauteilen am ehesten gegeben ist.
- 640 **I:** *Also man kann relativ viel mit wenig Kosten da rausholen mit der obersten Geschossdecke*  
641 *und der Kellerdecke?*
- 642 **IP3:** Ich meine jetzt unabhängig von den Kosten, das sind einfach Bauteile, die auch machbar  
643 sind im Bestand. Ganz oft haben wir Fassaden, Fenster, irgendwas, das geht gar nicht  
644 zum Sanieren. Oder rechtliche Themen, wenn es Feuermauern sind.
- 645 Das heißt, das ist immer mit weiteren Fragen verbunden. Die oberste Geschossdecke  
646 und die unterste, die Kellerdecke, die in der Regel fast nie. Und das meinte ich damit.
- 647 Das Kostenthema ist das eine, aber auch, dass es im Bestand überhaupt durchführbar  
648 ist. Das sind aus meiner Sicht die ersten zwei Bauteile, die ich sofort attackieren würde.
- 649 **I:** *Welche Herausforderungen treten häufig bei der Umsetzung von thermischen Sanierungen*  
650 *auf?*
- 651 **IP3:** Naja, bei den thermischen Sanierungen muss man jetzt unterscheiden zwischen tech-  
652 nischen und ökonomischen Herausforderungen. Es gibt eben auch juristische Heraus-  
653 forderungen, zum Beispiel das Thema Feuermauer. Also dieses Feuermauer-Thema,  
654 wenn man über die Grundstücksgrenze dämmen möchte, braucht man de facto eine  
655 Einwilligung vom Nachbarn.
- 656 Und wenn das nicht geht, dann ist das ein ungedämmtes Bauteil. Das bleibt dann auch  
657 so. Und das hat keinen technischen Hintergrund, keinen ökonomischen, außer man muss  
658 für diese Einwilligung was zahlen.

659 Aber das ist einmal das Erste. Das Zweite in der Sanierung ist ganz sicher die gegliederten  
660 Fassaden. Die entweder erhaltenswürdig sind, das heißt entweder Schutzzone oder  
661 Denkmalschutz besitzen oder auch einfach viel zu schwierig zu sanieren sind. Im Sinne  
662 von, dass man das danach auch wieder so optisch haben möchte. Was in der Regel ganz  
663 gut geht, technisch, sind dann Innenhof-Fassaden.

664 Man muss aber auch sagen, das sind dann quasi vom AV-Verhältnis eines Gebäudes nicht  
665 mehr die großen Flächen. Zumal auch in der Regel die Aufenthaltsräume im Altbau,  
666 also bei H-Traktoren oder so, nicht jetzt im Innenhof sind, sondern eben meistens eben  
667 auf der Straßenseite. Und letzten Endes geht es ja nicht nur um Energiesparen, das  
668 vergisst man ganz oft, sondern auch um thermischen Komfort.

669 Und der thermische Komfort ist dort in den Aufenthaltsräumen natürlich viel, viel  
670 höher zu bewerten und wenn da jetzt eine gegliederte Fassade oder eine Fassade in der  
671 Schutzzone ist und man kann dort thermisch nichts machen, dann sinken vielleicht die  
672 Energiekosten in der Küche, überspitzt gesagt aber der thermische Komfort bleibt nach  
673 wie vor gleich schlecht bei fassadenberührten Aufenthaltsräumen.

674 **I:** *Bei gegliederten Fassaden, ist es da überhaupt möglich, effektiv zu dämmen ohne Innen-*  
675 *dämmung?*

676 **IP3:** Ich glaube, ehrlich gesagt nicht. Aber darum möchte ich das Wort Glauben jetzt  
677 unterstreichen. Ich bin zu wenig Bautechniker, als dass ich das jetzt beurteilen könnte,  
678 wie es in der echten Sanierung dann mit der gegliederten Fassade funktioniert.

679 Die Rücksprache oder Erfahrung, die ich habe, ist, dass es de facto nicht gemacht wird.

680 **I:** *Welche Dämmmaterialien und Technologien halten Sie derzeit für besonders innovativ*  
681 *und nachhaltig?*

682 **IP3:** Die, die es letzten Endes auch die Baustelle schaffen.

683 **I:** *Haben Sie Berührungspunkte, dass man weggeht von EPS zu zum Beispiel Schafwolle,*  
684 *Holzfaserdämmplatten etc.?*

685 **IP3:** Ich kenne die ganzen Themen, weil im Neubau ist es so, ganz kurz, dass ganz viele auf  
686 Holz gehen, logischerweise, wegen der CO<sub>2</sub>-Bilanz und wegen dem OI3 Index etc. Bei  
687 den Dämmmaterialien ist dieser Trend aus meiner Sicht noch nicht angekommen. Beim  
688 Neubau ist es so, dass man wirklich quasi alles versucht, dass da Holz reinkommt in die  
689 Hütten.

690 Bei den Dämmmaterialien wird aus meiner Sicht das eher sehr klassisch noch betrieben.  
691 So Experimente kenne ich keine. Selbst bei Vorzeigeprojekten, Pilotprojekten, finde ich,  
692 ist der Dämmstoff hinsichtlich der Nachhaltigkeit noch nicht auf Platz 1, sagen wir es  
693 einmal so.

694 **I:** *Welche Rolle spielt die Auswahl nachhaltiger Materialien bei der Planung, Umsetzung*  
695 *und wie oft werden diese tatsächlich verwendet, haben Sie da einen Einblick?*

696 **IP3:** Im Neubau finde ich es deutlich präsenter, in der Sanierung weniger, weil in der Sanierung  
697 hat man nicht oft den Luxus, dass man die Qual der Wahl hat. Da kämpft man eher  
698 damit, dass es machbar ist. Im Neubau ist grüne Wiese, das ist leichter aus meiner  
699 Sicht, da kann man dann über solche Sachen diskutieren, das wird auch gemacht.

700 Im Altbau hat man ganz selten die Qual der Wahl. Das ist sowohl in der thermischen  
701 Hülle so, als auch mit der technischen Umstellung von Haus- und Elektrotechnik. In  
702 meiner Welt ist das noch nicht angekommen in der Sanierung, dass man sich über  
703 nachhaltige Dämmstoffe unterhält.

704 Aber das ist meine Welt, das heißt nicht, dass es nicht anders ist.

705 **I:** *Sind thermische Sanierungsmaßnahmen zwingend notwendig, um auf ein nachhaltiges*  
706 *Energiesystem umzurüsten? Kann man das eingrenzen?*

707 **IP3:** Meine politische Antwort ist klar, ja, ganz klar. Meine rein rationale als Physiker, nein.  
708 Aber Sinn machen tut es immer.

709 Das sage ich auch immer. Aber wenn mich jemand fragt, ob es ohne thermische Sanierung  
710 geht und es ist bei einem Objekt theoretisch möglich, zum Beispiel mit Fernwärme.  
711 Fernwärme ist es eigentlich egal, ob es saniert ist oder nicht.

712 Ganz im Gegenteil, die freuen sich über eine höhere Abnahme. Bei erneuerbaren  
713 Energiesystemen, also Niedertemperatursystemen, ist die thermische Sanierung aus  
714 meiner Sicht zu 99 % eine Voraussetzung. Erstens ist es so, dass die Lebensdauer der  
715 Fassade irgendwann mal hinter der Lebensdauer einer technischen Anlage steht.

716 Dann wäre es umso dümmmer, eine Anlage auf etwas auszulegen, was das Haus gar nicht  
717 mehr braucht.

718 **I:** *Dass die dann überdimensioniert ist?*

719 **IP3:** Ja, genau und auch, wie ich es vorher schon erwähnt habe, ist es die Frage des ther-  
720 mischen Komforts. Ein thermischer Komfort mit einer ungedämmten Fassade oder  
721 einem ungedämmten Raum mit einer Niedertemperaturheizung ist schwer machbar.  
722 Sehr schwer.

723 **I:** *Dann kommen wir zum nächsten Thema, die Umstellung vom Energiesystem. Welche*  
724 *Heizsysteme kommen für eine Umstellung in Frage? Welche sind besonders nachhaltig*  
725 *und effizient für die Zukunft?*

726 *Fernwärme und Wärmepumpe, gibt es noch Alternativen?*

727 **IP3:** Es gibt in Österreich fünf, das ist wie in der Bauordnung oder auch in der OIB festgelegt.  
728 Es gibt im Wesentlichen fünf Möglichkeiten, das Haus zu heizen.

729 Wenn es keine Umstellung ist, aber wenn es keine Reparatur oder Instandhaltung  
730 ist. Dann darf man eine neue Gastherme machen. Im Prinzip ist es möglich, biogene  
731 Brennstoffe zu verwenden.

