



universität
wien

MASTERARBEIT

Titel der Masterarbeit

„Auswirkungen städtebaulicher Strukturen in Wien
auf die Energieeffizienz sowie die Wirtschaftlichkeit
thermischer Sanierungsmaßnahmen“

Verfasser

Florian Kops, Bakk.rer.soc.oec

angestrebter akademischer Grad

Master of Science (MSc)

Wien, 2014

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 915

Studienrichtung lt. Studienblatt: Masterstudium Betriebswirtschaft

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Franz Wirl

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.“

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen der Energieeffizienz	3
2.1 Prinzipien des Wärmeschutzes.....	3
2.1.1 Behaglichkeitskriterien	4
2.2 Die Energiekennzahlen.....	5
2.2.1 Die Bedarfskennzahlen	5
2.3 Verbrauchsorientierte Betrachtung.....	7
2.4 Einflussfaktoren auf den Heizwärmebedarf	8
2.4.1 Die Qualität der thermischen Hülle.....	8
2.4.2 Gebäudekubatur und Kompaktheit.....	9
2.5 Energieeffizienzstandards und Richtlinien.....	11
2.5.1 Die EU-Gebäuderichtlinie (EPBD).....	11
2.5.2 Weitere Richtlinien auf EU-Ebene	12
2.5.3 Der Energieausweis	12
3 Energieeffizienz städtebaulicher Strukturen in Wien	14
3.1 Grundsätzliches zu städtebaulichen Strukturen in Wien	14
3.2 Bedarfsmuster typischer Baustrukturen in Wien.....	16
3.2.1 Grundlagen und Ergebnisse der Fallstudien	16
3.2.1.1 Gründerzeitblock Stüwerstraße/ Ausstellungsstraße 1020 Wien.....	17
3.2.1.2 Wohnblock Sonnwendgasse 1100 Wien.....	19
3.2.1.3 Wohnanlage Tamariskengasse 1220 Wien.....	20
3.2.2 Interpretation der Ergebnisse	21
4 Konzepte zur Steigerung der Energieeffizienz	23

4.1 Erneuerungsstrategien	23
4.2 Allg. Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz	25
4.2.1 Optimierung der thermischen Hülle	25
4.2.2 Sonstige Maßnahmen.....	26
4.3 Kriterien für die Planung und Durchführung nachträglicher Sanierungsmaßnahmen.....	27
4.3.1 Mindestwärmeschutzstandards	27
4.3.2 Sanierung auf Passivhausniveau	28
4.4 Potentiale zur Einsparung von Heizwärme im Wiener Gebäudebestand: Ergebnisse der Fallstudien	29
4.4.1 Sanierungsprojekt Stüwerstraße.....	30
4.4.2 Sanierungsprojekt Sonnwendgasse	31
4.4.3. Sanierungsprojekt Tamariskengasse	32
4.5 Förderungen von Sanierungsmaßnahmen	33
4.6 Der Rebound-effekt	36
5 Wirtschaftlichkeit von thermisch-energetischen Sanierungsmaßnahmen	38
5.1 Bewertungsmöglichkeit der Rentabilität.....	38
5.2 Bestandssanierung bei selbstgenutzten Immobilien.....	39
5.2.1 Kosten und Nutzen: Fallbeispiel 50 er Jahre Block.....	40
5.2.1.1 Ermittlung Kosten und Förderbeitrag	41
5.2.1.2 Energiepreise	43
5.2.1.3 Der Mehrertragsansatz.....	44
5.2.1.4 Kapital- und Realzinssatz.....	45
5.2.1.5 Die Kapitalwertmethode	46
5.2.1.6 Die Annuitätenmethode	47
5.2.1.6.1 Mittlerer zukünftiger Energiepreis.....	47

5.2.1.6.2 Die Annuitätischen Kosten und Einsparungen.....	48
5.2.1.7 Kosten der eingesparten KWh	49
5.2.2 Sensitivitätsanalyse.....	50
5.2.2.1 Sensitivität Realzinssatz und Teuerungsraten	51
5.2.2.2 Sensitivität Brenn- und Baustoffpreise	52
5.2.3 Der Optionswert der Investition	54
5.2.3.1 Analytische Lösung	55
5.2.3.2 Analytische Lösung: Fallstudie Sonnwendgasse	58
5.3 Bestandssanierung bei aufrechten Mietverhältnissen	61
5.3.1 Investor/Nutzer Dilemma.....	62
5.3.2 Moral Hazard.....	63
5.3.3 Das Mietrechtsgesetz in Wien	63
5.3.4 Kosten und Nutzen: Fallbeispiel Gründerzeitblock	66
5.3.4.1 Investitionskosten und Energiepreise	66
5.3.4.2 Mehrertragsansatz	67
5.3.4.3 Mieter: Nutzen bei „break even“ Mietzinsanhebung	70
5.3.4.4 Beispiel Energy-Contracting.....	71
5.3.5 Genossenschaftswohnungen: Fallbeispiel Tamariskengasse	73
5.3.5.1 Das Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz(WGG)	73
5.3.5.2 Kosten und Nutzen	75
5.3.5.3 Mieterhöhung GBV.....	76
5.3.5.4 Nutzen der Mieter	77
5.4 Zusätzliche Hemmnisse bei der Bestandssanierung	79
5.5 Kritische Anmerkungen.....	81
5.6 Schlussbetrachtung.....	82
6 Quellenverzeichnis	83
7 Abbildungsverzeichnis	88

8 Kurzfassung.....	89
9 Lebenslauf.....	90
10 Anhang	91

1 Einleitung¹

Eine kontinuierliche globale Steigerung der Energienachfrage bei gleichzeitig langfristiger Abnahme der Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe, macht einen effizienten und verantwortungsvollen Umgang mit Energie im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung zu einer wesentlichen Aufgabe heutiger Gesellschaften. Eine effiziente Energienutzung führt neben Kosteneinsparungen und CO₂-Minderungen auch zu einer verringerten Energieimportabhängigkeit. Um die 20/20/20 Ziele der Europäischen Union² zu realisieren, wurden im Rahmen der *Österreichischen Energiestrategie 2009* konkrete Maßnahmen festgelegt und als 3 zentrale „Säulen der Energiestrategie“ zusammengefasst. Die drei-fach Strategie beinhaltet eine Steigerung der Energieeffizienz und des Einsatzes erneuerbarer Energieträger sowie die allgemeine Sicherstellung der Energieversorgung. Die Energiestrategie weist der Steigerung der Energieeffizienz noch mehr Bedeutung als dem Einsatz erneuerbarer Energien zu, wenn es um die Verringerung nachteiliger anthropogener Einflüsse auf Klima und Umwelt geht.

In etwa ein Drittel des Endenergiebedarfs in Österreich fällt auf das Angebot von Raumwärme und Warmwasser (Heizenergie). Die Arbeit geht der Frage nach, wie effizient verschiedene Gebäudestrukturen in Wien hinsichtlich ihres Bedarfs an Heizenergie sind und in welchen Fällen eine Steigerung der Energieeffizienz aus wirtschaftlicher, technischer und ökologischer Sicht sinnvoll ist. Hauptaugenmerk wurde dabei auf die Wirtschaftlichkeitsanalyse gelegt, die wiederum von einer Vielzahl rechtlicher Aspekte beeinflusst wird. Der Bestand an Wohngebäuden in Wien bietet ein hohes Potential zur Energieeinsparung. Ein Großteil der Wohnfläche wurde vor 1980 errichtet weshalb eine Steigerung der Sanierungsquote des Altbaubestandes eine wesentliche Maßnahme zur Erfüllung der *Energiestrategie 2009* darstellt. „Um die angestrebte Treibhausgas-Reduktion allein durch Verbesserungen der Energieeffizienz erreichen zu können, müsste die Sanierungsrate auf ca. 2 bis 3 % des Altbestands angehoben und die Verknüpfung mit energetischen

¹ Soweit nicht anders angegeben, beziehe ich mich in diesem Abschnitt auf IEA 2008

² 20 % Treibhausgas-Reduktion, 20 % Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtverbrauch, 20% mehr Energieeffizienz bis 2020

Verbesserungen vorgenommen werden.“³ Laut Kyoto-Optionen-Analyse der ÖKK (Österreichische Kommunalkredit AG) können bis zu 5 Millionen Tonnen CO₂ im Gebäudebereich eingespart werden.⁴ Befürworter thermischer Sanierungen betonen die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte einer solchen Investition. „Eine Investition von einer Milliarde € in thermische Gebäudemaßnahmen schafft rund 12.000 Arbeitsplätze. Im Vergleich dazu schafft diese Investition im privaten Konsum rund 4000 und im Export rund 6000 Jobs“⁵

Ziel des ersten Teils der Arbeit ist es, darzustellen wie energieeffizient verschiedene, für Wien charakteristische Bebauungsformen tatsächlich sind bzw. welche treibenden Größen einen primären Einfluss auf den Bedarf an Heizenergie darstellen. Im zweiten Teil soll gezeigt werden, welche Baustrukturen in Wien das größte Einsparpotential besitzen und welche konkreten Einsparungen erzielt werden können. Darüber hinaus wird beschrieben welche Gesetze, Richtlinien und Förderbestimmungen bei Sanierungsprojekten zur Anwendung kommen und welche Maßnahmen in der Praxis notwendig sind um die vorgegebenen Standards erreichen zu können. Im Rahmen einer umfassenden Analyse wird die betriebswirtschaftliche Rentabilität unterschiedlicher Sanierungsvarianten für drei typische Wiener Gebäudestrukturen ermittelt. Dabei sind vor allem die Eigentümerverhältnisse der jeweiligen Gebäude für die Wirtschaftlichkeitsanalyse wesentlich. So werden der Fall der selbstgenutzten Immobilie und der des vermieteten Bestands aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen und Hemmnisse separat betrachtet. Die Realloptionsanalyse im letzten Teil der Arbeit versucht Aussagen bezüglich des optimalen Zeitpunkts einer Investition in ein Sanierungsprojekt zu treffen.

³ Guschlbauer-Hronek 2004, S.17

⁴ Guschlbauer-Hronek 2004, S.17

⁵ http://wirtschaftsblatt.at/home/nachrichten/dossiers/green_economy/1544087/EUMillionen-fur-die-thermische-Sanierung 06.08.2014 13:18

2 Grundlagen der Energieeffizienz von Wohngebäuden

2.1 Prinzipien und Entwicklungen des Wärmeschutzes⁶

Gründe für einen angemessenen Wärmeschutz sind nicht nur die Einsparung von Heizwärme und die Reduktion von CO² Emissionen, sondern auch die Verringerung von Schäden an der Gebäudehülle sowie die Steigerung der allgemeinen Luftqualität und Behaglichkeit. Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts entstanden Mindestkriterien für den Wärmeschutz von Wohngebäuden, wobei der Aspekt der Energieeinsparung erst wesentlich später relevant wurde. „Ursprünglich waren Gesundheit und Hygiene die Hauptargumente für einen angemessenen Wärmeschutz.“⁷ Die 1950 erschienene ÖNORM B 8110 enthielt erstmals detaillierte Mindeststandards, wobei die damals üblichen Wandstärken als Grundlage für deren Festlegung herangezogen wurden. Dabei wurden jene Mindestwärmedurchlasswiderstände festgelegt, die bei gewöhnlichen Nutzverhalten die Entstehung von Schimmelpilz verhindern sollten. „Man sah in dieser Norm also die Voraussetzung für die Schaffung gesunder und behaglicher Räume und sprach daher in diesem Zusammenhang vom hygienischen Wärmeschutz.“⁸

Zur dieser Zeit war das allgemeine Interesse an thermischen Maßnahmen sehr gering. Bei der Planung von Neubauten versuchte man in erster Linie eine hohe Bauleistung bei geringen Kosten zu erzielen. Die Wiener Bauordnung enthielt damals keine Einträge bezüglich des Wärmeschutzes. Die Energiekrise in den 70er Jahren führte schließlich zu verstärkten Anforderungen. Der wesentliche Grund für die neue Anforderung war erstmals die angestrebte CO₂-Minderung und die damit verbundene Verbesserung hinsichtlich des Umweltschutzes. „Nachdem sich der Umweltschutz in Bezug auf die Energieversorgung mit Brennstoff lange Zeit hauptsächlich den Problemen der Schadstoffreduzierung, also z.B. der Reduzierung von Staub, Schwefeldioxyd (SO₂) und Stickoxyden (NO_x) zugewandt hatte, wurde in den 1980er Jahren deutlich, dass auch das völlig ungiftige CO₂ einen besonderen Einfluss auf das Weltklima hat.“⁹ Seit den 80er Jahren ist eine generelle Steigerung der thermischen Qualität von

⁶Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf Mayer 2007

⁷Oswald 1995, S.11

⁸Oswald 1995, S.12

⁹Oswald 1995, S. 15

Wohngebäuden zu beobachten.¹⁰ Für die Mehrheit der Investoren von Wärmeschutzmaßnahmen steht allerdings weniger die CO₂-Minderung, als die langfristige Kosteneinsparung die durch die Energieeinsparungen erzielt wird im Vordergrund.¹¹

2.1.1 Behaglichkeitskriterien

Die Qualität der Raumlufte sowie die Raumtemperatur haben einen sehr großen Einfluss auf das menschliche Wohlbefinden und werden in erster Linie durch Baukonstruktion und Nutzerverhalten bestimmt. Ein behagliches Raumklima lässt sich in baulicher Hinsicht in erster Linie durch Außenbauteile mit hoher Qualität erzielen.¹²

Übermäßige Wärme oder starke Abkühlung beeinflussen den Organismus bzw. die geistige und körperliche Leistungsfähigkeit. In der Regel werden Raumtemperaturen von ungefähr 20 Grad Celsius als behaglich empfunden, wobei die Oberflächentemperaturen des Raumes wesentlich auf dieses Behaglichkeitsgefühl einwirken. Eine starke Differenz zwischen Oberflächen- und Körpertemperatur führt dazu, dass der Körper seine Wärme schneller abgibt (was als Zugluft empfunden wird). Sind die Oberflächentemperaturen in Räumen zu niedrig können Tauwasserbildungen entstehen und betroffene Stellen von Schimmel befallen werden.¹³ „Eine ausreichend hohe Oberflächentemperatur in Räumen zu schaffen und den Wärmeaustausch zwischen den Räumen und der Außenluft gering zu halten, um Gebäude vor Schäden infolge wechselnder Außentemperatureinwirkungen zu schützen, ist daher die wesentliche Aufgabe eines effektiven Wärmeschutzes.“¹⁴

2.2 Die Energiekennzahlen

Nicht dem tatsächlichen Verbrauch entspricht im Normalfall der Bedarf an Energie, insbesondere Heizwärme. Die Bedarfskennzahlen gehen von standardisierten Werten bezüglich Bauteil- bzw. Baustoffqualitäten, Außentemperatur und Sonneneinstrahlung sowie einem standardisierten

¹⁰Kotzya et.al.1999, S.10

¹¹Wolf 2009, S.9

¹²Ebel et.al. 2000, S.5

¹³Oswald 1995, S. 15

¹⁴Oswald 1995, S. 12

Nutzerverhalten aus.¹⁵ „Es handelt sich um Komplexgrößen, welche sich aus einer Reihe von Einflussgrößen zusammensetzen.“¹⁶ Dabei werden Bedarfskennzahlen als theoretische Werte berechnet während im Gegensatz dazu, der Energieverbrauch einen echten, messbaren Wert darstellt, der durch das Nutzerverhalten maßgeblich beeinflusst wird.¹⁷

2.2.1 Die Bedarfskennzahlen

Als wichtiges Hilfsmittel zur Beurteilung der energetischen Qualität eines Gebäudes dienen die sogenannten Bedarfskennzahlen, die sowohl als Maß für den Einsatz an Energie als auch für die Umweltbelastung herangezogen werden können. „Diese Kennzahlen sind spezifische Größen, die den Energiebedarf eines Gebäudes pro Quadratmeter Wohnfläche und für eine Zeitspanne von einem Jahr ausweisen. Sie werden in der Einheit Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr (kWh/m²*a) angegeben.“¹⁸ Dabei ist zwischen **Heizwärme-**, **Heizenergie-**, **Endenergie-** und **Primärenergieeinsatz** zu unterscheiden.

Die Kennzahlen beziehen sich auf das „konditionierte Brutto-Volumen“ eines Gebäudes. Dieses wird von seiner „thermischen Hülle“ ummantelt und definiert sich laut ÖNORM B 1800 als „Rauminhalt des Bauwerkes, der von den äußeren Begrenzungsflächen und nach unten von der Unterfläche der konstruktiven Bauwerkssohle umschlossen wird.“¹⁹ „Der jährliche **Heizwärmebedarf** pro m² konditionierter Brutto-Grundfläche und je Zone ist die Wärmemenge, die den konditionierten Räumen zugeführt werden muss, um deren vorgegebene Solltemperatur (i.d.R. 20 Grad Celsius) einzuhalten.“²⁰

Für die Ermittlung des Heizwärmebedarfs sind Wärmeverluste durch die Gebäudehülle sowie die Wärmegewinne durch eingestrahlte (und absorbierte) Sonnenenergie die zu ermittelnden Energieströme. Interne Gewinne durch Wärmeabgabe von Personen und Geräten werden nicht berücksichtigt.²¹

¹⁵ Kotyza et.al.1999,S. 6

¹⁶ Kotyza et.al.1999,S. 6

¹⁷ Kotyza et.al.1999,S. 6

¹⁸ Ebel et.al. 2000, S.8

¹⁹ Arbeitsgemeinschaft für Synergien im Bauwesen, 2012

²⁰ Arbeitsgemeinschaft für Synergien im Bauwesen, 2012

²¹ Ebel et.al. 2000, S.5

Unabhängig von Baustruktur und Art des Bauteils sind bei österreichischem Klima die Wärmeverluste in der kalten Jahreszeit signifikant größer als die jeweiligen (freien) Wärmegewinne. Der Verlust ergibt sich in erster Linie durch Wärmeabgabe der Außenwände, Dächer und Decken sowie der „Abfuhr von Wärme mit der Abluft, die das Gebäude verlässt (Konvektion)“²². Der Heizwärmebedarf ergibt sich daher aus der rechnerisch ermittelten Differenz zwischen Wärmegewinn und Verlust und ist wahrscheinlich die geeignetste Kennzahl zur Beurteilung unterschiedlicher thermischer Qualitäten bzw. Dämmstandards.

Zur Beurteilung der Gesamteffizienz eines Gebäudes bietet sich der Heizenergiebedarf als Kennzahl an, da hier die Wärmeverluste der Anlagen ebenfalls berücksichtigt werden. Der **Heizenergiebedarf (HEB)** ist der Teil des Endenergiebedarfs, der auf die Heizungs- und Warmwasseraufbringung fällt. Der HEB setzt sich aus dem Heizwärmebedarf (HEB), dem Warmwasserwärmebedarf und dem Heiztechnikenergiebedarf zusammen (Abb.2).

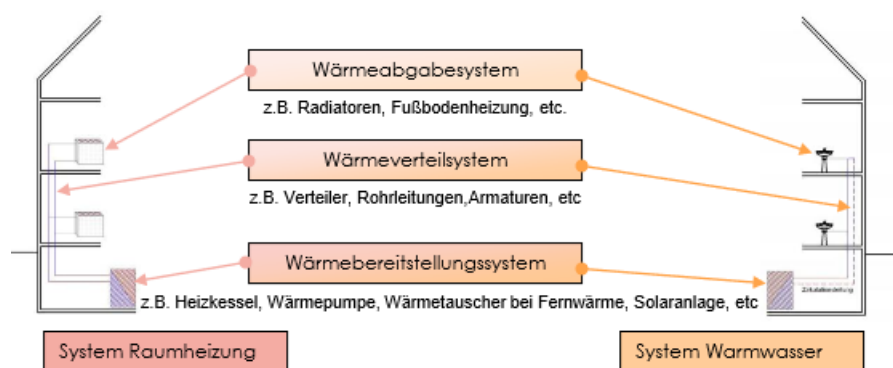


Abb.1 Wärmesysteme (Quelle: Arbeitsgemeinschaft für Synergien im Bauwesen, 2012)

Der **Heiztechnikenergiebedarf** bezieht sich auf den Energiebedarf des Heizsystems und auf die (dem Gebäude nicht zugutekommenden) Verluste der Anlage (Warmwasserbereitung, Bereitstellung, Speicherung, Verteilung und Abgabe).²³ „Der **Warmwasserwärmebedarf** ist jene Energiemenge, die ohne

²² Ebel et.al. 2000, S.5

²³ Arbeitsgemeinschaft für Synergien im Bauwesen, 2012

Berücksichtigung der Wärmeverluste der Anlagentechnik zur Erwärmung der gewünschten Menge Warmwasser zugeführt werden muss (Nutzenergie)²⁴.

2.3 Verbrauchsorientierte Betrachtung²⁵

Die Abweichung zwischen dem errechneten Bedarf an Energie und dem gemessenen echten Verbrauch erklärt sich durch folgende Faktoren:

- „Höherer Komfortanspruch der Bewohner“

Die Ermittlung des Bedarfs ist einer vorgegebenen Solltemperatur unterstellt. Diese Berechnungsgrundlage von 20 Grad C liegt in der Regel unter der tatsächlichen durchschnittlichen Raumtemperatur in der Heizperiode.

- „Gebäudehülle“

Die standardisierten Verfahren zur Berechnung der Bedarfskennzahlen basieren möglicherweise auf zu optimistischen Annahmen. „Die rechnerischen Annahmen der Baustoff- und Bauteilqualitäten werden in vielen Fällen nicht erreicht“²⁶

- „Benutzerverhalten“

Das Nutzerverhalten hat diesbezüglich den stärksten Einfluss. Neben Faktoren wie der Größe des Objekts und der Anzahl der Wohnungsmitglieder, wird der Verbrauch durch das subjektive Behaglichkeitsgefühl und die Höhe des Einkommens beeinflusst. Ein erhöhter individueller Energieverbrauch ergibt sich aber oft auch durch Pauschalisierungen beim Abrechnungsmodus.

2.4 Einflussfaktoren auf den Heizwärmebedarf

2.4.1 Die Qualität der thermischen Hülle

Neben dem A/V-Verhältnis bestimmt sich die Energieeffizienz eines Gebäudes primär durch die Qualität der thermischen Hülle. Die Aufgabe dieser Außenhülle

²⁴ Arbeitsgemeinschaft für Synergien im Bauwesen, 2012

²⁵ Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf Kotyza et.al. 1999

²⁶ Ebel et al. 2000, S. 12

eines Gebäudes ist der Schutz vor Transmissions- sowie Lüftungswärmeverlusten. „Während der kalten Tage findet aufgrund der Differenz von Innen- und Außentemperaturen an den Hüllenbauteilen der Wärmetransport von innen nach außen statt. Dabei setzt sich die Transmission aus folgenden Teilen zusammen: den Wärmeübergängen von der Innenluft zum Bauteil, vom Bauteil zur Umgebungsluft sowie der Wärmeleitung zwischen den Bauteilschichten.“²⁷

Die Transmissionswärmeverluste bei Gebäuden (nach heutigem Standard) sind in der Regel deutlich höher als die jeweiligen Wärmegewinne. „Eine Reduktion der Transmissionswärmeverluste durch eine optimale Wärmedämmung ist daher eine effektive Methode zur Senkung des Heizwärmebedarfs.“²⁸ Umso geringer die Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes ist, umso effektiver ist die Wärmedämmung. „Die Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes kann mit Hilfe von U-Werten miteinander verglichen werden. Dieser Wert gibt die Wärmemenge an, die unter gewissen Annahmen pro Zeiteinheit und pro Kelvin Temperaturdifferenz durch eine Bauteilfläche von einem Quadratmeter fließt.“²⁹ Je geringer der U-Wert eines Bauteils desto besser ist seine energetische Qualität. „Der U-Wert wurde durch die europäische Normangleichung eingeführt und unterscheidet sich vom früheren k-Wert nur durch die genauere Miteinbeziehung von realen Wärmestromverläufen bei Bauteilen mit Rahmenanteilen.“³⁰

Zur Ermittlung des U-Werts muss zuerst der Wärmedurchgangswiderstand berechnet werden. Dieser ergibt sich aus der Gesamtheit der inneren und äußeren Wärmeübergangswiderstände (R_{Si} , R_{Se}) und den Wärmedurchlasswiderständen der Baustoffschichten. Der Wärmedurchlasswiderstand ergibt sich wiederum aus der Schichtdicke S_i und der Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe λ (Wärmeleitzahlen werden in Abhängigkeit ihrer Rohdichte angegeben). Der Kehrwert des

²⁷Wolf 2009, S.25

²⁸Oswald et.al. 1995, S18

²⁹Ebel et.al. 2000, S.8

³⁰Wolf 2009, S.20

Wärmedurchgangswiderstandes (1) ergibt den Wärmedurchgangskoeffizient U (2)³¹.

$$R_t = R_{Si} + \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{\lambda_i} + R_{Se} \quad (1)$$

$$U = \frac{1}{R_t} \quad (2)$$

Zur Berechnung der Bedarfskennzahlen (Kapitel 2.2.1) muss für jedes Bauteil der zugehörige U-Wert ermittelt werden. Ist der Aufbau eines Bauteils bekannt³² (insbesondere Dicke und Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Schichten), kann der zugehörige U-Wert laut (1) relativ einfach berechnet werden. Lassen sich die U-Werte nicht genau ermitteln, können Heizwärme- und Heizenergiebedarf durch das Heranziehen von sogenannten Default-Werten berechnet werden. Abb. 2 zeigt den Zusammenhang von Epoche, Gebäudetyp, Bauteil und zugehörigem Default-Wert. Bauwerke früherer Epochen weisen tendenziell höhere U-Werte auf (verfügen i.d.R. über „schlechtere“ Bauteilqualitäten).

Epoche / Gebäudetyp	KD	OD	AW	DF	FE	G	AT
vor 1900 EFH	1,25	0,75	1,55	1,30	2,50	0,67	2,50
vor 1900 MFH	1,25	0,75	1,55	1,30	2,50	0,67	2,50
ab 1900 EFH	1,20	1,20	2,00	0,90	2,50	0,67	2,50
ab 1900 MFH	1,20	1,20	1,50	0,90	2,50	0,67	2,50
ab 1945 EFH	1,95	1,35	1,75	1,30	2,50	0,67	2,50
ab 1945 MFH	1,10	1,35	1,30	1,30	2,50	0,67	2,50
ab 1960 EFH	1,35	0,55	1,20	0,55	3,00	0,67	2,50
ab 1960 MFH	1,35	0,55	1,20	0,55	3,00	0,67	2,50
Systembauweise	1,10	1,05	1,15	0,45	2,50	0,67	2,50
Montagebauweise	0,85	1,00	0,70	0,45	3,00	0,67	2,50

Abb.2 Default-U-Werte Österreich (Quelle: OIB-Richtlinie 6)

2.4.2 Gebäudekubatur und Kompaktheit

Die Kompaktheit eines Gebäudes bestimmt sich durch den sogenannten A/V-Wert, welcher das Verhältnis zwischen der (wärmeleitenden) Gebäudehülle und dem beheizten Volumen des Gebäudes angibt. Dieser Kennwert hat einen

³¹Wolf 2009, S.21

³²Dafür wird in der Praxis ein Einreichplan mit genauen Bauteilaufbauten und Beschreibungen benötigt

signifikanten Einfluss auf den Heizwärmebedarf. Je kleiner das Verhältnis ist, desto kompakter (energieeffizienter) ist das Gebäude.³³

Die Gebäudeform mit dem niedrigsten A/V-Verhältnis stellt die Kugel dar. Gebäude mit günstigen A/V-Verhältnis weisen einen Wert von 0,5 und darunter auf während weniger kompakte Gebäude einen Wert von mehr als 1,0 aufweisen können. „Stark gegliederte Baukörper verhalten sich ähnlich wie Kühlrippen und verbrauchen viel Energie, während kompakte Baukörper weniger Energie an ihre Umgebung abgeben.“³⁴ Vergleicht man zwei Gebäude gleicher Grundfläche, wird das kompaktere (bei gleichen Bauteilqualitäten) meistens einen niedrigeren Heizwärmebedarf aufweisen. Im Fall einer Sanierung müsste das Gebäude mit dem schlechteren A/V Verhältnis, mit verhältnismäßig mehr Dämmung versehen werden um den gleichen Wert zu erzielen.

„Zweigeschossige Häuser haben ein besseres A/V-Verhältnis als Bungalows mit der gleichen Wohnfläche. Große Häuser haben bei gleicher Form ein niedrigeres A/V-Verhältnis als kleine, aus diesem Grund sind Mehrfamilienhäuser und Reihenhäuser in diesem Sinn energiesparender als freistehende Einfamilienhäuser.“³⁵ Abb. 3 zeigt die relativen Transmissionswärmeverluste in Abhängigkeit der Gebäudekubatur.

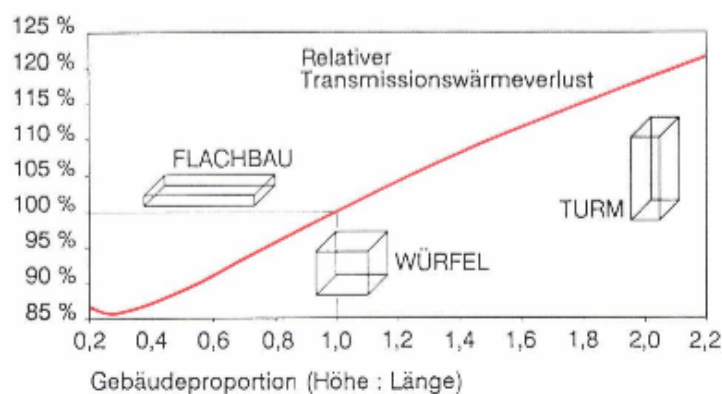


Abb. 3 Transmissionswärmeverluste (Quelle: Kotyza et. al. 1999)

„Eine Schwäche der Kennzahl ist die Tatsache, dass Unterschiede im Wärmeverlust an Außenluft oder Erdreich ignoriert und unterschiedliche

³³ Frick 2012, S.52

³⁴ Frick 2012, S.52

³⁵ <http://www.energiesparhaus.at/fachbegriffe/azuv.htm>, 03.07. 2014 14:30

realisierbare solare Gewinne nicht berücksichtigt werden.“³⁶ Verfügt also ein Gebäude über z.B. mehr Boden- und Dachflächen als ein anderes, bei gleichem Volumen und A/V-Verhältnis, kann der Heizwärmebedarf sehr unterschiedlich ausfallen (das andere Gebäude hätte dann z.B. mehr Außenwandflächen, welche über einen besseren U-Wert als Boden- oder Dachflächen verfügen).

2.5 Energieeffizienzstandards und Richtlinien³⁷

2.5.1 Die EU-Gebäuderichtlinie

Die „Energy Performance Building Directive“ (EPBD) ist die Richtlinie des europäischen Parlaments und Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden aus dem Jahr 2010. Es handelt sich dabei um die Neufassung der Richtlinie von 2002. „Wesentliche Erwägungen sind die nachhaltige Verwendung von Energie, eine Steuerung der Energienachfrage sowie die Verpflichtung zum Ausbau der Energie an erneuerbaren Quellen.“³⁸ Dabei setzt die Richtlinie ein „kostenoptimales“ Niveau der Mindestanforderungen an den Wärmeschutz fest, wobei die Mitgliedstaaten berechtigt sind striktere Kriterien zu formulieren. Dieses Niveau ist die Grundlage für Neubauten und nachträgliche Sanierungen von Altbauten.³⁹

Die Richtlinie definiert auch Mindestanforderungen hinsichtlich des allgemeinen Umfangs für eine Berechnung der Gesamteffizienz als auch bezüglich der Gebäudetechnik (sollte diese ersetzt, modernisiert oder neu installiert werden). Darüber hinaus legen die Mitgliedstaaten diverse Maßnahmen fest, um einen Apparat für die Erstellung von Energieausweisen einzurichten. Die Umsetzung der Richtlinie obliegt den jeweiligen EU-Mitgliedstaaten, denen ab dem Inkrafttreten im Jahr 2010, 2 Jahre Zeit bleibt um die benötigten Vorschriften zu *erlassen* und zu *veröffentlichen*. „Eine Anwendung der Vorschriften soll zweieinhalb Jahre nach dem Inkrafttreten erfolgen“⁴⁰.

In Österreich fließt die Richtlinie sowohl auf Bundes- als auch auf Länderebene in die Gesetzgebung ein. Auf Bundesebene als Energieausweis-Vorlage-Gesetz

³⁶ <http://www.energiesparhaus.at/fachbegriffe/azuv.htm> 03.07. 2014 14:30

³⁷ Soweit nicht anders angegeben, beziehe ich mich in diesem Abschnitt auf Wagner 2012

³⁸ Wagner 2012, S.4

³⁹ Arge SB 2012, S.39

⁴⁰ Wagner 2012, S.5

(EVG) und auf Länderebene in Form der OIB-Richtlinie 6 die in den jeweiligen Bautechnikverordnungen verankert ist.

2.5.2 Weitere Richtlinien auf EU-Ebene

Die Gebäuderichtlinie ist aber nur eine von vielen Maßnahmen auf EU-Ebene um Anreize für die Steigerung der Energieeffizienz zu schaffen. So existiert eine Energieeffizienz-, aber auch eine spezielle Endenergieeffizienz-Richtlinie. Letztere beinhaltet einen Katalog an Energieeffizienzmaßnahmen mit Bezug auf Heizung, Kühlung und Lüftung sowie der Nutzung erneuerbarer Energieträger. Eine vordergründige Forderung der Richtlinie ist die Bereitstellung von effizienten Auditprogrammen zur Ermittlung optimaler Energieeffizienzmaßnahmen für Verbraucher. Großes Einsparungspotential im Gebäudebereich prophezeit der Energieeffizienzplan 2011. Dieser sieht in erster Linie eine Verdopplung bei der thermischen Sanierungsrate von öffentlichen Gebäuden vor. Einen Maßnahmenkatalog für die Umsetzung der, meiner Meinung nach ehrgeizigen Ziele des Energieeffizienzplans findet man in der Energieeffizienzrichtlinie. Eine der Maßnahmen ist das Schaffen von Anreizen, um das häufig auftretende Investor-Nutzer Dilemma (siehe 5.3.1) zu verringern. Die Energieeffizienz-Richtlinie sieht des Weiteren eine jährliche Sanierungsquote von 3 % für Gebäude vor, die sich im Eigentum der Regierung befinden und einen gewissen Schwellenwert übersteigen.

2.5.3 Der Energieausweis

Der Energieausweis kann als „marktwirtschaftliches Instrument des Klima- und Umweltschutzes“⁴¹ klassifiziert werden. Ähnlich wie bei Energielabels für Haushaltsgeräte wird anhand des spezifischen Bedarfs (Heizwärme-, Heizenergie- und Endenergiebedarf) eine Einteilung in 9 verschiedenen „Energieklassen“ durchgeführt. Gebäude der Energieklasse A müssen dabei einen Heizwärmebedarf unter 25 kWh/m²a aufweisen, während bei Gebäuden der schlechtesten Klasse G der Bedarf an Heizwärme über 250 kWh pro m² und Jahr liegen kann. Der Energieausweis dient in erster Linie dazu den *Bedarf* an Energie für ein Gebäude darzustellen. Anders als in Deutschland enthält der Energieausweis in Österreich keine verbrauchsbezogenen Daten. Der Ausweis

⁴¹ Wagner 2012, S.2

bietet potentiellen Käufern oder Mietern detaillierte Information bezüglich der energetischen Eigenschaften des Objekts, womit durch eine erhöhte Transparenz am Immobilienmarkt eine Steigerung der Nachfrage an energieeffizienten Gebäuden erzielt werden soll.

Seit Anfang 2009 muss der Energieausweis auch bei Altbauten erstellt und vorgelegt werden. Die Grundlage dieser Vorlagepflicht war bis 2012 das EVG 2006, das auf Basis der Gebäuderichtlinie 2002 eingeführt wurde. Eigentümer, Verkäufer und Vermieter sind bei Verkauf oder Vermietung eines Objekts verpflichtet einen Energieausweis vorzulegen. Auch die Bauordnung für Wien (WBO) stellt eine rechtliche Basis für den Energieausweis dar. Sie regelt bei welcher Art von Bauvorhaben und Instandsetzungen ein Energieausweis vorzuliegen hat. Ein Problem ergibt sich aus der Tatsache, dass Energieausweise in der Praxis oft für das gesamte Wohngebäude erstellt werden. Die Kennzahlen für einzelne Wohneinheiten können allerdings vom Gesamtwert erheblich abweichen. Die Gebäuderichtlinie 2010 besagt jedoch, dass ein Ausweis für das Gesamtgebäude statt dem Einzelausweis problemlos herangezogen werden kann (Art. 11 der Gebäuderichtlinie 2010/32). Dabei können gerade bei Erdgeschoss- und Dachwohnungen die Werte stark von den Werten des Gesamtausweises abweichen. Es ist davon auszugehen, dass Mieter/Käufer nicht über ausreichendes Wissen bezüglich der Details besitzen und in der Regel nicht annehmen können, dass die im Gesamtausweis angegebenen Werte für ihren Gebäudeteil nicht repräsentativ sind.

Trotz der Tatsache, dass der Ausweis auf rechtlichen und technischen Normen basiert, können die errechneten Kennzahlen auch aufgrund ungenauer Berechnungen stark von den realen Werten abweichen. Dies hat hinsichtlich geschlossener Verträge gewisse (meist negative) zivilrechtliche Folgen für den Verkäufer/Vermieter und für den Aussteller des Ausweises.⁴²

- „Dem Verhältnis zwischen Verkäufer bzw. Bestandgeber und dem Ersteller des Energieausweises aus einem Werkvertrag.“

⁴²Die folgende Auflistung bezieht sich auf Wagner 2012, S.4

- „Dem Verhältnis zwischen Verkäufer bzw. Bestandgeber und dem Käufer bzw. Bestandnehmer aus Kauf- bzw. Mietvertrag, der unter Vorlage bzw. Nichtvorlage eines Energieausweises geschlossen wurde.“
- „Dem Verhältnis zwischen dem Erwerber bzw. Bestandnehmer des Objekts und dem Ersteller des Energieausweises, das sich haftungsrechtlich erst dann ergibt, wenn der Energieausweis fehlerhaft ist.“⁴³

Laut Mietrechtsgesetz (MRG) gilt folgende Regelung: „wird zum Zeitpunkt der Objektübergabe ein Energieausweis vorgelegt, gelten die darin ausgewiesenen Kennzahlen als Vertragsinhalt.“⁴⁴ Da es sich bei Mietverträgen um Dauerschuldverhältnisse handelt, bleibt die Frage ungeklärt, wie durch die zeitlich bedingte Verschlechterung der Energieeffizienz der Vertrag langfristig beeinflusst wird. Bezüglich der Kosten für die Ausstellung des Ausweises (die in der Regel nicht gering sind) gilt folgendes: wird nichts anderes vereinbart, hat der Vermieter/Verkäufer die Kosten für die Erstellung des Ausweises zu tragen. Die Kosten können laut § 20 MRG auf den Mieter überwält werden.

Die novellierte Gebäuderichtlinie wurde durch das Inkrafttreten des Energieausweis-Vorlage-Gesetzes 2012 in das nationale Recht implementiert. Die Vorlagepflicht bzw. die Aushändigungspflicht wurde dadurch erweitert, aber auch die Aushangpflicht. In Anzeigen in kommerziellen Medien müssen diverse Kennzahlen des Energieausweises angeführt werden. Alle neuen Behördengebäude müssen ab 2019 Niedrigstenergiehäuser sein, ab 2020 ist das für alle neuen Gebäude der Fall.

