

Machbarkeitsanalyse zertifizierte Plus-Energie-Quartier-Sanierung des denkmalgeschützten Otto-Wagner-Areals

OttoWagner-ArealPlus

K. Schlögl, C. Kresser, E. Schriegl,
H. Schöberl, I. Artner, S. Chatterjee,
D. Ürge-Vorsatz, D. Ürge, K. Stieldorf,
F. Gharakhanzadeh, I. Stieldorf,
G. Lang, M. Lang, T. Lebinger,
G. Jedliczka, B. Mayr

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

3/2021

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

Impressum

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

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

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

Machbarkeitsanalyse zertifizierte
Plus-Energie-Quartier-Sanierung
des denkmalgeschützten
Otto-Wagner-Areals
OttoWagner-ArealPlus

Klemens Schlögl, Carmen Kresser, Ernst Schriefl,
Helmut Schöberl, Isabella Artner
Schöberl & Pöll GmbH

Souran Chatterjee, Diána Ürge-Vorsatz, Dora Ürge
Central European University (CEU)

Karin Stieldorf,
Feria Gharakhanzadeh, Iris Stieldorf
TU Wien – Institut für Architektur und Entwerfen

Günter Lang, Markus Lang
LANG consulting

Thomas Lebinger, Günther Jedliczka, Barbara Mayr
OeAD-WohnraumverwaltungsGmbH

Wien, November 2020

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



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

Vorbemerkung

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

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

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	4
Kurzfassung	7
Abstract	10
1. Ausgangslage.....	13
1.1. Historische Ausgangslage.....	13
1.2. Motivation und Ziel.....	17
1.3. Vergleichbare internationale Projekte.....	18
1.4. Bestandserhebung und Zustand der Bausubstanz	21
1.4.1. Bestandsbegehungen	21
1.4.2. Zone West.....	21
1.4.3. Kernzone West	23
1.4.4. Kernzone.....	24
1.4.5. Kernzone Ost	26
1.4.6. Zone Ost	28
1.4.7. Otto-Wagner-Areal Gesamt	30
1.5. Analyse von Bestandsunterlagen, Archivunterlagen	31
1.6. Zustand der Versorgungsinfrastruktur	32
1.7. Beschaffenheit des Untergrunds	33
2. Projektinhalt.....	34
2.1. Grundlagen	34
2.1.1. Zoneneinteilung des Otto-Wagner-Areals	34
2.1.2. Bruttogrundfläche des Otto-Wagner-Areals	35
2.2. Entwicklungspotenziale und Nutzungen.....	36
2.2.1. Mögliche künftige Nutzungen	38
2.2.2. Beispielhafte Nutzungskonzepte.....	44
2.3. Berechnungsgrundlagen und projektspezifische Themen.....	52
2.3.1. Grundlagen der Berechnung Heizen und Kühlen	52
2.3.2. Sensitivitätsanalyse	53
2.3.3. Innendämmung	58
2.3.4. Untersuchte Varianten der Geothermienutzung	59
2.4. Abstimmungen mit dem Bundesdenkmalamt	61

3. Ergebnisse	64
3.1. Baseline-Sanierung.....	64
3.1.1. Heizwärmebedarf.....	64
3.1.2. Heizungssystem.....	67
3.1.3. Warmwasser.....	67
3.1.4. Kühlbedarf	68
3.1.5. Kühlsystem	69
3.1.6. Lüftung.....	69
3.1.7. Beleuchtung.....	72
3.1.8. Nutzungsbezogener Energiebedarf.....	81
3.2. Plus-Energie-Sanierung.....	83
3.2.1. Heizwärmebedarf.....	83
3.2.2. Heizungssystem.....	88
3.2.3. Warmwasser.....	88
3.2.4. Kühlbedarf	90
3.2.5. Kühlsystem	90
3.2.6. Lüftung.....	90
3.2.7. Beleuchtung.....	96
3.2.8. Nutzungsbezogener Energiebedarf.....	97
3.3. Gegenüberstellung des Nutzenergiebedarfs und der Verteilverluste der Sanierungsvarianten auf Pavillon-Ebene	98
3.3.1. Büro- und Universitätsnutzung	99
3.3.2. Wohnnutzung.....	100
3.3.3. Sondernutzung	101
3.3.4. Medizinische Nutzung	102
3.4. Energiebereitstellung für das Otto-Wagner-Areal.....	103
3.4.1. Photovoltaik-Anlagen	103
3.4.2. Wärme- und Kältebereitstellung.....	107
3.5. Endenergie-Bilanz für das Otto-Wagner-Areal	110
3.5.1. Zone West.....	111
3.5.2. Kernzone West	112
3.5.3. Kernzone.....	114
3.5.4. Kernzone Ost	115
3.5.5. Zone Ost	117
3.5.6. Otto-Wagner-Areal Gesamt	118