732 Die Fernwärme Wien oder allgemein gesprochen ein Nah- oder Fernwärmenetz mit  
733 KWK oder Erneuerbaren. Und die drei Wärmepumpen, Luftwasserpumpen, Wasserwas-  
734 serpumpen und Solewasserpumpen. Das sind die fünf Möglichkeiten.

735 Im Neubau auf der Grünen Wiese ist es ganz leicht. Da gibt es in der Regel kein Thema  
736 damit. In der Sanierung muss man ganz klar unterscheiden, was es gibt.

737 Zumindest ist unser Zugang im Büro so, dass wir quasi die Energietechnologie, die aus  
738 unserer Sicht derzeit für die ganze Welt unter Anführungszeichen mehr Effizienz bietet,  
739 als Erstes betrachtet wird und dann gehen wir von Technologie zu Technologie runter.  
740 Und wir fangen da immer an mit einer Wasserpumpe, weil gibt es Grundwasser?

741 Da kann man Grundwasser verwenden und das nachhaltig. Nachhaltig bedeutet nicht  
742 erwärmen. Dann die zweite Variante sind immer die Erdwärmesonden.

743 Auch genauso wird bewertet. Ist es technisch machbar? Ja oder nein?

744 Und die dritte Variante sind dann die Luftwasserwärmepumpen. Ist es technisch mach-  
745 bar? Ja oder nein?

746 Und diese Frage muss man sich immer im Bestand bestellen. Macht es auch Sinn?  
747 Es macht überhaupt keinen Sinn, eine Luftwärmepumpe oder eigentlich egal welche  
748 Wärmepumpe da einzubauen, um dann 60 Grad Vorlauf zu machen.

749 Das macht einfach keinen Sinn. Und da gibt es einfach Gebäude, die dann generell  
750 mit der Wärmepumpentechnologie aus meiner Sicht nicht mehr nachhaltig versorgt  
751 werden können, weil dann einfach die Effizienz im Keller ist. Und dann kommen eben  
752 die Hochtemperatursysteme ins Spiel, wie die Fernwärme oder die Biogene-Kraft.

753 Und genau in dieser Reihenfolge betrachten wir eigentlich jedes neue Projekt. Nicht, weil  
754 wir aus der Wärmepumpenlobby kommen, sondern weil ich schwer davon überzeugt bin,  
755 dass Fernwärme oder Hochtemperatursysteme, die es gibt, wir uns eigentlich aufheben  
756 sollten für ganz viele Gebäude, wo man mit zu 100 Prozent keine bauphysikalische  
757 Verbesserung machen kann. Da meine ich zum Beispiel denkmalgeschützte Gebäude,  
758 irgendwelche riesengroßen Gründerzeithäuser an der Ecke.

759 Das kriegst du mit der Wärmepumpe einfach nicht in den Griff. Und diese hocheffizienten  
760 Hochtemperatursysteme sollte man sich aus meiner Sicht für diese Gebäude aufheben.  
761 Das ist unser Ansatz, zumindest im Büro.

762 **I:** *Also Sie würden ein Gebäude jetzt betrachten, das Dämmung schon oben hat, auf jeden*  
763 *Fall zuerst Wärmepumpe, auch wenn es einen Fernwärmeanschluss gäbe, würden Sie*  
764 *nach dem Motto gehen, wenn Wärmepumpe geht, gerade Grundwasser oder Sole, dass*  
765 *das auf jeden Fall zuerst zu überlegen ist?*

766 **IP3:** Meinerseits ist es meine Pflicht, als Ingenieurkonsulent objektive Varianten darzustellen  
767 und zum anderen ist es unsere Überzeugung, dass es gesamtenergetisch die Wärmepumpe,  
768 glaube ich, für so ein Gebäude mal jedenfalls zu probieren ist, unbedingt. Es kommt  
769 dann eh ganz oft raus, oder ganz oft, aber ab und zu ja, ab und zu halt nein, dass es  
770 halt nicht geht oder nicht vernünftig.

771 Was wir nicht machen, ist ein Objekt mit einer Wärmepumpe auszustatten, auf Biegen  
772 und Brechen, weil das hat dann keinen Sinn. Wir haben einfach ganz viele Monitoring-  
773 anlagen, wo wir wissen, welche Wärmepumpe, in welchen Betriebszuständen, das sind  
774 gemessene Daten, funktionieren oder eben nicht. Wir begleiten Bauausführungen, wo  
775 wir wissen, das kann man bauen, das kann man nicht bauen.

776 Und unter diesen Gesichtspunkten ist es meiner Sicht schon in der Sanierungskonzept-  
777 phase so eine Technologie schon zu bewerten.

778 **I:** *Welche Herausforderungen treten bei der Umstellung auf ein modernes Heizsystem in*  
779 *Bestandsgebäuden auf, insbesondere im Hinblick auf technische Anpassungen?*

780 **IP3:** Entweder Sie kommen in meine Vorlesung oder ich probiere es in zwei Minuten zu  
781 beantworten, was sehr schwierig ist. Diese Herausforderungen für diese technischen  
782 Umstellungen, die sind immens. Also immens im Sinne von, was alles auftreten kann.

783 Das heißt nicht immer, dass alles gleich da ist. Wenn man zum Arzt geht, ist man auch  
784 nicht gleich totkrank. Aber man muss einfach ganz viele Situationen oder Schwachstellen,  
785 die ein Bestandsgebäude mit sich bringt, weil es einfach alt ist, wirklich beurteilen.

786 Und das fängt jetzt an mit dem Leitungsnetz, das fängt damit an oder geht hin, wo  
787 können Leitungen überhaupt führen, wo steht denn eine erneuerbare Anlage überhaupt.  
788 Das hat dann wieder rechtliche und Schallschutzmaßnahmen, dann Körperschallthemen.  
789 Wenn ich da jetzt weitererzähle, könnte man fast meinen, das macht kein Mensch, das  
790 tut sich keiner an.

791 Es ist eh sehr, sehr viel lösbar. Was ich damit sagen will, der Katalog, den man ein  
792 bisschen vor sich haben sollte und abarbeiten müsste, auf was man achtet, der ist einfach  
793 im Bestand recht lange. Die Erfahrung zeigt das dann relativ schnell, mit was man  
794 umgehen kann und was nicht.

795 Aber es sind oft Themen, die keiner am Radar hat. Also diese offensichtlichen Sachen,  
796 wie ob ein Heizkörper groß genug ist oder nicht, das ist eh ganz offensichtlich. Aber  
797 ob jetzt der NSRV-Schaltschrank im Keller diese Leistung überhaupt aufnehmen kann  
798 oder einen Startstrom von einer Wärmepumpe überhaupt verarbeiten kann, das sind so  
799 wirkliche Detailthemen, die schon am Rand dann dennoch mitbedacht werden müssen.

800 **I:** *Die man am Anfang gar nicht am Schirm hat?*

801 **IP3:** Genau. Wenn man sich diesen Katalog anschaut, auf was man aufpassen muss, denkt  
802 man sich, oh mein Gott, das mache ich nie wieder oder mache ich nicht.

803 Aber letzten Endes glaube ich auch, dass es für sehr viele gescheiter ist, man weiß es  
804 am Anfang als am Schluss. Und das muss man halt abarbeiten. Und das klingt jetzt  
805 vielleicht schon ganz super aufwendig.

806 Ich sage auch nicht, dass es nicht aufwendig ist, aber mit viel Erfahrung kann man  
807 das auch ganz gut am Anfang, hat man einfach einen Blick dafür. Ich brauche auf eine  
808 Baustelle nicht mehr gehen, um zu wissen, ob da jetzt ein Bohrgerät reinpasst oder  
809 nicht. Das sehe ich dann einfach schon.

810 Passt ein Bohrgerät überhaupt da durch? Ich habe letztens einmal zum Überprüfen  
811 ein Energiekonzept gekriegt mit 18 Erdwärmesonden und da gibt es nicht einmal eine  
812 Zufahrt für ein Bohrgerät. Argumentieren wieder manche, welche man drüberheben  
813 kann, kann auch sein.

814 Ja, aber die gehobenen Geräte schaffen halt nur 40 bis 50 Meter Bohrtiefe. Und da  
815 muss man so eine Kosten-Nutzen-Rechnung ein bisschen anders anstellen. Also es gibt  
816 ganz, ganz viele Zugänge und die sind sehr interdisziplinär verschränkt.