3 Energieeffizienz städtebaulicher Strukturen in Wien

3.1 Grundsätzliches zu städtebaulichen Strukturen in Wien⁴⁵

⁴³Wagner 2012, S. 43

⁴⁴Wagner 2012, S. 98

⁴⁵Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf STEP 2005

Wien verfügt wie viele Städte in Zentraleuropa über einen „radial-konzentrischen“ Aufbau. Ungefähr ein Drittel des heutigen Bestandes an Wohngebäuden⁴⁶ wurde während der Gründerzeit (1848-1918) errichtet. Zu dieser Zeit wurden über siebenzig Prozent des ursprünglichen Bestandes abgerissen, um kompaktere Baustrukturen zu errichten. „Wien ist wie ein Patchwork unterschiedlicher Stadtstrukturen aufgebaut, die sich, durch historische Epochen der Stadterweiterung geprägt, grundlegend bzgl. ihrer Charakteristiken unterscheiden.“⁴⁷

So sind in Teilen der Innenstadt noch Strukturen des Mittelalters vorherrschend, die große Unterschiede zu den Baustrukturen der Gründerzeit aufweisen. Die Gründerzeitviertel haben für das Wiener Stadtbild formenden Charakter. „Im Unterschied zu den Strukturen der Vorstädte und des Stadtkerns folgen die Straßen und Baublöcke der Gründerzeit einem strikt orthogonalen Raster, wodurch eine hohe Ausnutzbarkeit, aber auch vielseitige Nutzungsmöglichkeiten der Bauplätze gegeben sind.“⁴⁸ Aufgrund dieser sogenannten „Kleinteiligkeit der Grundstruktur“ sind Bestandserneuerungen bei Gründerzeitgebäuden relativ einfach durchzuführen. Allerdings verfügen Gründerzeitgebäude in der Regel über einen hohen Verdichtungsgrad von bis zu 85%⁴⁹, was Vor- und Nachteile mit sich bringt. Einerseits verfügen Gebäudestrukturen mit hoher Dichte über ein günstigeres A/V-Verhältnis, welches sich sehr positiv auf die thermischen Eigenschaften auswirkt. Andererseits kann ein hoher Verdichtungsgrad zu unzureichender Belichtung führen. Eine zu niedrige Anzahl an Grünflächen ist ebenfalls häufig das Ergebnis einer sehr dichten Baustruktur. In Barcelona wird beispielsweise sehr viel Wert auf Verdichtung von stadtplanerischer Seite aus gelegt,⁵⁰ während in Wien aufgrund der hohen Werte der Trend eher in Richtung Verringerung der Bausubstanzdichte geht (z.B. Blocksanierungen – Zusammenlegungen von Höfen, um zusätzliche Lichtquellen zu schaffen).

Die Grundstruktur der Stadt wurde bis nach dem zweiten Weltkrieg nicht wesentlich verändert. „Im Gegensatz zu vielen anderen europäischen Städten

⁴⁶ <http://www.hausderzukunft.at/results.html/id6495> 02.08.2014 12:05

⁴⁷ STEP 2005, S. 2

⁴⁸ STEP 2005, S. 55

⁴⁹ Bretschneider 2014, S.32

⁵⁰ <http://derstandard.at/1392685911711/Stadt-und-Gebaeude-dicht-machen> 11.08.2014 17:00

wurde in Wien nicht großflächig abgerissen und neu aufgebaut, sondern auf das Konzept der sanften Stadterneuerung gesetzt.“⁵¹

Baustrukturen wie Groß- und Einfamilienhaussiedlungen finden sich ebenfalls häufig in den Außenbezirken Wiens. Bei letzterer Baustruktur ergibt sich das Problem eines zu hohen Flächenverbrauchs, während Großsiedlungen oft mit einer nachteiligen infrastrukturellen Versorgung konfrontiert sind. Im nächsten Abschnitt wird versucht darzustellen, welche Auswirkungen unterschiedliche städtebauliche Strukturen in Wien auf die Energieeffizienz haben, indem für die Stadt typische Bebauungstypen bezüglich ihrer thermischen Qualitäten analysiert und miteinander verglichen werden.

3.2 Bedarfsmuster typischer Baustrukturen in Wien

Die 1998 durchgeführte „ENCON-Studie“⁵² vergleicht 97 verschiedene Wiener Gebäude bzgl. ihrer thermischen Eigenschaften. Dabei wurden neben Verdichtungsgrad und jeweiligem U-Wert der Bauteile sowohl Bedarfs- als auch Verbrauchskennzahlen ermittelt. Die Schlussfolgerung der Studie ist, dass keine Aussage hinsichtlich der thermischen Qualität im Bezug auf verschiedene Gebäudestrukturen gemacht werden kann, wenn Kennzahlen für einzelne Gebäude erstellt werden. Das thermische Verhalten eines Gebäudes ist im zu großen Maße von seinen individuellen Eigenschaften (insbesondere der Gebäudekubatur) abhängig als das sich aufgrund des Baualters (bzw. der U-Werte) und der Baustruktur direkte Schlüsse bzgl. des Energiebedarfs ableiten ließen. So verfügen vor allem Gebäude, die zwischen 1951 und 1977 errichtet wurden, über tendenziell schlechte Bauteilqualitäten. Trotzdem lässt sich aus der ENCON-Studie im Allgemeinen für Gebäude dieser Baualtersgruppe kein unverhältnismäßig hoher Bedarf bzw. Verbrauch an Energie ableiten.

3.2.1 Grundlagen und Ergebnisse der Fallstudien

Als Untersuchungsobjekte wurden 3 Gebäudestrukturen unterschiedlichen Baualters, thermisch-energetischer Eigenschaften bzw. unterschiedlicher

⁵¹ Step 2005, S.3

⁵² Kotyza et.al. 1999

Baukörpergliederungen herangezogen. Um im Gegensatz zur ENCON-Studie, allgemein gültige Aussagen bzgl. energetischer Qualitäten unterschiedlicher Baustrukturen in Wien treffen zu können und um Verzerrungen der Ergebnisse möglichst gering zu halten, wurde bei der Wahl der Untersuchungsobjekte der Fokus auf möglichst großflächige Strukturen gelegt. Darüber hinaus waren die Eigentümerverhältnisse der verschiedenen Objekte ausschlaggebend für die Wahl der Untersuchungsobjekte. In den Fallstudien analysiert wurden: ein Gründerzeitblock, ein Wohnblock aus der Nachkriegszeit sowie eine Wohnhausanlage aus den 1980er Jahren.

Die Ermittlung der energetischen Kennzahlen bestand im Wesentlichen aus drei Schritten. Als Erstes wurden sämtliche geometrischen Eingabedaten der Objekte erfasst (insbes. Grundfläche, Volumen und sämtliche Flächen der thermischen Hülle, wobei Wohn- und Geschäftsflächen getrennt wurden).⁵³ Im nächsten Schritt wurde ermittelt (laut Lokalausweis), über welche Flächen der thermischen Hülle welche Art von Wärmeverlust stattfindet. Dabei wurde z.B. für eine Fläche, die an ein anderes unbeheiztes Gebäudeteil angrenzt (Dachräume, Keller, etc.), nur ein Wirkungsgrad der Transmissionswärmeverluste von 70 Prozent angenommen. Grenzt eine Fläche an einen beheizten Gebäudeteil an, wird über diese Fläche überhaupt kein Wärmeverlust erzielt. Im letzten Schritt wurden die Transmissionsflächenverluste mit den jeweiligen Default-Werten berechnet. Mittels Software zur Erstellung von Energieausweisen⁵⁴ wurden auf Basis der berechneten Verluste, Gebäudekennzahlen wie der HWB, der HEB und der CO₂-Ausstoß ermittelt.

3.2.1.1 Gründerzeitblock Stuwertstraße/ Ausstellungsstraße 1020 Wien

Das „Stuwerviertel“, in dem sich das Objekt befindet, erfuhr in den letzten Jahren eine Vielzahl von „infrastrukturellen Maßnahmen und Verbesserungen, wie die U2-Verlängerung, der komplette Umbau des alten Messegeländes in ein Ausstellungs- und Kongresszentrum mit angrenzenden Hotels sowie die

⁵³Die Eingabedaten wurden bis auf das Objekt Donauspital laut Einreichplan ermittelt. Beim Objekt Donauspital wurden die Grundriss-Daten laut Flächenwidmungsplan ermittelt. Sämtliche Höhenmaße und Fenstergrößen wurden direkt vor Ort ermittelt. Detaillierte Berechnungen finden sich im Anhang.

⁵⁴ "Gebäudeprofi Duo" Software, ETU GmbH, Version 4.2.1 vom 05.04.2013, www.etu.at

Errichtung der Wirtschaftsuniversität Wien.“⁵⁵ Im Zuge der Aufwertung des Viertels sind auch zukünftig diverse Blocksanierungs- und thermische Wohnhaussanierungsprojekte geplant.



Abb.4 Wohnblock Stuwertstraße

Der Wohnblock besteht aus 12 Gründerzeithäusern, die zwischen 1890 und 1910 erbaut wurden.⁵⁶ In Summe ergibt das 249 vermietete Wohneinheiten mit einer Bruttogrundfläche von 21.173,9 m², wobei die reine Nutzfläche 16.939,1 m² beträgt. Die Baustruktur profitiert hinsichtlich ihres thermischen Verhaltens von der hohen Kompaktheit (Gründerzeitgebäude verfügen in der Regel aufgrund der mehrstöckigen Struktur und der hohen Räume über ein günstiges A/V Verhältnis). Das A/V Verhältnis ist in diesem Fall mit 0,23 sehr gering da der Block über sehr wenige freistehende Flächen verfügt, was mangelnde Helligkeit als negative Begleiterscheinung mit sich bringt (hofseitige Fassaden ohne Fenster sind Großteils verbaut).

Abb. 5 fasst die relevanten Gebäudekennndaten zusammen.

⁵⁵<http://www.imonet.at/de/initiative-stuwerviertel.htm>, 11.08.2014, 17:57

⁵⁶Die Berechnungen der Transmissionswärmeverluste für die Ermittlung der Kennzahlen erfolgte laut jeweiligen Einreichplan

Brutto-Grundfläche	21.173,9 m ²
Bezugs-Grundfläche	16.939,9 m ²
Brutto-Volumen	79.817,3 m ³
Gebäude-Hüllfläche	18.005,6 m ²
Kompaktheit (A/V)	0,23 m ⁻¹
charakteristische Länge	4,43 m

Abb. 5 Gebäudedaten 1 (Quelle: eigene Berechnungen)

Als U-Werte wurden die Default-Werte vor/ab 1900 laut OIB-Richtlinie 6 herangezogen⁵⁷. Für die Berechnung der Kennzahlen wurde für Außenwände ein U-Wert von 1,5/1,55, für Kellerdecken 1,2/1,25 und für Dachflächen ein Wert von 1,3/0,6 kWh/m²K herangezogen. Für den Wohnblock wurden folgende Energiekennzahlen ermittelt (Abb.6).

	Standortklima spezifisch	zonenbezogen
HWB	2.171.411 kWh/a	102,6 kWh/m ² a
WWWB	270.496 kWh/a	12,8 kWh/m ² a
HTEB	1.076.104 kWh/a	50,8 kWh/m ² a
HEB	3.385.931 kWh/a	159,9 kWh/m ² a
CO2	919.953 kg/a	43,4 kg/m ² a

Abb.6 Gebäudedaten 2 (Quelle: eigene Berechnungen)

3.2.1.2 Wohnblock Sonnwendgasse 1100 Wien

Der Wohnblock Sonnwendgasse setzt sich aus 4 Gebäuden (64 Eigentumswohnungen) zusammen, die zwischen 1958 und 1959 erbaut wurden. Das Objekt befindet sich in unmittelbarer Nähe zum neuen Hauptbahnhof. Da es ein Anliegen der Stadt ist, die gesamte Gegend im Umkreis des Bahnhofs zu sanieren, soll im Zuge diverser Blocksanierungsvorhaben in den kommenden Jahren auch der Block Sonnwendgasse erneuert werden.

⁵⁷ Siehe Kapitel 2.4.1



Abb. 7 Wohnblock Sonnwendgasse

Abb. 8 fasst die Gebäudekenndaten zusammen.

Brutto-Grundfläche	5.812,5 m ²
Bezugs-Grundfläche	4.650 m ²
Brutto-Volumen	18.050,3 m ³
Gebäude-Hüllfläche	4.686,6 m ²
Kompaktheit (A/V)	0,26 m ⁻¹
charakteristische Länge	3,85 m

Abb. 8 Gebäudedaten SWG 1 (Quelle: Eigene Berechnungen)

Auf Basis der Gebäudekenndaten und der spezifischen Transmissionswärmeverluste konnten folgende Kennzahlen ermittelt werden.

	Standortklima spezifisch	zonenbezogen
HWB	585.972 kWh/a	100,3 kWh/m ² a
WWWB	74.255 kWh/a	12,8 kWh/m ² a
HTEB	318.999 kWh/a	54,9 kWh/m ² a
HEB	980.124 kWh/a	168,6 kWh/m ² a
CO ₂	264.735 kg/a	45,5 kg/m ² a

Abb. 9 Gebäudedaten SWG 2 (Quelle: Eigene Berechnungen)

3.2.1.3 Wohnanlage Tamariskengasse 1220 Wien

Die Wohnhausanlage Tamariskengasse wurde 1989 erbaut und verfügt über eine Bruttogrundfläche von ca. 25.000 m². Die Anlage setzt sich aus ein-, zwei- und dreistöckigen Wohnobjekten zusammen, die sich in ihrer thermischen Qualität erheblich voneinander unterscheiden. Die Objekte teilen sich in Summe in 232 Wohneinheiten auf, die durch eine gemeinnützige Bauvereinigung vermietet bzw. verwaltet werden.

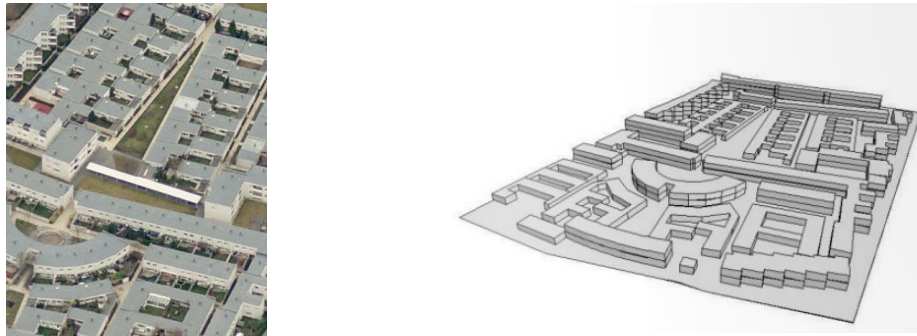


Abb. 10 Wohnanlage Tamariskengasse

Abb. 11 fasst die Gebäudekenndaten für die drei unterschiedlichen Gebäudetypen zusammen

	1-Stöckig	2-Stöckig	3-Stöckig
Brutto-Grundfläche	6.160,9 m ²	11.442,2 m ²	7.878,4 m ²
Bezugs-Grundfläche	4.928,7 m ²	9.153,8 m ²	6.302,7 m ²
Brutto-Volumen	19.406,8 m ³	33.125,2 m ³	22.749,2 m ³
Gebäude-Hüllfläche	19.414 m ²	21.959,4 m ²	11.521,3 m ²
Kompaktheit (A/V)	1 m ⁻¹	0,66 m ⁻¹	0,51 m ⁻¹
charakteristische Länge	1 m	1,51 m	1,97 m

Abb. 11 Gebäudedaten TG1 (Quelle: Eigene Berechnungen)

Der 1-stöckige Gebäudetypus hat angesichts des Baujahrs mit 118 kWh pro Jahr und m² einen sehr hohen Bedarf an Heizwärme. Der Grund dafür ist das ungünstige A/V Verhältnis von 1 m, was zu verhältnismäßig hohen Transmissionswärmeverlusten führt. Im Vergleich dazu weist die 3-stöckige Struktur mit 65,2 kWh/m²a einen wesentlich geringeren Heizwärmebedarf bei gleichen Bauteilqualitäten auf.

	1-Stöckig	2-Stöckig	3-Stöckig
HWB	118,1 kWh/m ² a	81,2 kWh/m ² a	65,2 kWh/m ² a
HEB	168,6 kWh/m ² a	132,2 kWh/m ² a	116,8 kWh/m ² a

Abb. 12 Gebäudedaten TG2 (Quelle: Eigene Berechnungen)

3.2.2 Interpretation der Ergebnisse

Der Heizwärmebedarf des Gründerzeitblocks Stüwerstraße sowie der des, nach dem Krieg gebauten Wohnblocks Sonnwendgasse beträgt knapp über 100 kWh/m² und Jahr, womit sich die Energieklasse C (HWB < 100 kWh) gerade nicht mehr erreichen lässt. Da der Heizwärmebedarf für die beiden Gebäude verhältnismäßig gleich ausfällt, ist aufgrund der ähnlichen Bauteilqualität und Kompaktheit nicht ungewöhnlich. Die unterschiedliche Eigentümerstruktur ist

allerdings für die folgenden Analysen sehr wichtig, was der Grund für die Auswahl des jeweiligen Gebäudes als Referenzobjekt war.

Vergleicht man den, für die beiden Objekte ermittelten Heizwärmebedarf mit dem Bedarf der in den 1980er Jahren errichteten Wohnanlage, fällt das Ergebnis weitaus überraschender aus. Vor allem die 1-stöckige Struktur weist trotz guter Bauteilqualitäten einen sehr hohen Bedarf an Heizwärme von 118,1 kWh/m²a auf. Damit hat dieser Gebäudetyp von allen Untersuchungsobjekten den höchsten Heizwärmebedarf. Der Vergleich der jeweiligen Bauteilqualitäten macht deutlich, wie stark sich ein ungünstiges A/V-Verhältnis auf die Energieeffizienz eines Gebäudes auswirken kann. So haben Außenwände (die für den Großteil der Transmissionswärmeverluste verantwortlich sind) des Gründerzeitblocks einen U-Wert von 1,5 bzw. 1,55 W/m²K, verglichen mit einem Wert von 0,5 W/m²K für die Wohnanlage (je geringer der U-Wert eines Bauteils desto besser ist seine energetische Qualität). Die Bauteilqualität ist im letzteren Fall also wesentlich besser, trotzdem ist das Objekt weniger energieeffizient. Welchen Einfluss das A/V Verhältnis und die relativen Bauteilqualitäten auf die Rentabilität einer möglichen thermischen Sanierung haben, wird in den nachfolgenden Ausführungen analysiert.

4 Konzepte zur Erneuerung von Wohngebäuden

4.1 Erneuerungsstrategien

Grundsätzlich kann man zwischen Werterhaltungs- und Wertsteigerungsstrategien unterscheiden. „Werterhaltungsstrategien (Versicherungen, mittelgroße und kleinere Pensionskassen, gemeinnützige Wohnträger, viele private Eigentümer) zielen auf langfristige Erhaltung von Bausubstanz und Marktfähigkeit ab, zum Teil mit mittelfristig geplanter Unterhaltsstrategie“⁵⁸. Bei Wertsteigerungsstrategien (private Investoren/Eigentümer, Immobilienfonds, Stiftungen) findet eine ständige Bewirtschaftung des Objekts bzw. eines Portfolios statt. Dabei sollen günstig

⁵⁸Hinz 2008, S.6

gelegene und gut erhaltene Gebäude gefördert werden wobei das Augenmerk auf allgemeinen Wertsteigerungen liegt. „Energetisches Portfoliomanagement strebt, durch die Integration energiespezifischer Daten, eine Gesamtoptimierung des Bestands aus wohnungswirtschaftlicher Sicht an.“⁵⁹

Dabei werden in der Regel mehrere Wertsteigerungsstrategien miteinander kombiniert, wobei die Objekte in vielen Fällen nach der Sanierung wieder veräußert werden.⁶⁰ Ist dies nicht der Fall, kann eine Wertsteigerung durch eine sogenannte Optimierung der Mietstruktur erzielt werden. Wenn Mieten unter dem ortsüblichen Standard liegen oder Gebäude eine Vielzahl an Lehrständen aufweisen, können umfassende Sanierungen zu Wertsteigerungen im Zusammenhang mit neuen Mietverträgen und Verringerungen des Leerstands führen. „Entsprechend der Marktdynamik und den nachhaltig erzielbaren Mieten, wird bei Wertsteigerungsstrategien in vielen Fällen eine moderate Renovierung einer umfassenden Sanierung vorgezogen“⁶¹.

Ein „Sanierungsdilemma“ kann sich in schlechten Lagen z.B. aus der Tatsache ergeben, dass ein erhöhter Mietzins am jeweiligen Standort weit über dem Durchschnitt liegt. Der Mietzins ist allerdings in der Regel nicht frei verhandelbar, denn in der Praxis gelten für Mietobjekte in Gründerzeitgebäuden Mietzinsobergrenzen. Nicht nur bei Altmietverträgen, sondern auch bei Neuvermietungen gelten diese Beschränkungen des Mietrechtsgesetzes (siehe Kapitel 5.3.2).⁶² Bei solchen Objekten werden oft nur die wesentlichsten Erhaltungsmaßnahmen durchgeführt um Baudefizite und Leerstände zu verhindern. „Gründe für eine Werterhaltungsstrategie können im Auftreten bautechnischer Probleme, funktioneller Defizite sowie ungenügender Markt- und Lagegerechtigkeit liegen.“⁶³ Diese Art von Strategie kann aus reinen Instandhaltungsmaßnahmen bestehen aber auch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz beinhalten. Sie verfolgt das Ziel langfristiger Werterhaltung im Gegensatz zur angestrebten kurzfristigen Wertsteigerung bei gleichnamigen Strategien.

⁵⁹ Hinz 2008, S.7

⁶⁰ Ott 2000, S.49

⁶¹ Murer, S.20

⁶² Havel 2001, S.8

⁶³ Ott 2000, S.50

Steht sowieso eine Instandsetzungsmaßnahme, z.B. eine Fassadenerneuerung, an ist das eine optimale Gelegenheit, eine zusätzliche thermische Sanierung durchzuführen. Darüber hinaus wird die Entscheidung, eine Werterhaltungsstrategie zu verfolgen durch die Lage des Gebäudes, Mietrecht und steuerlichen Rahmenbedingungen beeinflusst.⁶⁴ Auch bei Werterhaltungsstrategien sind die Eigentümerverhältnisse von großer Bedeutung. Besonders für den fremdgenutzten Bestand sind aufgrund des umfassenden Mieterschutzes in Wien, die Anreize für Eigentümer gering, hohe Beträge in über die normale Instandsetzung hinaus gehende Maßnahmen zu investieren.

Aus sozialer Sicht leisten beide Arten von Strategien einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung des Bestands, wobei umstritten ist, ob die Errichtung von Neubauten stärker dazu beitragen kann. „Es scheint ein kurz- und mittelfristiger Konflikt mit dem Ziel der Erhaltung preisgünstigen Wohnens zu bestehen. Bei langfristiger Betrachtung kann dieser Konflikt relativiert werden, da die Alterungsdynamik des Bestands zu einem kontinuierlichen Zugang von älteren, günstigen Wohnungen führt. Eine Verdrängung von weniger einkommensstarken Mietern in schlechte Lagen ist allerdings eine direkte Konsequenz.“⁶⁵ In vielen Fällen beinhaltet die bauliche Erneuerung auch Aspekte der sozialen Erneuerung des Umfelds.

4.2 Allg. Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz

4.2.1 Optimierung der thermischen Hülle

Thermische Sanierungen zielen grundsätzlich darauf ab, die Energieverluste im Winter zu reduzieren und Wärmeansammlungen im Sommer zu vermeiden. Dabei ist eine über die Mindestkriterien hinausgehende Sanierung in vielen Fällen zu empfehlen. Es besteht eine Vielzahl an möglichen Dämmmaßnahmen, die sich bezüglich der Kosten und Leistung voneinander unterscheiden. Dabei stehen folgende gängige Alternativen zur Verfügung:⁶⁶

⁶⁴ Ott 2000, S.50

⁶⁵ Ott 2000, S.55

⁶⁶ Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf Ranft 2004, S. 62 ff.

Dämmung der Kellerdecke

Um Bauteile im Nachhinein mit einer Dämmung versehen zu können, müssen sie zuerst frei gelegt werden, was zu hohem Aufwand und Kosten führen kann. Bei Kellerdecken kann eine nachträgliche Dämmung nur von innen durchgeführt werden. In der Praxis wird als Dämmmaterial meistens extrudiertes Polystyrol verwendet.

Dämmung der Außenwände

Die Dämmung der Außenwände ist die im Vergleich einfachste und wahrscheinlich am häufigsten angewandte und effektivste Sanierungsmaßnahme, da über diese Flächen generell die meisten Transmissionswärmeverluste stattfinden. Eine verhältnismäßig günstige Maßnahme stellt die Dämmung mittels „Wärmedämm Verbundsystem“(WDVS) dar, welches aus Glasfasergewebe und Kunstharz besteht. Bei denkmalgeschützten Gebäuden ist aufgrund der Regelungen der Wiener Bauordnung keine Dämmung der Fassade möglich.

Dämmung der Dachflächen

Eine Sanierung der Dachflächen ist aus energetischer Sicht nur empfehlenswert wenn der Dachraum beheizt wird. Sollte dies nicht der Fall sein, stellt die oberste Geschossdecke die Begrenzung der thermischen Hülle dar, weshalb diese anstatt der Dachflächen gedämmt werden sollte. Bei einer Dachsanierung wird der Bereich zwischen den Sparren mit Dämmmaterial ausgefüllt bzw. eine Dämmung von unten angebracht. Für letztere Art der Dämmung eignen sich Materialien wie Steinwolle und Polyurethan.

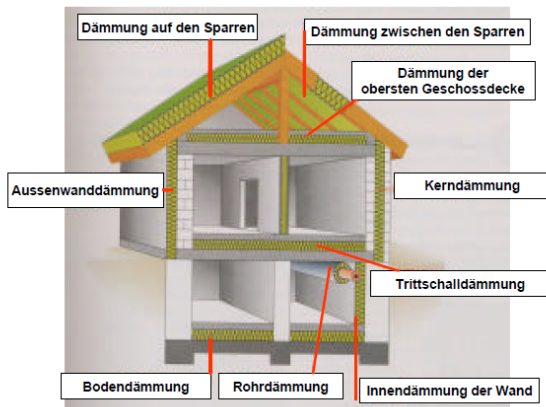


Abb. 13 Optimierung der thermischen Hülle (Quelle: Frick 2012)

„Dämmmaterialien sollten relativ leicht sein und viele Poren enthalten, die Luft einschließen.“⁶⁷ Für Dämmungen der Außenwände können auch Materialien wie Holzfaser, Hanf und Stroh verwendet werden, die eine höhere Wärmeleitfähigkeit als z.B. Styropor besitzen, dafür wesentlich umweltfreundlicher sind. Der Unterschied bezüglich der „Leistung“ ist aber keineswegs gravierend. Extrudiertes Polystyrol (17,5 cm) hat eine Wärmeleitfähigkeit von 0,03 bis 0,04 W/m²K, während eine 22,5 cm dicke Korkdämmung fast den gleichen Wert erzielt (0,045).⁶⁸ Außerdem ist der Primärenergieverbrauch für die Herstellung von Polystyrol in etwa viermal so hoch wie der von Korkplatten. Bei Polystyrol-Platten kommt es zur Schadstoffabgabe sowohl bei der Nutzung als auch entlang der Produktlebenslinie, da eine Abgabe von Styrol möglich ist und es im Fall eines Brandes zur Freisetzung giftiger Chemikalien kommt.⁶⁹

4.2.2 Sonstige Maßnahmen

Eine aufwendige Methode zur Steigerung der energetischen Qualität eines Gebäudes ist die Verbesserung des A/V Verhältnisses bzw. die Reduzierung der Baukörpergliederung. Dies kann über eine Erhöhung der Geschossanzahl bzw. durch die Verdichtung von Gebäudeteilen erfolgen (geschlossene statt offene Bauweise). Eine andere Maßnahme ist die thermische Zonierung.

⁶⁷Ebel 2000, S.5

⁶⁸Guschlbauer-Hronek K. et.al. 2004, S. 28

⁶⁹Guschlbauer-Hronek K. et.al. 2004, S. 31

„Dabei werden Pufferzonen zwischen beheizten Gebäudevolumen und Außenluft vorgeschaltet.“⁷⁰

4.3 Kriterien für die Planung und Durchführung von Bestandssanierungsmaßnahmen

4.3.1 Mindestwärmeschutzstandards in Wien

Die Mindestwärmeschutzstandards in Österreich werden vom Österreichischen Institut für Bautechnik definiert und im Rahmen der jeweiligen Bautechnikverordnungen gesetzlich verpflichtend. So besagt §1 der Wiener Bautechnikverordnung, dass *„...den bautechnischen Vorschriften nur dann entsprochen wird, wenn die OIB-Richtlinie 6 eingehalten wird“*.

Durch die ÖIB-Richtlinie 6 wird die EU-Gebäuderichtlinie auf Länderebene umgesetzt. Diese beinhaltet⁷¹

- „Anforderungen an den Heizwärmebedarf“
- „Anforderungen an den Endenergiebedarf“
- „Anforderungen an wärmeübertragende Teile“
- „Anforderungen an Teile des energetischen Systems“

Darüber hinaus enthält der OIB-Leitfaden⁷²

- „Allgemeine Bestimmungen zur Berechnung des Ausweises“
- „Bestimmungen zur Berechnung des Energiebedarfs“
- „Die vereinfachten Anforderungen bei der Berechnung von Bestandsgebäuden“

Die OIB-Richtlinie 6 beinhaltet auch eine Vielzahl von ÖNORMEN. So bezieht sich beispielsweise ÖNORM 8110-6 auf den Nutzenenergiebedarf und ÖNORM H5059 nimmt Bezug auf den Energiebedarf von Beleuchtungen.⁷³ Aufgrund der

⁷⁰Kotzya et.al., S.25

⁷¹Wagner 2012,S. 31

⁷²Wagner 2012,S. 31

⁷³Wagner 2012,S. 31

Novellierung der EU-Gebäuderichtlinie wurden auch die OIB-Richtlinie 6 im Jahr 2011 neu bestimmt. Seit 1.1.2013 ist die neue OIB-Richtlinie (2011) anzuwenden.⁷⁴

4.3.2 Sanierung auf Passivhausniveau

In vielen Fällen entscheiden sich Investoren, eine über die Anforderungen der ÖIB-Richtlinie hinausgehende Sanierung durchzuführen. Die „intensivste“ Form der thermischen Erneuerung stellt die Sanierung auf Passivhausniveau dar. Bei Passivhäusern lässt sich aufgrund der qualitativ hochwertigen Dämmung ein Heizwärmebedarf von unter 15 kWh/m²a erzielen.⁷⁵ Ein wesentliches Kriterium für Passivhäuser stellt die Luftdichtheit der Gebäudehülle dar. „Eine luftdichte Hülle erfüllt einerseits die Aufgabe, Zugluft und ungewollte Luftströmungen fernzuhalten, andererseits soll sie die Gefahr von Bauschäden verringern, indem verhindert wird, dass feuchte Luft in die Konstruktion eindringt und sich Kondensate bilden.“⁷⁶ Eine Methode, um „Leckagen“ in der Gebäudehülle festzustellen, ist der „Blower-Door-Test“. Dabei wird im Objekt ein Unterdruck erzeugt und jene Luftmenge bestimmt, die bei unterschiedlichen Druckdifferenzen durch die Leckage der Gebäudehülle fließt.⁷⁷

Bei der Althaussanierung auf Passivhausstandard ist in der Regel sehr viel giftiges Material für die Dämmung notwendig, um die geforderten Werte zu erzielen. In diesem Zusammenhang ist zu hinterfragen ob eine positive Energiebilanz bei einem so hohen Primärenergieeinsatz überhaupt möglich ist.

4.4 Potentiale zur Einsparung von Heizwärme im Wiener Gebäudebestand: Ergebnisse der Fallstudien

Nachdem in Kapitel 4.4.2 die Datensätze der drei Untersuchungsobjekte für den unsanierten Zustand dargestellt wurden, wird nun für jedes der Objekte die Durchführung einer umfassenden thermischen Wohnhaussanierung (Objekt Stuerwerstraße und Sonnwendgasse) bzw. einer Einzelbauteilsanierung (Objekt Tamariskengasse) simuliert bzw. analysiert. Die vorgegebenen Standards, die

⁷⁴ Wagner 2012, S. 32 ff.

⁷⁵ <http://www.energiesparhaus.at/gebaeudehuelle/passivhaus.htm> 16.06.2014 12:02

⁷⁶ Guschlbauer-Hronek K. et.al. 2004, S. 23

⁷⁷ Guschlbauer-Hronek K. et.al. 2004, S. 23

durch die Sanierung erreicht werden sollen, richten sich nach den Vorgaben der OIB-Richtlinie 6.

Punkt 3.4 der OIB-Richtlinie 6 enthält „Anforderungen an den Heizwärmebedarf bei größerer Renovierung von Wohngebäuden“.⁷⁸ Bei größerer Renovierung von Wohngebäuden ist folgender maximal zulässiger, jährlicher Heizwärmebedarf in Abhängigkeit der Geometrie (charakteristische Länge l_c) und bezogen auf das Referenzklima (RK) einzuhalten (Abb. 14):

seit 1.1.2010	$HWB_{BGF, WGSan, max, RK} = 25,0 \times (1 + 2,5/l_c) \text{ [kWh/m}^2\text{a]}$	Höchstens jedoch 87,5 [kWh/m ² a]
---------------	---	--

Abb. 14 Anforderungen OIB-Richtlinie 6 (Quelle: OIB-Richtlinie 6)

Darüber hinaus beinhaltet die Richtlinie Anforderungen an die einzelnen Bauteile für den Fall einer Sanierung. So darf eine gedämmte Außenwand maximal einen U-Wert von 0,35 Wm²K, eine obere Geschossdecke bzw. Dachfläche höchstens einen Wert von 0,2 Wm²K und ein erdberührender Boden maximal einen Wert von 0,4 Wm²K erzielen.⁷⁹

Konkret wurde im ersten Schritt für jedes Objekt ermittelt, welche Maßnahmen durchzuführen wären um die vorgegebenen Standards einzuhalten. Danach wurden basierend auf den, durch die Maßnahmen reduzierten neuen U-Werten, die zugehörigen Bedarfskennzahlen ermittelt.

4.4.1 Sanierungsprojekt Stuwertstraße

Bei Gründerzeitgebäuden kann aufgrund der kompakten Bauform und der generell hohen U-Werte der Bauteile, ein hohes Maß an Einsparungen erzielt werden. Die Vorgaben der OIB-Richtlinie beziehen sich auf das A/V-Verhältnis eines Gebäudes. So muss ein „kompakteres“ Gebäude einen niedrigeren Heizwärmebedarf bei gleichen Ausgangswerten (des HWB) erzielen.

⁷⁸ Wagner 2012, S. 16

⁷⁹ http://www.oib.or.at/sites/default/files/r16_061011_2.pdf 04.07.2014 08:10

Für den Gründerzeitblock Stüwerstraße wird nun gezeigt, welche Maßnahmen im Rahmen einer umfassenden thermischen Sanierung notwendig sind, um die Vorgaben der OIB-Richtlinie zu erfüllen. Generell lassen sich die höchsten Einsparungen über die Dämmung der Außenwände erreichen, aber auch die Dämmung von Dachflächen, Keller- und Oberen Geschossdecken kann zu massiven Einsparungen führen.

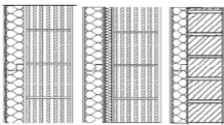
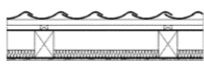
Bauteil		U-Werte alt [W/m²K]	Maßnahmen	Vorgaben OIB-RL 6 [W/m²K]	U-Werte neu [W/m²K]
Außenwand		1,5/1,55	14cm Wärmedämmverbundsystem	0,35	0,23/0,24
Kellerdecke		1,2/1,25/1,35	10 cm Wärmedämmung von unten	0,4	0,3-0,35
Dachfläche		0,75/1,2	14cm bis 18cm Wärmedämmung von unten	0,2	0,19
Obere-Geschoßdecke		0,55/0,6/1,3	10-18cm Wärmedämmung von oben	0,2	0,19

Abb. 15 Sanierungsmaßnahmen, U-Werte und Vorgaben der OIB-RL 6 1 (Quelle: E.B.⁸⁰)

Gemäß den Vorgaben der OIB-Richtlinie 6 darf der maximal zulässige Heizwärmebedarf nach erfolgter Sanierung $39,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}^{81}$ nicht überschreiten. Der neue Heizwärmebedarf beträgt, insofern sämtliche in Abb. 15 dargestellten Maßnahmen umgesetzt werden, $35,4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (davor $102,6$), was einer Reduktion von 65 Prozent entspricht. Der neue Heizenergiebedarf beträgt $93,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (davor $159,9$) und der Ausstoß an CO₂-Emissionen kann von 38 auf $22 \text{ kg/m}^2\text{a}$ gesenkt werden, was einer Reduktion von $0,24 \text{ kg}$ pro eingesparter kWh an Heizwärme entspricht.

4.4.2 Sanierungsprojekt Sonnwendgasse

⁸⁰ Eigene Berechnungen

⁸¹ Der max. zulässige Wert berechnet sich laut Formel in Abb. 14

Da der Wohnblock Sonnwendgasse ein ähnlich günstiges A/V-Verhältnis wie der Gründerzeitblock Stuerstraße aufweist, und zumindest die Außenwände augenscheinlich sanierungsbedürftig sind, sind auch hier gute Voraussetzungen für eine effektive Sanierung gegeben. Die OIB-Richtlinie schreibt bei umfassender thermischer Sanierung einen Wert von 41,2 kWh/m²a vor. Abb. 16 zeigt ein mögliches Bündel an Maßnahmen, mit dem sich die Vorgaben der OIB-RL6 erreichen lassen würden.

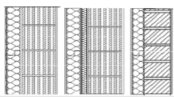
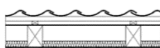
Bauteil		U-Werte alt [W/m ² K]	Maßnahmen	Vorgaben OIB-RL 6 [W/m ² K]	U-Werte neu [W/m ² K]
Außenwand		1,3	14cm Wärmedämmverbundsystem	0,35	0,23
Kellerdecke		1,1	8 cm Wärmedämmung von unten	0,4	0,34
Dachfläche		1,3	18cmWärmedämmung von unten	0,2	0,19
Obere-Geschoßdecke		1,35	18cmWärmedämmung von oben	0,2	0,19

Abb. 16 Sanierungsmaßnahmen, U-Werte und Vorgaben der OIB-RL 6 2 (Quelle: E.B.)

Der Heizwärmebedarf kann um 59 Prozent gesenkt werden und beträgt nach der Sanierung 41 kWh/m²a, der Heizenergiebedarf 103,6 kWh/m²a und der CO₂-Ausstoß 25 kg/m². Der Heizenergiebedarf lässt sich dabei um 39- und der CO₂-Ausstoß um 38 Prozent reduzieren.

4.4.3. Sanierungsprojekt Tamariskengasse

Aufgrund des Baujahrs der Wohnanlage (1989) erscheint ein thermisches Sanierungsprojekt nicht unbedingt als naheliegende bzw. notwendige Maßnahme. Allerdings liegt die durchschnittliche Bestandsdauer für Außenfassaden bei ca. 20 bis 25 Jahren weshalb zumindest reine Erhaltungsmaßnahmen als angebracht erscheinen. Die Tatsache, dass die

Fassade bereits bei der Errichtung mit einer Grunddämmung versehen wurde, steht dem Kopplungsprinzip und damit der Entscheidung, eine über die reinen Erhaltungsmaßnahmen hinausgehende Sanierung durchzuführen nicht im Weg da in der Praxis zusätzliches Dämmmaterial einfach auf der bereits bestehenden Dämmung angebracht wird.

Im Gegensatz zu den anderen zwei Fallstudien wird für das Sanierungsprojekt Tamariskengasse der Fall einer Einzelbauteilsanierung (Deltasanierung), genauer gesagt die Dämmung sämtlicher Außenwände überprüft. Abb. 17 zeigt den laut OIB-Richtlinie 6 maximal zulässigen Heizwärmebedarf für die 3 Gebäudearten. Da die 1-stöckige Struktur über ein schlechteres a/v Verhältnis als die anderen Gebäudetypen verfügt, ist auch der zu erzielende Heizwärmebedarf geringer angesetzt. So muss mindestens ein HWB von 89 kWh/m²a gegenüber einem HWB von 57 kWh/m²a bei der 3-stöckigen Struktur erreicht werden. Bei einer solchen Sanierung müssen neben den Vorgaben der OIB-RL 6 auch die förderungsrechtlichen Voraussetzungen der SanVO erfüllt werden.

Die OIB-Richtlinie schreibt einen maximalen U-Wert für gedämmte Außenwände von 0,35 W/m²K vor, während dieser Wert laut §2 Abs. 3 SanVO höchstens 0,25 W/m²K betragen darf. Mittels einer Außendämmung von 10 cm lässt sich für sämtliche Außenwände ein U-Wert von 0,22 W/m²K erzielen. Dadurch kann bei allen der drei Gebäudetypen die Vorgabe an den Heizwärmebedarf erfüllt werden. Abb. 17 fasst die wesentlichen Daten zusammen.

Gebäudetyp	HWB alt [kWh/m ² a]	Maßnahmen	Vorgaben HWB OIB-RL 6 [kWh/m ² a]	HWB neu [kWh/m ² a]
1-Stöckig	118,1	10cm Wärmedämm- verbundsystem	89	88,7
2-Stöckig	81,2	10cm Wärmedämm- verbundsystem	64	61,8
3Stöckig	65,2	10cm Wärmedämm- verbundsystem	57	49,4

Abb. 17 Sanierungsmaßnahmen, U-Werte und Vorgaben der OIB-RL 6 3 (Quelle: E.B.)