3.6.	Primärenergie-Bilanz.....	121
3.6.1.	Methodik der Bilanzierung	121
3.6.2.	Otto-Wagner-Areal Gesamt	122
3.7.	Ökonomische und ökologische Betrachtungen über den Lebenszyklus.....	126
3.7.1.	Lebenszykluskosten-Analyse	126
3.7.2.	„Co-Benefits“ – Zusatznutzen von Plusenergiesanierungen	133
3.7.3.	Lebenszyklus-Kosten- und Nutzenanalyse – Life cycle cost-benefit analysis (LCCBA)	138
3.7.4.	Umweltauswirkungen	142
4.	Schlussfolgerungen	146
5.	Ausblick und Empfehlungen.....	150
6.	Verzeichnisse.....	151
6.1.	Abbildungsverzeichnis	151
6.2.	Tabellenverzeichnis.....	157

Kurzfassung

Das Otto-Wagner-Areal in Wien ist ein weltweit bedeutendes und großflächig angelegtes Jugendstil-Ensemble, dessen charakteristische Pavillon-Bauten in einer parkähnlichen Hanglage angeordnet sind. Die ursprüngliche Nutzung als Krankenhaus wird ab 2020 schrittweise aufgegeben und mit der Ansiedelung der Central European University auf einem Teilareal wird ein Universitätscampus entstehen. Die Gebäude werden an die künftigen Anforderungen einer Büro- und Universitätsnutzung, studentischer Wohnnutzung sowie verbleibender medizinischer Einrichtungen adaptiert.

In einem Projektteam unter der Konsortialführung der Schöberl & Pöll GmbH und den Projektpartnern Central European University, Institut für Architektur und Entwerfen der TU Wien, LANG consulting und der OeAD-Wohnraumverwaltungs-GmbH wurde im Rahmen dieses Projekts eine Machbarkeitsanalyse durchgeführt, deren Ziel darin bestand, eine fundierte Entscheidungshilfe für eine international richtungweisende Sanierung und Erneuerung eines historischen Areals unter den folgenden Aspekten bereitzustellen:

- Reduktion des Endenergiebedarfs des Gesamtareals um 90 % gegenüber dem Bestand
- Bereitstellung des Rest-Endenergiebedarfs durch erneuerbare Energien vor Ort
- Wirtschaftlichkeitsanalysen, insbesondere Betrachtung von Lebenszykluskosten.

In methodischer Hinsicht lagen die Schwerpunkte auf einer fundierten energetischen und bautechnischen Bestandserhebung (mit Hilfe von Begehungen und unter Anwendung geeigneter Tools), Abstimmungen mit dem Bundesdenkmalamt, Entwicklung und Bewertung eines Maßnahmenkatalogs (ebenfalls unter Anwendung adäquater Tools) und der Durchführung von Wirtschaftlichkeitsberechnungen mit einer Lebenszyklus-Perspektive.