817 **I:** *Das Bürogebäude, meine Fallstudie, hat schon Fernwärme und ich schaue mir auch die*  
818 *Alternative Wärmepumpe an. Welche Vor- und Nachteile sehen Sie bei der Verwendung*  
819 *von Wärmepumpen im Vergleich zu Fernwärme?*

820 **IP3:** Sie können kühlen damit. Das ist der Hauptvorteil der Wärmepumpe. Und natürlich,  
821 ganz generell gesprochen, hat die Wärmepumpe einen riesengroßen Vorteil.

822 Die Wärmepumpe hat als Primärenergie Strom und Strom ist am liberalisierten Markt  
823 frei wählbar. Das heißt, Sie können sich ein Anbieter aussuchen und es ist zum Teil  
824 verhandelbar, wie auch immer, Sie sind nicht einem Monopolisten unterlegen. Und  
825 das ist aus meiner Sicht ein ganz, ganz wichtiger Konnex von dieser Wärmepumpe,  
826 unabhängig davon, was technisch in Ihrem Haus passiert.

827 Sie können am freien Strommarkt partizipieren. Und das fängt an mit der Auswahl  
828 eines Anbieters, geht hin bis zu, Sie nehmen am Regelenergiemarkt teil oder haben  
829 einen Avatar-Tarif und lassen die Wärmepumpe arbeiten, wenn der Strom günstig ist.  
830 Und das ist tatsächlich aus meiner Sicht gerade ein Thema, was den nächsten ein, zwei  
831 Jahren, glaube ich, massiv an uns zukommt, dass es hier mit der Wärmepumpe einfach  
832 finanziell ganz andere Möglichkeiten geben wird.

833 Die Fernwärme hat einen Tarif von 24/7, 15 Cent, sage ich jetzt irgendwas, aber 24/7, 365  
834 Tage. Und diesen Nachteil hat diese Wärmepumpe einfach nicht. Das ist vielleicht jetzt  
835 noch nicht zu Ende exerziert, weil diese ganzen Stromtarife und Spotmarktarife etc., ganz  
836 ehrlich, da habe ich auch noch viele Fragezeichen, aber einfach ein Potenzial, was man  
837 noch gar nicht berücksichtigt. Und das ist aus meiner Sicht, aus energiewirtschaftlicher  
838 Sicht, ein ganz großes Plus für die Wärmepumpe. Und in Ihrem Fall, im Bürogebäude,  
839 wird das saniert, schätze ich mal, hat die Wärmepumpe einen Riesenvorteil, nämlich  
840 sie kann kühlen. Und bei der Fernwärme würden Sie ohnehin eine Kühlung benötigen

841 und eine Kühlung ist eine Kältemaschine und eine Kältemaschine ist thermodynamisch  
842 gesehen eine Wärmepumpe.

843 Das heißt, Sie haben dann sowieso eine Wärmepumpe dort, die halt nicht heizen kann  
844 und dann noch zusätzlich die Fernwärme dort. Ich sage immer dazu, kann man machen...

845 **I:** *Ja, aber hätten Sie, der Bau ist aus den 90er Jahren, hätten Sie einen Ansatz, wenn*  
846 *man sagt, okay, es wird jetzt umfangreich saniert, es sind Kältemaschinen eben dort*  
847 *vorhanden, würden Sie irgendwas empfehlen oder überhaupt in Betracht ziehen, dass*  
848 *man sagt, okay, Fernwärme weg und wir machen dort Wärmepumpe? Oder würden Sie,*  
849 *wenn Sie sagen, das ist schon an der Fernwärme, okay, nein, das rühren wir nicht an,*  
850 *wir lassen das so?*

851 **IP3:** Nein, würde ich nicht. Ich würde ganz objektiv als Ingenieurkonsulent die Optionen  
852 aufzeigen, ganz objektiv. Und da wird vermutlich die Option Wärmepumpe gewinnen,  
853 weil 90er-Bürohäuser sind sehr, sehr gleich, die sind alle gleich aus meiner Sicht und die  
854 haben alle irgendeinen riesigen Rückkühler irgendwo am Dach. Das ist ein Vorteil. Der  
855 Vorteil nämlich insofern, dass statisch dort schon mal ein Gewicht bemessen worden ist.  
856 Der große Nachteil im Altbau mit Luftwärmepumpen ist halt einfach, man muss das  
857 statisch auch in den Griff kriegen. Das ist übrigens auch eine Ergänzung zu der vorherigen  
858 Frage. Die Statik muss man auch recht gut mit berücksichtigen.

859 **I:** *Ob die Option überhaupt besteht am Dach?*

860 **IP3:** Ja, natürlich. Und deswegen habe ich auch gemeint, sehr interdisziplinär das zu beant-  
861 worten, was die Herausforderungen im Bestand sind.

862 Aber jetzt wieder zurückzukommen, das ist eine unglaublich wichtige Ressource, nämlich  
863 ingenieurkonsulentische Ressource, dass wir wissen, am Dach passt ein Gewicht her  
864 hin. Das ist bemessen, das macht einen Einsatz, das ist eventuell sogar schalltechnisch  
865 genehmigt. Man rührt den Konsens zum Teil gar nicht an, dann ist das eine sehr  
866 wertvolle Ressource.

867 Und dann ist diese Luftwärmepumpe, gerade im Bürobau, wo der Heizenergiebedarf  
868 insbesondere, wenn Sie sagen, Sie sanieren, irgendwann einmal unter dem Kühlbedarf  
869 liegt, weil ein Warmwasser gibt es im Büro einfach nicht, ein thermisches, dann ist aus  
870 meiner Sicht die Luftwärmepumpe, glaube ich, das bessere Mittel.

871 **I:** *Ist es aus Ihrer Sicht notwendig, bestehende Wärmeabgabesysteme, eventuell Heizkörper,*  
872 *bei einer Umstellung auf moderne Heizsysteme zu erneuern?*

873 **IP3:** Eventuell immer, zwangsläufig nicht. Was wir machen, ist einfach, bei komplexeren  
874 Räumen, auch da ist viel Erfahrung, aber ganz oft haben wir Situationen vor uns, die  
875 wir noch nicht gesehen haben, dann machen wir eine Raumsimulation. Wir bilden den

876 Raum in einer Simulationsumgebung ab und testen dann mit der bestehenden Bauphy-  
877 sik, mit der Qualität der Hülle, mehrere Vorlauftemperaturen mit dem bestehenden  
878 Abgabesystem ab.

879 Dann sieht man, was passiert mit der operativen Temperatur im Raum, ist es behaglich  
880 oder nicht, und dann kriegt man die Antwort. Ganz oft ist es einfach so, dass es eine  
881 Vergrößerung der Heizkörperfläche benötigt.

882 **I:** *Also, wenn Heizkörper drin sind und wir rüsten um auf Wärmepumpe, man kann*  
883 *Heizkörper definitiv drin lassen, aber eventuell größer dimensionieren, oder würden Sie*  
884 *empfehlen, lieber auf Flächenheizsysteme umzurüsten?*

885 **IP3:** In einer idealen Welt würde ich jedem empfehlen, auf ein Flächensystem zu gehen. In  
886 einer realen Welt bedeutet das, dass man eine Entkernung des Hauses hat und das ist  
887 sequenziell nicht umsetzbar. Da müssen Sie die Bewohner:innen ein Jahr aussiedeln.

888 Und dann sind wir wieder vor dieser Frage, machen wir lieber etwas, was gemacht wird,  
889 bevor wir nichts machen. Ich mache lieber etwas, und es wird etwas gemacht. Sonst ist  
890 es wieder die Frage, was machen wir dann eigentlich?

891 Ich denke, diese Heizkörper zu tauschen muss man schon auf ein paar andere Sachen  
892 aufpassen. Es gibt ein Rohrleitungsnetz, das man berücksichtigen muss. Es gibt noch  
893 Einrohrsysteme im Bestand, die ganz oft sogar komplett zerstören die Illusion, dass  
894 man auf ein anderes System geht.

895 Aber die Vergrößerung der Heizkörperfläche ist aus meiner Sicht bei den Objekten, die  
896 ich gesehen habe, in der Regel immer möglich gewesen.

897 **I:** *Dann kommen wir zum letzten Punkt. Gibt es Best-Practice-Beispiele für besonders*  
898 *erfolgreiche thermische Sanierungen oder Heizungsumstellungen, die Sie schon durchge-*  
899 *führt haben? Was wurde gemacht und was waren die Herausforderungen?*

900 **IP3:** Es gibt wirklich viele sehr schöne Best-Practice-Beispiele. Es gibt von der Stadt Wien  
901 auch diese 50 oder 100 Objekte raus aus Öl und Gas. Das sind auch von uns ein paar.