4.5 Förderungen von Sanierungsmaßnahmen

Förderungen von Sanierungsprojekten in Wien unterliegen dem Wohnbauförderungs- und Wohnhaussanierungsgesetz (WWFSG). Im Wesentlichen muss zwischen zwei Arten von förderbaren Sanierungsmaßnahmen unterschieden werden. Bei einer „umfassen thermisch-energetischen Sanierung“ (THEWOSAN) werden aufgrund strikterer Förderungsvoraussetzungen mehrere Sanierungsmaßnahmen kombiniert (z.B. Dämmung der Außenwände und Kellerdecken, neue Fenster etc.) um einen minimalen Bedarf an Heizwärme zu erzielen. Für den Fall, dass eine THEWOSAN aus wirtschaftlichen, rechtlichen oder technischen Gründen nicht sinnvoll erscheint (weil z.B. vorgegebene Werte nicht erreicht werden können), besteht die Möglichkeit nur einzelne Bauteile zu sanieren. Für solche Sanierungen kann eine „Deltaförderung“ eingeholt werden, während für THEWOSAN-Förderungen andere Regelungen gelten⁸².

„Förderbare Maßnahmen umfassen die Wärmedämmung aller umgebungsexponierten Bauteile wie Fassaden, obere Geschossdecken, Dachflächen und Kellerdecken, Erneuerung von Fenstern und Außentüren, die Beseitigung von Wärmebrücken sowie die Erhöhung passiv-solarer

⁸² Fond für Wohnbau und Stadterneuerung 2011 (2), S. 1

Wärmegewinne in Verbindung mit entsprechenden Maßnahmen zur Verhinderung sommerlicher Überwärmung.“⁸³ Das Wohnbauförderungs- und Wohnhaussanierungsgesetz sieht spezielle Förderungsvoraussetzungen für umfassende thermisch-energetischen Sanierungen sowie Einzelbauteilsanierungen vor. Dabei sind folgende Wärmeschutzkriterien bei einer THEWOSAN einzuhalten:⁸⁴

- Der Heizwärmebedarf nach der Sanierung darf höchstens 1,3mal den Heizwärmebedarfs eines vergleichbaren Niedrigenergiegebäudes betragen.⁸⁵ (Diese Voraussetzung gilt nicht für Gebäude in Schutzzonen bzw. denkmalgeschützte Gebäude)
- Durch die Maßnahmen muss min. eine Einsparung des HWB von 20 kWh/m² gewährleistet werden
- Die Werte der OIB-Richtlinie 6 müssen erfüllt sein (rechtlich verpflichtend aufgrund d. Bautechnikverordnung)

Um eine Deltaförderung einholen zu können müssen die folgenden Voraussetzungen erfüllt sein:

- Reduktion des Heizwärmebedarfs um min. 30 %
- Die Mindeststandards gemäß §2 Abs. 3 SanVO müssen erreicht werden:
max. U-Werte der sanierten Bauteile: Außenwände: 0,25 W/m²K;
Kellerdecken: 0,35 W/m²K; obere Geschoßdecken und Dachflächen: 0,2 W/m²K

Abb. 18 fasst die nicht rückzahlbaren Förderbeträge bei einer THEWOSAN zusammen. Gemäß § 38 Abs.2 WWFSG muss „...*der Förderungswerber min. ein Drittel der Gesamtbaukosten aus Eigenmitteln finanzieren*“. Die Förderbeträge sind pro m² Nutzfläche angegeben.

⁸³Fond für Wohnbau und Stadterneuerung 2011 (2), S. 3

⁸⁴Fond für Wohnbau und Stadterneuerung 2011 (2), S. 4

⁸⁵„HWB für ein Niedrigenergiegebäude: $17 \cdot (1 + 2,5/)$ “

nichtrückzahl- barer Beitrag	bis 31.12.2014	ab 01.01.2015	
	max. Standard NEG	entweder max. Standard NEG	oder max. f_{GEE}
€50,00	1,3-fach	1,15-fach	1,00
€70,00	1,15-fach	1,00-fach	0,95
€100,00	1,00-fach	0,90-fach	0,90
€130,00	0,8-fach	0,75-fach	0,85
€160,00	0,6-fach	0,60-fach	0,80

Abb. 18 Anforderungen THEWOSAN (Quelle: Fond für Wohnbau und Stadterneuerung 2011)

Können die bei einer THEWOSAN einzuhaltenden Werte nicht erreicht werden, kann noch immer eine Deltaförderung eingeholt werden, bei der weniger strenge Förderungsvoraussetzungen gelten. Für eine Deltaförderung gelten folgende Voraussetzungen und Förderungsbeiträge (Abb. 19). Der Förderungsbetrag ist mit einem Drittel der förderbaren Gesamtbaukosten begrenzt.

nichtrückzahl- barer Beitrag	Einsparung HWB	Anmerkung
€ 25,00	40 kWh/m ² a BGF	U-Werte für Einzelbauteile
€ 50,00	70 kWh/m ² a BGF	
€ 70,00	100 kWh/m ² a BGF	
€ 100,00	130 kWh/m ² a BGF	

Abb. 19 Anforderungen Deltasanierung (Quelle: Fond für Wohnbau und Stadterneuerung 2011)

Eine weitere Möglichkeit der Förderung von Sanierungen bietet auf Bundesebene der Sanierungsscheck für Private für den mehrgeschossigen Wohnbau. Die Obergrenze dieser Förderung beträgt ca. 5000 € pro antragstellender Partei. Die Förderung richtet sich daher in erster Linie an

private Investoren bzw. Zusammenschlüsse von Eigentümern, die Sanierungen an mehrstöckigen Wohngebäuden durchzuführen planen.⁸⁶ Im weiteren Verlauf der Studie werden nur jene Förderungen genauer betrachtet, die im Rahmen einer THEWOSAN bzw. einer Einzelbauteilsanierung im Sinne des WWFSG eingeholt werden können.

In vielen Fällen stellt eine angemessene Förderung einen Anreiz für Eigentümer dar in ein Sanierungsprojekt zu investieren. Viele vermeintliche Anreizmechanismen bewirken allerdings nicht immer das gewünschte, da Zielsetzungen der Beteiligten oft sehr unterschiedlich sind. Anreize wie Förderungen können zu Marktverzerrungen und Problemen, wie adverser Selektion und Moral Hazard, führen. Der Aspekt der adversen Selektion beinhaltet die Tatsache, dass in erster Linie jene Eigentümer die Förderung in Anspruch nehmen werden, die ohnehin ein Sanierungsprojekt durchgeführt hätten. Das Problem des moralischen Hasards ergibt sich aus dem strategischen Verhalten des Fördernehmers, vor allem in Zusammenhang mit einem Tausch der Heizanlage. Wenn Förderungen darauf abzielen ineffiziente Anlagen zu ersetzen, entsteht daraus ein Anreiz, vorzugeben, „ineffizient“ zu sein.⁸⁷ Eine aktuelle Studie zu dem Thema geht so weit, Förderungen als nahezu wirkungslos zu bezeichnen, da mehr als 90 Prozent der Fördernehmer auch ohne Zuschuss eine Sanierung durchgeführt hätten.⁸⁸

4.6 Der Rebound Effekt⁸⁹

Wie bereits in Kapitel 2.2 erörtert, können der Bedarf und der Verbrauch an Heizwärme sehr unterschiedlich ausfallen. Gelingt es durch energetische Maßnahmen den Bedarf zu senken, ohne eine verhältnismäßige Verringerung des Verbrauchs (sondern ev. sogar eine Steigerung) zu erzielen spricht man vom sogenannten Rebound-effekt, der als unerwünschte Nebenwirkung der Effizienzsteigerung betrachtet werden kann. JEVONS (1865) erkannte als erster den Zusammenhang zwischen der Steigerung von Effizienz und

⁸⁶ http://www.umweltfoerderung.at/uploads/infoblatt_tgs_private_2014_mgw.pdf, 14.06.2014 18:05

⁸⁷ Wirl 1994, S. 103

⁸⁸ <http://derstandard.at/1363710831081/Sanierungsscheck-ist-der-Mehrheit-unbekannt>, 17.06.2014 09:12

⁸⁹ Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich hauptsächlich auf Tilman 2012

Nachfrage. „Der Rebound Effekt bezeichnet den gesteigerten Konsum von Ressourcen, der von einer oder mehreren Produktivitätssteigerungen bedingt oder zumindest ermöglicht wird.“⁹⁰ Demnach kann nicht nur eine Effizienz- sondern auch eine Kapital- oder Produktivitätssteigerung zu einer gesteigerten Nachfrage führen. So kann sich der Effekt durch eine gezielte Verhaltensreaktion auf die derzeitigen Preise für Gas bzw. Strom ausdrücken. In diesem Fall wird mehr Energie konsumiert solange die Preise niedrig sind. Der Rebound-effekt erscheint vielen paradox da oft die Vorstellung vertreten wird, dass Einsparungen und Effizienz zwangsweise miteinander einhergehen. Der Effekt ist echt, hat aber laut Experten die den unmittelbaren Anteil, bezogen auf die Energieeffizienz, auf etwa 5 bis 15 Prozent schätzen, keine gravierenden Ausmaße.⁹¹ Eine selten auftretende Variante des Effekts ist das sogenannte „Backfire-Phänomen“ bei dem der Verbrauch nach der Effizienzsteigerung höher als zuvor liegt.

Im Detail betrachtet kann zwischen psychologischen, materiellen und finanziellen Rebound-Effekten unterschieden werden. Die wahrscheinlich am meisten auftretende Form ist der finanzielle Rebound-Effekt der sich durch einen Mehrverbrauch infolge einer Effizienzsteigerung und der damit verbundenen Kostenersparnis ergibt. Ein erhöhter Verbrauch schlägt sich aber auch in einem vermehrten Nutzen bzw. Behaglichkeitsgefühl nieder, sonst würde er, vorausgesetzt es handelt sich um eine rationale Handlung, nicht stattfinden. Der materielle Rebound-effekt bezieht sich auf den erhöhten Primärenergieeinsatz für die Herstellung der Baustoffe der durch eine gesteigerte Nachfrage ausgelöst wird. Die erhöhte Nachfrage wird als „Embodied-Energy-Effekt“ bezeichnet. Der psychologische Rebound-Effekt bezieht sich auf die subjektive Wahrnehmung der Effizienzsteigerung hinsichtlich des Verbrauchs eines „schädlichen“ Rohstoffes, der (der Verbrauch) durch die Maßnahme, für die Umwelt vertretbarer erscheint. „Konsumenten verbrauchen mehr, eben weil das Produkt *effizienter* geworden ist“.⁹²

Ökologische Steuern sind ein Weg den allgemeinen Rebound-Effekt zu reduzieren insofern aus den Einnahmen nicht neue Rebound-Effekte

⁹⁰ Tilman 2012, S. 16

⁹¹ <http://www.spektrum.de/news/der-rebound-effekt-wird-ueberschaetzt/1181936> 03.07.2014 19:35

⁹² Tilman 2012, S. 21

hervorgehen. Eine Möglichkeit den Rebound-effekt gänzlich zu eliminieren ist die Einführung von „absoluten Obergrenzen“ („Caps“) hinsichtlich des Verbrauchs. Allerdings müssten solche Caps weltweit eingeführt werden um eine geographische Verschiebung des Rebound-effekts zu vermeiden.

5 Wirtschaftlichkeit von thermisch-energetischen Sanierungsmaßnahmen

5.1 Bewertungsmöglichkeiten der Rentabilität

Sanierungsprojekte verursachen in der Regel hohe Investitionen, die erstmals finanziert werden müssen, bevor Einsparungen erzielt werden können.⁹³ Um die Effektivität von Sanierungsprojekten beurteilen zu können, müssen sie wie andere Investitionsprojekte im Rahmen der Investitionsrechnung analysiert werden.⁹⁴ „Investitionsvorhaben die in der Zukunft zu Einzahlungen führen, die in Summe die Anschaffungsauszahlungen nicht übersteigen, sind aus rein finanzwirtschaftlicher Sicht keineswegs empfehlenswert. Solche Investitionsvorhaben können von vornherein abgelehnt werden, da offensichtlich eine mögliche alternative (zinsbringende) Veranlagung der Anschaffungsauszahlungen den Investor besser stellen würde als eine Durchführung des Investitionsvorhabens.“⁹⁵

Die weiteren Analysen basieren auf einem sogenannten Mehrertragsansatz und berücksichtigen bei der Bewertung der Rentabilität von Sanierungsprojekten die unterschiedlichen Eigentümerstrukturen. Für den Fall der selbstgenutzten Immobilie (dem Eigentümer kommen die Einsparungen an Heizenergie auch zu Gute) kann der Mehrertrag mittels dynamischer Kriterien (Kapitalwert, Annuität, etc.) einfach ermittelt werden.⁹⁶ Für den vermieteten Bestand müssen die Regelungen des Mietrechts berücksichtigt werden, da Eigentümer in ihrer

⁹³ Wolf 2009, S. 6

⁹⁴ Fischer 2005, S. 62

⁹⁵ Fischer 2005, S. 63

⁹⁶ Hinz 2008, S. 19

Möglichkeit, Investitionen über eine Mieterhöhung zu refinanzieren in der Praxis stark eingeschränkt sind.⁹⁷

Eine Vielzahl publizierter Wirtschaftlichkeitsanalysen beschäftigt sich mit der Ermittlung der wirtschaftlich optimalen Wärmedämmung und deren Rentabilität. „Bei der wirtschaftlich optimalen Wärmedämmung handelt es sich um jene Dämmstoffdicke bei der die langfristigen Einsparungen minimiert werden.“⁹⁸ Die Ermittlung jener Dämmstärke (bzw. der „optimalen Baustoffe“) ist meiner Meinung nach in der Praxis sehr wichtig, da verschiedene Maßnahmen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen können. So kann z.B. eine Außenwanddämmung mit einer Dämmstärke von 15 cm eine unwirtschaftliche Maßnahme darstellen, während eine Dämmung von 20 cm zu Kosteneinsparungen führt, die das Projekt rentabel erscheinen lassen. Die Analysen im weiteren Verlauf versuchen weniger die wirtschaftlich optimalen Maßnahmen, insbesondere Dämmstärken zu ermitteln, sondern darzustellen, ob sich die Maßnahmen, die nötig sind um gesetzlich vorgegebene Standards zu erreichen, auch aus wirtschaftlicher Sicht vertreten lassen.

5.2 Bestandssanierung bei selbstgenutzten Immobilien

Der Bestand an selbstgenutzten Immobilien bietet hohes Potential für die Wirtschaftlichkeit einer thermischen Sanierung, insofern sich diese Objekte ohnehin einer Sanierung unterziehen sollten. Der Vorteil gegenüber der fremd genutzten Immobilie ergibt sich aus der Tatsache, dass Energieeinsparungen dem Investor direkt zu Gute kommen. Dieser Fall ist wesentlich einfacher zu analysieren da rechtliche Aspekte ignoriert und klassische Methoden zur Investitionsbewertung herangezogen werden können. Allerdings finden sich auch im selbst genutzten Bestand diverse Barrieren für die Durchführung von Sanierungsprojekten. Hier kann sich ein hohes Alter der Eigentümer bzw. die Tatsache, dass die Immobilie gerade erst gekauft wurde negativ auf eine Sanierungsentscheidung auswirken, da in diesen Fällen die Bereitschaft für hohe Investitionen nicht gegeben ist. Eigentümer verfügen in vielen Fällen auch nicht über ausreichende Informationen bzgl. der wirtschaftlichen Vorteile eines

⁹⁷ Havel 2011, S. 8

⁹⁸ Kosz 1996, S. 39

Sanierungsprojekts und erwarten in der Regel sehr niedrige Rücklaufzeiten die sich oft nicht realisieren lassen.⁹⁹

Im Fall einer vorgezogenen Modernisierung, der in der Praxis häufig auftritt besteht für die Bauteile noch eine gewisse technische Restlebensdauer. Scheinbar ist trotz der Tatsache, dass nicht nur die energierelevanten Kosten zur Ermittlung der Rentabilität herangezogen werden können (es müssen die Kosten zu Beginn der ohnehin notwendigen Maßnahme verwendet werden) eine vorgezogene Sanierung in vielen Fällen wirtschaftlich vertretbar. Dieser Fall wird aber in der folgenden Studie nicht weiter analysiert.¹⁰⁰

5.2.1 Kosten und Nutzen: Fallbeispiel 50 er Jahre Wohnblock Sonnwendgasse

Da der Wohnblock Sonnwendgasse ausschließlich aus Eigentumswohnungen besteht, kommt der Mehrertrag aus den Energiekosteneinsparungen im Fall einer thermischen Sanierung den 64 im Objekt wohnhaften Parteien direkt zu Gute. Es wird für die weitere Analyse unterstellt, dass die Kosten der Sanierung gemeinschaftlich und anteilmäßig von sämtlichen Eigentümern getragen werden. Allerdings müssen 64 Parteien einen Konsens finden, was zu erheblichen Transaktionskosten führen kann. „Für die Sanierung des gesamten Wohnbaus muss entweder ein einstimmiger Beschluss oder ein nicht mehr anfechtbarer Mehrheitsbeschluss der Eigentümergemeinschaft für die Durchführung der Maßnahmen vorliegen oder bis zum geplanten Baubeginn nachgewiesen werden“¹⁰¹.

Methodik der Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die weitere Wirtschaftlichkeitsanalyse ermittelt den Kapitalwert, den annuitätischen Gewinn sowie die Amortisationszeit des Projekts. Als zusätzliches Kriterium wird der Preis der eingesparten kWh ermittelt. Die anschließende Sensitivitätsanalyse beschreibt wie stark die ermittelten Kennzahlen auf eine Variation der Eingangsparameter reagieren. Schließlich

⁹⁹ http://www.energieforschung-zuerich.ch/fileadmin/berichte/Bericht_Anreize_und_Hemmnisse_FP-2.2.2.pdf 20.08.2014 12:20

¹⁰⁰ Hinz 2008, S.18

¹⁰¹ http://www.umweltfoerderung.at/uploads/infoblatt_tgs_private_2014_mgw.pdf, 12.07.2014 16:04

wird im Rahmen einer Realoptionsanalyse ermittelt, wann der zukünftig optimale Zeitpunkt für die Durchführung des Projekts ist.

Wesentliche Faktoren für die Analyse sind

- Investitions- und Nutzungskosten
- der aktuelle Energiepreis
- Annahmen bzgl. Preissteigerungen
- der Betrachtungszeitraum
- Realzinssatz
- die tatsächlich erzielten Einsparungen.

Alle im weiteren Verlauf angegebenen Preise und Kosten sind auf Basis des Jahres 2013 erstellt. Für die zukünftigen Einzahlungsüberschüsse ist neben der allgemeinen Preisentwicklung eine durchschnittliche Steigerung des Gaspreises mit 3 % p.a. festgelegt. Sämtliche Berechnungen wurden mit realen Preisen durchgeführt, „also jene unter Ausschluss der Geldentwertung“.¹⁰²

5.2.1.1 Ermittlung Kosten und Förderbeitrag

Die Kostengruppierung nach ÖNORM B 1801-1 unterscheidet im Allgemeinen zwischen Investitions- und Folgekosten. Die Investitionskosten umfassen neben den Baustoff- und Errichtungskosten auch Kosten für Außenanlagen, Honorare und Nebenleistungen. Folgekosten sind in erster Linie Erhaltungskosten sowie Kosten für technische Dienstleistungen (Inspektion, Wartung).¹⁰³

Die Investitionskosten für die weiteren Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden nach dem „Kopplungsprinzip“ ermittelt. Dabei müssen die Kosten für reine Instandhaltungsmaßnahmen (Gerüst, neuer Anstrich) getrennt von den Kosten für thermische Verbesserungsmaßnahmen (Wärmedämmung, Armierungsputz, Außenputz, Kosten für die Anbringung) betrachtet werden. Für die weiteren Analysen sind in erster Linie jene Kosten relevant, die durch Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz entstehen. Das sind nur jene Mehrkosten die direkt zur Verbesserung der Energieeffizienz beitragen.¹⁰⁴

¹⁰² Frick 2012, S. 21

¹⁰³ Amman 2013, S.2

¹⁰⁴ Hinz 2008, S. 19

Die „Ohnehin-Kosten“ für die reine Instandhaltung werden hierbei ignoriert, da die Annahme unterstellt wird, dass eine thermische Sanierung nur dann durchgeführt wird, wenn ohnehin Verbesserungen (Instandsetzungen) notwendig sind. Dabei wird für jede Außenwand und Dachfläche einzeln ermittelt, ob aufgrund der Instandhaltungs- bzw. Verkehrssicherungspflicht eine Ohnehin-Maßnahme notwendig ist. Für die Dämmung der Kellerdecken und oberen Geschoßdecken müssen die Vollkosten herangezogen werden, da bei diesen Bauteilen i.d.R. über die Nutzungsdauer des Gebäudes keine Erhaltungsmaßnahmen notwendig sind.¹⁰⁵ Als Dämmmaterialien kommen neben Mineral- und Steinwolle auch Schaumstoffe (Polystyrol, Polyuretan) zum Einsatz.

Abb.20 fasst die Investitionskosten zusammen

Bauteil	Art der Dämmung	Dämmstärke	Vollkosten	Kosten für Energieeinsparun	Ohnehin-Kosten
Außenwand	Wärmedämmverbundsystem	14 cm	99,9 € p. m²	76,9€ p. m²	23€ p. m²
Kellerdecke	Wärmedämmung von unten	8 cm	22,7 € p. m²	22,7 € p. m²	/
Obere Geschoßdecke	Wärmedämmung von oben	18 cm	36,6€ p. m²	36,6 € p. m²	/
Dachfläche	Zwischen- und Untersparrend.	18 cm	105,57€ p. m²	82,57€ p. m²	23€ p. m²

Abb. 20 Investitionskosten (Quelle: Baustoffpreisverzeichnis Gebäudeprofi¹⁰⁶)

Die Vollkosten für den Wohnblock betragen 410.205 € bzw. 70,572€/m²BGF. Die Kosten für Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz betragen 313490 € bzw. 53,9€/m²BGF. Für die Förderung einer thermischen Wohnhaussanierung ist der HWB eines vergleichbaren Niedrigenergiehauses als Referenzwert heranzuziehen. Dieser berechnet sich laut:¹⁰⁷

$$17(1 + \frac{2,5}{l_c})$$

Wobei l_c den Kehrwert des A/V Verhältnisses angibt (siehe Kapitel 2.4.2). Der Vergleichswert für ein Niedrigenergiehaus wäre im gegebenen Fall 28,1 kWh/m². Laut § 5(4) VO lit. a darf das 1,3 fache dieses Wertes, also 36,4 kWh/m²a nicht überschritten werden um eine THEWOSAN-Förderung einholen

¹⁰⁵ Hinz 2008, S. 18

¹⁰⁶ "Gebäudeprofi Duo" Software, ETU GmbH, Version 4.2.1 vom 05.04.2013, www.etu.at

¹⁰⁷ Wiener Fond für Wohnbau und Stadterneuerung 2011 (2)

zu können. Die Sanierung des Wohnblocks führt allerdings nur zu einem Heizwärmebedarf von 41,3 kWh/m²a, weshalb diese Art von Förderung nicht in Frage kommt.

Die dennoch einzuholende Deltaförderung in der Höhe von 136735 € entspricht genau einem Drittel der förderbaren Gesamtbaukosten. Die Förderung erfolgt in Form eines Einmalzuschusses. Die um die Förderung reduzierten Investitionskosten für Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz betragen 176755 € bzw. 30,4 €/m²BGF.

Für die weiteren Analysen wird unterstellt, dass abgesehen von Förderbeiträgen sämtliche Investitionen zu hundert Prozent eigenfinanziert sind. Neben den Investitionskosten sind auch die laufenden Instandhaltungs-, Betriebs- und Wartungskosten der Objekte bzw. der Anlagen zu berücksichtigen. Im Sinne des Kopplungsprinzips fließen allerdings wieder nur die energierelevanten Kostenanteile in die Analyse mit ein. Diese Nutzungskosten werden aber in der weiteren Analyse zur vereinfachten Darstellung mit 0 beziffert.

5.2.1.2 Energiepreise

Für den Wohnblock Sonnwendgasse wird die Annahme getroffen, dass ausschließlich Erdgas als Energieträger für Raumwärme und Warmwasser zum Einsatz kommt. Der heutige Preis für Erdgas wird mit 0,43 Cent pro kWh festgesetzt.¹⁰⁸ Einen wesentlichen Faktor für die weitere Analyse stellen Annahmen zur Gaspreissteigerung dar. Europäische Haushaltsgaspreise sind in den letzten Jahren gestiegen und steigen nach wie vor kontinuierlich. Sämtliche Mitgliedsstaaten der EU verzeichnen einen konstanten Anstieg, allerdings sind die Unterschiede im Preislevel sehr hoch. Der Haushaltsgaspreis ist in manchen Ländern dreimal so hoch wie in anderen (z.B. Dänemark vs. Bulgarien).¹⁰⁹

In der EU sind die Konsumentenpreise für Gas durchschnittlich um 3% pro Jahr gestiegen. In vielen Mitgliedsstaaten übersteigt das die Inflation. Der Gaspreis wird wesentlich vom Ölpreis beeinflusst was eine Entkoppelung zwischen

¹⁰⁸ Das Objekt verfügt über ein Standardkessel Heizsystem und zentrale Warmwasserzubereitung. Die Annahme ist für einen Großteil des Objekts zutreffend, konnte im Rahmen des Lokalaugenscheins aber nicht zu 100 Prozent verifiziert werden.

¹⁰⁹ http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Electricity_and_natural_gas_prices_statistics 06.07.2014 18:05

Gaspreis und tatsächlicher Nachfrage zur Folge hat. Einen Überblick bzgl. der Entwicklung der Gaspreise in Österreich bietet der Österreichische Gaspreisindex (Abb. 21). Er wird von der Bundesanstalt Statistik Austria erhoben und beinhaltet sämtliche relevanten Abgaben, Zuschläge und Steuern. Dabei wird die Entwicklung der Haushaltsgaspreise über einen Betrachtungszeitraum als Indexzahl dargestellt.¹¹⁰

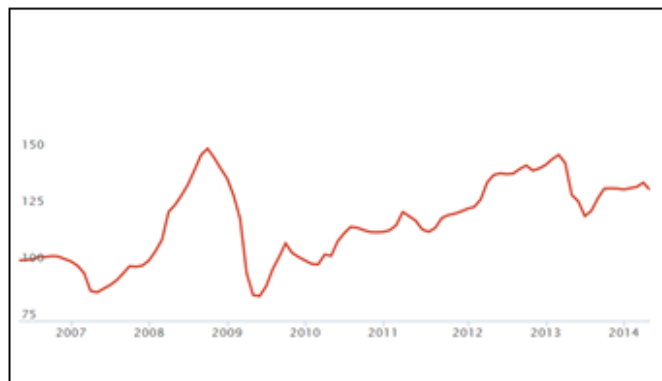


Abb 21. Österreichischer Gaspreisindex (Quelle: E-Control)

Die weitere Wirtschaftlichkeitsanalyse geht von einer Energiepreissteigerung für Erdgas von 3% p.a. aus.

5.2.1.3 Der Mehrertragsansatz

Die weiteren Analysen basieren auf einem sogenannten Mehrertragsansatz. Dabei werden der durch die Modernisierung erreichte Mehrertrag und die resultierenden zusätzlichen Kosten miteinander verglichen. Wie bereits in Kapitel 5.3.1.1 beschrieben werden nicht die Voll- sondern die Mehrkosten der Sanierung für die Energieeinsparung als Vergleichsgrundlage herangezogen.¹¹¹ Der Mehrertrag ergibt sich bei selbstgenutzten Objekten wie dem Wohnblock Sonnwendgasse aus der durch die Sanierung erzielten Ersparnis an Kosten für Heizung und Warmwasser.

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Sanierungsprojekten steht eine Vielzahl von Verfahren zur Verfügung. Eine gängige Unterscheidung unterteilt diese in statische und dynamische Analyseverfahren. Statische Verfahren

¹¹⁰ <http://www.e-control.at/de/publikationen> 06.07.2014 16:05

¹¹¹ Hinz 2008, S. 19

zeichnen sich durch ihre einfache Ermittlung sowie den geringen Bedarf an Informationen aus. Beispiele für statische Verfahren sind die Kostenvergleichsrechnung sowie die statische Amortisationsrechnung. Im folgenden Kapitel kommen ausschließlich dynamische Vergleichsverfahren zur Anwendung da statische Verfahren bei langen Nutzungsdauern und dynamischen Preisentwicklungen keine brauchbaren Ergebnisse liefern.¹¹²

„Es müssen zinsdynamische Effekte sowie die Zeitpunkte der Ein und Auszahlungen berücksichtigt werden, um eine plausible Aussage über die Rentabilität von Varianten tätigen zu können.“¹¹³ Dynamische Verfahren haben das Ziel, die zukünftigen Einzahlungsüberschüsse (in Form eingesparten kWh an Erdgas) mittels der Zinseszinsrechnung zu bewerten. Dabei ist nicht nur die Höhe der Ausgaben und Einnahmen, sondern auch der Zeitpunkt des Einzahlungsüberschusses für das Ergebnis wesentlich. Zukünftige Einzahlungsüberschüsse werden dabei auf einen einheitlichen Vergleichspunkt auf- bzw. abgezinst.

Der Betrachtungszeitraum wird für die weiteren Berechnungen mit 20 Jahren festgelegt wobei angenommen wird, dass keine Zwischenfinanzierungen und Restwerte existieren. Andere Studien gehen von wesentlich höheren Nutzungsdauern von 30 bis 40 Jahren aus.¹¹⁴ Eine Verkürzung des Betrachtungszeitraums hat eine negative Auswirkung auf das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsanalyse.

5.2.1.4 Kapital- und Realzinssatz

Bei reiner Eigenfinanzierung gibt der Kapitalzinssatz die Rendite der risikolosen Alternativveranlagung an. Im weiteren Verlauf wird ausschließlich der Realansatz verwendet. „Realansatz bedeutet, dass mit heutigen, realen Größen gerechnet wird. Eine Betrachtung unter nominalen Werten macht dann einen Sinn, wenn Erlöse und Erträge anderen Teuerungsraten ausgesetzt sind.“¹¹⁵

Der reale Zinssatz lässt sich mit Hilfe der Nominalverzinsung sowie der Inflationsrate berechnen. Die Nominalverzinsung wird in der weiteren Analyse

¹¹² Frick 2012, S. 79

¹¹³ Frick 2012, S. 79

¹¹⁴ Ott, S. 141

¹¹⁵ Frick 2012, S. 83/84

mit 4 Prozent per Anno und die Inflation mit 2 % p.a. angenommen woraus sich eine Realverzinsung von 2 % ergibt (für kleine Werte für i_{nom} und i_{infl} ergibt sich i_{real} aus der Differenz von Nominalzinssatz und Inflationsrate).¹¹⁶

$$I_{real} = \frac{1 + i_{nom}}{1 + i_{infl}} - 1$$

5.2.1.5 Die Kapitalwertmethode¹¹⁷

Der Kapitalwert ist eine häufig angewandte finanzmathematische Kennzahl zur Beurteilung von Investitionsprojekten. „Dabei wird die Summe der Barwerte von verschiedenen Zahlungsreihen (Cash Flows $[C_t]$) zu einem gemeinsamen Zeitpunkt betrachtet.“¹¹⁸ Der Kapitalwert berechnet sich nach (1)

$$KW = -I_0 + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{C_t}{(1+i_{real})^t} \quad (1)$$

Die Cash Flows ergeben sich aus den durch die Sanierung eingesparten kWh an Heizenergie multipliziert mit dem periodenspezifischen Energiepreis.

Jahr	Energiepreis	Cashflows	Barwerte
1	0,0430	16270,93	15951,89
2	0,0443	16759,06	16108,28
3	0,0456	17261,83	16266,21
4	0,0470	17779,69	16425,68
5	0,0484	18313,08	16586,72
6	0,0498	18862,47	16749,33
7	0,0513	19428,34	16913,54
8	0,0529	20011,19	17079,36
9	0,0545	20611,53	17246,81
10	0,0561	21229,87	17415,89
11	0,0578	21866,77	17586,64
12	0,0595	22522,77	17759,05
13	0,0613	23198,46	17933,16
14	0,0631	23894,41	18108,98
15	0,0650	24611,24	18286,52
16	0,0670	25349,58	18465,80
17	0,0690	26110,07	18646,83
18	0,0711	26893,37	18829,65
19	0,0732	27700,17	19014,25
20	0,0754	28531,18	19200,66

Abb 22. Energiepreise, Cashflows, Barwerte in € (Quelle: eigene Berechnungen)

¹¹⁶ Frick 2012, S. 83/84

¹¹⁷ Frick 2012, S. 81

¹¹⁸ Frick 2012, S. 81

Abzinsen der Cash Flows mit der Realverzinsung von 2% ergibt den jeweiligen Barwert. Die Summe der Barwerte abzüglich der Anfangsinvestition ergibt einen Kapitalwert von

$$KW = -176755 \text{ €} + 350575,2 \text{ €} = 173820,3 \text{ €}$$

Das Projekt ergibt über den Betrachtungszeitraum einen (Netto-)Kapitalwert von 173820,3 € was in etwa der Höhe des ursprünglichen Investitionsbetrags (176755 €) entspricht.

5.2.1.6 Die Annuitätenmethode

Bei der Annuitätenmethode wird im Gegensatz zur Kapitalwertmethode kein Gesamtergebnis sondern ein Periodenergebnis berechnet. Dabei wird mit konstanten jährlichen fiktiven Renten gerechnet. Der Kapitalwert der realen Zahlungsreihe muss mit den fiktiven Einnahmen und Ausgaben übereinstimmen.¹¹⁹

5.3.1.6.1 Mittlerer zukünftiger Energiepreis

„Der mittlere zukünftige Energiepreis ist der heranzuziehende Referenzenergiepreis mit dessen Hilfe dem angenommenen Preisanstieg Rechnung getragen werden soll.“¹²⁰ Ein zu gering angenommener Anstieg hat negativen Einfluss auf das Ergebnis der Analyse.

„Unter der Annahme, dass der heutige Energiepreis jedes Jahr derselbe sei, wird mit dem Barwertfaktor für Preissteigerungen der Gegenwartswert des Energiepreises unter Berücksichtigung von Preissteigerungen berechnet. Dieser wird dann wieder mit dem Kapitalwiedergewinnungsfaktor ohne Preissteigerungen auf konstante jährliche Annuitäten, dem mittleren zukünftigen Energiepreis p umgerechnet.“¹²¹ Aus dem heutigen Preis für Erdgas von 0,043 €/kWh errechnet sich der mittlere langfristige Energiepreis im Bezugszeitraum in Höhe von 0,0567 €/m².

¹¹⁹ Frick 2012, S. 84, 85

¹²⁰ Frick 2012, S. 48

¹²¹ Frick 2012, S. 88

5.2.1.6.2 Die annuitätischen Kosten und Einsparungen

Im Fall einer thermischen Sanierung entstehen folgende mittlere jährliche Kapital- und Brennstoffkosten über den Betrachtungszeitraum:

Die *annuitätischen Kapitalkosten* (Mehrkosten) berechnen sich durch Multiplikation der um den Förderungsbetrag reduzierten energierelevanten Mehrkosten mit dem Annuitätenfaktor ¹²² $a=0,0612$. Zukünftig anfallende Zusatzkosten fließen ebenfalls in die Berechnung mit ein. Ersatzbeschaffungen und Restwerte werden ignoriert. Die ann. Kapitalkosten entsprechen somit einer fiktiven, konstanten Zahlungsreihe die bei einer Laufzeit von 20 Jahren einen Barwert in Höhe der Investitionskosten erzielt.

Die *annuitätischen Brennstoffkosten* berechnen sich durch Multiplikation des durch die Sanierung verbesserten, neuen Heizenergiebedarfs (auf die gesamte Bruttogrundfläche gerechnet) mit dem mittleren zukünftigen Energiepreis (5.3.1.6.1)

annuitätische Kapitalkosten	176755 * 0,0612 + 0 = 10817,4	Mehrkosten nur für Energieeinsparung abzgl. Förderungsbetrag * Annuitätenfaktor + Zusatzkosten
ann. Brennstoffkosten	103,6 * 5812,5 *0,0567 = 34143,3	HEBneu * mittl. Energiepreis
Gesamtkosten	10817,4 + 34143,3 = 44960,7	Ann. Kapitalkosten + ann. Brennstoffkosten

Abb. 23 Kostenübersicht (Quelle: eigene Berechnungen)

Die *mittleren Brennstoffkosten* im unsanierten Zustand (annuitätische Brennstoffkosten alt) lassen sich durch Multiplikation des ursprünglichen Heizenergiebedarfs mit dem mittleren zukünftigen Energiepreis berechnen. Die Differenz aus annuitätischen Gesamtkosten und ursprünglichen

¹²² $a = \frac{i_{real} * (1+i_{real})^n}{(1+i_{real})^n - 1}$

durchschnittlichen Brennstoffkosten ergibt die durchschnittliche jährliche Einsparung.

Gesamtkosten	10817,4 + 34143,3 = 44960,7	Ann. Kapitalkosten + ann. Brennstoffkosten
ann. Brennstoffkosten alt	168,6 * 5812,5 * 0,0567 = 55565,3	HEBalt * mittl Energiepreis
mittl. jährliche Einsparung	55565,3 - 44960,7 = 10604,6	Brennstoffkosten alt - Gesamtkosten Sanierung

Abb. 23 (2) Kostenübersicht (Quelle: eigene Berechnungen)

Die mittlere Einsparung ergibt einen Wert von 10604,6 € (1,82 € p.m² BGF). Es ist die um die mittleren Investitionskosten reduzierte durchschnittliche jährliche Ersparnis an Kosten für Erdgas über einen Bezugszeitraum von 20 Jahren. Der heutige Wert dieser zukünftigen Einsparungen entspricht somit genau dem Barwert der Investition. Die jährliche mittlere Ersparnis pro m² Grundfläche ist mit 1,82 € verhältnismäßig gering und entspricht einer durchschnittlichen Reduktion der Kosten für Heizung und Warmwasser um ca. 20 %.

5.2.1.7 Kosten der eingesparten kWh

Für den Fall der selbstgenutzten Immobilie kann die sowohl die wirtschaftliche-, als auch die ökonomische Rentabilität über die Kosten der eingesparten kWh Heizenergie dargestellt werden. „Bei dieser Methode werden die annuitätischen Mehrkosten der energiesparenden Variante durch die Heizenergieeinsparung gegenüber der Referenzvariante dividiert.“¹²³ Danach werden die Kosten der eingesparten kWh und der mittlere zukünftige Energiepreis gegenübergestellt. Ist letzterer höher als die Kosten der eingesparten kWh (2), ist das Projekt aus wirtschaftlicher Sicht durchzuführen.

$$P_{ein} = \frac{K}{(HEB_{alt} - HEB_{neu})} \quad (1)$$

¹²³ Frick 2012, S. 87

$$P_{ein} < P \quad (2)$$

Für den Wohnblock Sonnwendgasse ergeben sich annuitätische Mehrkosten von 10817,4€ (siehe Kapitel 5.3.1.6) bzw. 1,861€ pro m² BGF. Die Differenz aus alten und neuen Heizenergiebedarf beträgt 65,1 kWh/m². Der Preis der eingesparten kWh berechnet sich laut (1) und beträgt 0,0286 €/kWh gegenüber einem mittleren langfristigen Energiepreis von 0,0567 €/kWh. Das Kriterium (2) ist somit erfüllt und das Projekt sollte demnach durchgeführt werden. Die Kennzahl ist zuverlässig wenn damit die Rentabilität einzelner Projekte beurteilt werden soll. Für Alternativentscheidungen eignet sie sich nur begrenzt da die absoluten Einsparungen an kWh nicht berücksichtigt- und dadurch das Ergebnis verzerrt werden kann.¹²⁴

5.2.2 Sensitivitätsanalyse

Bei der Sensitivitätsanalyse wird im Allgemeinen ermittelt wie „sensitiv“ ein Projekt auf strukturelle Veränderungen reagiert. Ziel ist es darzustellen, welche Auswirkungen das Abweichen grundlegender Daten vom ursprünglichen Wert hat bzw. wie weit gewisse Parameter verändert werden dürfen, ohne dass der Wert des Projekts (i.d.R. der Kapitalwert) signifikant verändert wird.¹²⁵ Die Sensitivitätsanalyse dient daher in erster Linie der Entscheidungsfindung in einer Unsicherheitssituation. Im Gegensatz zur Risikosituation sind nur die Umweltzustände, nicht aber deren Eintrittswahrscheinlichkeiten bekannt.¹²⁶

Die Sensitivitätsanalyse zeigt daher die Auswirkungen von Variationen der Eingangsparameter unabhängig von ihrer relativen Eintrittswahrscheinlichkeit. Dies spielt allerdings nur für die Parameter eine Rolle die zum Investitionszeitpunkt nicht bekannt sind. So sind die Investitionskosten zu t=0 sowie die heutigen Brennstoffpreise bekannt, die mittlere Teuerungsrate über die Nutzungsdauer muss allerdings geschätzt werden.