Die Machbarkeitsanalyse gelangte zum Ergebnis, dass unter Einhaltung des Denkmalschutzes mit Anwendung des entsprechenden Know-Hows die Sanierung des gesamten Otto-Wagner-Areals auf Plus-Energie-Standard umsetzbar ist. Dabei kann der Endenergiebedarf gegenüber einer klassischen Bestandssanierung unter Denkmalschutz („Baseline-Sanierung“) über 90 %, und der Primärenergiebedarf um bis zu 75 % gesenkt werden (Abbildungen 1 und 2). Mit einem besonderen Augenmerk auf die Verwendung von hochenergieeffizienten Geräten auf Nutzer*innen-Seite und weiterer Optimierung der anderen Bereiche könnte der Plus-Energie-Standard auch inklusive der Nutzung erreicht werden.

Für eine Plus-Energie-Sanierung des denkmalgeschützten Otto-Wagner-Areals sind jedenfalls folgende Maßnahmen umzusetzen:

- Dämmung der Dächer und der Bodenplatten sowie Innendämmung der Außenwände
- Optimierung der Kastenfenster und Einbau eines Sonnenschutzes zwischen den Flügeln
- Minimierung der Wärmebrücken
- Optimierung der Luftdichtheit in der Bestandssanierung
- Hocheffiziente Lüftungsanlagen mit Wärme- und Feuchterückgewinnung
- Hocheffiziente Warmwasser-Aufbereitung und Einsatz von durchflussoptimierten Armaturen
- Heizung und Kühlung über effiziente Flächensysteme
- Installation eines hocheffizienten Beleuchtungssystems
- Einsatz hocheffizienter energieverbrauchender Geräte in allen Nutzungsbereichen
- Installation von Photovoltaik-Anlagen auf den Dachflächen

Wird das Areal durch ein effizientes Wärmepumpen-System über oberflächennahe Erdwärmekollektoren oder Tiefensonden versorgt, liegt der Endenergiebedarf niedriger gegenüber einer Versorgung mit einem Fernwärme/Fernkälte-System (Abbildung 1). Aus primärenergetischer Sicht ist (unter Anwendung der gängigen Primärenergie-Konversionsfaktoren) der Energiebedarf mit einem Fernwärme/Fernkälte-System niedriger gegenüber einer Versorgung mit einem Geothermie-Wärmepumpen-System.

Die Umsetzung des innovativen Plus-Energie-Sanierungskonzepts weist höhere Investitions- und Planungskosten im Vergleich zu einer konventionellen Sanierung auf. Betrachtet über einen Vergleichszeitraum von 15 bzw. 40 Jahren weist die Plus-Energie-Sanierung jedoch die geringsten Gesamtkosten (Summe aus Investitions- und Betriebskosten) auf (Abbildung 2). Darüber hinaus sind Zusatznutzen (sogenannte „Co-Benefits“) einer Plus-Energie-Sanierung zu berücksichtigen.