902 Ich möchte jetzt kein einzelnes herauspicken, weil es dem einzelnen Objekt oder allen  
903 99 anderen nicht fair gegenüber ist. Es ist jedes Objekt für sich eine Herausforderung  
904 und alle die es geschafft haben, denen möchte ich gratulieren. Wohl wissend, wie ich  
905 es eingangs erwähnt habe, da kommt ein richtiger Kriterienkatalog auf einen zu, diese  
906 Umstellung zu machen, mit vielen Rattenschwänzen, die sich da auftun.

907 Es ist nicht nur Gas raus, Wärmepumpe rein oder Gas raus, Fernwärme rein. Es ist  
908 einfach viel, viel mehr. Deswegen bin ich nicht der Fan davon, dass man sagt, ein  
909 dekarbonisiertes Projekt ist besser als das andere.

910 Das ist nicht unser Problem in der Gesellschaft. Wir wollen raus aus Öl und Gas und  
911 nicht gute mit sehr guten Projekten zu vergleichen. Das ist nicht unsere Fragestellung  
912 in der Gesellschaft heutzutage.

## B.4 Interview 4

Datum: 24.01.2025

- 913 **I:** *Können Sie sich / Ihr Unternehmen bitte kurz vorstellen und Ihren beruflichen Hinter-*  
914 *grund / Ihre unternehmerische Tätigkeit darstellen?*
- 915 **IP4:** Das Unternehmen gibt es seit fast 30 Jahren.  
916 Wir sind eines der großen Bauphysikbüros. Was uns von vielen anderen unterscheidet  
917 ist, dass wir auch sehr viel Energieeffizienz machen. Natürlich auch viele Sanierungen  
918 und Dekarbonisierungen.  
919 Und ja, das Energiesystem ist natürlich dann ein wichtiger Punkt oder wichtiger Teil  
920 und wir auch sehr viele Forschungsprojekte machen, wo wir anstehen, dass wir dort  
921 weiterentwickeln können. Und haben auch sehr viele Pilotprojekte.  
922 Von ganz früher, von Passivhäusern über Plusenergiehäusern über verschiedenste Muster,  
923 Sanierungen bis hin zu Abwasser, Wärmerückgewinnungen und ja, immer den Fokus,  
924 wie kann der Energieeinsprung einfach minimiert werden.
- 925 **I:** *Welche Rolle spielen thermische Sanierungen und Heizungsumstellungen in Ihrem Un-*  
926 *ternehmen? Also hauptsächlich, oder?*
- 927 **IP4:** Eine ganz große Rolle.
- 928 **I:** *Welche thermischen Sanierungsmaßnahmen sind Ihrer Erfahrung nach in Bestandsge-*  
929 *bäude am effektivsten?*
- 930 **IP4:** Sie meinen jetzt welchen Standard, oder welche Art, oder welche Teile?
- 931 **I:** *Ja, welche Teile, wie Sie vorgehen würden?*
- 932 **IP4:** Es hängt ein bisschen grundsätzlich von der Aufgabenstellung ab, aber jetzt ganz  
933 pauschal gesagt ist natürlich die oberste Geschossdecke immer das Erste. Man hat ja  
934 nach oben hin 30, 40 Prozent Wärmeverluste. Mit einem sehr wenigen Kostenaufwand  
935 ist sehr viel zu machen. Das ist sicher die höchste Priorität.
- 936 **I:** *Und dann danach?*
- 937 **IP4:** Dann danach sind wir eigentlich schon, also klar beim Fenstertausch, aber der ist  
938 natürlich immer im Zusammenhang mit der Fassadendämmung oder einer möglichen  
939 Fassadendämmung zu sehen. Und dann ist man natürlich klarerweise bei der untersten  
940 Geschossdecke.  
941 Und mit Fenstern natürlich auch ganz wichtig, weil das oft mit unter geht, muss man  
942 heutzutage den Sonnenschutz mitdenken, weil bei der Erdüberhitzung haben wir ja nicht  
943 nur die Aufgabe, die zu stoppen, sondern haben auch die Aufgabe, klimaresilient zu  
944 bauen, weil die Temperaturen werden steigen. Also wir haben heutzutage zwei Probleme.

- 945 **I:** *Gerade bei Bürogebäuden?*
- 946 **IP4:** Genau, wenn wir vor zehn Jahren schon begonnen hätten, dann hätten wir das Problem  
947 nicht. Jetzt haben wir halt das Problem, dass wir die Gebäude auch wohnthauglich  
948 machen müssen, wovon beim Bürobau der Sonnenschutz eh schon üblicher ist, aber  
949 auch nicht immer.
- 950 **I:** *Welche Herausforderungen treten häufig bei der Umsetzung von thermischen Sanierungen*  
951 *auf?*
- 952 **IP4:** Na ja, da muss ich jetzt auch fragen, es gibt tausende Herausforderungen.
- 953 **I:** *Ja, was sind so die typischen?*
- 954 **IP4:** Auf was ist mehr Fokus, sagen wir mal so?
- 955 **I:** *Bei dem Bestandsgebäude ist schon eine Wärmedämmung oben, es sind zehn Zentimeter*  
956 *Wärmedämmung oben, es ist ein 1990er-Bau, die Fenster sind alt.*
- 957 **IP4:** Also der Hauptfokus heutzutage liegt daran, dass man die Dekarbonisierung immer  
958 mitdenken muss, wenn es noch nicht ist. Weil wenn ich jetzt, wie Sie zu Beginn gesagt  
959 haben, eine Wärmepumpenlösung vorsehe, dann kann das mit zehn Zentimeter nicht  
960 ausreichen oder nicht wirtschaftlich ausreichen, weil ich halt die ganzen Radiatoren oder  
961 Wärme- und Energieabgabesysteme einfach neu errichten muss.  
962 Neu dimensionieren, sanieren. Und das ist ein ziemlicher Rattenschwanz.  
963 Also man muss, wenn man ein Projekt angeht, von Anfang an schon denken, wie  
964 dekarbonisiere ich es. Mit der Fernwärme ist es ziemlich wurscht, da kann ich bestehende  
965 Radiatoren gut nutzen. Mit einer Wärmepumpe geht das nicht.  
966 Und im Grunde, im Wohnbau sind unsere größten Probleme eigentlich die 90er, 2000er  
967 Jahre, die schon ein bisschen Wärmedämmung oben haben. Aber zu wenig, dass sie mit  
968 dem bestehenden System Niedertemperatur fahren können, weil die Heizkörper schon  
969 total wirtschaftlich optimiert worden sind. Was natürlich jetzt bei einer Dekarbonisierung  
970 ein totales Hemmnis ist.
- 971 **I:** *Also gerade bei 1990er oder 2000er Gebäuden, wo ein bisschen Wärmedämmung schon*  
972 *oben ist, bei einer Umstellung auf jeden Fall noch mehr dämmen?*
- 973 **IP4:** Also man muss es gesamt denken. Wie gesagt, wenn ein Fernwärmeanschluss da ist,  
974 dann ist das ein leichtes Spiel, dann ist das egal. Wenn keine Fernwärme da ist, dann  
975 muss man halt wirklich schauen, wie komme ich auf den Wert runter, dass ich es sinnvoll  
976 beheizen kann.  
977 Ist auch eine Frage, wie viel baue ich um oder saniere ich es überhaupt. Bei Bürogebäude  
978 haben ja doch immer wieder mit Zyklen zu tun, dass die einfach einen zeitgemäßen