5.2.2.1 Sensitivität Realzinssatz und Teuerungsraten

¹²⁴ Frick 2012, S. 14

¹²⁵ <http://de.wikipedia.org/wiki/Sensitivit%C3%A4tsanalyse> 06.08.2014 13:20

¹²⁶ <http://www.manager-wiki.com/strategiebewertung/47-sensitivitaetsanalyse> 03.08.2014 09:30

Ein häufiger Kritikpunkt der Kapitalwertmethode ist der zur Diskontierung der Einzahlungen verwendete risikolose Zinssatz. Um das systematische Risiko einer Sachinvestition miteinzubeziehen müsste laut CAPM eigentlich ein risikoangepasster Kalkulationszinsfuß zur Berechnung des Kapitalwertes herangezogen werden.¹²⁷ Die Bestimmung dieses Zinsfußes ist sehr aufwendig und in dieser Studie nicht weiter ausgeführt.

Um unsichere Zahlungsströme und flexible Investitionsentscheidungen im Rahmen der Kapitalwertmethode untersuchen zu können ist es auf jeden Fall sinnvoll eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen. „Neben der Sensitivitätsanalyse sind Instrumente wie die die Monte-Carlo-Simulation oder die Anwendung der stochastischen bzw. stochastisch-dynamischen Programmierung für die Analyse unsicherer Zahlungsströme bekannt“¹²⁸. Abb. 24 veranschaulicht wie sensitiv der (Netto-)Kapitalwert des Projekts auf eine Veränderung der Realverzinsung reagiert bzw. wie hoch ein risikoangepasster Kalkulationszinsfuß maximal betragen dürfte (um noch immer einen positiven Projektwert zu erzielen). Der bei einer Realverzinsung von 2% ursprüngliche Kapitalwert von 173850 € sinkt bei steigender Realverzinsung. Bei $i_r=6\%$ lässt sich nur mehr ein Wert von ca. 60000 € erzielen und bei einer realen Verzinsung von ca. 9 % ist der Kapitalwert des Projekts negativ. Ein risikoangepasster Zinssatz dürfte demnach höchstens einem Wert von ca. 9 % entsprechen.

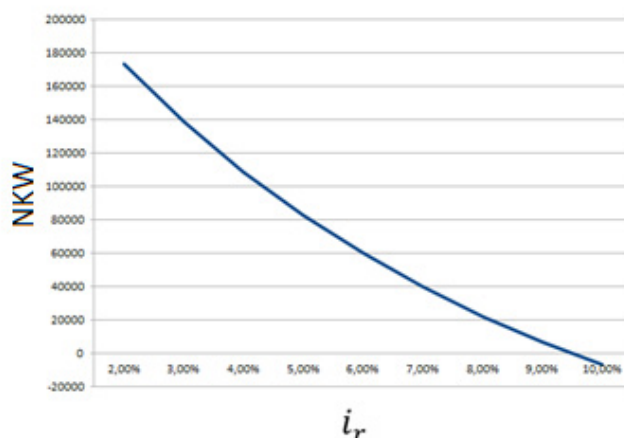


Abb. 24 Sensitivitätsanalyse 1 (Quelle: eigene Berechnungen)

¹²⁷ Hundt 2006, S. 5

¹²⁸ Hundt 2006, S.2

Abb. 25 zeigt zusätzlich wie stark der Kapitalwert bei unterschiedlichen Teuerungsraten für Brennstoffe variiert. Bei einer Teuerungsrate von 4% wird erst bei einer Realverzinsung von über 10% ein negativer Kapitalwert erzielt. Liegt die Teuerungsrate bei nur 1 % wird bereits bei einer Realverzinsung von knapp über 7% ein negativer Kapitalwert erzielt.

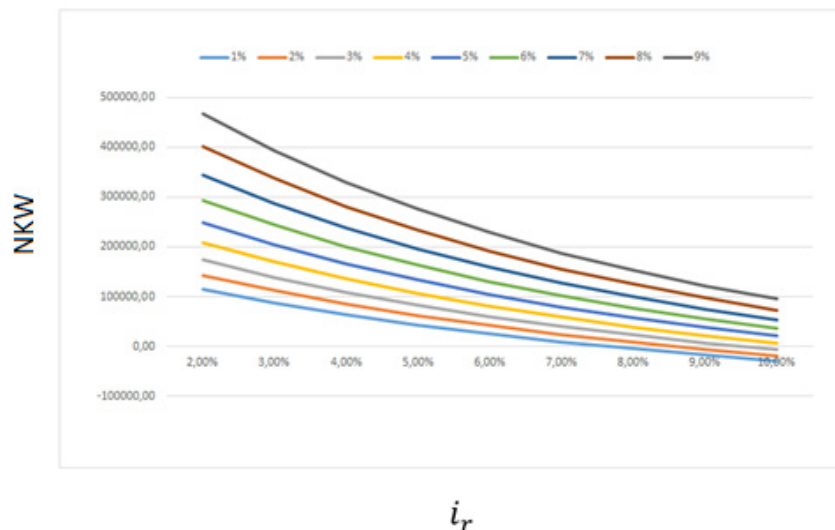


Abb. 25 Sensitivitätsanalyse 2 (Quelle: eigene Berechnungen)

5.2.2.2 Sensitivität Brenn- und Baustoffpreise

Für das Projekt Sonnwendgasse wurden im bisherigen Verlauf die Investitionskosten mit 173500 € bzw. der Gaspreis zum Investitionszeitpunkt mit 0,043 € festgesetzt. Im nächsten Schritt soll veranschaulicht werden wie eine Veränderung dieser beiden Parameter zum Investitionszeitpunkt das Ergebnis verändert, wenn weiterhin alle anderen bis jetzt getroffenen Annahmen wie z.B. das Fehlen von Transaktionskosten, die Preissteigerung von 3% für Baustoffe bzw. die Realverzinsung von 2%, konstant bleiben. Abb. 26 zeigt den internen Zinsfuß des Projekts Sonnwendgasse in Abhängigkeit der Bau- und Brennstoffkosten. Das Projekt ist durchzuführen, solange der interne Zinsfuß über der Realverzinsung (2%) liegt. Bei einer Steigerung der Baustoffkosten um ca. 100 % zum Zeitpunkt $t=0$, fällt der interne Zinsfuß unter den Wert der Realverzinsung und das Projekt würde nicht durchgeführt werden.

Allerdings hat bereits eine Senkung der Brennstoffkosten von 50 % zum Investitionszeitpunkt den gleichen Effekt auf die Wirtschaftlichkeit des Projekts. Das Projekt reagiert daher sensibler auf eine Variation der Brennstoff- als auf eine Variation der Baustoffkosten. Der heutige Brennstoffpreis wurde mit 0,043€/kWh im Vergleich zu anderen Studien zu diesem Thema vergleichsweise niedrig angesetzt. Würde man bei der Berechnung des Kapitalwerts von einem 50% höheren Preis, nämlich 0,064 €/kWh würde sich ein Kapitalwert von über 300.000 € erzielen lassen.

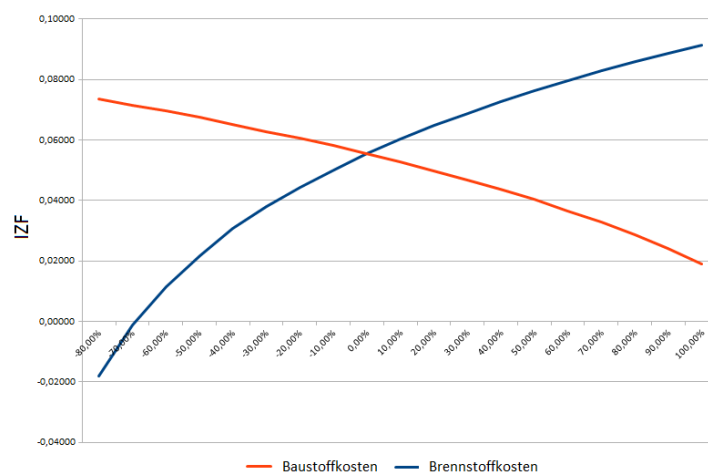


Abb. 26 Sensitivitätsanalyse 3 (Quelle: eigene Berechnungen)

Eine wesentliche Annahme war bis jetzt, dass heute der einzige Zeitpunkt ist um eine Investition zu tätigen. Ob eine Investition besser verschoben werden soll, hängt substantiell von den unterschiedlichen Preissteigerungen für Bau- und Brennstoffe ab. Steigen z.B. die Baustoffkosten 3% p.a. ergibt das nach 5 Jahren eine ca. 16% Steigerung des Ausgangswertes. Abb. 27 zeigt wie der Kapitalwert des Projekts auf eine solche Steigerung reagiert. Steigen die Brennstoffkosten bei gleich bleibenden Baustoffkosten um 16% und wird erst dann investiert, lässt sich ein Kapitalwert von 207000 € (statt 173500 €) erzielen.

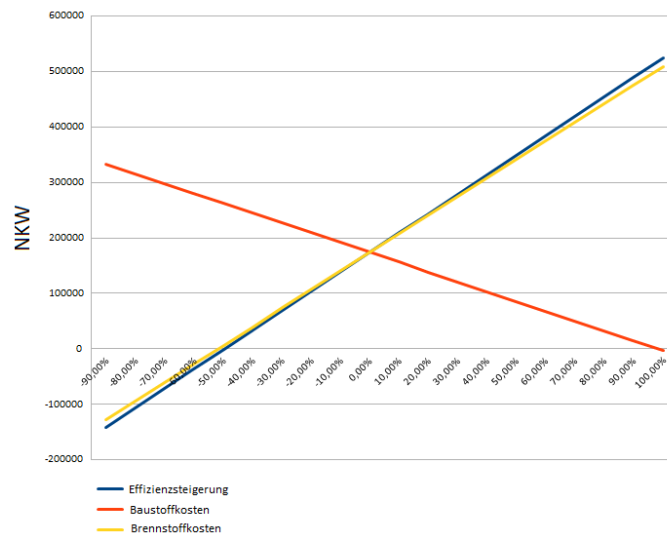


Abb. 27 Sensitivitätsanalyse Bau-Brennstoffkosten und Effizienzsteigerung (Quelle: eigene Berechnungen)

In den meisten Fällen werden aber sowohl Bau- als auch Brennstoffkosten mit der Zeit ansteigen. Um insofern eine klare Aussage über einen späteren Investitionszeitpunkt machen zu können wären Informationen wie die Nutzenfunktion des Investors, die Preiselastizität sowie Wahrscheinlichkeiten für die unterschiedlichen Eintrittsszenarien von Nöten. In der weiteren Realoptionsanalyse wird versucht, auch ohne diese Informationen eine Aussage bzgl. des optimalen Investitionszeitpunkts treffen zu können.

5.2.3 Der Optionswert der Investition¹²⁹

Besteht Unsicherheit bei der Festlegung zukünftiger Preise, können Investoren bezüglich ihrer Handlungsmöglichkeiten sogenannte Optionspreismodelle zur Bewertung von Vermögensgegenständen (z.B. Aktien) heranziehen. „Die Optionspreistheorie kann aber auch auf reale Investitionsprojekte umgelegt werden.“¹³⁰ Bei großen Investitionen, wie im Fall einer thermischen Sanierung, treten generell irreversible Kosten (sunk costs) auf, d.h. diese Kosten lassen sich durch Abbruch des Projekts nicht zurückgewinnen. Darüber hinaus erhöht sich die Unsicherheit bezüglich rückfließender Einzahlungsüberschüsse über den Betrachtungszeitraum. Hinsichtlich dieser Tatsachen versucht der Real Options Approach to Invest, das Recht ein Investitionsprojekt durchzuführen mit der Kaufoption auf eine Aktie zu vergleichen. Die Theorie geht auf BLACK und SCHOLES (1971) zurück.

¹²⁹ Soweit nicht anders angegeben, beziehe ich mich in diesem Abschnitt auf Hundt 2006/Odening 2000

¹³⁰ Hundt 2006, S. 3

Klassische Bewertungsverfahren wie die Kapitalwertmethode gehen davon aus, dass heute der einzige Zeitpunkt ist um zu investieren. „Die qualitative Kernaussage der Realloptionstheorie lautet: Besteht Unsicherheit bezüglich der Rückflüsse einer Investition und ist die Möglichkeit gegeben, die Investition zeitlich zu verschieben, so kann es im Sinne einer Gewinnmaximierung vorteilhaft sein, zu warten, anstatt sofort zu investieren, auch wenn der (erwartete) Kapitalwert zum Planungszeitpunkt positiv ist.“¹³¹ Verschiebt man die Investition, sind zusätzliche Kosten die aufgrund der Diskontierung zukünftiger Einzahlungsüberschüsse entstehen, nicht zu vermeiden. Andererseits hat das Warten den positiven Effekt, dass Informationen gewonnen werden können die z.B. dazu führen das Projekt abubrechen. Besteht also weiterhin das Recht die Investition zu tätigen, kann ein späterer Investitionszeitpunkt optimal sein.¹³²

Eine wesentliche Annahme ist, dass Investoren über ein breitgefächertes (fiktives) Portfolio verfügen. Darüber hinaus wird im Sinne der Realloptionstheorie ein vollständiger, arbitragefreier Markt vorausgesetzt.¹³³ Im Gegensatz zur Kapitalwertmethode ist das Projekt nicht bereits bei Überschreiten der Investitionskosten durchzuführen sondern erst wenn der „Optionswert“ (Zeitwert) erreicht wird¹³⁴. In Anbetracht dessen wird im weiteren Verlauf versucht den optimalen Zeitpunkt der Investition zu bestimmen.

5.2.3.1 Analytische Lösung¹³⁵

Um eine analytische Lösung für den Optionswert bzw. den optimalen Investitionszeitpunkt ermitteln zu können, müssen zwei wesentliche Annahmen getroffen werden: (1) Investitionskosten sind über den Betrachtungszeitraum konstant und (2) der Wert des Projekts V (Bruttokapitalwert) folgt einer „geometrischen Brownschen Bewegung“ mit Wachstumsrate α und Standardabweichung σ . Der Ausdruck dz bezeichnet einen Standard Wiener Prozess.

$$dV = \alpha V dt + \sigma V dz, \quad (1)$$

¹³¹ Odening 2000, S. 3

¹³² Dixit 1992, S 108

¹³³ McDonald et.al. 1986, S.3

¹³⁴ Odening 2000 S.4

¹³⁵ Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf Hundt 2006, S.3 f.f.

$$dz = \epsilon t \sqrt{dt} \quad (1a)$$

α = erwartete Wachstumsrate

σ = Standardabweichung

ϵt = normalverteilte Zufallsvariable (Erwartungswert von 0 und Standardabweichung von 1)

Der Investor hat das Recht eine Sachinvestition durchzuführen, ist dazu aber nicht verpflichtet. Die Investitionsmöglichkeit hat diesbezüglich die Eigenschaften einer äquivalenten „unbefristeten Kaufoption“. Der Investor hat die Möglichkeit die Durchführung des Projekts zu verschieben und zusätzliche Informationen zu sammeln.

„Den Investor interessiert eine Entscheidungsregel (kritischer Projektwert), die den Optionswert der Investition als Erwartungswert E des Kapitalwertes zum (unbekannten) zukünftigen Zeitpunkt T der Durchführung maximiert.“¹³⁶

$$F(V) = \max E[(V_t - I)e^{-\mu T}] \quad (2)$$

Veränderungen des Projektwerts werden durch ein Portfolio mit dem Preis x veranschaulicht. Bei konstanten Rückflüssen ergibt sich der Ertrag lediglich durch den Zuwachs an Kapital. X entwickelt sich dann gemäß

$$dx = \mu x dt + \sigma x dz \quad (3)$$

Das Maß für den „Renditeausfall“ τ ergibt sich durch die Differenz des risikoangepassten Kalkulationszinsfuß μ und der Wachstumsrate α (von V) und kann somit als Risikoprämie für den Besitzer der Realoption betrachtet werden. τ entsteht nicht durch Zuwachs an Kapital und kommt nur demjenigen zugute der das Investitionsprojekt realisiert. Es sind die „Opportunitätskosten“ die durch die Verzögerung des Projekts entstehen. Der risikoangepasste Kalkulationszinsfuß μ kann als das Maß des systematischen Risikos bezeichnet werden. Es ist die Rendite eines Portfolios, das über das gleiche systematische Risiko wie die Sachinvestition verfügt.

¹³⁶ Hundt 2006, S. 4

$$\tau = \mu - \alpha > 0 \quad (4)$$

Das Portfolio setzt sich aus riskanten und risikolosen Teilen zusammen. Der Ertrag des Investitionsprojekts muss bei gleichem Risiko dem Marktwert des Portfolios entsprechen. Der Ertrag des Portfolios mit dem Wert $(1+n)x$ € ergibt sich aus

$$rdt + n\mu xdt + n\sigma xdz. \quad (5)$$

Der Optionswert definiert sich als Funktion des stochastischen Projektwertes. Der Verlauf von $F(V)$ hängt sowohl vom Projektwert (1) als auch vom Zeitpunkt t ab und entspricht einem „Lemma-Ito-Prozess“. Für die Funktion $F(V, t)$ berechnet sich das *totale Differential* dF als¹³⁷

$$dF = \frac{dF}{dt}dt + \frac{dF}{dV}dV + \frac{1}{2} \frac{d^2F}{dV^2}(dV)^2 \quad (6)$$

Setzt man (1) in die Gleichung ein erhält man.¹³⁸

$$\frac{1}{2} + \sigma^2 V^2 \frac{d^2F}{dV^2} + (r - \delta)V \frac{dF}{dV} - rF = 0 \quad (7)$$

Der Wert der Option $F(V)$ muss die Differentialgleichung (7) erfüllen.¹³⁹ Die Lösung dieser Gleichung führt zu

$$F(V) = XV^\varepsilon \quad (8)$$

Die folgenden Rand- und Nebenbedingungen müssen erfüllt sein

$$F(0) = 0, \quad (9)$$

$$\left. \frac{dF}{dV} \right|_{V^*} = 1$$

¹³⁷ Hundt 2006, S. 6

¹³⁸ Odening 2000, S.7

¹³⁹ Odening 2000, S.7

$$F(V^*) = V^* - I \quad (10)$$

Die Gleichung (8) liegt folgenden Konstanten zu Grunde

$$X = \frac{(\varepsilon-1)^{\varepsilon-1}}{\varepsilon^\varepsilon I^{\varepsilon-1}} \quad (11)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} - \frac{r-\tau}{\sigma^2} + \sqrt{\left(\frac{r-\tau}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \quad (11a)$$

Setzt man (11) in (10) ein erhält man den „kritischen Projektwert“ (12). Es ist jener Wert bei dem die Ausführung des Sanierungsprojekts optimal ist.

$$V^* = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon-1)} I. \quad (12)$$

Im Gegensatz zur klassischen Regel der Kapitalwertmethode, wird nach dieser Entscheidungsregel (12) erst dann investiert wenn die Rückflüsse die Investitionskosten um einem Faktor grösser als 1 übersteigen.¹⁴⁰ Wären die Opportunitätskosten τ gleich 0 würde sich die Investition unendlich lange hinauszögern und der kritische Wert würde den Investitionskosten entsprechen (was dann zum gleichen Ergebnis wie die Kapitalwertmethode führen würde). Der optimale Investitionszeitpunkt lässt sich unter den getroffenen Annahmen unabhängig von der Risikoeinstellung festlegen.

5.2.3.2 Analytische Lösung: Fallstudie Sonnwendgasse¹⁴¹

Neben grundlegenden Unterstellungen wie, dem Bestehen vollständiger Märkte sowie allgemeiner Arbitragefreiheit müssen bzgl. der Wachstumsrate, der Standardabweichung sowie der risikoangepassten Verzinsung weitere Annahmen getroffen werden, da diese Faktoren nicht mit hundertprozentiger Genauigkeit ermittelt werden können. Die Standardabweichung σ wird mit 0,2, die Wachstumsrate mit 0,02 und die risikoangepasste Verzinsung mit 0,045 angenommen. Der risikolose Realzinssatz liegt weiterhin bei 2%.

Die Konstante ε (11a) berechnen sich wie folgt

¹⁴⁰ Odening 2000, S.8

¹⁴¹ Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf Hundt 2006

$$\varepsilon = \frac{1}{2} - \frac{0,02-0,025}{(0,2)^2} + \sqrt{\left(\frac{0,02-0,025}{(0,2)^2} - \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{2(0,02)}{(0,2)^2}}$$

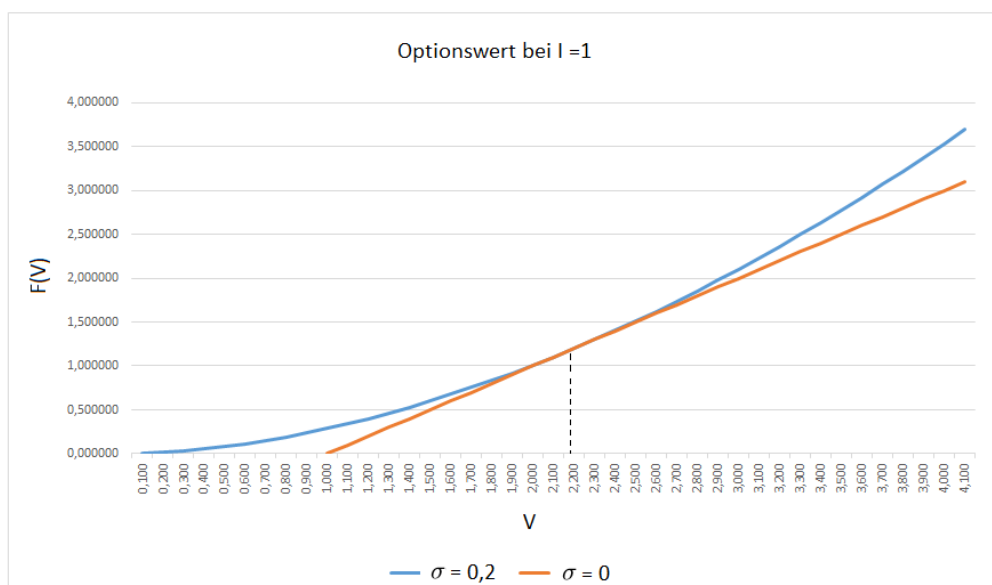
$$\varepsilon = 1,8042$$

Mit ε lässt sich der Kritische Projektwert V^* ermitteln. Es ist der Wert bei dem die Durchführung des Projekts optimal ist.

$$V^* = \frac{1,804}{1,804 - 1} I.$$

$$V^* = (2,243)I$$

Bei Investitionskosten von $I=1\text{€}$ würde erst bei einem Kapitalrückfluss von 2,243€ die Entscheidung getroffen werden das Projekt durchzuführen. Der dementsprechend zugehörige Optionswert würde $F(V^*) = (0,289)2,243^{1,804} = 1,24$ betragen. Abb. 28 zeigt den Zusammenhang von Kapital- und Optionswert bei einem Investment von $I=1$ und einer Standardabweichung σ von 0 (rot) bzw. 0,2 (blau). Der Projektwert V muss min. 2,243 mal den Wert der Investitionskosten betragen bevor bei einer Standardabweichung von 0,2 eine Durchführung des Projekts stattfindet. Der kritische Projektwert ist umso größer je höher die Standardabweichung ist.



Die für die Sanierung des Wohnblocks anfallenden Kosten liegen bei $I = 176755$ €. Der Projektwert zu $t=0$ beträgt $V_0 = 350575$; V_t folgt einem geometrischen Brownschen Prozess „mit α als jährlicher Wachstumsrate, σ als jährlicher Standardabweichung, Δt als Zeitintervall (z.B. 1/12 bei monatlichen Zeitinkrementen) und z_t als standardnormalverteilter Zufallsvariable. Es handelt sich um einen nichtstationären Markov-Prozess.“¹⁴²

$$V_t = V_{t-1} + \alpha V_{t-1} + \sigma z_t \sqrt{\Delta t} V_{t-1}$$

$$V_t = V_{t-1} + 0,02 * V_{t-1} + 0,2 * z_t * 1 * V_{t-1}$$

Der Projektwert muss mindestens den 2,243 fachen Wert der für die Sanierung anfallenden Kosten betragen (12). Das Projekt wird demnach durchgeführt sobald ein Wert von 396.461€ erreicht wird. Abzüglich der Investitionskosten ergibt das einen Nettokapitalwert von 219.706€. Dies entspricht genau dem Optionswert $F(V^*)$ der sich nach (10) berechnet.

$$V^* = (2,243)I$$

$$V^* = (176755)2,243 = 396.461$$

$$F(V^*) = 396.461 - 176755 = 219.706$$

Abb. 29 zeigt 3 mögliche Verlaufsszenarien für Kapital- und Optionswerte. Der kritische Objektwert von 219706 € wird im ersten Szenario nach bereits einem Jahr (blau), im zweiten Szenario (braun) nach ca. 7 Jahren und im dritten Szenario (grün) erst nach über 10 Jahren erreicht.

¹⁴² Odening 2000, S.14

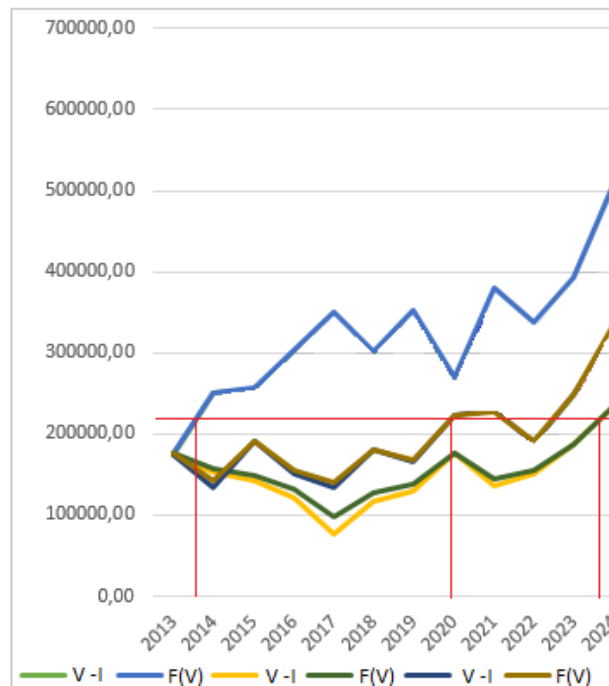


Abb. 29 möglicher Verlauf für Kapital- und Optionswert (Quelle: eigene Berechnungen)

5.3 Bestandssanierung bei aufrechten Mietverhältnissen

Auch bei vermieteten Objekten kann die Rentabilität einer thermischen Sanierung über einen Mehrertragsansatz bewertet werden. „Der Mehrertrag ergibt sich in diesem Fall aus den resultierenden Mieterhöhungen infolge der Modernisierung.“¹⁴³ Eine Bestandssanierung im Fall bestehender aufrechter Mietverhältnisse (Neuvermietungen werden in der weiteren Studie nicht berücksichtigt) wird daher in erster Linie durch die Regelungen des Mietrechtsgesetzes beeinflusst insofern der Eigentümer nicht selbst für die Heizkosten aufkommt. Geht man alternativ von einem nicht mehr langfristig vermietbaren Objekt mit erheblichen Erhaltungsaufwand aus bei dem es nach der Sanierung zu Neuvermietungen kommt (und ein freier Mietzins laut MRG zulässig ist), müssen zu Ermittlung der Rentabilität die Vollkosten herangezogen werden.¹⁴⁴

¹⁴³Hinz 2008, S.2

¹⁴⁴ Hinz 2008, S. 19

Mittels klassischer Verfahren zur Liegenschaftsbewertung kann festgestellt werden, um wie viel sich der Wert einer Immobilie durch ein Sanierungsprojekt erhöht, bzw. ob der Wert überhaupt gesteigert werden kann. Anstatt die konkreten durch die Sanierung erzielten Einsparungen bzw. die dementsprechende Mieterhöhung zu ermitteln wird eine Immobilie als Ganzes in Betracht genommen und deren allgemeine Wertsteigerung erfasst. Prinzipiell unterscheidet man zwischen Vergleichs-, Sach- und Ertragswertverfahren.¹⁴⁵ Die wirtschaftliche Analyse von Sanierungsprojekten mit Verfahren zur Liegenschaftsbewertung ist sehr aufwendig und in dieser Studie nicht weiter ausgeführt.

5.3.1 Das Investor-Nutzer Dilemma

Das Investor Nutzer Dilemma stellt ein in der Praxis häufig auftretendes Hemmnis für thermische Sanierungen dar. Vor allem im vermieteten Bestand, aber prinzipiell überall dort wo der Nutznießer der Energieeinsparung nicht selbst in das Sanierungsprojekt investiert, kann ein Mangel an Anreizen ein solches durchzuführen bestehen. Investoren/Eigentümer erhoffen sich in der Praxis durch eine hohe Anzahl an Neuverträgen Gewinne erzielen zu können, was sich in vielen Fällen nicht verwirklichen lässt.¹⁴⁶ Eine durch die Effizienzsteigerung eintretende Wertsteigerung der Immobilie scheitert neben strikten Regelungen des Wiener Mietrechtsgesetzes auch oft am mangelnden Informationsstand der Mieter. Wohnungsuchende können mit den neuerdings verpflichtend auszuweisenden Kennzahlen in der Regel nicht viel anfangen und orientieren sich am durchschnittlichen Qualitätsstandard.¹⁴⁷ „Marketingeffekte durch Label-Zertifizierungen“¹⁴⁸ sind mittelfristig schwer abzuschätzen. Langfristig ist davon auszugehen, dass ein gesteigertes Bewusstsein der Mieter bezüglich der Energieeffizienz auch neben den bestehenden Hemmnissen zu allgemeinen Wertsteigerungen von Objekten mit niedrigen Heizenergiebedarf führt.

¹⁴⁵ Amman 2013, S. 6

¹⁴⁶ Havel 2011, S.14

¹⁴⁷ http://www.energieforschung-zuerich.ch/fileadmin/berichte/Bericht_Anreize_und_Hemmnisse_FP-2.2.2.pdf 20.08.2014 12:20

¹⁴⁸ http://www.energieforschung-zuerich.ch/fileadmin/berichte/Bericht_Anreize_und_Hemmnisse_FP-2.2.2.pdf 20.08.2014 12:20

Bestehen bei einem Objekt, wie in der nachfolgenden Fallstudie, ausschließlich Altverträge so bestehen für den Eigentümer noch weniger Anreize Verbesserungsmaßnahmen durchzuführen, selbst wenn notwendige Erhaltungsmaßnahmen anstehen. Anreize können in erster Linie durch entsprechende mietrechtliche Anpassungen geschaffen werden. Vereinbarungen zwischen Eigentümer und Mieter sind eine weitere Möglichkeit das Nutzer/Investor-Dilemma zu beseitigen. Diese sind in der Praxis aufgrund des hohen Koordinationsbedarfs eine Ausnahme. Zielführender ist in der Regel ein Energy „Contract“ bei dem ein Dritter die Investitionskosten trägt (siehe Kapitel 5.4.5).

5.3.2 Moral Hazard

Beim selten auftretenden Fall für den vermieteten Bestand bei dem der Eigentümer/Vermieter die Heizkosten trägt während der Mieter einen pauschalen Betrag entrichtet, droht das Problem eines Moral Hazards. Bei der Bestimmung des, vom Mieter zu bezahlenden Betrags für Heizwärme wird man sich am Heizenergiebedarf orientieren insofern keine verbrauchsbezogenen Daten vorliegen. Der Vermieter kann das tatsächliche Nutzerverhalten erstmals nicht beobachten (zumindest bis zur ersten Heizkostenabrechnung), was für den Mieter einen Spielraum für opportunistisches Verhalten schafft (Hidden Action). Aufgrund dieser ex-post Informationsasymmetrie wird bei der Bestimmung der Kostengrundlage in der Regel ein zu niedriger Wert herangezogen. Auch der Rebound-effekt hat diesbezüglich eine negative Auswirkung für den Vermieter.

5.3.3 Das Mietrechtsgesetz in Wien

Ob der Eigentümer eines vermieteten Bestandsobjekts (bei dem die Mieter die Heizkosten tragen) ein Sanierungsprojekt durchführt, hängt stark von den rechtlichen Grundlagen beziehungsweise den gesetzlichen Mietzinsbildungsvorschriften ab. Insbesondere bei aufrechten Bestandsverhältnissen ist es für den Eigentümer von Gründerzeitgebäuden nur in Ausnahmefällen möglich, einen die Investitionskosten übersteigenden Betrag in Form einer Mieterhöhung geltend zu machen. „Bei den Bestimmungen des Mietrechtsgesetzes handelt es sich um relativ zwingendes Recht, was heißt, dass davon zu Ungunsten des Mieters nicht rechtswirksam abgewichen werden

kann. Auch wenn am Markt höhere als die gesetzlich zulässigen Mietzinse erzielt und von den Vertragspartnern vereinbart werden, ist der übersteigende Teil im Falle einer gerichtlichen Überprüfung, die vom Mieter innerhalb bestimmter Fristen begehrt werden kann, von einer Teilnichtigkeit bedroht und muss vom Mieter zurückbezahlt werden.“¹⁴⁹ Mietzinsbeschränkungen bei Gründerzeitgebäuden gelten sowohl für Alt- als auch für Neuverträge und sind im § 16 MRG geregelt.¹⁵⁰ Für die weitere Analyse wird vereinfachend die Annahme unterstellt, dass keine Neuverträge und Lehrstände existieren.

	Frei finanzierte Sanierung, Erhaltungsförderung, Thewosan
Aufrechte Mietverhältnisse	Mietzinsanhebung infolge Sanierung ausschließlich über ■ §-18-Erhöhung oder ■ freiwillige (schriftliche) Vereinbarung (§ 16 Abs 1 Z 5 oder § 16 Abs 10 MRG)
Mietzins bei Neuverträgen	Jeweils gesetzlich zulässiger Mietzins: ■ Richtwert ■ Angemessener Mietzins ■ Freier Mietzins

Abb. 30 Mietzinsvorschriften (Quelle: Havel 2011)

Der Eigentümer hat grundsätzlich die Möglichkeit eine Vereinbarung mit den Mietern zu treffen (§16 Abs. 10 bzw. § 16 ABS. 1 Z 5 MRG), was sich in der Praxis jedoch meistens als problematisch erweist. Beim Objekt Stüwerstraße handelt es sich um einen Wohnblock bestehend aus 11 miteinander verbundenen Gründerzeitgebäuden und einem Gebäude aus den 1960er Jahren. In diesem Fall wird es bereits aufgrund der hohen Anzahl an Eigentümern schwer, eine einheitliche Entscheidung für eine Blocksanierung zu erreichen.

Die andere Möglichkeit besteht für den Eigentümer darin, eine Mietzinserhöhung in Form eines §18 MRG Verfahrens durchzusetzen. Die

¹⁴⁹Havel 2011, S.8

¹⁵⁰ Havel 2011, S.8

Voraussetzungen für ein solches Verfahren sind kompliziert gestaltet und unterscheiden prinzipiell zwischen Erhaltungs- und Verbesserungsmaßnahmen. Erhaltungsmaßnahmen können laut §3 Abs.2 Z 1 MRG problemlos auf den Mietzins übergewälzt werden, insofern das Bauteil ohnehin sanierungsbedürftig ist (diese Annahme gilt in den weiteren Fallstudien für alle Außenwände). Thermische Verbesserungsmaßnahmen können nach §18 ebenfalls übergewälzt werden, falls diese im Sinne des „dynamischen Erhaltungsprinzips“ als Erhaltungsmaßnahmen klassifiziert werden können. Für eine sanierungsbedürftige Außenwand lassen sich die Kosten der Anbringung einer „zeitgemäßen“ Wärmedämmung problemlos überwälzen, wenn diese dem „ortsüblichen Standard“ entspricht. Die Maßnahme entspricht dann dem dynamischen Erhaltungsprinzip im Sinne des MRG. Das Vorhandensein eines Schadens ist eine Grundvoraussetzung, damit § 3 Abs.2 Z 1 MRG zur Anwendung gelangen kann.¹⁵¹ §3 Abs. 2 Z 5 MRG besagt, dass

„Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs auch dann als Erhaltungsarbeiten im Sinne des MRG zu bewerten und somit entsprechend der Bestimmung des § 18 überwälzbar sind, wenn und insoweit die hier erforderlichen Kosten in einem wirtschaftlich vernünftigen Verhältnis zum allgemeinen Erhaltungszustand des Hauses und den zu erwarteten Einsparungen stehen.“¹⁵²

Demnach sind Erhaltungs- und Verbesserungsarbeiten nach dem MRG gleichgesetzt, wenn sich die Maßnahme innerhalb der Bestandsdauer des Bauteils amortisiert (das MRG geht von einer Bestandsdauer von 20 Jahren aus). Allerdings sind auch die Regelungen des § 18b MRG verpflichtend. Dieser Paragraph legt fest, dass die Kosten für Erhaltungs- und Verbesserungsarbeiten nach Abzug der Förderung nicht die Kosten für reine Erhaltungsmaßnahmen ohne Förderung übersteigen dürfen. Dem Mieter darf durch die Sanierung kein finanzieller Nachteil gegenüber der reinen (nicht geförderten) Instandsetzung entstehen. § 18b gilt nur für thermische

¹⁵¹ Havel 2011, S. 10, 11

¹⁵² Fond für Wohnbau und Stadterneuerung 2011

Wohnhaussanierungen und ist nur anzuwenden wenn das Projekt durch eine Wohnbauförderung (gemäß WWFSG 1989) teil finanziert wird¹⁵³.

5.3.4 Kosten und Nutzen: Fallbeispiel Gründerzeitblock

Die weiteren Wirtschaftlichkeitsanalysen beziehen sich auf das Projekt „Gründerzeitblock Stüwerstraße (Kapitel 3.2.1.1)“. Der Wohnblock besteht ausschließlich aus vermieteten Objekten und die Mieterschaft ist Träger der Heizkosten. Da das Investor/Nutzer Dilemma in vollem Ausmaß zu tragen kommt, basiert die weitere Analyse in erster Linie auf den Regelungen des Mietrechtsgesetzes.

5.3.4.1 Investitionskosten und Energiepreise

Die für die weitere Wirtschaftlichkeitsanalyse herangezogenen Kosten werden wie in den anderen Fallstudien nach dem Kopplungsprinzip ermittelt. Es sind demnach jene Kosten separat zu betrachten, die zur Verbesserung der thermischen Qualität beitragen; primär sind das die Kosten für Baustoffe und deren Anbringung. Die vollen Investitionskosten für die im Kapitel 4.4.2 angeführten Sanierungsmaßnahmen belaufen sich für den gesamten Block auf 1.525.245 € bzw. 73 € pro m² BGF. Die um die Kosten für reine Instandhaltungsmaßnahmen reduzierten Investitionskosten betragen 1.183.235 € bzw. 55,8 € pro m² BGF.

Bauteil	Art der Dämmung	Dämmstärke	Vollkosten	Kosten für Energieeinsparung	Ohnehin-Kosten
Außenwand	Wärmedämmverbundsystem	14 cm	96,02€ p. m ²	73,02€ p. m ²	23€ p. m ²
Kellerdecke	Wärmedämmung von unten	10 cm	26,19€ p. m ²	26,19€ p. m ²	/
Obere Geschoßdecke	Wärmedämmung von oben	10 cm	31,05€ p. m ²	31,05€ p. m ²	/
Obere Geschoßdecke	Wärmedämmung von oben	16 cm	35,19€ p. m ²	35,19€ p. m ²	/
Dachfläche	Zwischen- und Untersparrend.	10 cm	100,05€ p. m ²	77,05€ p. m ²	23€ p. m ²
Dachfläche	Zwischen- und Untersparrend.	18 cm	105,57€ p. m ²	82,57€ p. m ²	23€ p. m ²

Abb. 31 Investitionskosten (Quelle: Baustoffpreisverzeichnis Gebäudeprofi 2012)

Abb. 31 fasst die durchzuführenden Maßnahmen und die jeweiligen Voll- und Ohnehin-kosten zusammen. Der Großteil der Kosten wird durch die Dämmung der Außenwandflächen verursacht. Die Vollkosten für die Sanierung sämtlicher Außenwände betragen alleine 992220 €, wobei 763945 € für Dämmmaterialien und deren Anbringung anfällt. Die maximale Förderung für das

¹⁵³Fond für Wohnbau und Stadterneuerung 2011

Sanierungsprojekt beträgt 508.173 €. Abzüglich dieses Betrags bleiben dem Eigentümer Investitionskosten in der Höhe von 1.017.072 € bzw. 48,03 € pro m² BGF. Wie in den anderen Fallstudien wird wieder die Annahme getroffen, dass keine laufenden Kosten für Instandhaltung, Wartung und Betrieb anfallen.