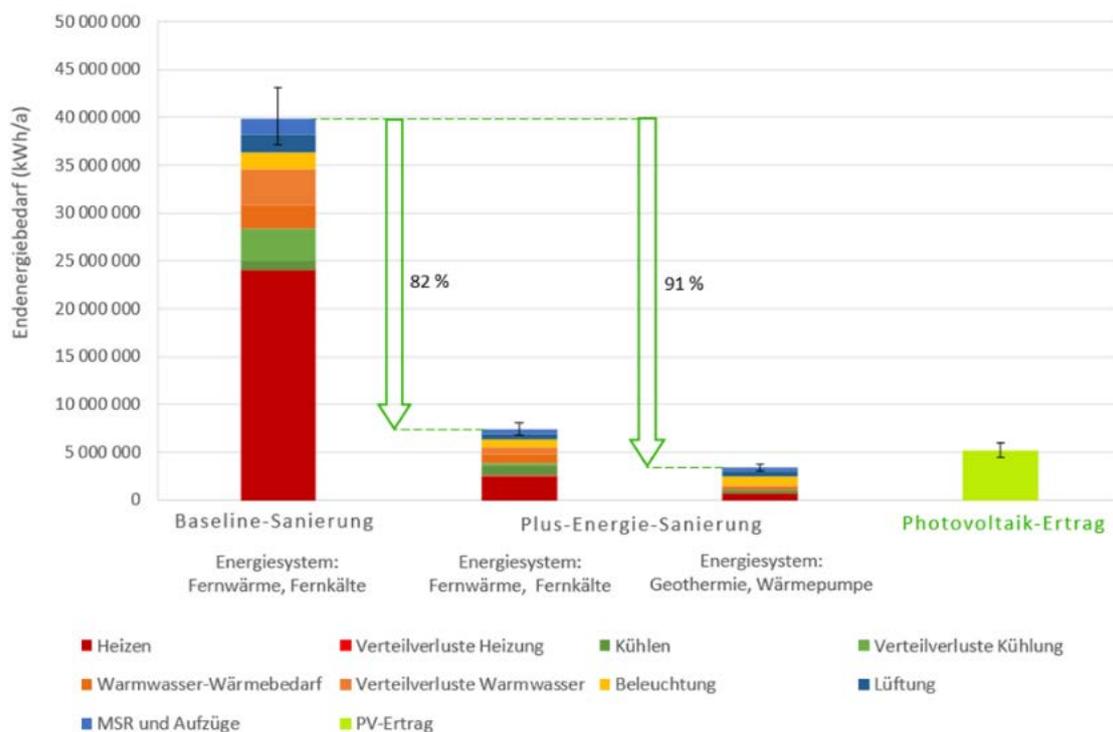


Abbildung 1: Endenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt, ohne Nutzung

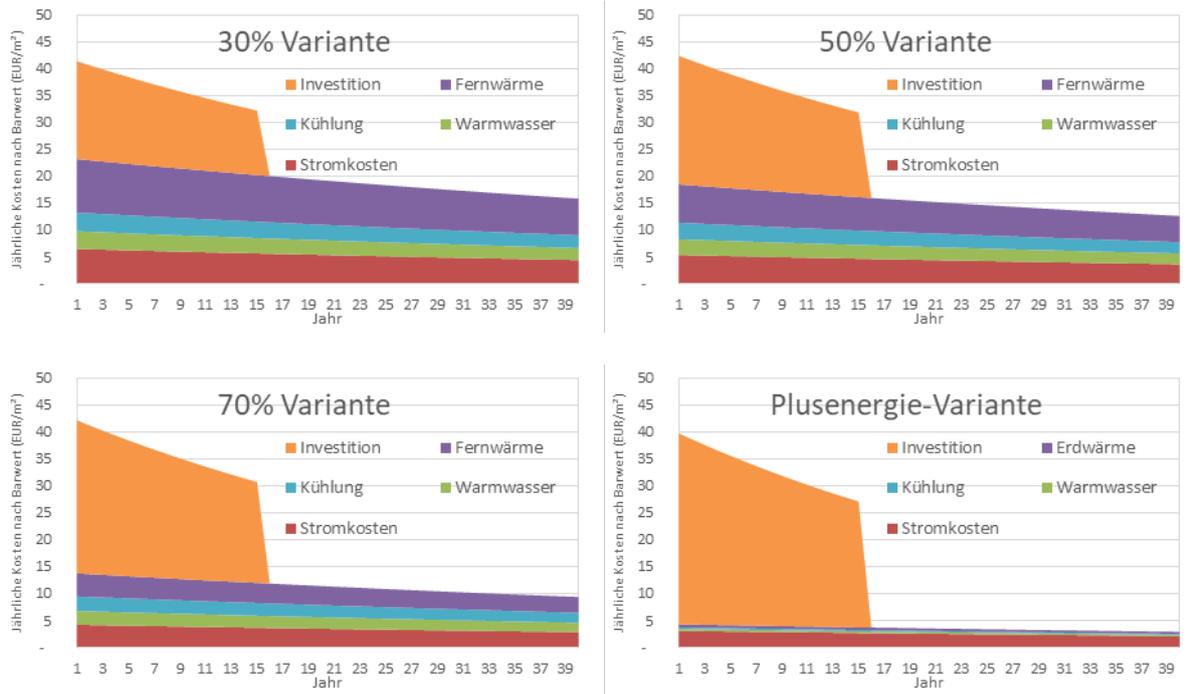


Abbildung 2: Gegenüberstellung der jährlichen Kosten für die vier Sanierungsvarianten auf 40 Jahre bei einer Laufzeit der Bankdarlehen von 15 Jahren (Quelle: LANG consulting)