- 979 Standard haben und komplett neu gemacht worden sind. Wo dann außer dem Skelett  
980 nichts mehr steht, da
- 981 habe ich natürlich auch sowohl dämmmäßig als auch von den Abgabesystemen einfach  
982 viel mehr Spielraum. Und kann dann vielleicht bestehende Radiatoren oder sowas dann  
983 auch rausnehmen und auf Flächenheizungen gehen. Das ist eigentlich der entscheidende  
984 Punkt, egal was für ein System ich habe, dass ich einfach möglichst flächig die Heizung  
985 oder Kühlung einbringe.
- 986 **I:** *Welche Dämmmaterialien und Technologien halten Sie derzeit für besonders innovativ  
987 und nachhaltig? Eher auf die Nachhaltigkeit, gibt es da Alternativen, werden die schon  
988 umgesetzt, ist das gefragt überhaupt?*
- 989 **IP4:** Also im Wohnbau und Privatbereich wird es oft mehr gefragt als in dem Bürobereich,  
990 von meiner Einschätzung her. Und wir haben ein bisschen das Thema, es ist ein bisschen  
991 komplex zuzusagen, was für nachhaltige Dämmstoffe gibt es überhaupt? Was bei nachhal-  
992 tigen Dämmstoffen natürlich immer wichtig ist, wir brauchen höhere Dämmstoffstärken,  
993 weil sie einfach nicht so gut dämmen wie Stoffe aus fossilen Trägern.
- 994 Wir haben aber auch das Problem, dass es bei den nachhaltigen oft auch Bindemittel  
995 drinnen gibt mit fossilen Stoffen. Die muss man natürlich mitbewerten, ob das dann  
996 wirklich so nachhaltig ist, wie es klingt. Und dann habe ich natürlich auch noch meine  
997 Brandschutzbestimmungen, auch die muss ich beachten.
- 998 Also es gibt, gerade im Bürobereich ist das durchaus eine Herausforderung. Also da gibt  
999 es jetzt noch nicht so, dass man sagt, das ist die Lösung, noch nicht in keinem Bereich.
- 1000 **I:** *Das heißt, das ist dann im Endeffekt gar nicht so nachhaltig, weil auf jeden Fall mit  
1001 Chemie nachbehandelt wird?*
- 1002 **IP4:** Also jetzt ein kleines Jein, ich mag jetzt ein positives Beispiel bringen, das gerade da  
1003 liegt, von einem Stroh-WDVS-System. Die Frage ist, ob das jetzt anwendbar ist, aber  
1004 das zum Beispiel, die haben angeblich so Harze drinnen und sind glaube ich, unter  
1005 einem Prozent fossilen Bindemittel drinnen. Aber die können maximal sechs Zentimeter  
1006 produzieren.
- 1007 Sechs Zentimeter ist viel, viel zu wenig. Wir bewegen uns bei Dämmstoffstärken irgend-  
1008 was bei 20, 24 Zentimeter, wenn man die Zehnerlinie erreichen will von der gesetzlichen  
1009 Anforderung. In solch einem Spannungsfeld bewegen wir uns da.
- 1010 Dass da noch viel Arbeit notwendig ist bei den Nachhaltigen, dass sie die entsprechenden  
1011 Dämmstoffstärken haben, die entsprechenden Brandschutzqualifikationen haben, was  
1012 grundsätzlich jetzt kein Thema ist und natürlich möglichst wenig fossile Energieträger  
1013 drinnen hat. Das bringt nichts, wenn das Umweltzeichen vorschreibt, ich glaube weniger  
1014 als 13 Prozent Bindemittel, wenn die Bindemittel aus fossilen Stoffen sind.

- 1015 Das ist zum Beispiel, nehmen wir mal Hanf her. Hanf hat 100 Kilo am Kubikmeter.  
1016 Also 13 Prozent, also ich habe 13 Kilo an fossilen Bindemitteln drinnen.
- 1017 Beim EPS habe ich in etwa typischerweise 15, 16 Kilogramm Bindemittel drinnen, nur  
1018 EPS dämmt ein bisschen besser. Das heißt, bei Hanf beispielsweise müsste ich noch  
1019 einmal dicker gehen und hätte dann mehr Gewicht drinnen an fossilen Energieträgern.  
1020 Also das sind so die Punkte, die man einfach nachschauen muss und sich anschauen  
1021 muss, dass man jetzt die richtigen Entscheidungen trifft.
- 1022 **I:** *Sind thermische Sanierungsmaßnahmen zwingend notwendig, um auf ein nachhaltiges*  
1023 *Energiesystem umzurüsten? Kann man das ungefähr einschränken?*
- 1024 **IP4:** Also da wird sich der Energieausweis und sowas noch weiterentwickeln. Jetzt so aus  
1025 meiner momentanen Faustformel würde ich sagen, 30, 40 Kilowattstunden Heizwärme-  
1026 bedarf, da sollte es eigentlich mit einer Wärmepumpenlösung funktionieren, wenn das  
1027 Gebäude das kann.
- 1028 Hängt aber auch von der Wärmepumpenlösung ab, ganz klar präferieren wir natürlich  
1029 Geothermie, weil Luftwärmepumpe hat den Nachteil, dass es einfach dann im Winter  
1030 ja schon nicht die Leistung liefern kann, auch sehr viel mehr Strom verbraucht und  
1031 natürlich auch, egal wo es halt steht, natürlich auch ein Lärmthema ist.
- 1032 **I:** *Gerade im städtischen Bereich wahrscheinlich ein großes Thema?*
- 1033 **IP4:** Ja und mit Grundwasser, bei den Außentemperaturen, die wir jetzt haben, sagen wir  
1034 mal um die Nullgradgrenze, verbraucht natürlich eine Luftwärmepumpe viel mehr und  
1035 kommt schneller an die Grenzen als eine tiefe Pumpe, die wahrscheinlich immer noch  
1036 10 Grad Celsius haben wird.
- 1037 Aber wie gesagt, muss ganz klar mitgedacht werden, beides. Geht heutzutage nur mehr  
1038 in Abstimmung zueinander.
- 1039 **I:** *Dann kommen wir eh schon zum Thema Energiesystem oder Umstellung des Energie-*  
1040 *systems. Welche Heizsysteme kommen für eine Umstellung in Frage? Welche davon sind*  
1041 *besonders nachhaltig, effizient für die Zukunft? Also Fernwärme, Wärmepumpe, gibt es*  
1042 *auch noch Alternativen, gerade im städtischen Bereich?*
- 1043 **IP4:** Nein, also die ganz klare Priorität, Fernwärme, wenn es die gibt, die Fernwärme. Beim  
1044 Bürobau haben wir die Kühlung dazu, das muss man sich überlegen. Gibt es Fernkälte  
1045 oder Kältemaschine, dann muss es halt sehr hocheffizient sein.
- 1046 Und wenn das nicht geht, eine Wärmepumpenlösung, der Vorteil natürlich einer Wärme-  
1047 pumpenlösung ist, dass ich die Kühlung gleich, einer Geothermiewärmepumpenlösung  
1048 muss ich klarerweise dazu sagen, habe ich den Vorteil, dass ich die Kühlung gleich mit  
1049 berücksichtige. Und da gibt es auch einen ganz wesentlichen Unterschied zwischen der

- 1050 Luftwärmepumpe und der Geothermiewärmepumpe. Bei der Geothermiewärmepumpe  
1051 kriege ich quasi mehr oder weniger gratis im Sommer die Kühlung.
- 1052 Ich habe einfach nur eine Umwälzpumpe, beziehungsweise regeneriere ich gleichzeitig  
1053 das Erdreich. Vielleicht braucht man noch ein bisschen Regenerierungsenergie dazu. Bei  
1054 der Luftwärmepumpe muss die Wärmepumpe den ganzen Sommer laufen, das sie kühlt,  
1055 also braucht Energie.
- 1056 Also das ist schon ein sehr hoher Kostenfaktor, der was ausmacht.
- 1057 Und dann ist es schon ziemlich aus, weil Strom wird man weder nachweisen können noch  
1058 sinnvoll sein. Und eine Biomassegeschichte ist bei den eigentlich sehr enden wollenden  
1059 Vorkommnissen, also 90 % des Holzes, das nachwächst in Österreich, wird verbraucht.
- 1060 Also wir haben nur 10 % Reserve. Wenn jetzt alle auf Biomasse umsteigen würden,  
1061 müssen wir es genauso wie Gas importieren. Und dann hat, wo wir jetzt Probleme  
1062 mit dem Gas haben, hat unsere Nachfolgeneration dann das Problem, wenn da der  
1063 Holzhahn abgedreht wird, das selbe Thema noch einmal.
- 1064 Also das wäre aus meiner Sicht gesellschaftspolitisch der falsche Weg.
- 1065 Da bewegen wir uns wieder auf eine Abhängigkeit. So viel haben wir nicht an Holzres-  
1066 sourcen mehr in Österreich zur Verfügung.
- 1067 **I:** *Welche Vor- und Nachteile sehen Sie bei der Verwendung von Wärmepumpen im Vergleich*  
1068 *zu Fernwärme? Wenn man sich, abgesehen von den Förderungen, festlegen muss?*
- 1069 **IP4:** Also wenn das Gebäude schon angeschlossen ist, ist es natürlich schon mal ein starkes  
1070 Argument, aus wirtschaftlicher Sicht da dran zu bleiben. Also man müsste sich eigentlich  
1071 nur um die Kühlung kümmern, außer die gibt es schon. Aber so im Grunde, wie ich es  
1072 skizziert habe, die Kühlung ist im Bürogebäude der entscheidende Punkt oder mehr  
1073 entscheidend als die Wärme, die ist auch wichtig.
- 1074 Und Dämmung ist für beides wichtig, Sommer und Winter. Wie erzeuge ich die Kühlung?  
1075 Möglichst kostengünstig und da ist natürlich eine Geothermiewärmepumpe eine sehr  
1076 gute Lösung.
- 1077 Und wenn die sich natürlich als wirtschaftlich herausstellt, dann ist natürlich die Frage,  
1078 warum brauchen wir den Fernwärmeanschluss noch, wenn ich dann eh schon ein System  
1079 habe. Hängt davon ab, wie viele Flächen habe ich, wo ich bohren kann entsprechend.  
1080 Habe ich genug Grundstück zur Verfügung?
- 1081 Oder in Wien darf man jetzt schon auf dem öffentlichen Grund gehen, reicht das aus?  
1082 Also das sind viele Überlegungen.
- 1083 **I:** *Sonst vielleicht Vorteile bei der Unabhängigkeit vielleicht? Dass man sagt, bei der*  
1084 *Fernwärme ist man gebunden an Wiener Energie. Bei der Wärmepumpe kann man sich*  
1085 *den Strom verschiedener Anbieter beziehen. Ist das vielleicht auch noch ein Argument?*