Als Energieträger kommt ausschließlich Erdgas zur Anwendung; die einzelnen Wohnobjekte werden mittels Kombitherme ohne Kleinspeicher im typischen Betrieb beheizt. Die Warmwasserbereitung erfolgt zentral über das Heizsystem. Der heutige Preis für Erdgas wird mit 0,043 € pro kWh festgesetzt. Die Preissteigerung wird wie in den anderen Fallstudien mit 3% pro Jahr festgelegt.

5.3.4.2 Mehrertragsansatz

Eine Mehrertragsrechnung, bei der die eingesparten Energiekosten den Investitionskosten gegenübergestellt werden (wie im Fall der selbstgenutzten Immobilie), kann aufgrund des Investor-Nutzer-Dilemmas für den fremd genutzten Bestand nicht angewandt werden. Wie bereits in Kapitel 5.3 beschrieben, kann der Eigentümer und Investor (neben einer freiwilligen Vereinbarung) nur über eine Erhöhung des Mietzinses einen Mehrertrag erzielen, da ihm die Einsparungen an Energie nicht direkt zu Gute kommen. Um eine genaue Aussage darüber treffen zu können, welche Kosten sich auf den Mietzins umwälzen lassen, müssen zuerst die Kosten für Maßnahmen, die sich nicht als Erhaltungsarbeiten klassifizieren lassen, ermittelt werden. Dies sind in erster Linie die Kosten zur Dämmung der Kellerdecken und oberen Geschossdecken, da die Dämmung der Außenwände im Sinne des dynamischen Erhaltungsprinzips als Erhaltungsmaßnahme eingestuft werden kann. Kellerdecken und obere Geschossdecken sind in der Regel über die Nutzungsdauer eines Gebäudes nicht sanierungsbedürftig, deshalb werden für diese Bauteile die Vollkosten herangezogen.

Bei der Dämmung der Dachflächen werden nur die energetischen Mehrkosten erfasst, da angenommen wird, dass die Dämmung der Dachflächen *nicht* dem dynamischen Erhaltungsprinzip entspricht und somit als Verbesserungsmaßnahme im Sinne des MRG zu klassifizieren ist. Diese Kosten für nützliche Verbesserungen können im Sinne des § 18b MRG auf den

Mietzins übergewälzt werden, wenn „...das gesamte Sanierungsvorhaben gefördert wird und damit die Durchführung bloßer Erhaltungsarbeiten dem Mieter nicht teurer käme als die gleichzeitige Durchführung von Erhaltungs- und Verbesserungsmaßnahmen mit Förderung.“¹⁵⁴ Die Kosten für die bloßen Erhaltungsmaßnahmen ohne Förderung betragen 1173428,61 €. Es ist der maximal überwälzbare Betrag und berechnet sich durch die Differenz aus Gesamtkosten und Vollkosten für die Dämmung von Kellerdecken, oberer Geschossdecken sowie der Mehrkosten für die Dämmung der Dachflächen. Der Investor muss es daher schaffen, sämtliche über diesen Betrag hinausgehenden Kosten über die Förderung abzudecken.

Abb. 32 fasst die Kosten zusammen:

Gesamtkosten	1 525 245 €
abzgl. Förderungsbetrag	1 017 072 €
Mehrkosten nur für Energieeinsparung	1 183 235 €
abzgl. Förderbetrag	675 062 €
Vollkosten KD, OD; Mehrkosten DF ¹⁵⁵	351 816,40 €
max. überwälzbare Kosten	1 173 428,60 €

Abb. 32 Investitionskosten (Quelle: Baustoffpreisverzeichnis Gebäudeprofi 2012 und eigene Berechnungen)

Die Voraussetzung des §18b MRG ist für diesen Fall erfüllt, da die um die Förderung reduzierten Gesamtkosten mit 1017072 € unterhalb des max. überwälzbaren Betrags in der Höhe von 1173428,6 € liegen. Die Investitionskosten können daher zur Gänze auf den Mietzins umgewälzt werden, insofern die Voraussetzung des § 3 Abs. 2 Z5 MRG ebenfalls erfüllt wird. Dies ist der Fall, wenn sich sämtliche um die Förderung reduzierten Mehrkosten innerhalb eines Zeitraums von 20 Jahren amortisieren (das MRG geht von einer durchschnittlichen Bestandsdauer der Maßnahmen von 20 Jahren aus). Hierfür wird die statische Amortisationszeit mit einem Gesamtwirkungsgrad der Anlage von 70% berechnet.¹⁵⁶

¹⁵⁴Havel 2011, S.10

¹⁵⁵KD=Kellerdecken; OD=Obere Geschosßdecken; DF=Dachflächen

¹⁵⁶Fond für Wohnbau und Stadterneuerung 2011

$$AZ = MK_e - \text{Förderung} / \frac{BGF_{m^2} * (HWB_{alt} - HWB_{neu})}{Gwg} * p_{heute}$$

Die statische Amortisationszeit ergibt sich durch Angabe der energiebedingten Mehrkosten abzgl. der Förderung ($MK_e - \text{Förderung}$), der Bruttogrundfläche in m^2 (BGF), dem alten und neuen Heizwärmebedarf (HWB) sowie dem Gesamtwirkungsgrad (Gwg) und dem heutigen Preis für Erdgas (p_{heute}).

$$AZ = 675062 / \frac{21173,9 * (102,6 - 35,4)}{0,7} * 0,043 = 7,72$$

Die Investition ist im Sinne des MRG wirtschaftlich, da die Mieter gegenüber einer reinen Instandsetzungsmaßnahme nicht schlechter gestellt werden und die Kapitalrückflussdauer von 7,72 Jahren deutlich unter der durchschnittlichen Bestandsdauer liegt. Die Kosten können in vollen Ausmaß auf den Mietzins übergewälzt werden. Über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren würde die jährliche „break even“ Mietzinsanhebung 41280 € ausmachen, was einem monatlichen Betrag von 3440 € bzw. 0,162 € pro m^2 Nutzfläche entspricht. Zu Vereinfachungszwecken wurde die Annahme getroffen, dass im gesamten Wohnblock über den Betrachtungszeitraum keine Lehrstände bzw. Neuverträge existieren.

In Wien sind ca. 50 Prozent der Mietverträge befristet, wobei die durchschnittliche Befristungsdauer 4,85 Jahre beträgt.¹⁵⁷ Die Annahme nicht existierender Lehrstände und Neuverträge ist in Anbetracht dieser Tatsache nur begrenzt zulässig, allerdings kommt laut §16 MRG auch bei Neuvermietungen in der Regel der Richtwert- bzw. angemessene Mietzins und nicht der freie Mietzins zur Anwendung.¹⁵⁸ Trotzdem sind Eigentümer die eine Wertsteigerungsstrategie verfolgen, daran interessiert die hohen Kosten der Sanierung durch eine hohe Anzahl von Neuverträgen zu kompensieren. Der optimale Zeitpunkt ein Projekt durchzuführen ist daher in erster Linie von den jeweiligen Mietverträgen (Kündigungsfristen) abhängig.

¹⁵⁷ Kammer für A&A 2010, S.13

¹⁵⁸ Havel 2011, S.9

Ob eine Maßnahme als Erhaltungsmaßnahme zu klassifizieren ist, hängt vom „ortsüblichen Standard“¹⁵⁹ ab. Eine über den Standard hinausgehende Dämmung einer Außenfassade wird sich daher umso weniger als Erhaltungsmaßnahme einstufen lassen, was den Teil der Kosten erhöht der durch die Förderung abgedeckt werden muss (die allerdings im Fall einer höheren Dämmstärke ebenfalls höher ausfällt) erhöht. Die Maßnahmen die auf jeden Fall als Verbesserungsmaßnahmen im Sinne des MRG einzustufen sind (Dämmung der Kellerdecken und oberen Geschoßdecken) müssen definitiv durch die Förderung gedeckt sein. Damit besteht zwar prinzipiell für Eigentümer ein Anreiz thermische Sanierungen durchzuführen, allerdings bevorzugt im ortsüblichen Standard. Anreize für Sanierungen auf Niedrigenergie- bzw. Passivhausniveau werden dadurch stark minimiert.

Um einen Anreiz für qualitativ hochwertige Sanierungen zu schaffen, müsste die tatsächlich eingesparte Energie und nicht nur die Höhe der Investitionskosten der bestimmende Faktor für die Mietzinsbildung sein. Das Problem mit qualitativ minderwertigen Dämmungen ist der langfristig auftretende „Lock in-Effekt“ der einen wiederkehrenden Aufwand zur Folge hat. Bei Objekten die vom Eigentümer genützt werden wird eine Sanierungsentscheidung in der Regel schneller getroffen als im vermieteten Bestand. Darüber hinaus wird in diesen Fällen i.d.R. eine qualitativ hochwertigere Sanierung durchgeführt.¹⁶⁰

5.3.4.3 Mieter: Nutzen bei „break even“ Mietzinsanhebung

Im Fall einer break-even Mieterhöhung werden die annuitätischen Investitionskosten auf den Mietzins umgewälzt. Demgegenüber stehen die langfristigen Einsparungen an Heizenergie die sich durch die Steigerung der Effizienz erzielen lassen. Auch der Nutzen der Mieter lässt sich über einen Mehrertragsansatz bestimmen. Hier werden die zukünftigen Energieeinsparungen (der Betrachtungszeitraum ist wie zuvor mit 20 Jahren festgelegt) der konkreten Mieterhöhung gegenübergestellt. Die Realverzinsung beträgt wieder 2 % und die Preissteigerung für Brennstoffe wird mit 3% p.a. angenommen. Auch der heutige bzw. der mittlere zukünftige Energiepreis haben sich nicht verändert und betragen 0,043 € bzw. 0,0567 €.

¹⁵⁹ §3 Abs.2 Z 1 MRG

¹⁶⁰ http://www.energieforschung-zuerich.ch/fileadmin/berichte/Bericht_Anreize_und_Hemmnisse_FP-2.2.2.pdf 20.08.2014

Annuitätenmethode

Mittels der Annuitätenmethode lassen sich die durchschnittlichen, über den Betrachtungszeitraum anfallenden Kapital- sowie Brennstoffkosten für das sanierte Objekt ermitteln (vgl. Kapitel 5.3.1.6). Vergleicht man diese mit den annuitätischen Kosten im unsanierten Zustand, lässt sich daraus eine durchschnittliche jährliche Einsparung über den Betrachtungszeitraum ableiten.

Kapitalkosten ann.	41280,0413
Brennstoffkosten neu	112732,5962
summe	154012,6375
ann. Brennstoffkosten alt	191969,5648
mitt. Einsparung	37956,92728

Abb. 33 annuitätische Kosten (Quelle: eigene Berechnungen)

Die mittlere Einsparung bei einer break-even Mietzinsanhebung ergibt einen Wert von 37956,9 € pro Jahr über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren. Die Einsparung pro m² der Bruttogrundfläche beträgt 1,8 € pro Jahr.

5.3.4.4 Beispiel Energy-Contracting

Eine Möglichkeit das Investor-Nutzer-Dilemma zu reduzieren bietet das sogenannte Energy-Contracting. „Energy-Contracting ist die Bezeichnung für ein vertraglich vereinbartes Modell zur Drittfinanzierung von Energiesparmaßnahmen und -management. Ohne das Budget von Immobilieneigentümern zusätzlich zu belasten, ermöglicht es Energie- und Kosteneinsparungen sowie die Erhaltung, Verbesserung oder Erneuerung von Anlagen und Gebäuden“¹⁶¹. Planung und Investition werden vom sogenannten Contractor vor- und durch die Energieeinsparungen refinanziert.¹⁶²

Verträge werden in der Regel über einen Zeitraum von 8 bis 20 Jahren abgeschlossen. Innerhalb dieses Zeitraums müssen sich die Investitionen für den Contractor amortisieren. „Um die Einsparungen, die durch die Maßnahmen

¹⁶¹ <https://www.wko.at/Content.Node/Service/Umwelt-und-Energie/Energie-und-Klima/Klimaschutz/Energie-Contracting.html>, 06.08 2014 18:50

¹⁶² <https://www.wko.at/Content.Node/Service/Umwelt-und-Energie/Energie-und-Klima/Klimaschutz/Energie-Contracting.html>, 06.08 2014 18:50

des Contractors herbeigeführt werden, messen zu können, wird ein durchschnittlicher Verbrauchswert aus einem längeren Zeitraum ermittelt, der im Vertrag festgelegt wird. Diese sogenannte Baseline dient während der Vertragslaufzeit als Grundlage für die Ermittlung der tatsächlich erzielten Einsparung und damit der Höhe der Contracting-Rate.“¹⁶³. In diesem Zusammenhang kann eine hohe Anzahl an Eigentümern in der Praxis ein Hindernis darstellen da es in solchen Fällen umständlich ist, sich vertraglich zu einigen. Verhältnismäßig schwieriger wäre es im konkreten Fall eine Vereinbarung mit den Mietern zu treffen denen die Energieeinsparungen schließlich zu Gute kommen. Preiskalkulationen von Seiten des Contractors müssen verständlich kommuniziert werden, da die berechnete Baseline für die langfristige Preiskalkulation des Contractors von vielen Mietern als vermeintliches Risiko empfunden wird.¹⁶⁴ Wichtig sind Verbrauchsdaten da bei einer bedarfsbezogenen Baseline ein Problem im Zusammenhang mit asymmetrischer Information (vor Abschluss des Vertrags) auftreten kann. Der Contractor kennt die wahren Präferenzen der Mieter (Hidden Information) bzgl. ihres Nutzerverhaltens vorerst nicht. Aufgrund dieser Informationsasymmetrie wird bei der Bestimmung der Kostengrundlage i.d.R. ein zu niedriger Wert herangezogen bzw. werden eher diejenigen einen Vertrag abschließen, die zu einem Verbrauch tendieren welcher oberhalb der bedarfsbezogenen Baseline liegt.

Trotz dieser vermeintlichen Verzerrung verwenden die weiteren Berechnungen den ermittelten Heizwärmebedarf als Grundlage, um die eingesparten kWh zu ermitteln. Mittels der Kapitalwertmethode (1) lässt sich der heutige Wert, der über eine Vertragszeit von 20 Jahren erzielten Erträge, berechnen.

$$BKW = \frac{\sum_{t=1}^n BGF_{m^2} * (HEB_{alt} - HEB_{neu}) p_t}{\sum_{t=1}^n (1+r)^t} \quad (1)$$

Die Bruttogrundfläche des Wohnblocks beträgt 21173,9 m², die Differenz aus alten und neuen Heizenergiebedarf liegt bei 66 kWh/m²*a. Multiplikation mit dem periodenspezifischen Gaspreis sowie abzinsen mit der Realverzinsung

¹⁶³ <http://www.contracting-portal.at/show.php?nid=0&mid=76> 17.07.2014 16:30

¹⁶⁴ <http://www.wiwi.uni-jena.de/papers/wp-jbe201004.pdf> 05.08.2014 12:30

ergibt den Bruttokapitalwert. Durch Subtraktion der Investitionskosten berechnet sich der Kapitalwert des Sanierungsprojekts.

$$KW = -I_0 + BKW$$

$$KW = -675062 + 1294738,5 = 619676,5$$

Für den Contractor ließe sich ein Kapitalwert in der Höhe von 619676,5 € erzielen.

5.3.5 Genossenschaftswohnungen: Fallbeispiel Tamariskengasse

Bei gemeinnützigen Baugesellschaften wird eine Werterhaltungsstrategie (Kapitel 4.1) verfolgt. „Dabei ist die finanzielle Wertsteigerung der Prozessoptimierung und damit dem erhöhten Nutzen der Mieter untergeordnet.“¹⁶⁵

Die Anzahl der durch Gemeinnützige errichteten bzw. verwalteten Wohnungen ist in den letzten 30 Jahren stark angestiegen und beträgt in Wien ca. 25 Prozent. Thermische Sanierungsprojekte bei gemeinnützigen Objekten haben in den letzten Jahren einen leichten Rückgang zu verzeichnen. Trotzdem liegt die Sanierungsrate im gemeinnützigen Bereich österreichweit zurzeit bei ca. 5 Prozent. Damit liegt diese in jenem Bereich höher als bei allen anderen Eigentümern, Bauträgern und Vermietern. In Wien werden zurzeit etwa 160000 Wohnungen durch gemeinnützige Vereinigungen vermietet¹⁶⁶.

Mietrechtliche Grundlagen wie z.B. die Bildung des Mietzinses, werden durch das Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz (WGG) geregelt. Auch die maximal auf den Mietzins überwälzbaren Kosten im Fall einer Sanierung sind im WGG geregelt.

5.3.5.1 Das Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz (WGG)

Für die Wohnanlage Tamariskengasse wird die Annahme unterstellt, dass sie ausschließlich aus Wohnungen, bei denen ein „Miet- oder Nutzungsverhältnis mit einer Gemeinnützigen Bauvereinigung (GBV)“¹⁶⁷ vorliegt, besteht. Bei

¹⁶⁵ http://www.energieforschung-zuerich.ch/fileadmin/berichte/Bericht_Anreize_und_Hemmnisse_FP-2.2.2.pdf 20.08.2014

¹⁶⁶ <http://www.gbv.at/Page/View/4189> 06.08.2014 13:05

¹⁶⁷ <http://www.gbv.at/Page/View/4189> 06.08.2014 13:05

Genossenschaftswohnungen gelten für die Festlegung des Mietzinses andere Regelungen als beim sonstigen vermieteten Bestand in Wien (Werden Objekte nur gemeinnützig verwaltet, gelten die Regelungen des WGG ebenfalls nicht. In diesem Fall ist das MRG anzuwenden). In der Regel wird zu Beginn des Mietverhältnisses (bei Erstbezug) ein sogenannter Finanzierungsbeitrag eingehoben. Dabei leisten die zukünftigen Mieter einen Anteil zur Finanzierung der Grund- und Baukosten. Die tatsächliche Miete ist daher von der Höhe des geleisteten Finanzierungsbeitrags abhängig. „Die vor oder zu Beginn des Miet- oder Nutzungsverhältnisses geleisteten Finanzierungsbeiträge sind bei der Berechnung der monatlichen Miete betragsmindernd zu berücksichtigen“¹⁶⁸

Bestimmung des Mietzinses¹⁶⁹

Laut WGG darf der Mietzins das „kostendeckende Entgelt“ nicht übersteigen. „Das bedeutet, dass der Mietzins nicht höher, aber auch nicht niedriger sein darf, als es zur Deckung der Herstellungskosten der Wohnhausanlage, der laufenden Bewirtschaftungsaufwendungen und zur Bildung einer Rücklage erforderlich ist.“¹⁷⁰ Die Höhe dieses kostenneutralen Betrags kann sich daher über die Dauer des Mietverhältnisses verändern. Die GBV kann laut § 14d Abs.2 WGG¹⁷¹ den Mietzins den Erhaltungs- und Verbesserungskosten anpassen. Ein eingehobener Beitrag muss innerhalb von 10 Jahren zweckmäßig verwendet werden sonst ist er gegebenenfalls zurückzuzahlen. Die Höhe des Beitrags bestimmt sich durch das Alter des Gebäudes. Die GBV darf bereits zu Beginn des Mietverhältnisses einen Basisbetrag in der Höhe von 0,43€/m² verlangen. Liegt das Datum des Erstbezugs mindestens 10 (20) Jahre zurück, darf der maximaler Betrag für Erhaltungs- und Verbesserungsmaßnahmen 1,14€/m² (1,71€/m²) betragen.¹⁷²

¹⁶⁸ <http://www.gbv.at/Page/View/4189> 06.08.2014 13:05

¹⁶⁹ Die weiteren Ausführungen beziehen sich hauptsächlich auf http://media.arbeiterkammer.at/wien/PDF/Publikationen/Wohnrecht_fuer_Genossenschaft_2013.pdf 04.09.2014

¹⁷⁰ http://media.arbeiterkammer.at/wien/PDF/Publikationen/Wohnrecht_fuer_Genossenschaft_2013.pdf 04.09.2014

¹⁷¹ http://www.jusline.at/Wohnungsgemeinnuetzigkeitsgesetz_%28WGG%29.html 03.08.2014

16:45

¹⁷² <http://www.gbv.at/Document/View/4240> 06.08.2014 09:30

EVb WGG §14 d Abs. 2 pro m ² und Monat	WGG i.d.F. BGBl. I 71/2002 (Wohnungseigentums- begleitgesetz)	Selbstberechnung Verband (keine Kundmachung vorgesehen)					WGG § 14(d) Abs. 2: Verweis auf MRG § 16 Abs. 6 i.d.F. BGBl. I Nr. 98/2001: Anpassung erfolgt nach "5%-Klausel": Berechnung diese bei MRG-Kategorienbeträgen
	ab 01.01.2002 Euro	ab 1.6./7. 2004 Euro	ab 1.9./10. 2006 Euro	ab 1.9./10.2008 Euro	ab 1.8./9.2011 Euro	ab 1.4./5.2014 Euro	
Grundstufe	0,33	0,35	0,36	0,39	0,41	0,43	Mit Dezember 2013 (VPI 2000 132,2) wurde die 5-Prozent-Schwelle überschritten. Die Anpassung der Beträge erfolgt mit 1.4/1.5.2014.
Bezug mind. 10 Jahre	0,88	0,92	0,97	1,03	1,08	1,14	
Bezug mind. 20 Jahre	1,32	1,39	1,46	1,54	1,62	1,71	

Abb. 33 Mietzinserhöhung WGG (Quelle¹⁷³)

„Eine über die Höchstgrenzen des WGG hinausgehende Mietzinserhöhung ist gesetzeswidrig und kann, ebenso wie eine Erhöhung ohne vorausgehender schriftlicher Benachrichtigung, gerichtlich angefochten werden.“¹⁷⁴

5.3.5.2 Kosten und Nutzen

Die Vollkosten für die Sanierung der gesamten Wohnanlage (die Maßnahmen sind in Kapitel 4.4.3 angeführt) betragen 2190290 €. Die energierelevanten Mehrkosten betragen 1657610 €. Da für die drei unterschiedlichen Baustrukturen (1-,2-, und 3-stöckig) nicht die gleichen Förderungsvoraussetzungen gelten, müssen die Kosten getrennt voneinander betrachtet werden.

	3- 1-Stöckig 2-Stöckig Stöckig			Summe
Gesamtkosten	681030	954270	554990	2190290
Mehrkosten	517960	720590	419060	1657610

Abb. 34 Gesamt-und Mehrkosten (Quelle: Eigene Berechnungen)

Förderungen

Um eine Förderung für eine umfassende THEWOSAN einholen zu können, müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein (siehe Kapitel 4.5). Erstens muss der Heizwärmebedarf um mindestens 20 kWh/m²a gesenkt werden. Darüber hinaus muss §5 (4) VO lit. a erfüllt sein, wonach der Heizwärmebedarf nach der

¹⁷³ <http://www.gbv.at/Document/View/4240> 06.08.2014 09:30

¹⁷⁴ http://media.arbeiterkammer.at/wien/PDF/Publikationen/Wohnrecht_fuer_Genossenschaft_2013.pdf 04.09.2014

Sanierung höchstens den 1,3-fachen Wert eines vergleichbaren Niedrigenergiehaus betragen darf.¹⁷⁵

Allerdings erfüllt keine der drei Baustrukturen die Anforderungen um selbst die niedrigste Förderungsstufe einer THEWOSAN-Förderung erreichen zu können. Auch eine Delta-Förderung kann aufgrund der zu hohen Anforderungen bzgl. der Energieeinsparungen nicht eingeholt werden da hierfür mindestens eine Reduktion des Heizwärmebedarfs um 30 Prozent erzielt werden müsste, was sich weder bei der 1-stöckigen (Reduktion HWB -25%), der 2-stöckigen (-23,8%) noch bei der 3-stöckigen (-24,2%) Struktur erreichen lässt.

Energiepreise

Die gesamte Wohnhausanlage wird mittels Fernwärme beheizt. Der heutige Preis für Fernwärme wird für die weiteren Berechnungen mit 0,037 €/kWh festgesetzt. Die durchschnittliche Preissteigerung wird mit 3 Prozent p.a. festgesetzt. Der mittlere langfristige Energiepreis beträgt daher 0,048 €/kWh.

5.3.5.3 Mieterhöhung GBV

Da bei der GBV keine Gewinnerzielungsabsicht vorliegt, sollen sich die Investitionskosten über die Mieterhöhung lediglich refinanzieren. Geht man wie zuvor von einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren sowie einer Realverzinsung von 2 Prozent aus, stellt sich die Frage wie hoch ein „break-even“-Zuschlag für Erhaltungs- und Verbesserungsmaßnahmen tatsächlich ausfallen würde. Multiplikation der Vollkosten mit dem Annuitätenfaktor¹⁷⁶ ergibt die gesamte jährlich zu erzielende Mieterhöhung Δ_M (für Erhaltungs- und Verbesserungsarbeiten).

$$\Delta_M = 2190290 * 0,0612 = 134045,7$$

Über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren muss ein jährlicher Betrag von 134045, 7€ durch die Mieterhöhung erzielt werden um das Projekt zu refinanzieren. Das entspricht einem monatlichen Erhaltungs-und Verbesserungsbeitrag von 0,43 €/m² wobei der reine Verbesserungsbeitrag bei

¹⁷⁵ Wiener Fond für Wohnbau und Stadterneuerung 2011 (2)

¹⁷⁶ $a = \frac{i_{real} * (1 + i_{real})^n}{(1 + i_{real})^n - 1}$

0,33 €/m² liegt. Liegt das Erstbezugsdatum mindestens 20 Jahre zurück, kann laut § 14d Abs.2 WGG¹⁷⁷ ein maximaler Beitrag von 1,71 €/m² eingehoben werden. Unter der Annahme, dass dies für sämtliche Einheiten der Wohnanlage zutrifft (Baujahr 1989), kann sich die GBV im gegebenen Fall auch ohne Förderleistungen vollständig durch eine Mieterhöhung refinanzieren. Das Vermieter/Mieter Dilemma hat in diesem Fall geringe bis keine Auswirkung auf die Sanierungsentscheidung da für die GBV keine Gewinnerzielungsabsicht im Vordergrund steht.

5.3.5.4 Nutzen der Mieter

Wird das Projekt zur Gänze über eine Mieterhöhung refinanziert, muss nun die Frage geklärt werden ob sich für die Mieter ein erhöhter Zins über die Einsparung an Heizenergie ausgleichen lässt. Um den Einfluss der Baustruktur auf die Wirtschaftlichkeit der Sanierung abschätzen zu können, werden in diesem Kapitel die annuitätischen Einsparungen für die drei Strukturen separat berechnet. Geht man wie zuvor von der Annahme aus, dass die Wohnanlage ohnehin sanierungsbedürftig ist, so sind für die Kosten-/Nutzenanalyse (aus Sicht der Mieter) im Sinne des Kopplungsprinzips wieder nur die energierelevanten Mehrkosten heranzuziehen. Für die 1-stöckige Struktur ergeben sich im Fall einer Sanierung folgende durchschnittliche Kosten (Mehrkosten) über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren.

annuitätische Kapitalkosten	517960 0,0612 + 0 = 31699,2	* =	Mehrkosten nur für Energieeinsparung abzgl. Förderungsbetrag * Annuitätenfaktor + Zusatzkosten
ann. Brennstoffkosten	139 * 6160,9 * 0,0488 = 41790,6	*	HEBneu * BGF* mittl. Energiepreis
Gesamtkosten	31699,2 + 41790,6 = 73489,7	+	Ann. Kapitalkosten + ann. Brennstoffkosten

¹⁷⁷ http://www.jusline.at/Wohnungsgemeinnuetzigkeitsgesetz_%28WGG%29.html 03.08.2014 16:45

Die Brennstoffkosten für die unsanierte Variante abzüglich der Gesamtkosten im Fall der Sanierung ergibt die mittlere jährliche Einsparung. Diese beträgt für die 1-stöckige Struktur durchschnittlich -22799,7 € pro Jahr bzw. -3,7 € pro Jahr/m².

Gesamtkosten	73489,7	Ann. Kapitalkosten + ann. Brennstoffkosten
ann. Brennstoffkosten alt	$168,6 * 6160,9 * 0,0488 = 50689,91$	HEBalt * mittl Energiepreis
mittl. jährliche Einsparung	$50689,91 - 73489,7 = -22799,7$	Brennstoffkosten alt - Gesamtkosten Sanierung

Im Vergleich dazu ergibt sich für die 2-stöckige Struktur eine mittlere Einsparung von -33602,5 € bzw. -2,93 € pro Jahr/m² sowie für die 3-Stöckige Struktur -19879,07 € bzw. -2,52 € pro Jahr/m². Der Gebäudetyp mit dem vor der Sanierung vergleichsweise niedrigsten Heizwärmebedarf führt in diesem Fall zu den verhältnismäßig (BGF) höchsten Einsparungen.

Sensitivitätsanalyse

Abb.35 zeigt den Kapitalwert des Projekts für die 1-stöckige Baustruktur bei einer Variation der Teuerungsraten für Fernwärme (2%-7%) bzw. der Realverzinsung (2%-10%). Selbst im „günstigsten“ dargestellten Szenario, also bei einer Teuerungsrate von 7% und einer Realverzinsung von 2 % lässt sich für das Projekt kein positiver Kapitalwert erzielen (-180.000 €).

1-Stöckig

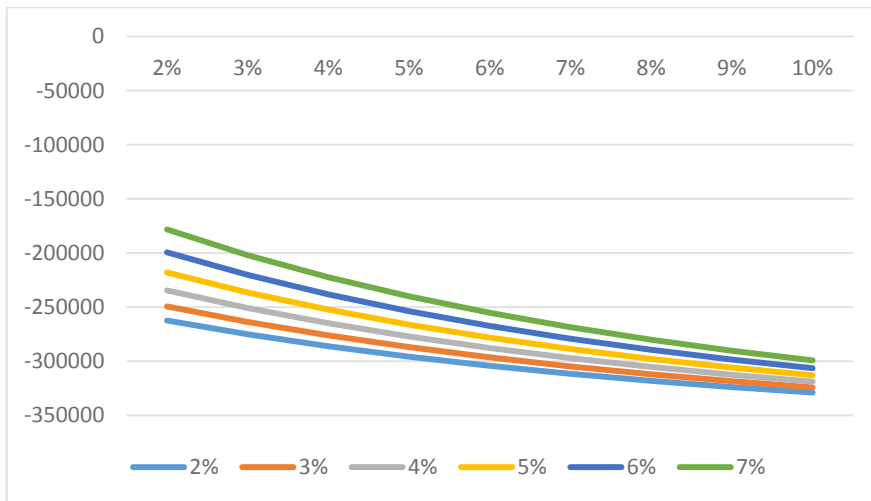


Abb. 35 Kapitalwerte (Quelle: eigene Berechnungen)

Auch für die Sanierung der 3-stöckigen Gebäudetypen lässt sich in keinem Szenario ein positiver Kapitalwert erzielen.

3-Stöckig

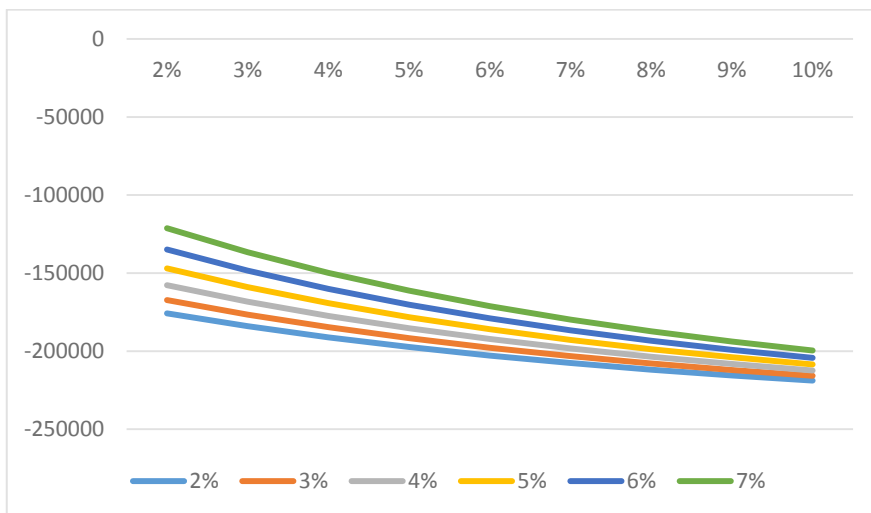


Abb. 36 Kapitalwerte (Quelle: eigene Berechnungen)

5.4 Zusätzliche Hemmnisse bei der Sanierung¹⁷⁸

¹⁷⁸ Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich hauptsächlich auf http://www.energieforschung-zuerich.ch/fileadmin/berichte/Bericht_Anreize_und_Hemmnisse_FP-2.2.2.pdf 20.08.2014 12:20

Neben bereits erwähnten Hemmnissen wie dem Investor-Nutzer Dilemma und den damit zusammenhängenden nachteiligen Mietzinsbildungsvorschriften des MRG, sind vor allem die folgenden Sanierungshemmnisse von Bedeutung. Für die Eigentümer ergeben sich oft Informationsprobleme bei der Planung, die dazu führen können das Projekt doch nicht zu verwirklichen. Sowohl bezüglich technischer als auch rechtlicher und finanzwirtschaftlicher Fragestellungen kann sich ein hoher Aufwand (in zeitlicher und monetärer Hinsicht) ergeben. „Darüber hinaus besteht in diesem Zusammenhang ein Hemmnis aufgrund der Vielzahl an beteiligten Akteuren und Schnittstellen. Neben den Eigentümern sind Bauingenieure, Architekten und Haustechniker im Planungsprozess involviert die oft unterschiedliche Vorstellungen haben.“¹⁷⁹

Ein weiteres Hemmnis kann sich durch den Faktor der Unsicherheit ergeben. Unsicherheit besteht vor allem bezüglich zukünftiger Preisentwicklungen und zukünftiger Kosten (durch z.B. erneuerte Bauauflagen). Die Einschätzung zukünftiger Erträge (bei vermieteten Objekten) kann noch problematischer ausfallen da „bei Prognosen bezüglich zukünftiger Leerstände nicht wie bei der Ausgabenseite auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden kann.“¹⁸⁰ Die Bestimmung der Verzinsung für das Eigenkapital ist ebenfalls schwierig und sollte auf das systematische Risiko einer Investition Rücksicht nehmen. Auch verdeckte Kosten bei der Planung können bereits zu Beginn zum Abbruch des Projekts führen. Generell kann der hohe finanzielle Aufwand allein bereits als Hemmnis eingestuft werden (Förderungen werden erst ausbezahlt, wenn das Projekt verwirklicht wurde). In vielen Fällen verfügen Eigentümer nicht über ausreichend Rückstellungen um eine umfassende Sanierung durchzuführen da diese oft nur für Werterhaltungsmaßnahmen eingeplant werden.

Schutzzonen und Denkmalschutzbestimmungen können einer Sanierungsentscheidung teilweise hinderlich sein. Bei Gründerzeitgebäuden sind die Außenfassaden oft denkmalgeschützt weshalb eine Wärmedämmung an diesen Bauteilen nicht möglich ist. Auch in ausgewiesenen Schutzzonen ist die Sanierung von Flächen die als erhaltungswürdig eingestuft wurden, nicht möglich.

¹⁷⁹ Hinz 2008, S. 37

¹⁸⁰ Hinz 2008, S. 37

5.5 Kritische Anmerkungen

Thermische Sanierungen werden von vielen als wirkungsvolles Mittel zur Energieeinsparung gesehen, jedoch sind sie auch oft Gegenstand kritischer Betrachtungen. Eine im Auftrag der deutschen KfW Bankengruppe erstellte Studie der Prognos AG kommt zum Schluss, dass „eine thermische Sanierung sowohl für Eigennutzer als auch Vermieter in fast allen Fällen unwirtschaftlich ist und der Energiebedarf nur geringfügig reduziert werden kann.“¹⁸¹ Laut der Studie liegt der durchschnittliche, durch die Sanierung reduzierte Heizwärmebedarf selbst bei Gründerzeitgebäuden nur 10 Prozent unter dem Ausgangswert (im Gegensatz zu ca. 65 Prozent in der Fallstudie Stüwerstraße). Die Ergebnisse der Studie wurden in der deutschen Tageszeitung „Die Welt“ veröffentlicht¹⁸², was eine große Debatte über die allgemeine Sinnhaftigkeit thermischer Sanierung auslöste. Die Antwort auf die Frage ob sich thermischen Sanierungen aus wirtschaftlicher Sicht lohnen oder ein Verlustgeschäft sind, lautet: es kommt darauf an.

Für die geplante Sanierung einer Wohnanlage in der Peter-Jordan-Straße in Wien (Baujahr 1970-73) wurde von einem Gutachter eine statische Amortisationszeit von über 100 Jahren ermittelt¹⁸³. Für die stark abweichenden Ergebnisse der unterschiedlichen Studien gibt es mehrere Gründe. Viele Studien ziehen zur Ermittlung der Rentabilität die Vollkosten anstatt der energierelevanten Mehrkosten heran wodurch das Ergebnis maßgeblich verschlechtert wird. Darüber hinaus hat jede Veränderung der Eingangsparameter (Baustoff- und Brennstoffpreise, Verzinsung, durchschn. Teuerungsraten etc.) substantiellen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit eines Projekts. Viele sehen gerade in der Sanierung von Gründerzeitgebäuden und der damit verbundenen Zerstörung des baukulturell wertvollen Bestands ein

¹⁸¹ <https://www.kfw.de/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-alle-Evaluationen/Wachstumseffekte-EBS-Endbericht.pdf> 06.08.2014 13:17

¹⁸² <http://www.welt.de/finanzen/immobilien/article13164601/Energie-Sanierung-ist-ein-Verlustgeschaef.html> 03.08.2014 16:05

¹⁸³ <http://derstandard.at/1252771685281/Verpackt-fuer-alle-Ewigkeit> 03.08.2014 16:16

wesentliches Problem. Darüber hinaus existieren folgende relevante Kritikpunkte¹⁸⁴

- „Hohe Brennbarkeit der Dämmstoffe bzw. Giftigkeit der Rauchgase“
- „Aufgrund von Resonanzbildungen entsteht in gedämmten Gebäuden ein erhöhter Lärmpegel“
- „Bei hochwertig gedämmten Gebäuden kann es zu Schimmelpilzbildung und Algenbefall in den Wohnungen kommen“
- „Hoher Primäreinsatz zur Herstellung der Baustoffe bzw. Giftigkeit der Stoffe“
- „Keime, die in nicht penibel gewarteten Lüftungssysteme in die Raumluft ventilieren“¹⁸⁵

5.6 Schlussbetrachtung

Aufgrund der steigenden medialen Präsenz erfährt das Thema Energieeffizienz in den letzten Jahren ein erhöhtes Maß an Aufmerksamkeit. Auch aufgrund gesetzlicher Neuerungen (z.B. Energieausweis-Vorlage-Gesetz) verstärkt sich der allgemeine Fokus auf energiesparende Bauweisen und thermische Sanierungen. Als eine der drei Säulen der österreichischen Energiestrategie wird der Steigerung der Energieeffizienz auch von politischer Seite aus eine signifikante Bedeutung zugeschrieben. Vergleicht man die Objekte der drei Fallstudien hinsichtlich ihres Potentials für eine, aus wirtschaftlicher Sicht sinnvolle Sanierung, lassen sich zusammenfassend folgende Aussagen treffen.

Der Gründerzeitblock (Stuwerstraße) verfügt über die besten Voraussetzungen, die 1989 erbaute Wohnanlage (Tamariskengasse) über die weitaus schlechtesten. Der Heizenergiebedarf des unsanierten Gründerzeitblocks liegt mit 159,9 kWh/m² sogar ein wenig unter dem der 1-Stöckigen Objekte der Wohnanlage (168,6 kWh/m²) wobei sämtliche Bauteile des Blocks wesentlich höhere U-Werte als die der Anlage aufweisen (was die Bedeutung einer kompakte Bauweise unterstreicht). Für den Gründerzeitblock lässt sich eine

¹⁸⁴ Die folgende Auflistung bezieht sich auf
<http://www.mieterschutzwien.at/index.php/3052/thermische-sanierung-laut-und-schimmeli/>
05.09.2014 16:30

¹⁸⁵ <http://derstandard.at/1252771685281/Verpackt-fuer-alle-Ewigkeit> 03.08.2014 16:16

Einsparung an Heizenergie von ca. 40 % erzielen. Die Wohnanlage kann aufgrund der, in der Ausgangssituation bereits zu hohen Bauteilqualitäten, durch eine zusätzliche Dämmung eine nur sehr kleine Verringerung des Heizenergiebedarfs bewirken (-18%). Selbst bei Annahme niedriger Realverzinsung und überdurchschnittlich hoher Gaspreise kann kein positiver Kapitalwert erzielt werden.