Abstract

The Otto-Wagner-Areal in Vienna is a large-scale Art Nouveau ensemble of worldwide significance, whose characteristic pavilion buildings are arranged on a park-like hillside. The original use as a hospital will be gradually abandoned from 2020 on and with the settlement of the Central European University, a university campus will be created on a part of the site. The buildings will be adapted to the future requirements of office and university use, student housing and remaining medical facilities.

In a project team under the consortium leadership of Schöberl & Pöll GmbH and the project partners Central European University, Institute for Architecture and Design of the Vienna University of Technology, LANG consulting and the OeAD-Wohnraumverwaltungs-GmbH, a feasibility analysis was carried out within the framework of this project, the aim of which was to provide a well-founded decision-making aid for an internationally trend-setting renovation of a historic areal under the following aspects:

- Reduction of final energy demand of the entire areal by 90% compared to the existing situation
- Provision of remaining final energy demand by renewable energies on site
- Economic analyses by consideration of life cycle costs.

From a methodological point of view, the focus was on a well-founded energetic and structural survey of the existing building (with the help of inspections and the use of suitable tools), coordination with the Federal Office for the Protection of Historical Monuments, development and evaluation of a catalog of measures (also with the use of adequate tools) and the conduction of economic feasibility calculations with a life cycle perspective.

The feasibility analysis came to the conclusion that the redevelopment of the complete Otto-Wagner-Areal can be implemented in Plus-Energy-Standard in compliance with the protection of historic monuments using the appropriate know-how. Final energy demand can be reduced by more than 90 % compared to a typical refurbishment under monument protection requirements ("Baseline Sanierung"), whereas primary energy demand can be reduced up to 75 % (Figures 3 and 4). With a special focus on the use of highly energy-efficient user devices and further optimization of the other areas, the Plus-Energy-Standard could also be achieved when including the user equipment in the energy balances.

The following measures must be implemented for a Plus-Energy redevelopment of the Otto-Wagner-Areal:

- - Insulation of the roofs and floor slabs as well as internal insulation of the external walls
- - Optimization of the box windows and installation of a sun protection between the window sashes
- - Minimization of thermal bridges
- - Optimization of air tightness
- - Highly efficient ventilation systems with heat and moisture recovery
- - Highly efficient hot water preparation and use of flow-optimized fittings
- - Heating and cooling via efficient surface systems
- - Installation of a highly efficient lighting system
- - Use of highly energy efficient equipment in all areas of use

- - Installation of photovoltaic systems on the roof surfaces

If the site is supplied by an efficient heat pump system via near-surface geothermal collectors or deep borehole heat exchangers, final energy demand is lower compared to a supply with a district heating/district cooling system (figure 3). From a primary energy point of view, energy demand is lower with a district heating/district cooling system compared to a supply with a geothermal heat pump system (by applying the usual conversion factors from final energy to primary energy).

The implementation of the innovative Plus-Energy renovation concept has higher investment and planning costs compared to a conventional renovation, but when viewed over a comparative period of 15 or 40 years, the Plus-Energy renovation has the lowest total costs (sum of investment and operating costs, figure 4). Furthermore, additional benefits (so-called "Co-Benefits") of a Plus-Energy-Redevelopment have to be considered.