- 1086 **IP4:** Wäre aus meiner Sicht jetzt kein Argument. Man hat ja jetzt gesehen, wie die Preise  
1087 überall hinaufgegangen sind. Dass die Preise alle sehr gestiegen sind.
- 1088 Aber die Fernwärme auch politisch beeinflusst worden ist. Also es wird nicht bei jeder  
1089 Fernwärme so sein, aber Fernwärme Wien hat gut Einfluss genommen. Also diese  
1090 Abhängigkeit ist für viele ein Schreckgespenst.
- 1091 Aber das würde mich nicht schrecken, weil da gibt es ja eine öffentliche Hand dazu, die  
1092 auch die Aufgabe hat genau auf das zu schauen. Ist zwar ausgegliedert, aber kein typisches  
1093 privatwirtschaftliches Unternehmen, wo man sagt, die haben Gewinnmaximierung.
- 1094 Man hat ja gesehen bei Pellets, wie die gestiegen sind. Oder auch die ganzen Energiepreise,  
1095 wie die gestiegen sind.
- 1096 Da kommen ja Mechanismen zutragen in der normalen Wirtschaft, die man nicht immer  
1097 im Einfluss hat. Und das würde Strom natürlich genauso treffen, weil auch da sind alle  
1098 gleichmäßig in die Höhe gegangen.
- 1099 So gesehen würde ich jetzt bei der Fernwärme Wien im Speziellen kein Thema sehen. Da  
1100 müsste sich auf der politischen Ebene schon sehr viel ändern, dass man dort ein Thema  
1101 hätte. Und an der Fernwärme Wien hängen auch zu viele Leute dran, Wohngebäude,  
1102 Gemeindebauten, wo das Einkommen auch nicht sehr spektakulär ist und die das  
1103 natürlich sehr hart treffen würde.
- 1104 Auch da wird es wahrscheinlich genauso, wie es von der Bundesregierung Eingriffe  
1105 gegeben hat mit Strompreisbremse etc., wird es wahrscheinlich dort auch wieder Themen  
1106 geben, also Themen, Eingriffe geben, dass das nicht einfach irgendwo dahin galoppiert.  
1107 Weil das ist ein Thema.
- 1108 **I:** *Thema Nachhaltigkeit vielleicht. Dass das vielleicht noch ein Thema ist?*
- 1109 **IP4:** Naja, auch das ist natürlich ein Thema. Aber auch hier ist es so, dass die Fernwärme Wien  
1110 derzeit fast 70 % noch aus Gas hat, also eigentlich böse ist. Aber im Erneuerbaren-Wärme-  
1111 Gesetz, das ja letztes Jahr beschlossen worden ist, ist dieser Begriff qualitätsgesicherter  
1112 Fernwärme eingeführt worden.
- 1113 Dass auch die Bedingung für Förderungen ist und qualitätsgesicherte Fernwärme heißt,  
1114 dass sich die Fernwärme unterwerfen muss, dass sie bis 20, ich weiß nicht genau, glaube  
1115 2035, sich mindestens aus 80 % erneuerbaren Energiequellen sein muss. Und die Stadt  
1116 Wien hat in ihrem Plan, da gibt es ja auch klar wann wo was ist, hat sich selbst auferlegt,  
1117 dass sie 100 % aus erneuerbaren Quellen sein möchte. Und diese 80 % werden natürlich  
1118 auch kontrolliert, da gibt es ja verschiedene Reglements.
- 1119 Und da hätte ich auch bei der Fernwärme kein Problem. Also jetzt ja, vor 5 Jahren  
1120 war das auch unklar, da hätte man auch gesagt, wäre ein klarer Nachteil, gegenüber  
1121 Wärmepumpe. Und das ist aber, seit es das Erneuerbare-Wärme-Gesetz gibt, kein  
1122 Thema mehr.

- 1123 **I:** *Ist es aus Ihrer Sicht notwendig, bestehende Wärmeabgabesysteme bei einem Umstieg zu*  
1124 *erneuern?*
- 1125 **IP4:** Also wenn das Gebäude, also da sind wir wieder beim Thema Kühlung. Die ist eigentlich  
1126 entscheidender. Und eine Kühlung über Radiatoren einbringen oder über Fan-Coils, das  
1127 ist total unbehaglich.
- 1128 Da werden die Leute nicht glücklich und senkt sicher auch den Wert der Immobilie. Also  
1129 das heißt, ganz klar würde ich da, wenn das jetzt total saniert wird, auf Flächenheizung  
1130 und Kühlung umsteigen. Beispielsweise Deckensegel, wie es üblich ist.
- 1131 Wenn es jetzt nicht anders geht, kann das jetzt im Fußboden oder in der Decke auch  
1132 sein. Aber die klassischen Wasserdecken oder Metalldecken oder wie auch immer, gibt  
1133 es ja verschiedenste Lösungen. Möglichst flächig.
- 1134 Weil das bringt totale Behaglichkeit, wie ich die Kälte einbringe und bringt auch  
1135 Behaglichkeit von der Wärme, die ich einbringe. Also das macht schon Sinn.
- 1136 Außer die Gebäudehülle wird null saniert und ist ganz schlecht. Dann habe ich ein  
1137 bisschen Strahlungsasymmetrie, aber dann mit den Fenstern und sowas, wenn eh alles  
1138 getauscht wird, muss ich es auch überlegen. Aber ein energieeffizientes, zeitgemäßes  
1139 Heizungsabgabesystem ist immer etwas Flächiges.
- 1140 Also es ist mittlerweile im Wohnbau Standard, dass ich Bauteile aktiviere, also die  
1141 Decke aktiviere, ist heutzutage mittlerweile auch schon günstiger als Radiatoren und  
1142 ist für jegliche Umstellung oder für die Zukunft einfach zukunftssicher. Es wird auch  
1143 in der Sanierung hingehen, dass man auf Fußbodenheizung umsteigt etc. Das ist ein  
1144 ganz klarer Trend, zu Flächen zu gehen, weil auch mit der Erdüberhitzung, wie auch  
1145 im Wohnbau, nicht nur im Bürobau, einfach die Kühlung das große Thema ist.
- 1146 Das wird einfach noch mehr sein. Das kann ich nur sinnvoll über Fläche einbringen.  
1147 Warum über Fläche?
- 1148 Weil das Hauptziel sowohl in der Wärme als auch in der Kälte ist, mit möglichst niedrigen  
1149 Vorlauftemperaturen zu arbeiten. Also in der Kühlung mit möglichst hohem und in der  
1150 Wärme mit möglichst niedrigem zu arbeiten. Also für Wärmepumpe eigentlich optimal.
- 1151 Und gerade wenn ich jetzt Umweltwärme oder Kälte nutze, beispielsweise Geothermie,  
1152 dann ist das natürlich super, wenn ich unten 10 Grad habe und da oben kann ich dann  
1153 einfach mit 20 oder was auch immer an Vorlauftemperaturen fahren, wo ich quasi über  
1154 dem Taupunkt bin. Also nicht unter 18 Grad komme, wegen der Kondensation.
- 1155 Und ich muss nicht wie normale Bürogebäude, wo sie da einfach mit 7, 8 Grad kalten  
1156 Wasser für die Kühlung reinfahren, das ist natürlich ein energetischer Wahnsinn. Also  
1157 wenn ich da mit 18, 20 fahre oder was auch immer, bin ich natürlich da viel, viel  
1158 effizienter. Ich brauche einfach nicht so tief runterkühlen oder in der Wärme nicht so  
1159 hochkühlen.