Vergleicht man wiederum die 1-, 2- und 3-stöckigen Gebäude der Wohnanlage, so scheint ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Heizenergiebedarf und dem A/V Verhältnis zu bestehen. Das Sanierungsprojekt amortisiert sich bei jenen Gebäuden am schnellsten, die über die relativ *besseren* Ausgangswerte (geringeren HEB) verfügen. Daraus lässt sich schließen, dass sich bei gleichen Bauteilqualitäten das kompaktere Gebäude auch kosteneffizienter (i.s.d. OiB-RI 6) sanieren lässt während im Allgemeinen die naheliegende Regel gilt: Je schlechter die thermische Qualität, je höher das Potential für eine wirtschaftliche Sanierung. Optimale Voraussetzungen haben daher Gebäude mit günstigen A/V Verhältnis und schlechten Bauteilqualitäten. Gründerzeitgebäude erfüllen i.d.R. beide Anforderungen weshalb Sanierungsprojekte besonders bei dieser Gebäudestruktur sinnvoll erscheinen (In der Fallstudie konnte der Heizwärmebedarf um 65% gesenkt werden). Neben der THEWOSAN liegt der Schwerpunkt der geförderten Wohnhaussanierung in Wien auf der Blocksanierung¹⁸⁶ die primär an Gründerzeitblöcken durchgeführt wird. Eine Steigerung der Blocksanierungsquote würde maßgeblich zur Erreichung der 20/20/20 Ziele beitragen. In vielen Fällen (vor allem im Genossenschaftsbau) wird allerdings dort saniert, wo es aus wirtschaftlicher Sicht nicht empfehlenswert ist.

6 Quellenverzeichnis

Bücher, Zeitschriften, Artikel, Working Papers, Gesetzestexte

¹⁸⁶ Bei der Blocksanierung werden mehrere Gebäude gemeinsam thermisch saniert (im Vordergrund steht allerdings die städtebauliche Strukturverbesserung)

**Amman C. für das BM für Verkehr, Innovation und Technologie
2013**

Grundlagen und Machbarkeitsstudien: Kosten und
Wirtschaftlichkeit

Arbeitsgemeinschaft für Synergien im Bauwesen, 2012

Energieausweis 2012

Bretschneider B., 2014

Ökologische Quartierserneuerung, Springer Fachmedien,
Wiesbaden

Dixit A., 1992

Investment and Hysteresis, Journal of Economic
Perspectives, Volume 6/1, 1992, S. 107-132

Ebel W., Eicke-Henning W., Feist W., 2000

Energieeinsparung bei Alt- und Neubauten, Müllerverlag,
Heidelberg

Fischer, 2005

Finanzwirtschaft für Anfänger, Oldenburg Verlag

Frick D., 2012

Econ Calc Handbuch Version 1.0, Energieinstitut
Vorarlberg

**Guschlbauer-Hronek K. et.al. für das BM für Verkehr,
Innovation und Technologie 2004**

Althausanierung mit Passivhauspraxis

**Havel M., für das BM für Verkehr, Innovation und Technologie
2011**

Qualitativ hochwertige Sanierung von
Gründerzeitgebäuden

Heck F., 2007

Energiekosten senken, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart

Hinz E., 2008

Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen im Bestand vor dem Hintergrund der novellierten EnEV, IWU Darmstadt

Hundt M., Voß A. für das Institut für Energiewirtschaft, Stuttgart 2006

Einfluss von Unsicherheit und Flexibilität auf den Wert von Kraftwerksinvestitionen – Reale Optionen in der Elektrizitätswirtschaft,

International Energy Agency – IEA World Energy Outlook 2008

Energie Strategie Österreich - Maßnahmenvorschläge

Mayer H. für die Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen, 2007

Der Bauliche Wärmeschutz und die ÖNORM B 8110

McDonald R., Siegel D., 1986

The Value of Waiting to Invest, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 101/4, 1986, S. 707-728

Murer A.

Fondklassifizierung und Erfolgsfaktoren für Real Estate Privat Equity Fonds, Diplomarbeit

Kammer für Arbeiter und Angestellte Wien 2010

Die Praxis des Mietzinssystems

Kosz M., Madreiter T., Schönback W., 1996

Wärmedämmung, Rentabilität, Beschäftigungseffekte, Klimaschutz, Springer Wirtschaftswissenschaften, Wien NewYork

Kotyza G., Pahr G. 1999

Bebauungsformen und Raumwärmebedarf, Beiträge zur Stadtforschung und Stadtentwicklung Nr. 66, Wien

Odening M., 2000

Der Optionswert von Sachinvestitionen - Theoretischer Hintergrund und Bewertungsmethoden, Working Paper Nr. 55, Humboldt Universität Berlin

Oswald R., Lamers R., Schnapauff V., 1995

Nachträglicher Wärmeschutz für Bauteile und Gebäude, Bauverlag Wiesbaden/Berlin

Ott W., 2002

Bauen Sanieren wirtschaftlich investieren, Rüegger Verlag, Zürich

Ranft F., Haas-Arndt D., 2004

Energieeffiziente Altbauten, TÜV-Verlag Karlsruhe

Stadtentwicklungsplan 2005 Wien

Ausgangslage und Herausforderungen

Tilman S. für das Institut für Klima, Umwelt, Energie Wuppertal 2012

Der Rebound Effekt

Wagner E., Klausbruckner C. 2012

Energieausweis Vorlage-Gesetz, Schriftreihe Recht der Umwelt, Wien

Wiener Fond für Wohnbau und Stadterneuerung 2011 (1)

Grundsätze für die Überwälzung von Kosten für energiesparende Maßnahmen

Wiener Fond für Wohnbau und Stadterneuerung 2011 (2)

Thermisch energetische Wohnhaussanierung – Förderungen

Wirl F. 1994

Sind Energiesparmaßnahmen von
Versorgungsunternehmen wirtschaftlich, Springer Verlag
Wien-Berlin

Wolf B., 2009

Energieeinsparmöglichkeiten an Bestandsgebäuden,
Diplomica Verlag, Hamburg

Onlinequellen

<http://www.energiesparhaus.at/fachbegriffe/azuv.htm>, 03.07. 2014 14:30
http://www.umweltfoerderung.at/uploads/infoblatt_tgs_private_2014_mgw.pdf, 14.06.2014
18:05
<http://derstandard.at/1363710831081/Sanierungsscheck-ist-der-Mehrheit-unbekannt>,
17.06.2014 09:12
http://www.umweltfoerderung.at/uploads/infoblatt_tgs_private_2014_mgw.pdf, 12.07.2014
16:04
<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id6495> 02.08.2014 12:05
[https://www.kfw.de/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-alle-
Evaluationen/Wachstumseffekte-EBS-Endbericht.pdf](https://www.kfw.de/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-alle-Evaluationen/Wachstumseffekte-EBS-Endbericht.pdf) 06.08.2014 13:17
[http://www.welt.de/finanzen/immobilien/article13164601/Energie-Sanierung-ist-ein-
Verlustgeschaef.html](http://www.welt.de/finanzen/immobilien/article13164601/Energie-Sanierung-ist-ein-Verlustgeschaef.html) 03.08.2014 16:05
<http://www.wiwi.uni-jena.de/papers/wp-jbe201004.pdf> 05.08.2014 12:30
<http://www.mieterschutzwien.at/index.php/3052/thermische-sanierung-laut-und-schimmeli/>
05.09.2014 16:30
<http://www.e-control.at/de/publikationen> 06.07. 2014 16:05
[https://www.wko.at/Content.Node/Service/Umwelt-und-Energie/Energie-und-
Klima/Klimaschutz/Energie-Contracting.html](https://www.wko.at/Content.Node/Service/Umwelt-und-Energie/Energie-und-Klima/Klimaschutz/Energie-Contracting.html), 06.08.2014 18:50
<http://www.contracting-portal.at/show.php?id=0&mid=76> 17.07.2014 16:30
[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Electricity_and_natural_gas_pric
e_statistics](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Electricity_and_natural_gas_price_statistics) 06.07.2014 18:05
<http://www.gbv.at/Page/View/4189> 06.08.2014 13:05
<http://www.imonet.at/de/initiative-stuwerviertel.htm>, 11.08.2014, 17:57
<http://www.manager-wiki.com/strategiebewertung/47-sensitivitaetsanalyse> 03.08.2014 09:30
http://www.oib.or.at/sites/default/files/rl6_061011_2.pdf 04.07.2014 08:10
<http://de.wikipedia.org/wiki/Sensitivitaetsanalyse> 06.08.2014 13:20
<http://www.gbv.at/Document/View/4240> 06.08.2014 09:30
<http://www.energiesparhaus.at/gebaeudehuelle/passivhaus.htm> 16.06.2014 12:02
[http://wirtschaftsblatt.at/home/nachrichten/dossiers/green_economy/1544087/EUMillionen-fur-
die-thermische-Sanierung](http://wirtschaftsblatt.at/home/nachrichten/dossiers/green_economy/1544087/EUMillionen-fur-die-thermische-Sanierung) 06.08.2014 13:18
<http://derstandard.at/1252771685281/Verpackt-fuer-alle-Ewigkeit> 03.08.2014 16:16
<http://derstandard.at/1392685911711/Stadt-und-Gebaeude-dicht-machen> 11.08.2014 17:00
http://www.jusline.at/Wohnungsgemeinnuetzigkeitsgesetz_%28WGG%29.html 03.08.2014
16:45
[http://media.arbeiterkammer.at/wien/PDF/Publikationen/Wohnrecht_fuer_Genossenschaft_2013
.pdf](http://media.arbeiterkammer.at/wien/PDF/Publikationen/Wohnrecht_fuer_Genossenschaft_2013.pdf) 04.09.2014
<http://www.spektrum.de/news/der-rebound-effekt-wird-ueberschaetzt/1181936> 03.07.2014
19:35

7 Abbildungsverzeichnis

Abb.1 Wärmesysteme – Raumheizung und Warmwasser

Abb.2 Default-U-Werte Österreich

Abb. 3 Transmissionswärmeverluste

Abb.4 Wohnblock Stüwerstraße

Abb. 5 Gebäudedaten 1

Abb.6 Gebäudedaten 2

Abb. 7 Wohnblock Sonnwendgasse

Abb. 8 Gebäudedaten SWG 1

Abb. 9 Gebäudedaten SWG 2

Abb. 10 Wohnanlage Tamariskengasse

Abb. 11 Gebäudedaten TG1

Abb. 12 Gebäudedaten TG2

Abb. 13 Optimierung der thermischen Hülle

Abb. 14 Anforderungen OIB-Richtlinie

Abb. 15 Sanierungsmaßnahmen, U-Werte und Vorgaben der OIB-RL 6 1

Abb. 16 Sanierungsmaßnahmen, U-Werte und Vorgaben der OIB-RL 6 2

Abb. 17 Sanierungsmaßnahmen, U-Werte und Vorgaben der OIB-RL 6 3

Abb. 18 Anforderungen THEWOSAN

Abb. 19 Anforderungen Deltasanierung

Abb. 20 Investitionskosten

Abb 21. Österreichischer Gaspreisindex

Abb 22. Energiepreise, Cashflows, Barwerte in €

Abb. 23 Kostenübersicht

Abb. 23 (2) Kostenübersicht

Abb. 24 Sensitivitätsanalyse 1

Abb. 25 Sensitivitätsanalyse 2

Abb. 26 Sensitivitätsanalyse 3

Abb. 27 Sensitivitätsanalyse Bau-Brennstoffkosten und Effizienzsteigerung

Abb. 28 Projekt- und Optionswert

Abb. 29 möglicher Verlauf für Kapital- und Optionswert

Abb. 30 Mietzinsvorschriften

Abb. 31 Investitionskosten

Abb. 32 Investitionskosten

Abb. 33 Annuitätische Kosten

Abb. 33 Mietzinserhöhung WGG

Abb. 34 Gesamt-und Mehrkosten

Abb. 35 Kapitalwerte

Abb. 36 Kapitalwerte

8 Kurzfassung

Primäres Ziel der Arbeit ist es herauszufinden, wie effizient verschiedene Gebäudestrukturen in Wien hinsichtlich ihres energetischen Verhaltens sind wobei in erster Linie der Bedarf an Heizwärme (Warmwasser und Heizung) ermittelt werden soll. Darüber hinaus geht die Arbeit der Frage nach, in welchen Fällen eine Steigerung der Energieeffizienz aus wirtschaftlicher, technischer und ökologischer Sicht im Sinne der 20/20 Ziele der Europäischen Union sinnvoll ist bzw. welche konkreten Maßnahmen notwendig sind um diese zu verwirklichen. Das Hauptaugenmerk wird in dieser Arbeit auf die Wirtschaftlichkeitsanalyse gelegt die von einer Vielzahl rechtlicher Aspekte beeinflusst wird.

Die Arbeit bezieht sich ausschließlich auf Gebäudestrukturen in Wien, mit verstärkten Fokus auf Gebäude die vor 1980 errichtet wurden. Im ersten Schritt wird für drei verschiedene, für Wien charakteristische Wohnblöcke der jeweilige Bedarf an Heizenergie ermittelt, wobei versucht wird darzustellen welche treibenden Größen einen primären Einfluss auf diesen Bedarf haben. Mittels Software zur Erstellung von Energieausweisen werden sämtliche Transmissionswärmeverluste und Wärmegewinne ermittelt. Anhand der berechneten Kennzahlen wird im nächsten Schritt eine umfassende thermische Sanierung simuliert bzw. analysiert. Es wird beschrieben wie Sanierungsvorhaben in Wien gesetzlich geregelt- bzw. welche Richtlinien

einzuhalten sind und welche Art von Förderung für welches Projekt in Frage kommt. Dabei wird gezeigt, welche Maßnahmen in der Praxis notwendig sind um die vorgegebenen Standards erreichen- und eine Förderung einholen zu können und welche Kosten die Projekte verursachen.

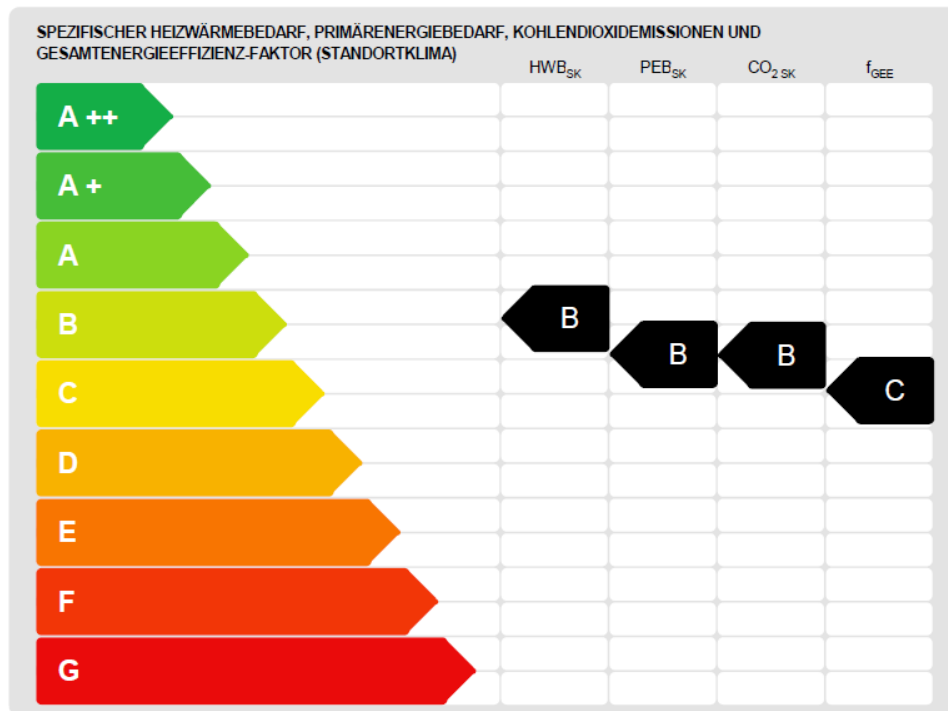
Hinsichtlich dieser Kriterien wird im nächsten Schritt die betriebswirtschaftliche Rentabilität verschiedener Sanierungsvarianten für die drei Gebäudestrukturen ermittelt, wobei die jeweiligen Eigentümergeverhältnisse von signifikanter Bedeutung sind. Da die Sanierung selbstgenutzter Objekte im Gegensatz zum vermieteten Bestand unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Hemmnissen ausgesetzt ist, wird dieser Fall separat betrachtet. Neben der Berechnung üblicher Investitionskennzahlen (Kapitalwert, Annuität, etc.) wird im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse versucht, den Einfluss grundlegender Größen (Energie- und Baustoffpreise, Teuerungsraten, Zinssatz, etc.) auf die Rentabilität der jeweiligen Projekte abzuschätzen. Um darüber hinaus Aussagen bezüglich des optimalen Zeitpunkts einer Investition treffen zu können, wird im letzten Kapitel ein Realinvestitionsansatz unter Anwendung eines Standardmodells angewandt.

9 Lebenslauf

Ich wurde am 22.10. 1982 in Wien geboren. Nach der Volksschule (1989-1993) besuchte ich von 1993 bis 2001 das Bundesrealgymnasium Waltergasse im vierten Wiener Gemeindebezirk. Von 2007 bis 2012 absolvierte ich mein Bakkalaureat am Betriebswirtschaftszentrum (BWZ) der Universität Wien. Seit 2012 bin ich für das Masterstudium Betriebswirtschaft am BWZ inskribiert. Als Vertiefungen hab ich die Kernfachkombinationen Industrielles Management und Energie- und Umweltmanagement bei Prof. Franz Wirl absolviert.

10 Anhang

Kennzahlen Wohnblock Stuwerstraße/Ausstellungsstraße GESAMT – SANIERT



GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	21.173,9 m ²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	0,52 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	16.939,1 m ²	Heiztage	208 d	Bauweise	schwer
Brutto-Volumen	79.817,3 m ³	Heizgradtage	3400 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	18.005,6 m ²	Norm-Außentemperatur	-12,6 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	0,23 m ⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK _T -Wert	24,40
charakteristische Länge	4,43 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	35,2 kWh/m ² a	749.481 kWh/a	35,4 kWh/m ² a		
WWWB		270.496 kWh/a	12,8 kWh/m ² a		
HTEB _{RH}		103.394 kWh/a	4,9 kWh/m ² a		
HTEB _{WW}		839.355 kWh/a	39,6 kWh/m ² a		
HTEB		964.604 kWh/a	45,6 kWh/m ² a		
HEB		1.988.047 kWh/a	93,9 kWh/m ² a		
HHSB		347.781 kWh/a	16,4 kWh/m ² a		
EEB		2.335.828 kWh/a	110,3 kWh/m ² a		
PEB		3.268.889 kWh/a	154,4 kWh/m ² a		
PEB _{n.em.}		3.095.161 kWh/a	146,2 kWh/m ² a		
PEB _{em}		173.728 kWh/a	8,2 kWh/m ² a		
CO ₂		618.159 kg/a	29,2 kg/m ² a		
f _{GEE}	1,33		1,34		

3 Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile

Beim Neubau oder Renovierung eines Gebäudes oder Gebäudeteiles sowie bei der Erneuerung eines Bauteiles dürfen bei konditionierten Räumen die Wärmedurchgangskoeffizienten gemäß OIB-Richtlinie 6, Ausgabe 2011, Abschnitt 10.2 nicht überschritten werden.

Bauteilbezeichnung	U in W/(m² K)	U _{Anf} in W/(m² K)	Anforderung
Wände gegen Außenluft			
Außenwand	0,25	0,35	erfüllt
Außenwand	0,24	0,35	erfüllt
Außenwand	0,24	0,35	erfüllt
S2	0,30	0,35	erfüllt
Fenster, Fenstertüren, verglaste Türen jeweils in Wohngebäuden (WG) gegen Außenluft			
Außenfenster	1,90	1,40	nicht erfüllt
Außenfenster	2,50	1,40	nicht erfüllt
Decken und Dachschrägen jeweils gegen Außenluft und gegen Dachräume (durchlüftet oder ungedämmt)			
OD	0,19	0,20	erfüllt
Dachfläche	0,19	0,20	erfüllt
Obere Geschoßdecke	0,19	0,20	erfüllt
Dachfläche	0,19	0,20	erfüllt
Dachfläche	0,19	0,20	erfüllt
Decken gegen unbeheizte Gebäudeteile			
Kellerdecke	0,35	0,40	erfüllt
Kellerdecke	0,30	0,40	erfüllt
Kellerdecke	0,31	0,40	erfüllt

4.1 Gebäudegeometrie - Flächen

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Flächen- anteil %
1	Außenwand	N 90,0°	20,2*12,8 (Rechteck) + 25,6*1 (Rechteck)	284,16	242,16	1,3
2	Außenfenster	N 90,0°	21 * (1'2) (Rechteck)	-	42,00	0,2
3	Außenwand	W 90,0°	13,5*12,8 (Rechteck) + 36,06*1 (Rechteck) + 33,23*1 (Rechteck)	242,09	208,49	1,2
4	Außenfenster	W 90,0°	12 * (1'2) (Rechteck) + 3 * (0,5*0,8) (Rechteck)	-	25,20	0,1
5	Außenfenster	W 90,0°	4 * (1'2) (Rechteck) + 0,5*0,8 (Rechteck)	-	8,40	0,0
6	Außenwand	S 90,0°	6,8*12,8 (Rechteck) + 25,6*1 (Rechteck)	112,64	94,64	0,5
7	Außenfenster	S 90,0°	9 * (1'2) (Rechteck)	-	18,00	0,1
8	Außenwand	O 90,0°	25,6*12,8 (Rechteck) + 11,4*3,9 (Rechteck) + 33,23*1 (Rechteck)	405,37	345,17	1,9
9	Außenfenster	O 90,0°	16 * (1'2) (Rechteck) + 9 * (1'1,8) (Rechteck) + 4 * (1'2) (Rechteck)	-	60,20	0,3
10	Kellerdecke	0,0°	11,4*13,4 (Rechteck)	152,76	152,76	0,8
11	Außenwand	N 90,0°	206,34*1,0001 (A1) + 118,8*1 (A7) + 170,5*1 (A9) + 108*1 (A9) + 173,42*1 (S4) + 184,76*1 (S6) + 2 * (184,76*1) (S8/10)	1331,36	995,08	5,5
12	Außenfenster	N 90,0°	48*1 (Rechteck) + 30*1 (Rechteck) + 49,6*1 (Rechteck) + 49,6*1 (Rechteck) + 49,6*1 (S8)	-	226,80	1,3
13	Außenfenster	N 90,0°	29,88*1 (Rechteck) + 30*1 (Rechteck) + 49,6*1 (Rechteck)	-	109,48	0,6
14	Außenwand	N 90,0°	195,53*1 (A3) + 129,98*1 (A5) + 112,84*1 (A11)	438,35	360,39	2,0
15	Außenfenster	N 90,0°	25,02*1 (Rechteck) + 22,86*1 (Rechteck)	-	47,88	0,3
16	Außenfenster	N 90,0°	30,08*1 (Rechteck)	-	30,08	0,2
17	Außenwand	O 90,0°	178,24*1 (A1) + 58,49*1 (A1) + 240,99*1 (A7) + 6,4*1 (A7) + 184,65*1 (A9) + 126,34*1 (S4) + 134,32*1 (S6) + 2 * (134,32*1) (S8/10)	1198,07	963,55	5,4

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Flächen- anteil %
18	Außenfenster	O 90,0°	12'1" (Rechteck) + 30,6'1" (Rechteck) + 30,6'1" (Rechteck) + 30,6'1" (Rechteck)	-	103,80	0,6
19	Außenfenster	O 90,0°	40,2'1" (Rechteck) + 12'1" (Rechteck) + 46,32'1" (Rechteck) + 1,6'1" (Rechteck) + 30,6'1" (Rechteck)	-	130,72	0,7
20	Außenwand	O 90,0°	328,68'1" (A3) + 180,16'1" (A5) + 55,25'1" (A5) + 307,95'1" (A11)	872,04	672,31	3,7
21	Außenfenster	O 90,0°	48'1" (Rechteck) + 6,75'1" (Rechteck) + 95,7'1" (Rechteck)	-	150,45	0,8
22	Außenfenster	O 90,0°	49,28'1" (Rechteck)	-	49,28	0,3
23	Außenwand	S 90,0°	331,9'1" (A3) + 236,04'1" (A5) + 195,75'1" (A11) + 44,59'1" (A11)	808,28	639,29	3,6
24	Außenfenster	S 90,0°	50,4'1" (Rechteck) + 37,7'1" (Rechteck) + 4,86'1" (Rechteck)	-	92,96	0,5
25	Außenfenster	S 90,0°	76,03'1" (Rechteck)	-	76,03	0,4
26	Außenwand	S 90,0°	319,98'1" (A1) + 235,58'1" (A7) + 170,5'1" (A9) + 102'1" (A9) + 139,82'1" (S4) + 18,88'1" (S4) + 141,56'1" (S6) + 12'1" (S6) + 2' (141,56'1") (S8/10) + 2' (14'1") (S8/10)	1451,44	1105,20	6,1
27	Außenfenster	S 90,0°	48'1" (Rechteck) + 36'1" (Rechteck) + 36'1" (Rechteck) + 43,2'1" (Rechteck)	-	163,20	0,9
28	Außenfenster	S 90,0°	84,64'1" (Rechteck) + 55,2'1" (Rechteck) + 43,2'1" (Rechteck)	-	183,04	1,0
29	Außenwand	W 90,0°	321,64'1" (A3) + 186,16'1" (A5) + 51,1'1" (A5) + 199,65'1" (A11)	758,55	598,13	3,3
30	Außenfenster	W 90,0°	42'1" (Rechteck) + 9,9'1" (Rechteck) + 52,2'1" (Rechteck)	-	104,10	0,6
31	Außenfenster	W 90,0°	56,32'1" (Rechteck)	-	56,32	0,3

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Flächen- anteil %
32	Außenwand	W 90,0°	307,17'1" (A1) + 70,49'1" (Rechteck) + 230,31'1" (A7) + 6,4'1" (A7) + 190,65'1" (A9) + 132,94'1" (S4) + 140,92'1" (S6) + 2' (140,92'1") (S8/10)	1360,72	1200,12	6,7
33	Außenfenster	W 90,0°	6'1" (Rechteck) + 24'1" (Rechteck) + 24'1" (Rechteck) + 24'1" (Rechteck)	-	78,00	0,4
34	Außenfenster	W 90,0°	57'1" (Rechteck) + 1,5'1" (Rechteck) + 24'1" (Rechteck)	-	82,60	0,5
35	OD	0,0°	562,08'1" (A1) + 268,7'1" (A7) + 526,35'1" (A9) + 352,3'1" (S4) + 236,12'1" (S6) + 2' (236,12'1") (S8/10) + 437,8'1" (S12)	2855,59	2855,59	15,9
36	Dachfläche	N 0,0°	80,4'1" (A1) + 202,39'1" (a7) + 10,4'1" (S4) + 126,58'1" (S6) + 2' (126,58'1") (S8/10)	672,93	672,93	3,7
37	Kellerdecke	0,0°	457,04'1" (A3)	457,04	457,04	2,5
38	Obere Geschoßdecke	0,0°	457,04'1" (A3) + 270,3'1" (A5) + 570,5'1" (A11)	1297,84	1297,84	7,2
39	Dachfläche	N 0,0°	222'1" (A5)	222,00	222,00	1,2
40	S2	W 90,0°	472,25'1" (Rechteck)	472,25	257,45	1,4
41	Außenfenster	W 90,0°	214,8'1" (Rechteck)	-	214,80	1,2
42	S2	N 90,0°	533,04'1" (Rechteck)	533,04	347,04	1,9
43	Außenfenster	N 90,0°	186'1" (Rechteck)	-	186,00	1,0
44	S2	O 90,0°	275,53'1" (Rechteck) + 87,62'1" (Rechteck)	363,15	277,65	1,5
45	Außenfenster	O 90,0°	85,5'1" (Rechteck)	-	85,50	0,5
46	S2	S 90,0°	298,59'1" (Rechteck) + 43,25'1" (Rechteck)	341,84	242,84	1,3
47	Außenfenster	S 90,0°	99'1" (Rechteck)	-	99,00	0,5
48	Dachfläche	S 0,0°	687,04'1" (Rechteck)	687,04	687,04	3,8
49	Kellerdecke	0,0°	687,04'1" (S2)	687,04	687,04	3,8

4.2 Gebäudegeometrie - Brutto-Grundfläche

Nr.	Bezeichnung	Berechnung	Fläche brutto m²	Flächen- anteil %
1	S12	3 * (443*1)	1329,00	6,3
2	S12	11,4*13,4	152,76	0,7
3	S12	-2*2,6	-5,20	0,0
4	A1	1927,4*1	1927,40	9,1
5	A3	1828,2*1	1828,20	8,6
6	A5	1476,9*1	1476,90	7,0
7	A7	1413,3*1	1413,30	6,7
8	A9	1579,1*1	1579,10	7,5
9	A11	1711,5*1	1711,50	8,1
10	S2	5374,3*1	5374,30	25,4
11	S4	1088,1*1	1088,10	5,1
12	S6	1096,5*1	1096,50	5,2
13	S8/10	2 * (1101*1)	2202,00	10,4

4.3 Gebäudegeometrie - Volumen

Nr.	Bezeichnung	Berechnung	Volumen brutto m³	Volumen- anteil %
1	S12	443*12,8*1	5670,40	7,1
2	S12	11,4*13,4*3,9	595,76	0,7
3	S12	-2*2,6*12,8	-66,56	-0,1
4	A1	8159,5*1*1	8159,50	10,2
5	A3	7609,1*1*1	7609,10	9,5
6	A5	6104,5*1*1	6104,50	7,6
7	A7	5841,6*1*1	5841,60	7,3
8	A9	6053*1*1	6053,00	7,6
9	A11	6560,8*1*1	6560,80	8,2
10	S2	15375,5*1*1	15375,50	19,3
11	S4	4279,9*1*1	4279,90	5,4
12	S6	4532,2*1*1	4532,20	5,7
13	S8/10	2 * (4550,8*1*1)	9101,60	11,4

4.4 Gebäudegeometrie - Zusammenfassung

Gebäudehüllfläche : 18005,59 m²
 Gebäudevolumen : 79817,30 m³
 Beheiztes Luftvolumen : 44041,63 m³
 Bruttogrundfläche (BGF) : 21173,86 m²
 Kompaktheit : 0,23 1/m
 Fensterfläche : 2423,84 m²
 Charakteristische Länge (l_g) : 4,43 m
 Bauweise : schwere Bauweise

5.1 spezifische Transmissionswärmeverluste der Heizperiode

Nr.	Bauteil	Orientierung Neigung	Fläche A m²	U _t -Wert W/(m²K)	Faktor F _s	F _s * U * A	
						W/K	%
1	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	N 90,0°	242,16	0,250	1,00	60,54	0,4
2	Außenfenster	N 90,0°	42,00	1,900	1,00	79,80	0,5
3	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	W 90,0°	208,49	0,250	1,00	52,12	0,3
4	Außenfenster	W 90,0°	25,20	1,900	1,00	47,88	0,3
5	Außenfenster	W 90,0°	8,40	1,900	1,00	15,96	0,1
6	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	S 90,0°	94,64	0,250	1,00	23,66	0,2
7	Außenfenster	S 90,0°	18,00	1,900	1,00	34,20	0,2
8	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	O 90,0°	345,17	0,250	1,00	86,29	0,6
9	Außenfenster	O 90,0°	60,20	1,900	1,00	114,38	0,7
10	Kellerdecke -> Kellerdecke, Wärmedämmung von unten, 8cm	0,0°	152,76	0,353	0,70	37,74	0,2
11	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 14cm	N 90,0°	995,08	0,240	1,00	238,82	1,5
12	Außenfenster	N 90,0°	226,80	1,900	1,00	430,92	2,8
13	Außenfenster	N 90,0°	109,48	2,500	1,00	273,70	1,8
14	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 14cm	N 90,0°	360,39	0,241	1,00	86,94	0,6
15	Außenfenster	N 90,0°	47,88	2,500	1,00	119,70	0,8
16	Außenfenster	N 90,0°	30,08	1,900	1,00	57,15	0,4
17	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 14cm	O 90,0°	963,55	0,240	1,00	231,25	1,5
18	Außenfenster	O 90,0°	103,80	1,900	1,00	197,22	1,3
19	Außenfenster	O 90,0°	130,72	2,500	1,00	326,80	2,1
20	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 14cm	O 90,0°	672,31	0,241	1,00	162,19	1,1
21	Außenfenster	O 90,0°	150,45	2,500	1,00	376,13	2,4
22	Außenfenster	O 90,0°	49,28	1,900	1,00	93,63	0,6
23	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 14cm	S 90,0°	639,29	0,241	1,00	154,23	1,0
24	Außenfenster	S 90,0°	92,96	2,500	1,00	232,40	1,5
25	Außenfenster	S 90,0°	76,03	1,900	1,00	144,46	0,9

26	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 14cm	S 90,0°	1105,20	0,240	1,00	265,25	1,7
27	Außenfenster	S 90,0°	163,20	1,900	1,00	310,08	2,0
28	Außenfenster	S 90,0°	183,04	2,500	1,00	457,60	3,0
29	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 14cm	W 90,0°	598,13	0,241	1,00	144,30	0,9
30	Außenfenster	W 90,0°	104,10	2,500	1,00	260,25	1,7
31	Außenfenster	W 90,0°	56,32	1,900	1,00	107,01	0,7
32	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 14cm	W 90,0°	1200,12	0,240	1,00	288,03	1,9
33	Außenfenster	W 90,0°	78,00	1,900	1,00	148,20	1,0
34	Außenfenster	W 90,0°	82,60	2,500	1,00	206,50	1,3
35	OD -> Wärmedämmung von oben, begehbar, 18cm	0,0°	2855,59	0,188	0,90	481,88	3,1
36	Dachfläche -> Aufsparrendämmung von oben (mit Neueindeckung)	N 0,0°	672,93	0,194	1,00	130,24	0,8
37	Kellerdecke -> Kellerdecke, Wärmedämmung von unten, 10cm	0,0°	457,04	0,303	0,70	96,95	0,6
38	Obere Geschoßdecke -> Wärmedämmung von oben, begehbar	0,0°	1297,84	0,188	0,90	219,01	1,4
39	Dachfläche -> Aufsparrendämmung von oben (mit Neueindeckung)	N 0,0°	222,00	0,190	1,00	42,13	0,3
40	S2 -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	W 90,0°	257,45	0,300	1,00	77,24	0,5
41	Außenfenster	W 90,0°	214,80	1,900	1,00	408,12	2,6
42	S2 -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	N 90,0°	347,04	0,300	1,00	104,11	0,7
43	Außenfenster	N 90,0°	186,00	1,900	1,00	353,40	2,3
44	S2 -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	O 90,0°	277,65	0,300	1,00	83,29	0,5
45	Außenfenster	O 90,0°	85,50	1,900	1,00	162,45	1,1
46	S2 -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	S 90,0°	242,84	0,300	1,00	72,85	0,5
47	Außenfenster	S 90,0°	99,00	1,900	1,00	188,10	1,2
48	Dachfläche -> Zwischensparrendämmung von unten und Unten	S 0,0°	687,04	0,188	1,00	129,19	0,8
49	Kellerdecke -> Kellerdecke, Wärmedämmung von unten, 10cm	0,0°	687,04	0,309	0,70	148,40	1,0
ΣA =			18005,59	Σ(F _g * U * A) =		8562,69	

6.1 Beschreibung der Anlagentechnik

Benötigte Heizleistung: 502.321 W

Gebäudezentrale Anlage

Von der Anlagentechnik versorgte BGF: 21173,86 m²

Raumwärme

Wärmeabgabe und -verteilung

Art des Wärmeabgabesystems:	kleinflächige Wärmeabgabe wie Radiator, Einzelraumheizer
Regelung der Wärmeabgabe:	Einzelraumregelung mit Thermostatventilen
Verbrauchsfeststellung:	individuell
Heizkreis-Auslegungstemperatur:	55°/45°C
Leistung der Umwälzpumpe:	1908,3 W (Defaultwert)
Lage der Verteilungen:	im beheizten Bereich
Dämmdicke der Verteilungen:	ungedämmt (Armaturen und Pumpen gedämmt)
Länge der Verteilungen:	820,58 m (Defaultwert)
Außendurchmesser der Verteilungen:	70 mm (Defaultwert)
Lage der Steigleitungen:	im unbeheizten Bereich
Dämmdicke der Steigleitungen:	1/3 Rohrdurchmesser (Armaturen und Pumpen gedämmt)
Länge der Steigleitungen:	1693,91 m (Defaultwert)
Außendurchmesser der Steigleitungen:	40 mm (Defaultwert)
Lage der Anbindeleitungen:	im beheizten Bereich
Dämmdicke der Anbindeleitungen:	1/3 Rohrdurchmesser (Armaturen und Pumpen gedämmt)
Länge der Anbindeleitungen:	11857,36 m (Defaultwert)
Außendurchmesser der Anbindeleitungen:	20 mm (Defaultwert)

Wärmeerzeugung

Art der Wärmeerzeugung:	Heizkessel
Heizkesselart:	Standardkessel
Baujahr:	1985
Lage:	im unbeheizten Bereich
Brennstoff:	Erdgas E
Betriebsweise:	nicht modulierend
Gebläse für Brenner:	Ja
Nennleistung des Kessels:	502,32 kW (Defaultwert)
Wirkungsgrad bei 100% Nennleistung:	0,87 (Defaultwert)
Bereitschaftsverlust bei Prüfbedingungen:	0,008 kW/kW (Defaultwert)
Leistung der Kesselpumpe:	0,00 W (Defaultwert)
Leistung des Brennergebläses:	2511,61 W (Defaultwert)

6.1 Beschreibung der Anlagentechnik (Fortsetzung)

Warmwasser

Warmwasserabgabe

Art der Armaturen:	Zweigriffarmaturen
Art der Verbrauchsfeststellung:	individuell

Warmwasserverteilung

Lage der Verteilungen:	im beheizten Bereich
Dämmdicke der Verteilungen:	ungedämmt (Armaturen und Pumpen gedämmt)
Länge der Verteilungen:	227,21 m (Defaultwert)
Außendurchmesser der Verteilungen:	70 mm (Defaultwert)
Lage der Steigleitungen:	im unbeheizten Bereich
Dämmdicke der Steigleitungen:	1/3 Rohrdurchmesser (Armaturen und Pumpen gedämmt)
Länge der Steigleitungen:	846,95 m (Defaultwert)
Außendurchmesser der Steigleitungen:	55 mm (Defaultwert)
Lage der Anbindeleitungen:	im beheizten Bereich
Dämmdicke der Anbindeleitungen:	1/3 Rohrdurchmesser (Armaturen und Pumpen gedämmt)
Länge der Anbindeleitungen:	3387,82 m (Defaultwert)
Außendurchmesser der Anbindeleitungen:	20 mm (Defaultwert)
Lage der Rücklauf-Verteilungen:	im beheizten Bereich
Dämmdicke der Rücklauf-Verteilungen:	ungedämmt (Armaturen und Pumpen gedämmt)
Länge der Rücklauf-Verteilungen:	226,21 m (Defaultwert)
Außendurchmesser der Rücklauf-Verteilungen:	25 mm (Defaultwert)
Lage der Rücklauf-Steigleitungen:	im unbeheizten Bereich
Dämmdicke der Rücklauf-Steigleitungen:	1/3 Rohrdurchmesser (Armaturen und Pumpen gedämmt)
Länge der Rücklauf-Steigleitungen:	846,95 m (Defaultwert)
Außendurchmesser der Rücklauf-Steigleitungen:	25 mm (Defaultwert)
Laufzeit der Zirkulationspumpe:	24,00 h (Defaultwert)
Leistung der Zirkulationspumpe:	213,33 W (Defaultwert)