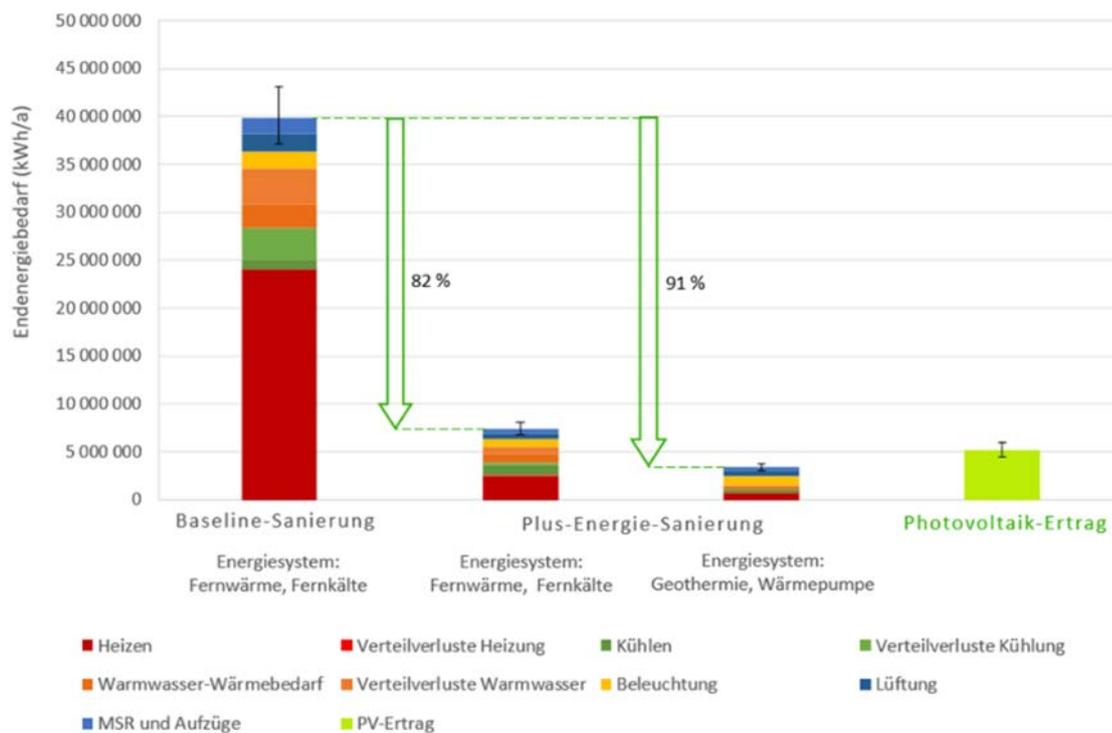


Abbildung 3: Final energy balance Otto-Wagne-Areal Total, without user equipment

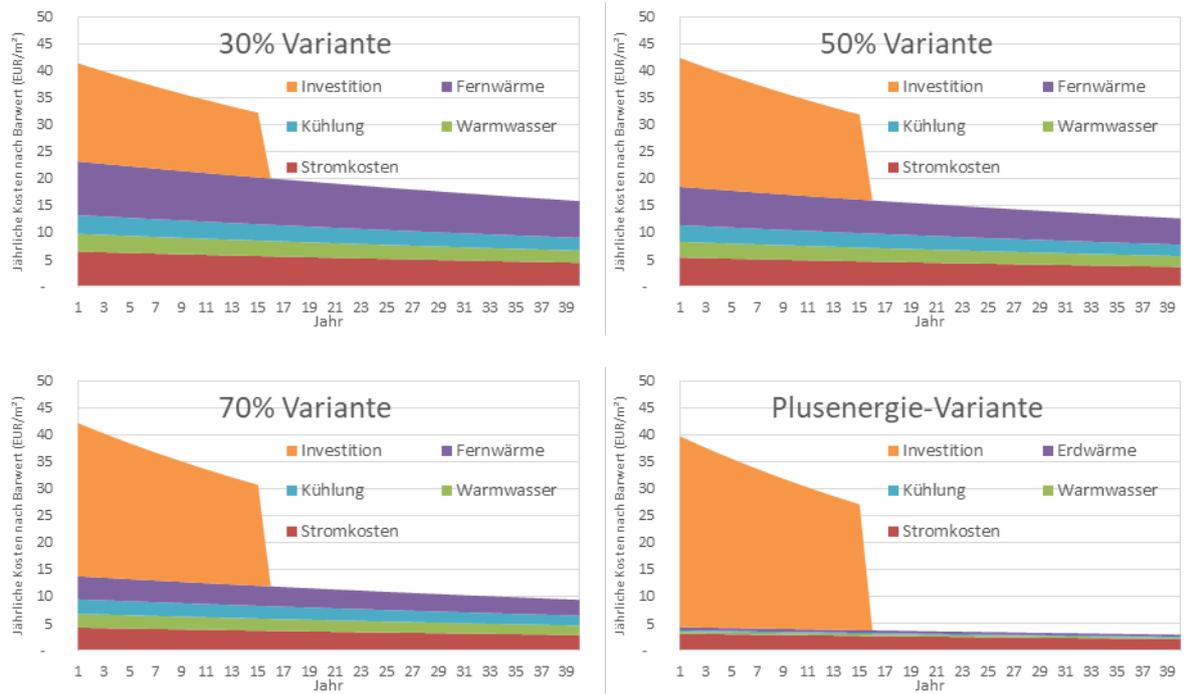


Abbildung 4: Comparison of yearly costs for four renovation variants over the course of 40 years, with a term of the bank loans of 15 years (Quelle: LANG consulting)

1. Ausgangslage

1.1. Historische Ausgangslage

Das Konzept der Niederösterreichischen Heil- und Pflegeanstalt für Geistes- und Nervenranke am Steinhof folgte den Zentralisierungsbestrebungen der Infrastruktur in Wien und war bei ihrer Fertigstellung im Jahr 1907 die größte und modernste Anstalt der Welt. Sie wurde im Pavillonsystem errichtet und gliederte sich in mehrere Bereiche: die Heilanstalt, eine etwa gleich große Pflegeanstalt und das Pensionat (Sanatorium).

Erfreulicherweise wurde vor einigen Jahren ein umfangreicher Fundus von historischen Originalplänen aus der Planungszeit entdeckt, digitalisiert und der Forschung zugänglich gemacht. Die Pläne wurden inventarisiert und dem Wiener Stadt- und Landesarchiv übergeben. Daher kann nun der Planungsprozess der einzelnen Pavillons sehr gut nachvollzogen werden und es steht eine wesentlich bessere Grundlage für Sanierungen zur Verfügung.