- 1160 Und das geht natürlich nur über Fläche, weil so ein kleiner Radiator kann ich nur  
1161 Wärme abgeben, wenn ich da 60 Grad hochheize. Wenn ich jetzt eine Fläche habe, da  
1162 kann ich auch mit einer Vorlauftemperatur von 30 oder vielleicht sogar drunter einfach  
1163 heizen und vice versa bei der Kühlung.
- 1164 **I:** *Also empfohlen auf jeden Fall, wenn es möglich ist, auf Flächenheizsysteme umzustellen,*  
1165 *eben gerade bei dem Thema Kühlung.*
- 1166 **IP4:** Genau, und das ist auch eine zukunftssichere Geschichte, weil es geht ja, wie gesagt,  
1167 auch immer um den Werterhalt der Immobilie. Das ist eine Investition für die Zukunft.

# Literatur

- [1] Bundeskanzleramt Österreich. *Klimagesetz: Rechtliche Verankerung der EU-Klimaziele*. Juli 2021. URL: <https://www.bundeskanzleramt.gv.at/themen/europa-aktuell/2022/eu-parlament-stimmt-europaeischem-klimagesetz-zu-rechtliche-verankerung-der-eu-klimaziele.html> (Zugriff am 08.03.2024).
- [2] Magistrat der Stadt Wien. *Wiener Klimafahrplan*. Techn. Ber. Wien, März 2022.
- [3] Statistik Austria. *Energieeinsatz der Haushalte*. URL: <https://www.statistik.at/statistiken/energie-und-umwelt/energie/energieeinsatz-der-haushalte> (Zugriff am 05.12.2024).
- [4] Stadt Wien. *Raus aus Gas*. URL: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/wissen/raus-aus-gas-uebersicht.html> (Zugriff am 08.03.2024).
- [5] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. *Raus aus Öl und Gas*. URL: [https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/energiewende/raus-aus-oel-gas.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/energiewende/raus-aus-oel-gas.html) (Zugriff am 20.03.2024).
- [6] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. *Fernwärme*. URL: <https://www.bmk.gv.at/themen/energie/energieversorgung/fernwaerme.html> (Zugriff am 20.03.2024).
- [7] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. *Klimaauswirkungen von Heizen mit Holz*. URL: <https://www.bmu.de/WS6881> (Zugriff am 13.11.2024).
- [8] H. O. Mayer und C. Müller. *Interview und schriftliche Befragung: Grundlagen und Methoden empirischer sozialforschung*. ger. 6., überarbeitete Auflage. München, Germany: Oldenbourg Verlag München, 2013. ISBN: 978-3-486-70691-8 978-3-486-71762-4.
- [9] F. Wosnitza und H. G. Hilgers. *Energieeffizienz und Energiemanagement: Ein Überblick heutiger Möglichkeiten und Notwendigkeiten*. SpringerLink Bücher. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2012. ISBN: 978-3-8348-1941-3 978-3-8348-8671-2.
- [10] Österreichisches Institut für Bautechnik. *OIB-Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz*. Techn. Ber. 2023.
- [11] Umweltbundesamt. *Umweltbundesamt (2022): 13. Umweltkontrollbericht. Umweltsituation in Österreich*. Techn. Ber. Wien, 2022.
- [12] ZAMG. *Wärmstes Jahr der Messgeschichte*. 2023. URL: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/waermstes-jahr-der-messgeschichte-1> (Zugriff am 30.12.2024).

- [13] ZAMG. *Massive Zunahme an Hitzetagen*. 2022. URL: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/massive-zunahme-an-hitzetagen> (Zugriff am 07.01.2025).
- [14] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. *Energiewende*. URL: <https://energie.gv.at/energiewende/wie-schreitet-der-ausbau-von-erneuerbaren-energien-in-oesterreich-voran> (Zugriff am 08.01.2025).
- [15] G. Aue und A. Burger. *Wärme & Kälte, Mobilität, Strom: Szenarien für die Dekarbonisierung des Wiener Energiesystems bis 2040*. Techn. Ber. Aug. 2021.
- [16] C. Zinganel. *Ökonomische Analyse von unterschiedlichen solarthermischen Systemen für eine Einbindung in das bestehende Fernwärmenetz der Fernwärme Wien*. Techn. Ber. 2013.
- [17] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. *Umfassende Bewertung des Potenzials für eine effiziente Wärme- und Kälteversorgung*. Techn. Ber. Wien, 2024.
- [18] Wien Energie GmbH. *Fernwärme Wien*. URL: <https://www.wienenergie.at/privat/produkte/waerme/fernwaerme/> (Zugriff am 19.12.2024).
- [19] B. Klocke, F. Heimlich und H. Petermann, Hrsg. *Handbuch der Gasverwendungstechnik: Greening of gas – Technologien für die Energiewende*. 2. Auflage. Essen: Vulkan Verlag GmbH, 2020. ISBN: 978-3-8356-7373-1.
- [20] Wärmepumpe Austria. *Wärmepumpe Funktion - Heizen und Kühlen mit Umweltenergie*. URL: <https://www.waermepumpe-austria.at/funktion> (Zugriff am 16.03.2025).
- [21] M. Wietschel, S. Ullrich, P. Markewitz, F. Schulte und F. Genoese, Hrsg. *Energietechnologien der Zukunft: Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*. 1. Aufl. 2015. SpringerLink Bücher. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015. ISBN: 978-3-658-07128-8 978-3-658-07129-5.
- [22] H. Watter. *Regenerative Energiesysteme: Grundlagen, Systemtechnik und Analysen ausgeführter Beispiele nachhaltiger Energiesysteme*. ger. 6. Auflage. Springer eBook Collection. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2022. ISBN: 978-3-658-35867-9.
- [23] S. Roberts und N. Guariento. *Gebäudeintegrierte Photovoltaik: Ein Handbuch*. Birkhäuser, Okt. 2009. ISBN: 978-3-0346-0489-5.
- [24] M. Stahr. *Sanierung Von Baulichen Anlagen: Nachhaltig - Ökologisch - Umweltgerecht*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2019. ISBN: 978-3-658-20475-4.
- [25] Austrian Standards International. *ÖNORM B 8110-6-1:2024-03: Wärmeschutz im Hochbau - Teil 6-1: Grundlagen und Ermittlung des Heizwärmebedarfs und des Kühlbedarfs*. Techn. Ber. Wien, 2024.
- [26] Austrian Standards International. *ÖNORM H 5057-1:2019-01: Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Teil 1: Raumluftheizenergiebedarf für Wohn- und Nichtwohngebäude*. Techn. Ber. Wien, 2019.
- [27] Austrian Standards International. *ÖNORM B 8110-5:2024-03: Wärmeschutz im Hochbau - Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile*. Techn. Ber. Wien, 2024.

- [28] Austrian Standards International. *ÖNORM H 5059-1\_2019-01: Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Teil 1: Beleuchtungsenergiebedarf (Nationale Ergänzung zu ÖNORM EN 15193)*. Techn. Ber. Wien, 2019.
- [29] Österreichisches Institut für Bautechnik. *OIB-Richtlinie 6: Normaußentemperaturen*. Techn. Ber. Juni 2015.
- [30] Austrian Standards International. *ÖNORM H 7500-3:2014-07: Heizungssysteme in Gebäuden - Teil 3: Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der Norm-Gebäudeheizlast*. Techn. Ber. Wien, 2014.
- [31] M. M. Jandrokovic, D. D. Mandl und D. F. Kapusta. *Energiekennzahlen in Dienstleistungsgebäuden*. Techn. Ber. Wien: Energieinstitut der Wirtschaft GmbH, 2012.
- [32] BKI Baukosteninformationszentrum, Hrsg. *BKI Baupreise kompakt 2025 Altbau : statistische Baupreise für Positionen mit Kurztexten*. Stuttgart, 2024. ISBN: 978-3-481-04755-9.
- [33] energie-fachberater.de. *Kosten für die Dämmung von Steildach und Flachdach*. Feb. 2025. URL: <https://www.energie-fachberater.de/daemmung/dachdaemmung/was-kostet-die-neue-dachdaemmung.php> (Zugriff am 25.02.2025).
- [34] Salzburg AG für Energie, Verkehr & Telekommunikation. *Kosten und Ertrag von Photovoltaikanlagen*. URL: <https://www.salzburg-ag.at/photovoltaik/privat/infos-ratgeber/wirtschaftlichkeit-finanzierung/pv-kosten-rechner.html> (Zugriff am 27.02.2025).
- [35] E-Control. *Aktueller Strompreis*. URL: <https://www.e-control.at/konsumenten/strom/strompreis/was-kostet-eine-kwh> (Zugriff am 27.02.2025).
- [36] Kampmann GmbH & Co. KG. *Wärmepumpen und Kaltwassererzeuger*. URL: <https://www.kampmann.at/hvac/produkte/waermepumpen-und-kaltwassererzeuger/kaclima-xxl> (Zugriff am 27.02.2025).
- [37] Bosch Thermotechnik GmbH. *Wärmepumpe: Kosten, Preise, Stromverbrauch*. URL: <https://www.bosch-homecomfort.com/de/de/wohngebaeude/wissen/heizungsratgeber/waermepumpe/waermepumpe-kosten/> (Zugriff am 28.02.2025).
- [38] E-Control. *Tarifkalkulator - Tarifrechner*. URL: <https://www.e-control.at/tarifkalkulator> (Zugriff am 03.03.2025).
- [39] Wien Energie GmbH. *Prüfstatement - Aufschlüsselung der Primärenergieträger der Wien Energie GmbH*. URL: <https://www.wienenergie.at/faqs/ist-heizen-mit-fernwaerme-klimafreundlich/> (Zugriff am 03.03.2025).
- [40] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. *Tarifübersicht Fernwärme*. URL: <https://waermepreise.at/tarifuebersicht/> (Zugriff am 28.02.2025).