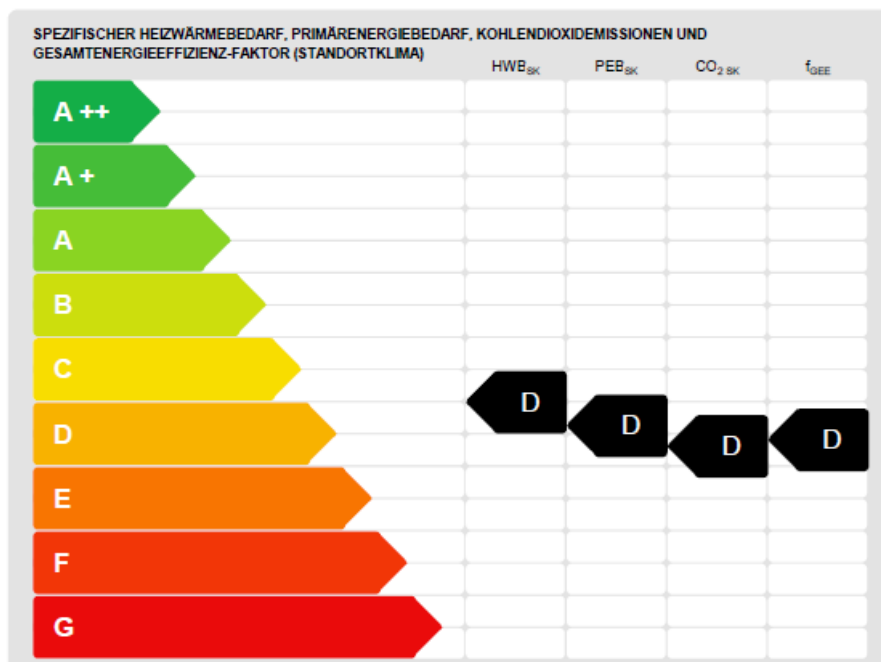
Warmwasserspeicher

Art des Warmwasser-Wärmespeichers:	indirekt beheizter Speicher
Baujahr:	2013
Lage:	im unbeheizten Bereich
Volumen:	29643 l (Defaultwert)
Verlust bei Prüfbedingungen:	12,70 kWh/d (Defaultwert)
Basisanschlüsse gedämmt:	Ja
Zusatzanschlüsse gedämmt:	Ja

Wärmeerzeugung

Warmwasserbereitung ist mit der Raumwärmebereitung kombiniert

Kennzahlen Wohnblock Sonnwendgasse 1100 Wien – GESAMT-UNSANIERT



GEBÄUDEKENNDATEN					
Brutto-Grundfläche	5.812,5 m²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	1,40 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	4.650,0 m²	Heiztage	261 d	Bauweise	schwer
Brutto-Volumen	18.050,3 m³	Heizgradtage	3400 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	4.686,6 m²	Norm-Außentemperatur	-11,4 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	0,26 m ⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK _f -Wert	76,38
charakteristische Länge	3,85 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF					
	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	100,6 kWh/m²a	582.972 kWh/a	100,3 kWh/m²a	41,2 kWh/m²a	nicht erfüllt
WWWB		74.255 kWh/a	12,8 kWh/m²a		
HTEB _{SH}		66.022 kWh/a	11,4 kWh/m²a		
HTEB _{WW}		244.264 kWh/a	42,0 kWh/m²a		
HTEB		318.999 kWh/a	54,9 kWh/m²a		
HEB		980.124 kWh/a	168,6 kWh/m²a		
HHSB		95.470 kWh/a	16,4 kWh/m²a		
EEB		1.075.594 kWh/a	185,0 kWh/m²a	90,0 kWh/m²a	nicht erfüllt
PEB		1.409.510 kWh/a	242,5 kWh/m²a		
PEB _{1,ent}		1.360.544 kWh/a	234,1 kWh/m²a		
PEB _{ent}		48.966 kWh/a	8,4 kWh/m²a		
CO ₂		272.697 kg/a	46,9 kg/m²a		
f _{GEE}	2,18		2,20		

4.1 Gebäudegeometrie - Flächen

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto	Fläche netto	Flächen- anteil
				m²	m²	%
1	Außenwand	O 90,0°	34,4*3,54 (Rechteck) + 34,4*12,16 (Rechteck) + 34,4*3,34 (Rechteck) + 33*2,8 (Rechteck)	747,38	525,46	11,2
2	Außenfenster	O 90,0°	23 * (1,2*1,8) (Rechteck) + 5 * (2,6*2) (Rechteck) + 3 * (1,2*2,3) (Rechteck) + 6 * (2,5*1,8) (Rechteck)	-	110,96	2,4
3	Außenfenster	O 90,0°	23 * (1,2*1,8) (Rechteck) + 5 * (2,6*2) (Rechteck) + 3 * (1,2*2,3) (Rechteck) + 6 * (2,5*1,8) (Rechteck)	-	110,96	2,4
4	Außenwand	NO 90,0°	15,7*3,54 (Rechteck) + 15,7*12,16 (Rechteck) + 15,7*3,34 (Rechteck) + 13,9*2,8 (Rechteck)	337,85	236,45	5,0
5	Außenfenster	NO 90,0°	6 * (2,5*1,8) (Rechteck) + 5 * (1,2*1,8) (Rechteck) + 5 * (1,2*2) (Rechteck)	-	49,80	1,1
6	Außenfenster	NO 90,0°	6 * (2,5*1,8) (Rechteck) + 5 * (1,2*1,8) (Rechteck) + 5 * (1,2*2,3) (Rechteck)	-	51,60	1,1
7	Außenwand	N 90,0°	16,9*19,04 (Rechteck) + 16,1*2,8 (Rechteck)	366,86	261,12	5,6
8	Außenfenster	N 90,0°	7 * (2,5*1,8) (Rechteck) + 5 * (1,2*1,8) (Rechteck) + 8,5*1 (Rechteck)	-	50,80	1,1
9	Außenfenster	N 90,0°	7 * (2,5*1,8) (Rechteck) + 5 * (1,2*1,8) (Rechteck) + 3 * (1,2*1,5) (Rechteck) + 1,2*2,3 (Rechteck)	-	50,46	1,1
10	Außentür	N 90,0°	1,6*2,8 (Rechteck)	-	4,48	0,1
11	Außenwand	SSO 90,0°	25,3*3,54 (Rechteck) + 25,3*12,16 (Rechteck) + 17,1*2,8 (Rechteck) + 17,1*3,34 (Rechteck)	502,20	363,70	7,8
12	Außenfenster	SSO 90,0°	15 * (1,2*2) (Rechteck) + 7 * (1,2*2) (Rechteck) + 4 * (1,3*2,5) (Rechteck)	-	65,80	1,4
13	Außentür	SSO 90,0°	4,5*1 (Rechteck)	-	4,50	0,1
14	Außenfenster	SSO 35,0°	15 * (1,2*2) (Rechteck) + 8 * (1,2*2) (Rechteck) + 4 * (1,3*2,5) (Rechteck)	-	68,20	1,5
15	Dachfläche	SSO 35,0°	63,3*1 (Rechteck)	63,30	58,80	1,3
16	Außenfenster	SSO 35,0°	3 * (1*1,5) (Rechteck)	-	4,50	0,1
17	Außenwand	W 90,0°	27,1*19,04 (Rechteck)	515,98	386,98	8,3
18	Außenfenster	W 90,0°	64,5*1 (Rechteck)	-	64,50	1,4
19	Außenfenster	W 90,0°	64,5*1 (Rechteck)	-	64,50	1,4
20	Außenwand	S 90,0°	12,5*19,04 (Rechteck)	238,00	178,50	3,8
21	Außenfenster	S 90,0°	29,75*1 (Rechteck)	-	29,75	0,6

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto	Fläche netto	Flächen- anteil
				m²	m²	%
22	Außenfenster	S 90,0°	29,75*1 (Rechteck)	-	29,75	0,6
23	Außenwand	N 90,0°	6,6*19,04 (Rechteck) + 7*15,7 (Rechteck)	235,56	176,67	3,8
24	Außenfenster	N 90,0°	29,445*1 (Rechteck)	-	29,45	0,6
25	Außenfenster	N 90,0°	29,445*1 (Rechteck)	-	29,45	0,6
26	Dachfläche	S 45,0°	12,7*3,8 (Rechteck)	48,26	43,76	0,9
27	Außenfenster	S 45,0°	3 * (1*1,5) (Rechteck)	-	4,50	0,1
28	Dachfläche	W 45,0°	27*3,8 (Rechteck)	102,60	98,10	2,1
29	Außenfenster	W 45,0°	3 * (1*1,5) (Rechteck)	-	4,50	0,1
30	Dachfläche	N 45,0°	13,6*3,8 (Rechteck)	51,68	48,68	1,0
31	Außenfenster	N 45,0°	2 * (1*1,5) (Rechteck)	-	3,00	0,1
32	Flachdach	N 0,0°	94*1 (Rechteck)	94,00	94,00	2,0
33	Obere Geschossdecke	0,0°	521,6*1 (Rechteck)	521,60	521,60	11,1
34	Kellerdecke	0,0°	861,3*1 (Rechteck)	861,30	861,30	18,4

4.2 Gebäudegeometrie - Brutto-Grundfläche

Nr.	Bezeichnung	Berechnung	Fläche brutto m²	Flächen- anteil %
1	Rechteck	5 * (861,3*1)	4306,50	74,1
2	Rechteck	761,3*1	761,30	13,1
3	Rechteck	744,7*1	744,70	12,8

4.3 Gebäudegeometrie - Volumen

Nr.	Bezeichnung	Berechnung	Volumen brutto m³	Volumen- anteil %
1	Quader	861,3*3,54*1	3049,00	16,9
2	Quader	861,3*12,16*1	10473,41	58,0
3	Quader	761,3*3,34*1	2542,74	14,1
4	Quader	744,7*2,8*1	2085,16	11,6
5	Quader	-100*1*1	-100,00	-0,6

4.4 Gebäudegeometrie - Zusammenfassung

Gebäudehüllfläche : 4686,57 m²
 Gebäudevolumen : 18050,31 m³
 Beheiztes Luftvolumen : 12090,00 m³
 Bruttogrundfläche (BGF) : 5812,50 m²
 Kompaktheit : 0,26 1/m

5.1 spezifische Transmissionswärmeverluste der Heizperiode

Nr.	Bauteil	Orientierung Neigung	Fläche A m²	U-Wert W/(m²K)	Faktor F _s	F _s * U * A	
						W/K	%
1	Außenwand	O 90,0°	525,46	1,300	1,00	683,09	7,9
2	Außenfenster	O 90,0°	110,96	2,500	1,00	277,40	3,2
3	Außenfenster	O 90,0°	110,96	1,900	1,00	210,82	2,4
4	Außenwand	NO 90,0°	236,45	1,300	1,00	307,38	3,6
5	Außenfenster	NO 90,0°	49,80	1,900	1,00	94,62	1,1
6	Außenfenster	NO 90,0°	51,60	2,500	1,00	129,00	1,5
7	Außenwand	N 90,0°	261,12	1,300	1,00	339,45	3,9
8	Außenfenster	N 90,0°	50,80	1,900	1,00	96,52	1,1
9	Außenfenster	N 90,0°	50,46	2,500	1,00	126,15	1,5
10	Außentür	N 90,0°	4,48	2,500	1,00	11,20	0,1
11	Außenwand	SSO 90,0°	363,70	1,300	1,00	472,82	5,5
12	Außenfenster	SSO 90,0°	65,80	2,500	1,00	164,50	1,9
13	Außentür	SSO 90,0°	4,50	2,500	1,00	11,25	0,1
14	Außenfenster	SSO 35,0°	68,20	1,900	1,00	129,58	1,5
15	Dachfläche	SSO 35,0°	58,80	1,300 ²⁾	1,00	76,44	0,9
16	Außenfenster	SSO 35,0°	4,50	2,500	1,00	11,25	0,1
17	Außenwand	W 90,0°	386,98	1,300	1,00	503,08	5,8
18	Außenfenster	W 90,0°	64,50	2,500	1,00	161,25	1,9
19	Außenfenster	W 90,0°	64,50	1,900	1,00	122,55	1,4
20	Außenwand	S 90,0°	178,50	1,300	1,00	232,05	2,7
21	Außenfenster	S 90,0°	29,75	2,500	1,00	74,38	0,9
22	Außenfenster	S 90,0°	29,75	1,900	1,00	56,53	0,7
23	Außenwand	N 90,0°	176,67	1,300	1,00	229,68	2,7
24	Außenfenster	N 90,0°	29,45	2,500	1,00	73,61	0,9
25	Außenfenster	N 90,0°	29,45	1,900	1,00	55,95	0,6
26	Dachfläche	S 45,0°	43,76	1,300 ²⁾	1,00	56,89	0,7
27	Außenfenster	S 45,0°	4,50	2,500	1,00	11,25	0,1
28	Dachfläche	W 45,0°	98,10	1,300 ²⁾	1,00	127,53	1,5
29	Außenfenster	W 45,0°	4,50	2,500	1,00	11,25	0,1
30	Dachfläche	N 45,0°	48,68	1,300 ²⁾	1,00	63,28	0,7
31	Außenfenster	N 45,0°	3,00	2,500	1,00	7,50	0,1
32	Flachdach	N 0,0°	94,00	1,300 ²⁾	1,00	122,20	1,4
33	Obere Geschüßdecke	0,0°	521,60	1,350	0,90	633,74	7,3
34	Kellerdecke	0,0°	861,30	1,100	0,70	663,20	7,7
ΣA =			4686,57	Σ(F _s * U * A) =		6347,39	

²⁾ Default U-Wert für Bauteile 1990 und Typologie Österreich entsprechend dem "Leitfaden energieeffizientes Verhalten von Gebäuden" zur GIB-Richtlinie 6 von 2011.

Kennzahlen Wohnblock Stuerwerstraße/Ausstellungsstraße: Ausstellungsstraße 1– UNSANIERT

GEBÄUDEKENNDATEN					
Brutto-Grundfläche	1.927,4 m²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	1,50 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	1.542,0 m²	Heiztage	278 d	Bauweise	schwer
Brutto-Volumen	8.159,5 m³	Heizgradtage	3400 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	2.027,5 m²	Norm-Außentemperatur	-11,4 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	0,25 m⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK _T -Wert	79,11
charakteristische Länge	4,02 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF					
	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	141,3 kWh/m²a	272.074 kWh/a	141,2 kWh/m²a		
WWWB		24.623 kWh/a	12,8 kWh/m²a		
HTEB _{HH}		29.013 kWh/a	15,1 kWh/m²a		
HTEB _{WW}		91.056 kWh/a	47,2 kWh/m²a		
HTEB		123.778 kWh/a	64,2 kWh/m²a		
HEB		421.713 kWh/a	218,8 kWh/m²a		
HHSB		31.658 kWh/a	16,4 kWh/m²a		
EEB		453.371 kWh/a	235,2 kWh/m²a		
PEB		581.728 kWh/a	301,8 kWh/m²a		
PEB _{1,em}		565.105 kWh/a	293,2 kWh/m²a		
PEB _{em}		16.623 kWh/a	8,6 kWh/m²a		
CO ₂		113.397 kg/a	58,8 kg/m²a		
f _{GEE}	2,80		2,81		

4.1 Gebäudegeometrie - Flächen

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Flächen- anteil %
1	Außenwand	S 90,0°	31,86°12,7 (Rechteck)	404,62	319,98	15,8
2	Außenfenster	S 90,0°	20° (1°2,2) (Rechteck) + 4° (1,8°2,2) (Rechteck) + 6° (1,4°2) (Rechteck) + 8° (0,5°2) (Rechteck)	-	84,64	4,2
3	Außenwand	W 90,0°	30,3°12,7 (Rechteck)	384,81	307,17	15,1
4	Außenfenster	W 90,0°	15° (1°2,2) (Rechteck) + 4° (1,8°2,2) (Rechteck) + 6° (1,4°2) (Rechteck) + 2° (1°2) (Rechteck) + 8° (0,5°2) (Rechteck)	-	77,64	3,8
5	Außenwand	O 90,0°	17,2°12,7 (Rechteck)	218,44	178,24	8,8
6	Außenfenster	O 90,0°	18° (1°2) (Rechteck) + 3° (0,7°2) (Rechteck)	-	40,20	2,0
7	Außenwand	N 90,0°	18,6°12,7 (Rechteck)	236,22	206,34	10,2
8	Außenfenster	N 90,0°	3° (2,5°2) (Rechteck) + 3° (1,4°2) (Rechteck) + 6° (0,6°1,8) (Rechteck)	-	29,88	1,5
9	Außenwand	W 90,0°	5,55°12,7 (Rechteck)	70,49	70,49	3,5
10	Außenwand	O 90,0°	5,55°12,7 (Rechteck)	70,49	58,49	2,9
11	Außenfenster	O 90,0°	6° (1°2) (Rechteck)	-	12,00	0,6
12	Flachdach	O 0,0°	6,7°12 (Rechteck)	80,40	80,40	4,0
13	Obere Geschoßdecke	0,0°	642,48°1 (Rechteck) + -80,4°1 (Rechteck)	562,08	562,08	27,7

4.4 Gebäudegeometrie - Zusammenfassung

Gebäudehüllfläche :	2027,54 m²
Gebäudevolumen :	8159,50 m³
Beheiztes Luftvolumen :	4009,08 m³
Bruttogrundfläche (BGF) :	1927,44 m²
Kompaktheit :	0,25 1/m
Fensterfläche :	244,36 m²
	0,25 1/m
Charakteristische Länge (l _j) :	4,02 m
Bauweise :	schwere Bauweise

5. Jahres-Heizwärmebedarfsberechnung

5.1 spezifische Transmissionswärmeverluste der Heizperiode

Nr.	Bauteil	Orientierung Neigung	Fläche A m²	U _t -Wert W/(m²K)	Faktor F _s	F _s * U * A	
						W/K	%
1	Außenwand	S 90,0°	319,98	1,500	1,00	479,97	12,7
2	Außenfenster	S 90,0°	84,64	2,500	1,00	211,60	5,6
3	Außenwand	W 90,0°	307,17	1,500	1,00	460,76	12,2
4	Außenfenster	W 90,0°	77,64	2,500	1,00	194,10	5,2
5	Außenwand	O 90,0°	178,24	1,500	1,00	267,36	7,1
6	Außenfenster	O 90,0°	40,20	1,900	1,00	76,38	2,0
7	Außenwand	N 90,0°	206,34	1,500	1,00	309,51	8,2
8	Außenfenster	N 90,0°	29,88	1,900	1,00	56,77	1,5
9	Außenwand	W 90,0°	70,49	1,500	1,00	105,73	2,8
10	Außenwand	O 90,0°	58,49	1,500	1,00	87,73	2,3
11	Außenfenster	O 90,0°	12,00	1,900	1,00	22,80	0,6
12	Flachdach	O 0,0°	80,40	0,600	1,00	48,24	1,3
13	Obere Geschoßdecke	O 0,0°	562,08	1,200	0,90	607,05	16,1
ΣA =			2027,54	Σ(F _s * U * A) =		2927,99	

Leitwärmeeinsparung Wärmebrücken L _y + L _z (nach ÖNORM B 8110-6, Abschnitt 5.3.2)	L _y + L _z = 292,80 W/K	7,8 %
---	--	-------

Bild 1 : Diagrammdarstellung der spezifischen Wärmeverluste

1 Außenwand	45,4 %
2 Außenfenster	10,8 %
3 Außenfenster	4,1 %
4 Flachdach	1,3 %
5 Obere Geschoßdecke	16,1 %
Wärmebrückenzuschlag	7,8 %
Lüftungswärmeverluste	14,5 %

Kennzahlen Wohnblock Stuererstraße/Ausstellungsstraße: Ausstellungsstraße 5 – UNSANIERT

GEBÄUDEKENNDATEN					
Brutto-Grundfläche	1.476,9 m²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	1,62 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	1.181,5 m²	Heiztage	279 d	Bauweise	schwer
Brutto-Volumen	6.104,5 m³	Heizgradtage	3400 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	1.514,1 m²	Norm-Außentemperatur	-11,4 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	0,25 m ⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK ₁ -Wert	80,50
charakteristische Länge	4,03 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF					
	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	141,1 kWh/m²a	208.209 kWh/a	141,0 kWh/m²a		
WWWB		18.867 kWh/a	12,8 kWh/m²a		
HTEB _{tot}		21.520 kWh/a	14,6 kWh/m²a		
HTEB _{WW}		72.982 kWh/a	49,4 kWh/m²a		
HTEB		97.478 kWh/a	66,0 kWh/m²a		
HEB		325.031 kWh/a	220,1 kWh/m²a		
HHSB		24.258 kWh/a	16,4 kWh/m²a		
EEB		349.289 kWh/a	236,5 kWh/m²a		
PEB		448.158 kWh/a	303,4 kWh/m²a		
PEB _{el,an}		435.358 kWh/a	294,8 kWh/m²a		
PEB _{el,an}		12.800 kWh/a	8,7 kWh/m²a		
CO ₂		87.362 kg/a	59,2 kg/m²a		
f _{GEE}	2,82	2,83			

4.1 Gebäudegeometrie - Flächen

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Flächen- anteil %
1	Außenwand	S 90,0°	19,1*12,4 (Rechteck) + 4*12,4 (Rechteck)	286,44	236,04	15,6
2	Außenfenster	S 90,0°	24 * (1,05*2) (Rechteck)	-	50,40	3,3
3	Außenwand	N 90,0°	12,5*12,4 (Rechteck)	155,00	129,98	8,6
4	Außenfenster	N 90,0°	12 * (0,95*1,8) (Rechteck) + 9 * (0,5*1) (Rechteck)	-	25,02	1,7
5	Außenwand	O 90,0°	18,4*12,4 (Rechteck)	228,16	180,16	11,9
6	Außenfenster	O 90,0°	24 * (1*2) (Rechteck)	-	48,00	3,2
7	Außenwand	O 90,0°	5*12,4 (Rechteck)	62,00	55,25	3,6
8	Außenfenster	O 90,0°	3 * (1*2) (Rechteck) + 3 * (0,5*0,5) (Rechteck)	-	6,75	0,4
9	Außenwand	W 90,0°	18,4*12,4 (Rechteck)	228,16	186,16	12,3
10	Außenfenster	W 90,0°	21 * (1*2) (Rechteck)	-	42,00	2,8
11	Außenwand	W 90,0°	5*12,4 (Rechteck)	62,00	52,10	3,4
12	Außenfenster	W 90,0°	3 * (1,5*2,2) (Rechteck)	-	9,90	0,7
13	Dachfläche	W 0,0°	222*1 (Rechteck)	222,00	222,00	14,7
14	Obere Geschoßdecke	0,0°	270,3*1 (Rechteck)	270,30	270,30	17,9

4.2 Gebäudegeometrie - Brutto-Grundfläche

Nr.	Bezeichnung	Berechnung	Fläche brutto m²	Flächen- anteil %
1	Rechteck	3 * (492,3*1)	1476,90	100,0

4.3 Gebäudegeometrie - Volumen

Nr.	Bezeichnung	Berechnung	Volumen brutto m³	Volumen- anteil %
1	Quader	492,3*12,4*1	6104,52	100,0

4.4 Gebäudegeometrie - Zusammenfassung

Gebäudehüllfläche :	1514,06 m²
Gebäudevolumen :	6104,52 m³
Beheiztes Luftvolumen :	3071,95 m³
Bruttogrundfläche (BGF) :	1476,90 m²
Kompaktheit :	0,25 1/m

**Kennzahlen Wohnblock Stuerstraße/Ausstellungsstraße:
Ausstellungsstraße 7 – UNSANIERT**

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	1.413,3 m²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	1,57 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	1.130,6 m²	Heiztage	278 d	Bauweise	schwer
Brutto-Volumen	5.841,6 m³	Heizgradtage	3400 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	1.501,3 m²	Norm-Außentemperatur	-11,4 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	0,26 m⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK _f -Wert	80,17
charakteristische Länge	3,89 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	140,9 kWh/m²a	199.010 kWh/a	140,8 kWh/m²a		
WWWB		18.055 kWh/a	12,8 kWh/m²a		
HTEB _{RH}		20.711 kWh/a	14,7 kWh/m²a		
HTEB _{WW}		70.431 kWh/a	49,8 kWh/m²a		
HTEB		94.008 kWh/a	66,5 kWh/m²a		
HEB		311.667 kWh/a	220,5 kWh/m²a		
HHSB		23.213 kWh/a	16,4 kWh/m²a		
EEB		334.881 kWh/a	236,9 kWh/m²a		
PEB		429.626 kWh/a	304,0 kWh/m²a		
PEB _{h,em}		417.368 kWh/a	295,3 kWh/m²a		
PEB _{en}		12.257 kWh/a	8,7 kWh/m²a		
CO ₂		83.752 kg/a	59,3 kg/m²a		
f _{OEE}	2,80		2,82		

4.1 Gebäudegeometrie - Flächen

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Flächen- anteil %
1	Außenwand	S 90,0°	19'12,4 (Rechteck) + 4,45'12,4 (Rechteck)	290,78	235,58	15,7
2	Außenfenster	S 90,0°	18' (1,2'2) (Rechteck) + 12' (0,5'2) (Rechteck)	-	55,20	3,7
3	Außenwand	N 90,0°	12'12,4 (Rechteck)	146,80	118,80	7,9
4	Außenfenster	N 90,0°	15' (1'2) (Rechteck)	-	30,00	2,0
5	Außenwand	O 90,0°	23,17'12,4 (Rechteck)	287,31	240,99	16,1
6	Außenfenster	O 90,0°	21' (2'1) (Rechteck) + 3' (0,8'1,8) (Rechteck)	-	46,32	3,1
7	Außenwand	W 90,0°	23,17'12,4 (Rechteck)	287,31	230,31	15,3
8	Außenfenster	W 90,0°	24' (2'1) (Rechteck) + 3' (1,5'2) (Rechteck)	-	57,00	3,8
9	Flachdach	W 0,0°	202,39'1 (Rechteck)	202,39	202,39	13,5
10	Obere Geschoßdecke	0,0°	268,7'1 (Rechteck)	268,70	268,70	17,9
11	Außenwand	O 90,0°	1'8 (Rechteck)	8,00	6,40	0,4
12	Außenfenster	O 90,0°	2' (0,4'2) (Rechteck)	-	1,60	0,1
13	Außenwand	W 90,0°	1'8 (Rechteck)	8,00	6,40	0,4
14	Außenfenster	W 90,0°	2' (0,4'2) (Rechteck)	-	1,60	0,1

4.4 Gebäudegeometrie - Zusammenfassung

Gebäudehüllfläche :	1501,29 m²
Gebäudevolumen :	5841,64 m³
Beheiztes Luftvolumen :	2939,66 m³
Bruttogrundfläche (BGF) :	1413,30 m²
Kompaktheit :	0,26 1/m
Fensterfläche :	191,72 m²
	0,26 1/m
Charakteristische Länge (l_0) :	3,89 m
Bauweise :	schwere Bauweise

5. Jahres-Heizwärmebedarfsberechnung

5.1 spezifische Transmissionswärmeverluste der Heizperiode

Nr.	Bauteil	Orientierung Neigung	Fläche A m²	U _f -Wert W/(m²K)	Faktor F _x	F _x * U * A	
						W/K	%
1	Außenwand	S 90,0°	235,58	1,500	1,00	353,37	12,8
2	Außenfenster	S 90,0°	55,20	2,500	1,00	138,00	5,0
3	Außenwand	N 90,0°	118,80	1,500	1,00	178,20	6,4
4	Außenfenster	N 90,0°	30,00	2,500	1,00	75,00	2,7
5	Außenwand	O 90,0°	240,99	1,500	1,00	361,48	13,1
6	Außenfenster	O 90,0°	46,32	2,500	1,00	115,80	4,2
7	Außenwand	W 90,0°	230,31	1,500	1,00	345,46	12,5
8	Außenfenster	W 90,0°	57,00	2,500	1,00	142,50	5,2
9	Flachdach	W 0,0°	202,39	0,600	1,00	121,43	4,4
10	Obere Geschoßdecke	0,0°	268,70	1,200	0,90	290,20	10,5
11	Außenwand	O 90,0°	6,40	1,500	1,00	9,60	0,3
12	Außenfenster	O 90,0°	1,60	2,500	1,00	4,00	0,1
13	Außenwand	W 90,0°	6,40	1,500	1,00	9,60	0,3
14	Außenfenster	W 90,0°	1,60	2,500	1,00	4,00	0,1
ΣA =			1501,29	Σ(F _x * U * A) =		2148,64	

Leitwertzuschlag Wärmebrücken L _ψ + L _χ (nach ÖNORM B 8110-5, Abschnitt 5.3.2)	L _ψ + L _χ = 214,86 W/K	7,8 %
--	--	-------

Bild 1 : Diagrammdarstellung der spezifischen Wärmeverluste

1 Außenwand	45,5 %
2 Außenfenster	17,3 %
3 Flachdach	4,4 %
4 Obere Geschoßdecke	10,5 %
Wärmebrückenzuschlag	7,8 %
Lüftungswärmeverluste	14,5 %

Kennzahlen Wohnblock Stüwerstraße/Ausstellungsstraße: Ausstellungsstraße 9– UNSANIERT

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	1.579,1 m²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	1,55 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	1.263,2 m²	Heiztage	286 d	Bauweise	schwer
Brutto-Volumen	6.053,0 m³	Heizgradtage	3400 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	1.632,7 m²	Norm-Außentemperatur	-11,4 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	0,27 m⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK _T -Wert	81,45
charakteristische Länge	3,71 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	137,4 kWh/m²a	217.171 kWh/a	137,5 kWh/m²a		
WWWB		20.172 kWh/a	12,8 kWh/m²a		
HTEB _{th}		22.736 kWh/a	14,4 kWh/m²a		
HTEB _{ww}		76.875 kWh/a	48,7 kWh/m²a		
HEB		102.748 kWh/a	65,1 kWh/m²a		
HEB		340.791 kWh/a	215,8 kWh/m²a		
HHSB		25.936 kWh/a	16,4 kWh/m²a		
EEB		366.727 kWh/a	232,2 kWh/m²a		
PEB		471.226 kWh/a	298,4 kWh/m²a		
PEB _{h,em}		457.561 kWh/a	289,8 kWh/m²a		
PEB _{em}		13.664 kWh/a	8,7 kWh/m²a		
CO ₂		91.810 kg/a	58,1 kg/m²a		
f _{GEE}	2,72	2,73			

4.1 Gebäudegeometrie - Flächen

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto	Fläche netto	Flächen- anteil
				m²	m²	%
1	Außenwand	S 90,0°	19°11,5 (Rechteck)	218,50	170,50	10,4
2	Außenfenster	S 90,0°	24 ° (1'2) (Rechteck)	-	48,00	2,9
3	Außenwand	W 90,0°	17,1°11,5 (Rechteck)	196,65	190,65	11,7
4	Außenfenster	W 90,0°	3 ° (1'2) (Rechteck)	-	6,00	0,4
5	Außenwand	N 90,0°	19°11,5 (Rechteck)	218,50	170,50	10,4
6	Außenfenster	N 90,0°	24 ° (1'2) (Rechteck)	-	48,00	2,9
7	Außenwand	O 90,0°	17,1°11,5 (Rechteck)	196,65	184,65	11,3
8	Außenfenster	O 90,0°	6 ° (1'2) (Rechteck)	-	12,00	0,7
9	Außenwand	S 90,0°	12°11,5 (Rechteck)	138,00	102,00	6,2
10	Außenfenster	S 90,0°	18 ° (1'2) (Rechteck)	-	36,00	2,2
11	Außenwand	N 90,0°	12°11,5 (Rechteck)	138,00	108,00	6,6
12	Außenfenster	N 90,0°	15 ° (1'2) (Rechteck)	-	30,00	1,8
13	Obere Geschosdecke	0,0°	526,35°1 (Rechteck)	526,35	526,35	32,2

4.4 Gebäudegeometrie - Zusammenfassung

Gebäudehüllfläche :	1632,65 m²
Gebäudevolumen :	6053,03 m³
Beheiztes Luftvolumen :	3284,42 m³
Bruttogrundfläche (BGF) :	1579,05 m²
Kompaktheit :	0,27 1/m

5.1 spezifische Transmissionswärmeverluste der Heizperiode

Nr.	Bauteil	Orientierung Neigung	Fläche A m²	U-Wert W/(m²K)	Faktor F _s	F _s · U · A	
						W/K	%
1	Außenwand	S 90,0°	170,50	1,500	1,00	255,75	8,6
2	Außenfenster	S 90,0°	48,00	1,900	1,00	91,20	3,1
3	Außenwand	W 90,0°	190,65	1,500	1,00	285,98	9,6
4	Außenfenster	W 90,0°	6,00	1,900	1,00	11,40	0,4
5	Außenwand	N 90,0°	170,50	1,500	1,00	255,75	8,6
6	Außenfenster	N 90,0°	48,00	1,900	1,00	91,20	3,1
7	Außenwand	O 90,0°	184,65	1,500	1,00	276,98	9,3
8	Außenfenster	O 90,0°	12,00	1,900	1,00	22,80	0,8
9	Außenwand	S 90,0°	102,00	1,500	1,00	153,00	5,1
10	Außenfenster	S 90,0°	36,00	1,900	1,00	68,40	2,3
11	Außenwand	N 90,0°	108,00	1,500	1,00	162,00	5,4
12	Außenfenster	N 90,0°	30,00	1,900	1,00	57,00	1,9
13	Obere Geschloßdecke	0,0°	526,35	1,200	0,90	568,46	19,1
ΣA =			1632,65	Σ(F_s · U · A) =		2299,91	

Leitwertzuschlag Wärmebrücken L _ψ + L _χ (nach ÖNORM B 8110-5, Abschnitt 5.3.2)	L _ψ + L _χ = 229,99 W/K	7,7 %
--	--	-------

Bild 1 : Diagrammdarstellung der spezifischen Wärmeverluste

1 Außenwand	46,7 %
2 Außenfenster	11,5 %
3 Obere Geschloßdecke	19,1 %
Wärmebrückenzuschlag	7,7 %
Lüftungswärmeverluste	15,0 %

5.2 Lüftungsverluste

Lüftungswärmeverluste	n = 0,40 h ⁻¹	446,68 W/K	15,0 %
-----------------------	--------------------------	------------	--------

Kennzahlen Wohnblock Stuererstraße/Ausstellungsstraße: Ausstellungsstraße 11– UNSANIERT

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	1.711,5 m²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	1,51 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	1.369,2 m²	Heiztage	270 d	Bauweise	schwer
Brutto-Volumen	6.560,8 m³	Heizgradtage	3400 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	1.644,6 m²	Norm-Außentemperatur	-11,4 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	0,25 m ⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK ₁ -Wert	75,47
charakteristische Länge	3,99 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	122,3 kWh/m²a	208.937 kWh/a	122,1 kWh/m²a		
WWWB		21.865 kWh/a	12,8 kWh/m²a		
HTEB _{RH}		21.505 kWh/a	12,6 kWh/m²a		
HTEB _{WW}		82.305 kWh/a	48,1 kWh/m²a		
HTEB		106.987 kWh/a	62,5 kWh/m²a		
HEB		338.667 kWh/a	197,9 kWh/m²a		
HHSB		28.112 kWh/a	16,4 kWh/m²a		
EES		366.779 kWh/a	214,3 kWh/m²a		
PEB		474.500 kWh/a	277,2 kWh/m²a		
PEB _{h,em}		459.794 kWh/a	268,6 kWh/m²a		
PEB _{em}		14.705 kWh/a	8,6 kWh/m²a		
CO ₂		92.223 kg/a	53,9 kg/m²a		
f _{GEE}	2,55		2,56		

4.1 Gebäudegeometrie - Flächen

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Flächen- anteil %
1	Außenwand	S 90,0°	20,3*11,5 (Rechteck)	233,45	195,75	11,9
2	Außenfenster	S 90,0°	6 * (2,1*1) (Rechteck) + 6 * (1,9*1) (Rechteck) + 6 * (1,8*1) (Rechteck) + 1*2,9 (Rechteck)	-	37,70	2,3
3	Außenwand	O 90,0°	35,1*11,5 (Rechteck)	403,65	307,95	18,7
4	Außenfenster	O 90,0°	30 * (1*2) (Rechteck) + 6 * (0,8*2) (Rechteck) + 9 * (1*2,9) (Rechteck)	-	95,70	5,8
5	Außenwand	W 90,0°	21,9*11,5 (Rechteck)	251,85	199,65	12,1
6	Außenfenster	W 90,0°	18 * (1*2) (Rechteck) + 3 * (2,7*2) (Rechteck)	-	52,20	3,2
7	Außenwand	N 90,0°	7,5*11,5 (Rechteck) + 4,3*11,5 (Rechteck)	135,70	112,84	6,9
8	Außenfenster	N 90,0°	9 * (1*2) (Rechteck) + 3 * (0,9*1,8) (Rechteck)	-	22,86	1,4
9	Außenwand	S 90,0°	4,3*11,5 (Rechteck)	49,45	44,59	2,7
10	Außenfenster	S 90,0°	3 * (0,9*1,8) (Rechteck)	-	4,86	0,3
11	Obere Geschoßdecke	0,0°	570,5*1 (Rechteck)	570,50	570,50	34,7

4.4 Gebäudegeometrie - Zusammenfassung

Gebäudehüllfläche :	1644,60 m²
Gebäudevolumen :	6560,75 m³
Beheiztes Luftvolumen :	3559,99 m³
Bruttogrundfläche (BGF) :	1711,54 m²
Kompaktheit :	0,25 1/m
Fensterfläche :	213,32 m²
	0,25 1/m
Charakteristische Länge (l ₀) :	3,99 m
Bauweise :	schwere Bauweise

5. Jahres-Heizwärmebedarfsberechnung

5.1 spezifische Transmissionswärmeverluste der Heizperiode

Nr.	Bauteil	Orientierung Neigung	Fläche A m²	U _f -Wert W/(m²K)	Faktor F _s	F _s * U * A	
						W/K	%
1	Außenwand	S 90,0°	195,75	1,550 ²⁾	1,00	303,41	10,2
2	Außenfenster	S 90,0°	37,70	2,500	1,00	94,25	3,2
3	Außenwand	O 90,0°	307,95	1,550 ²⁾	1,00	477,32	16,1
4	Außenfenster	O 90,0°	95,70	2,500	1,00	239,25	8,1
5	Außenwand	W 90,0°	199,65	1,550 ²⁾	1,00	309,46	10,4
6	Außenfenster	W 90,0°	52,20	2,500	1,00	130,50	4,4
7	Außenwand	N 90,0°	112,84	1,550 ²⁾	1,00	174,90	5,9
8	Außenfenster	N 90,0°	22,86	2,500	1,00	57,15	1,9
9	Außenwand	S 90,0°	44,59	1,550 ²⁾	1,00	69,11	2,3
10	Außenfenster	S 90,0°	4,86	2,500	1,00	12,15	0,4
11	Obere Geschoßdecke	0,0°	570,50	0,750 ²⁾	0,90	385,09	13,0
ΣA =			1644,60	Σ(F _s * U * A) =		2252,60	

²⁾ Default U-Wert für Baujahr 1990 und Typologie Österreich entsprechend dem "Leitfaden energetisches Verhalten von Gebäuden" zur OIB-Richtlinie 5 von 2011.