Die ehemaligen niederösterreichischen Landes-Heil- und Pflegeanstalten für Geistes- und Nervenranke

Die über 1 Mio. m² große Anlage gliedert sich in drei Teile und wird von einer 4,36 km langen, massiven, 2,5 – 3 m hohen Mauer aus Bruchsteinen, Ziegeln und Stampfbeton Ziegeln umschlossen.

Die Heil- und Pflegeanstalten waren das medizinische und therapeutische Zentrum der am Südhang des Gallitzinbergs terrassenförmig angelegten Gebäude und jeweils durch einen breiten Grünstreifen im Westen vom Sanatorium und im Osten von den Wirtschaftsgebäuden getrennt. Das streng orthogonal und vertikal strukturierte Ordnungssystem wurde von Otto Wagner über den ersten Entwurf Carlo von Boogs gelegt. Die imperiale Zufahrt und Einfahrt liegt auf der Mittelachse des Areals und setzt sich in der „Kulturachse“ fort: Administration, Theater und Großküche liegen auf dieser Achse, die vom weit sichtbaren Zentralbau der Anstaltskirche St. Leopold, entworfen und errichtet von Otto Wagner, gekrönt wird. Dahinter erstreckt sich ein weitläufiges Wald- und Wiesenareal, das für landwirtschaftliche Nutzung und als Erholungs- und Freizeitareal für die Kranken genutzt wurde. Das reich geschmückte Eingangsportal liegt zwischen zwei Pförtnerhäusern, daneben befindet sich jeweils ein Beamtenwohnhaus.