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Darstellung der Methodik . . . . .	9
3.1	Entwicklung der mittleren Temperaturabweichung von 1768 bis 2023 [12]. . . . .	12
3.2	Entwicklung der mittleren Hitzetage pro Jahr [13]. . . . .	13
3.3	Entwicklung erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch in Österreich [14]. . . . .	14
3.4	Primäres Heizsystem nach eingesetztem Energieträger in Wien 2021/2022. Eigene Darstellung nach [3]. . . . .	15
3.5	Prozentuale Aufschlüsselung Primärenergieträger der Fernwärme Wien 2022. Eigene Darstellung nach [18]. . . . .	17
3.6	Funktionsprinzip einer Wärmepumpe. Eigene Darstellung nach [20]. . . . .	18
5.1	Grundriss 2. Obergeschoss . . . . .	37
5.2	Schnitt S-01 . . . . .	37
5.3	Schematische Darstellung der Berechnung . . . . .	38
5.4	Monatliche Verluste und nutzbare Gewinne Heizfall . . . . .	48
5.5	Monatliche Verluste und nutzbare Gewinne Kühlfall . . . . .	49
5.6	Einfluss der Dämmstärke auf den Heizwärmebedarf . . . . .	52
5.7	Amortisation der Photovoltaikanlage . . . . .	59
5.8	Sanierungsvarianten Bestand – Fernwärme . . . . .	60
5.9	Sanierungsvarianten Umstieg – Wärmepumpe . . . . .	61
5.10	LCC 50 . . . . .	64
5.11	Gesamtinvestitionskosten innerhalb 50 Jahren . . . . .	65
5.12	Jährliche CO <sub>2</sub> -Emissionen in Tonnen . . . . .	65
5.13	Lebenszykluskosten Vergleich Bestand – F-2b-S . . . . .	66
5.14	Verbesserung HWB und KB . . . . .	66

# Tabellenverzeichnis

3.1	Richtwerte Wärmedurchgangskoeffizienten (eigene Darstellung nach [24]) . . . . .	23
3.2	Funktionen und Baustoffe für WDVS (eigene Darstellung nach [24]) . . . . .	24
3.3	Vergleich unterschiedlicher Glassorten (eigene Darstellung nach [24]) . . . . .	25
4.1	Tabellarische Auswertung der Interviews . . . . .	35
5.1	Gebäudekenndaten . . . . .	36
5.2	U-Wert Außenwand (Stahlbetonwand) . . . . .	39
5.3	U-Wert Fenster (eigene Darstellung nach [25]) . . . . .	40
5.4	U-Wert Glas (eigene Darstellung nach [25]) . . . . .	40
5.5	U-Wert Flachdach (Umkehrdach) . . . . .	40
5.6	U-Wert Tonnendach . . . . .	41
5.7	U-Wert Kellerdecke . . . . .	41
5.8	Gesamte Wärmeverluste im Heizfall im jeweiligen Monat, in kWh/M . . . . .	42
5.9	Gesamte Wärmeverluste im Kühlfall im jeweiligen Monat, in kWh/M . . . . .	42
5.10	Bauteile mit dem jeweiligen U-Wert und Temperaturkorrekturfaktor $f_i$ . . . . .	43
5.11	Gesamte Wärmegewinne im Heizfall im jeweiligen Monat, in kWh/M . . . . .	45
5.12	Gesamte Wärmegewinne im Kühlfall im jeweiligen Monat, in kWh/M . . . . .	45
5.13	Monatlicher Heizwärmebedarf bei Berechnung mit Standortklimabedingungen, in kWh . . . . .	47
5.14	Monatlicher Kühlbedarf bei Berechnung mit Standortklimabedingungen, in kWh . . . . .	48
5.15	Transmissionswärmeverlust-Koeffizient . . . . .	50
5.16	Gesamtstromverbrauch . . . . .	51
5.17	U-Wert Außenwand neu . . . . .	52
5.18	Verbesserung des Heizwärmebedarfs durch Außenwand . . . . .	52
5.19	Kosten WDVS . . . . .	53
5.20	U-Wert Holzfenster neu . . . . .	53
5.21	U-Wert Verglasung neu . . . . .	53
5.22	Verbesserung des Heizwärmebedarfs durch Fenster und Verglasung . . . . .	53
5.23	Kosten Fenster und Verglasung . . . . .	54
5.24	U-Wert Flachdach neu . . . . .	55
5.25	U-Wert Tonnendach neu . . . . .	55
5.26	Verbesserung des Heizwärmebedarfs durch Dach . . . . .	55
5.27	Kosten Dach . . . . .	56

5.28	U-Wert Kellerdecke neu . . . . .	56
5.29	Verbesserung des Heizwärmebedarfs durch Kellerdeckendämmung . . . . .	56
5.30	Kosten Kellerdecke . . . . .	57
5.31	Verbesserung des Kühlbedarfs durch Sonnenschutzeinrichtungen . . . . .	57
5.32	Kosten Sonnenschutzeinrichtung . . . . .	57
5.33	Kosten Photovoltaikanlage . . . . .	58
5.34	Kosten Wärmepumpe . . . . .	60
5.35	Variantenvergleich ohne Sonnenschutz . . . . .	62
5.36	Vergleich ausgewählter Varianten mit Sonnenschutz . . . . .	64
A.1	Wandflächen gegen Außenluft nach Orientierung und Bauteilen . . . . .	71
A.2	Dachflächen gegen Außenluft . . . . .	72
A.3	Kellerdecke . . . . .	72
A.4	Strahlungswerte auf 90° geneigten Flächen in kWh/m <sup>2</sup> (eigene Darstellung nach [27]) . . . . .	72
A.5	Koeffizienten des Regressionsmodells zur Bestimmung der mittleren Monatssummen der Globalstrahlung $I_S$ für die Region Nord - außerhalb von Föhngebieten (N) (eigene Darstellung nach [27]) . . . . .	72
A.6	Berechnung der mittleren Monatssummen der Globalstrahlung auf die horizontale Fläche (eigene Darstellung nach [27]) . . . . .	73
A.7	Transpositionsfaktoren $F_T$ für 90° Neigung und Seehöhe 200 m (eigene Darstellung nach [27]) . . . . .	73
A.8	Standortklima (Mittlere Außentemperatur im jeweiligen Monat in °C) (eigene Darstellung nach [27]) . . . . .	73
A.9	Koeffizienten des Dreischichten-Regressionsmodells zur Bestimmung der Monatsmitteltemperatur $\theta_{e,j}$ in °C (eigene Darstellung nach [27]) . . . . .	73
A.10	$Z_{ON}$ - Orientierungs- und Neigungsfaktor (eigene Darstellung nach [25]) . . . . .	74
A.11	$f_{op}$ - Strahlungskorrekturwert in kWh/M (eigene Darstellung nach [25]) . . . . .	74
A.12	Nutzungstage für Bürogebäude (eigene Darstellung nach [27]) . . . . .	74
A.13	Typische Gesamtenergiedurchlassgrade $g_{tot}$ für Abschlüsse außen (eigene Darstellung nach [25]) . . . . .	74
A.14	Parameter $\alpha_{m,S,c}$ zur Bewertung der Aktivierung von Sonnenschutzeinrichtungen (eigene Darstellung nach [25]) . . . . .	75
A.15	Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne im Heiz- bzw. Kühlfall . . . . .	75