Leitwertzuschlag Wärmebrücken L _ψ + L _χ (nach ÖNORM B 8110-6, Abschnitt 5.3.2)	L _ψ + L _χ = 225,26 W/K	7,6 %
--	--	-------

Bild 1 : Diagrammdarstellung der spezifischen Wärmeverluste

1 Außenwand	45,0 %
2 Außenfenster	18,0 %
3 Obere Geschoßdecke	13,0 %
Wärmebrückenzuschlag	7,6 %
Lüftungswärmeverluste	16,3 %

Kennzahlen Wohnblock Stuerstraße/Ausstellungsstraße: Stuerstraße 4– UNSANIERT

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	1.088,1 m²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	1,55 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	870,5 m²	Heiztage	277 d	Bauweise	schwer
Brutto-Volumen	4.279,9 m³	Heizgradtage	3400 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	1.094,3 m²	Norm-Außentemperatur	-11,4 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	0,26 m⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK ₁ -Wert	78,58
charakteristische Länge	3,91 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	132,5 kWh/m²a	144.112 kWh/a	132,4 kWh/m²a		
WWWB		13.900 kWh/a	12,8 kWh/m²a		
HTEB _{tot}		11.843 kWh/a	10,9 kWh/m²a		
HTEB _{WW}		56.010 kWh/a	51,5 kWh/m²a		
HTEB		70.155 kWh/a	64,5 kWh/m²a		
HEB		228.563 kWh/a	210,1 kWh/m²a		
HHSB		17.872 kWh/a	16,4 kWh/m²a		
EEB		246.435 kWh/a	226,5 kWh/m²a		
PEB		317.582 kWh/a	291,9 kWh/m²a		
PEB _{h,em}		308.100 kWh/a	283,2 kWh/m²a		
PEB _{em}		9.482 kWh/a	8,7 kWh/m²a		
CO ₂		61.810 kg/a	56,8 kg/m²a		
f _{OEE}	2,68		2,69		

4.1 Gebäudegeometrie - Flächen

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Flächen- anteil %
1	Außenwand	N 90,0°	18,9*11,8 (Rechteck)	223,02	173,42	15,8
2	Außenfenster	N 90,0°	8 * (1*2,2) (Rechteck) + 16 * (1*2) (Rechteck)	-	49,60	4,5
3	Außenwand	O 90,0°	13,3*11,8 (Rechteck)	156,94	126,34	11,5
4	Außenfenster	O 90,0°	3 * (1*2,2) (Rechteck) + 8 * (1*2) (Rechteck) + 4 * (1*2) (Rechteck)	-	30,60	2,8
5	Außenwand	W 90,0°	13,3*11,8 (Rechteck)	156,94	132,94	12,1
6	Außenfenster	W 90,0°	12 * (1*2) (Rechteck)	-	24,00	2,2
7	Außenwand	S 90,0°	14,9*11,8 (Rechteck)	175,82	139,82	12,8
8	Außenfenster	S 90,0°	18 * (1*2) (Rechteck)	-	36,00	3,3
9	Außenwand	S 90,0°	1,6*11,8 (Rechteck)	18,88	18,88	1,7
10	Flachdach	S 0,0°	10,4*1 (Rechteck)	10,40	10,40	1,0
11	Obere Geschosßdecke	0,0°	352,3*1 (Rechteck)	352,30	352,30	32,2

4.4 Gebäudegeometrie - Zusammenfassung

Gebäudehüllfläche :	1094,30 m²
Gebäudevolumen :	4279,86 m³
Beheiztes Luftvolumen :	2263,25 m³
Bruttogrundfläche (BGF) :	1088,10 m²
Kompaktheit :	0,26 1/m
Fensterfläche :	140,20 m²
	0,26 1/m
Charakteristische Länge (l _f) :	3,91 m
Bauweise :	schwere Bauweise

5.1 spezifische Transmissionswärmeverluste der Heizperiode

Nr.	Bauteil	Orientierung Neigung	Fläche A m²	U-Wert W/(m²K)	Faktor F _s	F _s · U · A	
						W/K	%
1	Außenwand	N 90,0°	173,42	1,500	1,00	260,13	13,0
2	Außenfenster	N 90,0°	49,60	1,900	1,00	94,24	4,7
3	Außenwand	O 90,0°	126,34	1,500	1,00	189,51	9,5
4	Außenfenster	O 90,0°	30,60	1,900	1,00	58,14	2,9
5	Außenwand	W 90,0°	132,94	1,500	1,00	199,41	10,0
6	Außenfenster	W 90,0°	24,00	1,900	1,00	45,60	2,3
7	Außenwand	S 90,0°	139,82	1,500	1,00	209,73	10,5
8	Außenfenster	S 90,0°	36,00	1,900	1,00	68,40	3,4
9	Außenwand	S 90,0°	18,88	1,500	1,00	28,32	1,4
10	Flachdach	S 0,0°	10,40	0,600	1,00	6,24	0,3
11	Obere Geschoßdecke	0,0°	352,30	1,200	0,90	380,48	19,0
ΣA =			1094,30	Σ(F _s · U · A) =		1540,20	

Leitwertzuschlag Wärmebrücken L _ψ + L _χ (nach ÖNORM B 8110-6, Abschnitt 5.3.2)	L _ψ + L _χ = 154,02 W/K	7,7 %
--	--	-------

Bild 1 : Diagrammdarstellung der spezifischen Wärmeverluste

1 Außenwand	44,3 %
2 Außenfenster	13,3 %
3 Flachdach	0,3 %
4 Obere Geschoßdecke	19,0 %
Wärmebrückenzuschlag	7,7 %
Lüftungswärmeverluste	15,4 %

5.2 Lüftungsverluste

Lüftungswärmeverluste	n = 0,40 h ⁻¹	307,80 W/K	15,4 %
-----------------------	--------------------------	------------	--------

Kennzahlen Wohnblock Stuverstraße/Ausstellungsstraße: Stuverstraße 6– UNSANIERT

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	1.096,5 m²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	1,50 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	877,2 m²	Heiztage	274 d	Bauweise	schwer
Brutto-Volumen	4.532,2 m³	Heizgradtage	3400 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	1.123,7 m²	Norm-Außenemperatur	-11,4 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	0,25 m ⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK _T -Wert	74,54
charakteristische Länge	4,03 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	129,8 kWh/m²a	142.152 kWh/a	129,8 kWh/m²a		
WWWB		14.008 kWh/a	12,8 kWh/m²a		
HTEB _{RH}		13.674 kWh/a	12,5 kWh/m²a		
HTEB _{WW}		57.543 kWh/a	52,5 kWh/m²a		
HTEB		73.505 kWh/a	67,0 kWh/m²a		
HEB		230.181 kWh/a	209,9 kWh/m²a		
HHSB		18.010 kWh/a	16,4 kWh/m²a		
EEB		248.171 kWh/a	226,3 kWh/m²a		
PEB		319.792 kWh/a	291,6 kWh/m²a		
PEB _{h,ent}		310.252 kWh/a	282,9 kWh/m²a		
PEB _{en}		9.540 kWh/a	8,7 kWh/m²a		
CO ₂		62.242 kg/a	56,8 kg/m²a		
f _{GEE}	2,70		2,71		

4.1 Gebäudegeometrie - Flächen

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Flächen- anteil %
1	Außenwand	N 90,0°	18,9*12,4 (Rechteck)	234,36	184,76	16,4
2	Außenfenster	N 90,0°	8 * (1*2,2) (Rechteck) + 16 * (1*2) (Rechteck)	-	49,60	4,4
3	Außenwand	O 90,0°	13,3*12,4 (Rechteck)	164,92	134,32	12,0
4	Außenfenster	O 90,0°	3 * (1*2,2) (Rechteck) + 8 * (1*2) (Rechteck) + 4 * (1*2) (Rechteck)	-	30,60	2,7
5	Außenwand	W 90,0°	13,3*12,4 (Rechteck)	164,92	140,92	12,5
6	Außenfenster	W 90,0°	12 * (1*2) (Rechteck)	-	24,00	2,1
7	Außenwand	S 90,0°	14,9*12,4 (Rechteck)	184,76	141,56	12,6
8	Außenfenster	S 90,0°	12 * (1,8*2) (Rechteck)	-	43,20	3,8
9	Außenwand	S 90,0°	1*12 (Rechteck)	12,00	12,00	1,1
10	Flachdach	S 0,0°	10,2*11,9 (Rechteck) + 2,6*2 (Rechteck)	126,58	126,58	11,3
11	Obere Geschoßdecke	0,0°	236,12*1 (Rechteck)	236,12	236,12	21,0

4.4 Gebäudegeometrie - Zusammenfassung

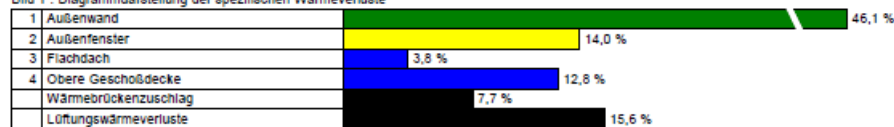
Gebäudehüllfläche : 1123,66 m²
 Gebäudevolumen : 4532,20 m³
 Beheiztes Luftvolumen : 2280,72 m³
 Bruttogrundfläche (BGF) : 1096,50 m²
 Kompaktheit : 0,25 1/m
 Fensterfläche : 147,40 m²
 0,25 1/m
 Charakteristische Länge (l_g) : 4,03 m

5.1 spezifische Transmissionswärmeverluste der Heizperiode

Nr.	Bauteil	Orientierung Neigung	Fläche A m²	U _t -Wert W/(m²K)	Faktor F _g	F _g * U * A	
						W/K	%
1	Außenwand	N 90,0°	184,76	1,500	1,00	277,14	13,9
2	Außenfenster	N 90,0°	49,60	1,900	1,00	94,24	4,7
3	Außenwand	O 90,0°	134,32	1,500	1,00	201,48	10,1
4	Außenfenster	O 90,0°	30,60	1,900	1,00	58,14	2,9
5	Außenwand	W 90,0°	140,92	1,500	1,00	211,38	10,6
6	Außenfenster	W 90,0°	24,00	1,900	1,00	45,60	2,3
7	Außenwand	S 90,0°	141,56	1,500	1,00	212,34	10,6
8	Außenfenster	S 90,0°	43,20	1,900	1,00	82,08	4,1
9	Außenwand	S 90,0°	12,00	1,500	1,00	18,00	0,9
10	Flachdach	S 0,0°	126,58	0,600	1,00	75,95	3,8
11	Obere Geschoßdecke	0,0°	236,12	1,200	0,90	255,01	12,8
Σ A =			1123,66	Σ(F _g * U * A) =		1531,36	

Leitwertzuschlag Wärmebrücken L_ψ + L_χ (nach ÖNORM B 8110-5, Abschnitt 5.3.2) L_ψ + L_χ = 153,14 W/K 7,7 %

Bild 1 : Diagrammdarstellung der spezifischen Wärmeverluste



5.2 Lüftungsverluste

Lüftungswärmeverluste	n = 0,40 h ⁻¹	310,18 W/K	15,6 %
-----------------------	--------------------------	------------	--------

Kennzahlen Wohnblock Stuerstraße/Ausstellungsstraße: Stuerstraße 8– UNSANIERT

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	1.101,0 m²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	1,59 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	880,8 m²	Heiztage	278 d	Bauweise	schwer
Brutto-Volumen	4.550,8 m³	Heizgradtage	3400 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	1.125,7 m²	Norm-Außentemperatur	-11,4 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	0,25 m⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK _T -Wert	78,73
charakteristische Länge	4,04 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	137,5 kWh/m²a	151.265 kWh/a	137,4 kWh/m²a		
WWWB		14.065 kWh/a	12,8 kWh/m²a		
HTEB _{th}		15.031 kWh/a	13,7 kWh/m²a		
HTEB _{ww}		57.784 kWh/a	52,5 kWh/m²a		
HTEB		75.163 kWh/a	68,3 kWh/m²a		
HEB		240.893 kWh/a	218,8 kWh/m²a		
HHSB		18.084 kWh/a	16,4 kWh/m²a		
EEB		258.977 kWh/a	235,2 kWh/m²a		
PEB		332.630 kWh/a	302,1 kWh/m²a		
PEB _{1,em}		323.026 kWh/a	293,4 kWh/m²a		
PEB _{em}		9.603 kWh/a	8,7 kWh/m²a		
CO ₂		64.817 kg/a	58,9 kg/m²a		
f _{OEE}	2,80		2,82		

4.1 Gebäudegeometrie - Flächen

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Flächen- anteil %
1	Außenwand	N 90,0°	18,9*12,4 (Rechteck)	234,36	184,76	16,4
2	Außenfenster	N 90,0°	8 * (1'2,2) (Rechteck) + 16 * (1'2) (Rechteck)	-	49,60	4,4
3	Außenwand	O 90,0°	13,3*12,4 (Rechteck)	164,92	134,32	11,9
4	Außenfenster	O 90,0°	3 * (1'2,2) (Rechteck) + 8 * (1'2) (Rechteck) + 4 * (1'2) (Rechteck)	-	30,60	2,7
5	Außenwand	W 90,0°	13,3*12,4 (Rechteck)	164,92	140,92	12,5
6	Außenfenster	W 90,0°	12 * (1'2) (Rechteck)	-	24,00	2,1
7	Außenwand	S 90,0°	14,9*12,4 (Rechteck) + 14*1 (Rechteck)	198,76	155,56	13,8
8	Außenfenster	S 90,0°	12 * (1,8'2) (Rechteck)	-	43,20	3,8
9	Flachdach	S 0,0°	10,2*11,9 (Rechteck) + 2,6'2 (Rechteck)	126,58	126,58	11,2
10	Obere Geschoßdecke	0,0°	236,12*1 (Rechteck)	236,12	236,12	21,0

4.4 Gebäudegeometrie - Zusammenfassung

Gebäudehüllfläche :	1125,66 m ²
Gebäudevolumen :	4550,80 m ³
Beheiztes Luftvolumen :	2290,08 m ³
Bruttogrundfläche (BGF) :	1101,00 m ²
Kompaktheit :	0,25 1/m
Fensterfläche :	147,40 m ²
	0,25 1/m

5.1 spezifische Transmissionswärmeverluste der Heizperiode

Nr.	Bauteil	Orientierung Neigung	Fläche A m ²	U _t -Wert W/(m ² K)	Faktor F _s	F _s · U · A	
						W/K	%
1	Außenwand	N 90,0°	184,76	1,500	1,00	277,14	13,2
2	Außenfenster	N 90,0°	49,60	2,500	1,00	124,00	5,9
3	Außenwand	O 90,0°	134,32	1,500	1,00	201,48	9,6
4	Außenfenster	O 90,0°	30,60	2,500	1,00	76,50	3,6
5	Außenwand	W 90,0°	140,92	1,500	1,00	211,38	10,1
6	Außenfenster	W 90,0°	24,00	2,500	1,00	60,00	2,9
7	Außenwand	S 90,0°	155,56	1,500	1,00	233,34	11,1
8	Außenfenster	S 90,0°	43,20	2,500	1,00	108,00	5,2
9	Flachdach	S 0,0°	126,58	0,600	1,00	75,95	3,6
10	Obere Geschoßdecke	0,0°	236,12	1,200	0,90	255,01	12,2
ΣA =			1125,66	Σ(F _s · U · A) =		1622,80	

Leitwertzuschlag Wärmebrücken L _ψ + L _χ (nach ÖNORM B 8110-6, Abschnitt 5.3.2)	L _ψ + L _χ = 162,28 W/K	7,7 %
--	--	-------

Bild 1 : Diagrammdarstellung der spezifischen Wärmeverluste

1 Außenwand	44,0 %
2 Außenfenster	17,6 %
3 Flachdach	3,6 %
4 Obere Geschoßdecke	12,2 %
Wärmebrückenzuschlag	7,7 %
Lüftungswärmeverluste	14,9 %

5.2 Lüftungsverluste

Lüftungswärmeverluste	n = 0,40 h ⁻¹	311,45 W/K	14,9 %
-----------------------	--------------------------	------------	--------

Kennzahlen Wohnblock Stuverstraße/Ausstellungsstraße: Stuverstraße 10– UNSANIERT

GEBÄUDEKENNDATEN					
Brutto-Grundfläche	1.101,0 m ²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	1,50 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	880,8 m ²	Heiztage	274 d	Bauweise	schwer
Brutto-Volumen	4.550,8 m ³	Heizgradtage	3400 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	1.125,7 m ²	Norm-Außentemperatur	-11,4 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	0,25 m ⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK _f -Wert	74,44
charakteristische Länge	4,04 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF					
	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	129,5 kWh/m ² a	142.471 kWh/a	129,4 kWh/m ² a		nicht erfüllt
WWWB		14.085 kWh/a	12,8 kWh/m ² a		
HTEB _{SH}		13.696 kWh/a	12,4 kWh/m ² a		
HTEB _{WW}		57.725 kWh/a	52,4 kWh/m ² a		
HTEB		73.714 kWh/a	67,0 kWh/m ² a		
HEB		230.748 kWh/a	209,6 kWh/m ² a		
HHSB		18.084 kWh/a	16,4 kWh/m ² a		
EEB		248.832 kWh/a	226,0 kWh/m ² a		nicht erfüllt
PEB		320.681 kWh/a	291,3 kWh/m ² a		
PEB _{h,em}		311.104 kWh/a	282,6 kWh/m ² a		
PEB _{em}		9.577 kWh/a	8,7 kWh/m ² a		
CO ₂		62.413 kg/a	56,7 kg/m ² a		
f _{GEE}	2,70		2,71		

Kennzahlen Wohnblock Stuverstraße/Ausstellungsstraße: Stuverstraße 12– UNSANIERT

GEBÄUDEKENNDATEN					
Brutto-Grundfläche	1.476,6 m ²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	0,90 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	1.181,2 m ²	Heiztage	258 d	Bauweise	schwer
Brutto-Volumen	6.199,6 m ³	Heizgradtage	3400 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	1.643,3 m ²	Norm-Außentemperatur	-11,4 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	0,27 m ⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK _f -Wert	48,71
charakteristische Länge	3,77 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF					
	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	85,4 kWh/m ² a	125.610 kWh/a	85,1 kWh/m ² a		nicht erfüllt
WWWB		18.863 kWh/a	12,8 kWh/m ² a		
HTEB _{SH}		9.532 kWh/a	8,5 kWh/m ² a		
HTEB _{WW}		72.342 kWh/a	49,0 kWh/m ² a		
HTEB		84.380 kWh/a	57,1 kWh/m ² a		
HEB		229.580 kWh/a	155,5 kWh/m ² a		
HHSB		24.252 kWh/a	16,4 kWh/m ² a		
EEB		253.833 kWh/a	171,9 kWh/m ² a		nicht erfüllt
PEB		335.784 kWh/a	227,4 kWh/m ² a		
PEB _{h,em}		323.207 kWh/a	218,9 kWh/m ² a		
PEB _{em}		12.576 kWh/a	8,5 kWh/m ² a		
CO ₂		64.748 kg/a	43,9 kg/m ² a		
f _{GEE}	2,02		2,03		

Kennzahlen Wohnanlage Tamariskengasse 1220 Wien: 2-stöckig – SANIERT

GEBÄUDEKENNDATEN					
Brutto-Grundfläche	11.442,2 m²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	0,39 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	9.153,8 m²	Heiztage	249 d	Bauweise	mittelschwer
Brutto-Volumen	33.125,2 m³	Heizgradtage	3449 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	21.959,4 m²	Norm-Außentemperatur	-12,6 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	0,66 m ⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK ₁ -Wert	33,62
charakteristische Länge	1,51 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF					
	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	60,4 kWh/m²a	706,616 kWh/a	61,8 kWh/m²a		
WWWB		146,174 kWh/a	12,8 kWh/m²a		
HTEB _{Heiz}		37,075 kWh/a	3,2 kWh/m²a		
HTEB _{WW}		394,535 kWh/a	34,5 kWh/m²a		
HTEB		438,585 kWh/a	38,3 kWh/m²a		
HEB		1.297,509 kWh/a	113,4 kWh/m²a		
HHSB		187,938 kWh/a	16,4 kWh/m²a		
EEB		1.485,447 kWh/a	129,6 kWh/m²a		
PEB		2.472,285 kWh/a	216,1 kWh/m²a		
PEB _{Heiz}		2.200,001 kWh/a	192,3 kWh/m²a		
PEB _{WW}		272,284 kWh/a	23,8 kWh/m²a		
CO ₂		456,824 kg/a	39,9 kg/m²a		
f _{GEE}	1,09	1,09			

4.1 Gebäudegeometrie - Flächen

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Flächen- anteil %
1	Außenwand	N 90,0°	2697,34*1 (Rechteck)	2697,34	2692,44	11,8
2	Außentür	N 90,0°	5 * (2,5*1,2) (Rechteck) + 9 * (2,5*1,2) (Rechteck) + 6 * (2,5*1,2) (Rechteck) + 4 * (2,5*1,2) (Rechteck) + 4 * (2,5*1,2) (Rechteck) + 10 * (2,5*1,2) (Rechteck) + 3 * (2,5*1,2) (Rechteck)	-	123,00	0,6
3	Außenfenster	N 90,0°	167,1*1 (Rechteck) + 14,8*1 (Rechteck)	-	161,90	0,8
4	Außenwand	NO 90,0°	142,2*1 (Rechteck) + 67,8*1 (Rechteck) + 61,2*1 (Rechteck)	271,20	233,00	1,1
5	Außentür	NO 90,0°	5 * (2,5*1,2) (Rechteck)	-	15,00	0,1
6	Außenfenster	NO 90,0°	23,2*1 (Rechteck)	-	23,20	0,1
7	Außenwand	NW 90,0°	142,2*1 (Rechteck) + 67,8*1 (Rechteck)	210,00	171,80	0,8
8	Außentür	NW 90,0°	5 * (1,2*2,5) (Rechteck)	-	15,00	0,1
9	Außenfenster	NW 90,0°	23,2*1 (Rechteck)	-	23,20	0,1
10	Außenwand	O 90,0°	1632,54*1 (Rechteck) + 3*8,8 (Rechteck)	1658,94	1492,94	6,8
11	Außenfenster	O 90,0°	166*1 (Rechteck)	-	166,00	0,8
12	Außenwand	S 90,0°	2935,74*1 (Rechteck) + 9,8*3 (Rechteck)	2965,14	2166,24	10,0
13	Außenfenster	S 90,0°	683,85*1 (Rechteck) + 95,05*1 (Rechteck)	-	778,90	3,5
14	Außenwand	SO 90,0°	37,1*6 (Rechteck)	222,60	174,68	0,8
15	Außenfenster	SO 90,0°	17,92*1 (Rechteck) + 30*1 (Rechteck)	-	47,92	0,2
16	Außenwand	SW 90,0°	37,1*6 (Rechteck)	222,60	174,68	0,8
17	Außenfenster	SW 90,0°	17,92*1 (Rechteck) + 30*1 (Rechteck)	-	47,92	0,2
18	Außenwand	W 90,0°	1569,52*1 (Rechteck) + 8,8*3 (Rechteck) + 22,4*3 (Rechteck) + 18,4*3 (Rechteck)	1708,32	1542,93	7,0
19	Außentür	W 90,0°	5 * (2,5*1,2) (Rechteck) + 2,5*1,2 (Rechteck) + 3 * (2,5*1,2) (Rechteck) + 5 * (2,5*1,2) (Rechteck) + 2,5*1,2 (Rechteck)	-	45,00	0,2
20	Außenfenster	W 90,0°	120,39*1 (Rechteck)	-	120,39	0,5
21	Wand geg. unb. Raum	S 90,0°	9,8*3 (Rechteck)	29,40	29,40	0,1
22	Boden geg. Außenluft	0,0°	111,3*1 (Rechteck) + 28,7*1 (Rechteck) + 106*1 (Rechteck)	246,00	246,00	1,1
23	Kellerdecke	0,0°	591,54*1 (Rechteck) + 228,6*1 (Rechteck) + 583,09*1 (Rechteck)	1403,23	1403,23	6,4
24	Boden geg. Erdreich	0,0°	4237,72*1 (Rechteck)	4237,72	4237,72	19,3

4.4 Gebäudegeometrie - Zusammenfassung

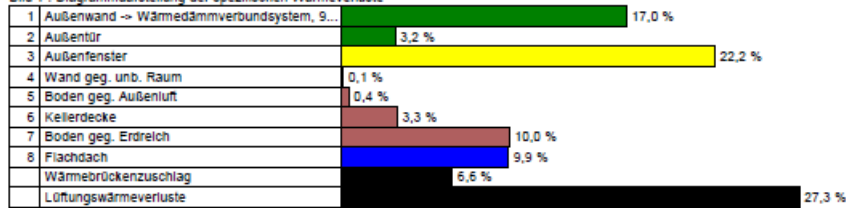
Gebäudehüllfläche :	21959,44 m²
Gebäudevolumen :	33125,17 m³
Beheiztes Luftvolumen :	23799,76 m³
Bruttogrundfläche (BGF) :	11442,19 m²
Kompaktheit :	0,66 1/m
Fensterfläche :	1389,43 m²
	0,66 1/m
Charakteristische Länge (l ₀) :	1,51 m
Bauweise :	mittelschwere Bauweise

5.1 spezifische Transmissionswärmeverluste der Heizperiode

Nr.	Bauteil	Orientierung Neigung	Fläche A m²	U-Wert W/(m²K)	Faktor F _s	F _s · U · A	
						W/K	%
1	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 9cm	N 90,0°	2592,44	0,235	1,00	609,99	5,1
2	Außentür	N 90,0°	123,00	1,900	1,00	233,70	2,0
3	Außenfenster	N 90,0°	181,90	1,900	1,00	345,61	2,9
4	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 9cm	NO 90,0°	233,00	0,235	1,00	54,82	0,5
5	Außentür	NO 90,0°	15,00	1,900	1,00	28,50	0,2
6	Außenfenster	NO 90,0°	23,20	1,900	1,00	44,08	0,4
7	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 9cm	NW 90,0°	171,80	0,235	1,00	40,42	0,3
8	Außentür	NW 90,0°	15,00	1,900	1,00	28,50	0,2
9	Außenfenster	NW 90,0°	23,20	1,900	1,00	44,08	0,4
10	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 9cm	O 90,0°	1492,94	0,235	1,00	351,28	3,0
11	Außenfenster	O 90,0°	166,00	1,900	1,00	315,40	2,7
12	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 9cm	S 90,0°	2186,24	0,235	1,00	514,41	4,3
13	Außenfenster	S 90,0°	778,90	1,900	1,00	1479,91	12,5
14	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 9cm	SO 90,0°	174,68	0,235	1,00	41,10	0,3
15	Außenfenster	SO 90,0°	47,92	1,900	1,00	91,05	0,8
16	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 9cm	SW 90,0°	174,68	0,235	1,00	41,10	0,3
17	Außenfenster	SW 90,0°	47,92	1,900	1,00	91,05	0,8
18	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 9cm	W 90,0°	1542,93	0,235	1,00	363,04	3,1
19	Außentür	W 90,0°	45,00	1,900	1,00	85,50	0,7
20	Außenfenster	W 90,0°	120,39	1,900	1,00	228,74	1,9
21	Wand geg. unb. Raum	S 90,0°	29,40	0,500	0,70	10,29	0,1
22	Boden geg. Außenluft	0,0°	246,00	0,200	1,00	49,20	0,4
23	Kellerdecke	0,0°	1403,23	0,400	0,70	392,90	3,3
24	Boden geg. Erdreich	0,0°	4237,72	0,400	0,70	1186,56	10,0
25	Flachdach	N 0,0°	5886,95	0,200	1,00	1177,39	9,9
ΣA =			21959,44	Σ(F _s · U · A) =		7848,63	

Leitwertzuschlag Wärmebrücken L _ψ + L _χ (nach ÖNORM B 8110-5, Abschnitt 5.3.2)	L _ψ + L _χ = 784,86 W/K	6,6 %
--	--	-------

Bild 1 : Diagrammdarstellung der spezifischen Wärmeverluste



5.2 Lüftungsverluste

Lüftungswärmeverluste	n = 0,40 h ⁻¹	3236,77 W/K	27,3 %
-----------------------	--------------------------	-------------	--------

Kennzahlen Wohnanlage Tamariskengasse 1220 Wien: 1-stöckig – SANIERT

GEBÄUDEKENNDATEN					
Brutto-Grundfläche	6.160,9 m²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	0,32 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	4.928,7 m²	Heiztage	274 d	Bauweise	mittelschwer
Brutto-Volumen	19.406,8 m³	Heizgradtage	3449 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	19.414,0 m²	Norm-Außentemperatur	-12,6 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	1,00 m ⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK _T -Wert	32,24
charakteristische Länge	1,00 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF					
	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	86,8 kWh/m²a	546.220 kWh/a	88,7 kWh/m²a		
WWWB		78.706 kWh/a	12,8 kWh/m²a		
HTEB _{th}		8.157 kWh/a	1,3 kWh/m²a		
HTEB _{ww}		217.318 kWh/a	35,3 kWh/m²a		
HTEB		229.878 kWh/a	37,3 kWh/m²a		
HEB		856.335 kWh/a	139,0 kWh/m²a		
HHSB		101.193 kWh/a	16,4 kWh/m²a		
EEB		957.528 kWh/a	155,4 kWh/m²a		
PEB		1.571.599 kWh/a	255,1 kWh/m²a		
PEB _{h,em}		1.402.698 kWh/a	227,7 kWh/m²a		
PEB _{um}		168.901 kWh/a	27,4 kWh/m²a		
CO ₂		291.946 kg/a	47,4 kg/m²a		
f _{GEE}	0,99		0,99		

4.1 Gebäudegeometrie - Flächen

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Fächchen- anteil %
1	Außenwand	N 90,0°	20,1°3,15 (Rechteck) + 84,15°3,15 (Rechteck) + 21,1°3,15 (Rechteck) + 39,82°3,15 (Rechteck) + 33,8°3,15 (Rechteck) + 12,5°3,15 (Rechteck) + 97,3°3,15 (Rechteck) + 31,4°3,15 (Rechteck) + 13,1°3,15 (Rechteck) + 14,7°3,15 (Rechteck) + 15°3,15 (Rechteck) + 25,6°3,15 (Rechteck) + 34,4°3,15 (Rechteck)	1395,36	1351,16	7,0
2	Außentür	N 90,0°	5° (2,5°1,2) (Rechteck)	-	15,00	0,1
3	Außenfenster	N 90,0°	2° (1,6°0,5) (Rechteck) + 2° (1,6°0,8) (Rechteck) + 6° (1,4°1,2) (Rechteck) + 1,6°0,8 (Rechteck) + 2° (1,4°1,2) (Rechteck) + 2° (1,6°0,8) (Rechteck) + 2° (0,5°1) (Rechteck) + 2° (1,6°0,5) (Rechteck) + 2° (1,6°0,8) (Rechteck) + 2° (0,5°1) (Rechteck) + 2° (1,6°0,5) (Rechteck)	-	29,20	0,2
4	Außenwand	W 90,0°	7,1°3,15 (Rechteck) + 20,1°3,15 (Rechteck) + 24,7°3,15 (Rechteck) + 74,1°3,15 (Rechteck) + 61,9°3,15 (Rechteck) + 12,4°3,15 (Rechteck) + 96,6°3,15 (Rechteck) + 7,69°3,15 (Rechteck) + 15,7°3,15 (Rechteck) + 12°3,15 (Rechteck) + 12,3°3,15 (Rechteck) + 6,9°3,15 (Rechteck) + 32°3,15 (Rechteck) + 19°3,15 (Rechteck)	1267,84	1139,77	5,9
5	Außentür	W 90,0°	25° (1,2°2,5) (Rechteck) + 5° (1,2°2,5) (Rechteck)	-	90,00	0,5

4.1 Gebäudegeometrie - Flächen (Fortsetzung)

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Flächen- anteil %
6	Außenfenster	W 90,0°	8 * (0,8*1,6) (Rechteck) + 2 * (0,8*0,5) (Rechteck) + 1*1,2 (Rechteck) + 6 * (1*0,5) (Rechteck) + 5 * (1*0,5) (Rechteck) + 3 * (1,6*0,8) (Rechteck) + 0,8*0,5 (Rechteck) + 3 * (1,6*0,8) (Rechteck) + 2 * (1,2*1,4) (Rechteck) + 5 * (0,87*0,5) (Rechteck) + 4 * (1,2*1,4) (Rechteck)	-	38,08	0,2
7	Außenwand	O 90,0°	5,4*3,15 (Rechteck) + 20,1*3,15 (Rechteck) + 24,7*3,15 (Rechteck) + 65,2*3,15 (Rechteck) + 52*3,15 (Rechteck) + 12,4*3,15 (Rechteck) + 101,96*3,15 (Rechteck) + 7,69*3,15 (Rechteck) + 15,7*3,15 (Rechteck) + 12*3,15 (Rechteck) + 12,3*3,15 (Rechteck) + 6,9*3,15 (Rechteck) + 28,3*3,15 (Rechteck) + 22,2*3,15 (Rechteck)	1218,58	1094,11	5,6
8	Außentür	O 90,0°	7 * (2,5*1,2) (Rechteck)	-	21,00	0,1
9	Außenfenster	O 90,0°	3 * (0,8*1,6) (Rechteck) + 3 * (0,8*2) (Rechteck) + 2 * (1,6*1,4) (Rechteck) + 3*1,6 (Rechteck) + 6 * (1,8*1,2) (Rechteck) + 5 * (1,8*1,2) (Rechteck) + 22 * (1,4*1,2) (Rechteck) + 6 * (1,6*0,8) (Rechteck) + 2 * (0,87*0,5) (Rechteck) + 4 * (1,6*0,8) (Rechteck) + 2 * (1*2) (Rechteck) + 0,5*0,875 (Rechteck) + 1,6*0,8 (Rechteck) + 3 * (0,8*0,5) (Rechteck) + 2 * (0,875*0,5) (Rechteck) + 2 * (1,2*1,4) (Rechteck)	-	103,46	0,5

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Flächen- anteil %
6	Außenfenster	W 90,0°	8 * (0,8*1,6) (Rechteck) + 2 * (0,8*0,5) (Rechteck) + 1*1,2 (Rechteck) + 6 * (1*0,5) (Rechteck) + 5 * (1*0,5) (Rechteck) + 3 * (1,6*0,8) (Rechteck) + 0,8*0,5 (Rechteck) + 3 * (1,6*0,8) (Rechteck) + 2 * (1,2*1,4) (Rechteck) + 5 * (0,87*0,5) (Rechteck) + 4 * (1,2*1,4) (Rechteck)	-	38,08	0,2
7	Außenwand	O 90,0°	5,4*3,15 (Rechteck) + 20,1*3,15 (Rechteck) + 24,7*3,15 (Rechteck) + 65,2*3,15 (Rechteck) + 52*3,15 (Rechteck) + 12,4*3,15 (Rechteck) + 101,96*3,15 (Rechteck) + 7,69*3,15 (Rechteck) + 15,7*3,15 (Rechteck) + 12*3,15 (Rechteck) + 12,3*3,15 (Rechteck) + 6,9*3,15 (Rechteck) + 28,3*3,15 (Rechteck) + 22,2*3,15 (Rechteck)	1218,58	1094,11	5,6
8	Außentür	O 90,0°	7 * (2,5*1,2) (Rechteck)	-	21,00	0,1
9	Außenfenster	O 90,0°	3 * (0,8*1,6) (Rechteck) + 3 * (0,8*2) (Rechteck) + 2 * (1,6*1,4) (Rechteck) + 3*1,6 (Rechteck) + 6 * (1,8*1,2) (Rechteck) + 5 * (1,8*1,2) (Rechteck) + 22 * (1,4*1,2) (Rechteck) + 6 * (1,6*0,8) (Rechteck) + 2 * (0,87*0,5) (Rechteck) + 4 * (1,6*0,8) (Rechteck) + 2 * (1*2) (Rechteck) + 0,5*0,875 (Rechteck) + 1,6*0,8 (Rechteck) + 3 * (0,8*0,5) (Rechteck) + 2 * (0,875*0,5) (Rechteck) + 2 * (1,2*1,4) (Rechteck)	-	103,46	0,5

4.1 Gebäudegeometrie - Flächen (Fortsetzung)

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto m²	Fläche netto m²	Flächen- anteil %
19	Außenwand	NW 90,0°	5 * (6,96*3,15) (Rechteck) + 6 * (6,95*3,15) (Rechteck) + 4 * (6,95*3,15) (Rechteck)	328,55	328,55	1,7
20	Boden geg. Erdreich	0,0°	6160,92*1 (Rechteck)	6160,92	6160,92	31,7
21	Flachdach	N 0,0°	6160,92*1 (Rechteck)	6160,92	6160,92	31,7

4.2 Gebäudegeometrie - Brutto-Grundfläche

Nr.	Bezeichnung	Berechnung	Fläche brutto m²	Flächen- anteil %
1	Rechteck	146*1	146,00	2,4
2	Rechteck	584,7*1	584,70	9,5
3	Rechteck	249,33*1	249,33	4,0
4	Rechteck	420,8*1	420,80	6,8
5	Rechteck	539,4*1	539,40	8,8
6	Rechteck	359,6*1	359,60	5,8
7	Rechteck	675,69*1	675,69	11,0
8	Rechteck	565,8*1	565,80	9,2
9	Rechteck	1163,5*1	1163,50	18,9
10	Rechteck	110*1	110,00	1,8
11	Rechteck	556,8*1	556,80	9,0
12	Rechteck	139,8*1	139,80	2,3
13	Rechteck	211,06*1	211,06	3,4
14	Rechteck	117,34*1	117,34	1,9
15	Rechteck	123*1	123,00	2,0
16	Rechteck	198,1*1	198,10	3,2

4.3 Gebäudegeometrie - Volumen

Nr.	Bezeichnung	Berechnung	Volumen brutto m³	Volumen- anteil %
1	Quader	6160,9*3,15*1	19406,84	100,0

4.4 Gebäudegeometrie - Zusammenfassung

Gebäudehüllfläche :	19414,00 m²
Gebäudevolumen :	19406,84 m³
Beheiztes Luftvolumen :	12814,71 m³
Bruttogrundfläche (BGF) :	6160,92 m²
Kompaktheit :	1,00 1/m

Bild 1 : Diagrammdarstellung der spezifischen Wärmeverluste

1	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 1...	17,8 %
2	Außentür	4,1 %
3	Außenfenster, Außentür, Außenfenster, Außen...	12,3 %
4	Boden geg. Erdreich	21,6 %
5	Flachdach	15,4 %
	Wärmebrückenzuschlag	7,1 %
	Lüftungswärmeverluste	21,8 %

5.1 spezifische Transmissionswärmeverluste der Heizperiode

Nr.	Bauteil	Orientierung Neigung	Fläche A m²	U-Wert W/(m²K)	Faktor F _s	F _s · U · A	
						W/K	%
1	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	N 90,0°	1351,16	0,222	1,00	300,26	3,8
2	Außentür	N 90,0°	15,00	1,900	1,00	28,50	0,4
3	Außenfenster	N 90,0°	29,20	1,900	1,00	55,48	0,7
4	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	W 90,0°	1139,77	0,222	1,00	253,28	3,2
5	Außentür	W 90,0°	90,00	1,900	1,00	171,00	2,1
6	Außenfenster	W 90,0°	38,08	1,900	1,00	72,34	0,9
7	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	O 90,0°	1094,11	0,222	1,00	243,14	3,0
8	Außentür	O 90,0°	21,00	1,900	1,00	39,90	0,5
9	Außenfenster	O 90,0°	103,46	1,900	1,00	196,58	2,5
10	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	S 90,0°	1108,35	0,222	1,00	246,30	3,1
11	Außentür	S 90,0°	15,00	1,900	1,00	28,50	0,4
12	Außenfenster	S 90,0°	248,70	1,900	1,00	472,53	5,9
13	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	NO 90,0°	590,63	0,222	1,00	131,25	1,6
14	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	SW 90,0°	547,42	0,222	1,00	121,65	1,5
15	Außenfenster	SW 90,0°	43,20	1,900	1,00	82,08	1,0
16	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	SO 90,0°	242,75	0,222	1,00	53,94	0,7
17	Außentür	SO 90,0°	45,00	1,900	1,00	85,50	1,1
18	Außenfenster	SO 90,0°	40,80	1,900	1,00	77,52	1,0
19	Außenwand -> Wärmedämmverbundsystem, 10cm	NW 90,0°	328,55	0,222	1,00	73,01	0,9
20	Boden geg. Erdreich	0,0°	6160,92	0,400	0,70	1725,06	21,6
21	Flachdach	N 0,0°	6160,92	0,200	1,00	1232,18	15,4
ΣA =			19414,00	Σ(F _s · U · A) =		5690,00	

Leitwertzuschlag Wärmebrücken L _V + L _Z (nach ÖNORM B 8110-5, Abschnitt 5.3.2)	L _V + L _Z = 569,00 W/K	7,1 %
--	--	-------

Kennzahlen Wohnanlage Tamariskengasse 1220 Wien: 1-stöckig – SANIERT

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	7.878,4 m²	Klimaregion	Region N	mittlerer U-Wert	0,41 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Bezugs-Grundfläche	6.302,7 m²	Heiztage	241 d	Bauweise	mittelschwer
Brutto-Volumen	22.749,2 m³	Heizgradtage	3449 K·d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	11.521,3 m²	Norm-Außentemperatur	-12,6 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit(A/V)	0,51 m ⁻¹	Soll-Innentemperatur	20,0 °C	LEK _T -Wert	30,94
charakteristische Länge	1,97 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	48,2 kWh/m²a	388.851 kWh/a	49,4 kWh/m²a		
WWWB		100.646 kWh/a	12,8 kWh/m²a		
HTEB _{PH}		30.530 kWh/a	3,9 kWh/m²a		
HTEB _{VW}		274.982 kWh/a	34,9 kWh/m²a		
HTEB		310.254 kWh/a	39,4 kWh/m²a		
HEB		802.676 kWh/a	101,9 kWh/m²a		
HHsB		129.402 kWh/a	16,4 kWh/m²a		
EEB		932.078 kWh/a	118,3 kWh/m²a		
PEB		1.564.318 kWh/a	198,6 kWh/m²a		
PEB _{h,em}		1.389.559 kWh/a	176,4 kWh/m²a		
PEB _{en}		174.759 kWh/a	22,2 kWh/m²a		
CO ₂		288.137 kg/a	36,6 kg/m²a		
f _{GEE}	1,13	1,13			