Links und rechts des U-förmig angelegten Verwaltungsgebäudes befand sich jeweils ein Aufnahmegebäude, wo die Patient*innen zunächst untersucht und dann einem Pavillon zugewiesen wurden. Die Wiesenstreifen entlang der 2,5 m hohen, massiven Umfassungsmauern wurden für Schrebergärten für Bedienstete parzelliert. Alle Krankensäle sind zur Sonne und nach Süden orientiert, alle Eingänge befinden sich im Norden der Pavillons. Alle Transporte am Areal erfolgten mit der 9,5 km langen Bahnanlage, die Kommunikation über eine Telefonanlage mit 235 Apparaten.

Der erste Repräsentationsbau auf der Mittelachse ist die Administration, das Verwaltungszentrum der Heil- und Pflegeanstalten, der Wohnort des Direktors und der Ärzt*innen. Auch die Registratur, ein Archiv, die Bibliothek, Besprechungsräume, sowie eine Apotheke waren hier untergebracht.



Abbildung 5: Verwaltungsgebäude am Otto-Wagner-Areal (Quelle: LANG consulting)

Hinter dem Verwaltungsgebäude liegt das „Gesellschaftshaus“, bekannt als „Jugendstiltheater“. Der ausgeführte Bau setzt sich aus mehreren miteinander verschachtelten Kuben zusammen, die Höhenentwicklung des Gebäudes bringt die Nutzung im Inneren zum Ausdruck.

Zwischen Theater und Küche wurde 2003 das Denkmal für die Opfer der Medizinverbrechen des Spiegelgrundes positioniert. 772 nachts leuchtende Stelen erinnern an die Kinder und Jugendlichen, die hier während des Nationalsozialismus ermordet wurden. Das Zentrum der Küche bildet ein 352 m² großer, zweigeschoßiger, von oben belichteter Raum, der von Vorbereitungs- und Reinigungsräumen, sowie Speiseräumen und Cafe umgeben ist. Im Keller befanden sich Lager- und Kühlräume, Eis- und Sodafabrikation, im Obergeschoß Wohnräume für das Personal. Bei der grundlegenden Sanierung und Modernisierung der Küche wurden wesentliche technische Erneuerungen durchgeführt, während das historische Konzept des Grundrisses im Wesentlichen erhalten blieb.



Abbildung 6: Anstaltskirche St. Leopold (links) und Mahnmahl und Jugendstiltheater (rechts, Quelle für beide Bilder: LANG consulting)

Bereits Carlo von Boog sah als oberen Abschluss der Mittelachse ein Kirchengebäude vor. 1904 wurde das Projekt von Otto Wagner im niederösterreichischen Landtag angenommen, 1905 der Bau begonnen und bis zur Eröffnung 1907 fertig gestellt. Die Anstaltskirche St. Leopold stellt auf Grund ihrer Aussichtslage und ihrer Gestaltung den Höhepunkt der Mittelachse dar - ein überkuppelter Zentralbau, ruhend auf dem Bruchsteinmauerwerk aus den Steinhöfen des Ottakringer Steinbruchs und in Marmorplatten gehüllt, die mit Kupfernägeln fixiert sind. Die Klarheit des Kirchenraums wird

durch die Reduktion auf wenige Farben erreicht: weißer Putz, weißer Marmor, heller Stein, Gold und die Glasfenster Kolo Mosers. Die Kirche wurde vom Architekturbüro Treberspurg umfassend saniert.

Struktur: Alle Pavillontypen werden vertikal über eine zweiläufige Treppe mit Zwischenpodest erschlossen, von wo aus die einzelnen Geschoße erschlossen sind. Im Norden liegen jeweils das Stiegenhaus, die Nebenräume wie die Bad- und WC-Anlagen und die Spülküche. Ein west-ost-verlaufender Korridor bildet die Haupteerschließung der Geschoße, im West- und Ostflügel liegen Einzelräume und Arzträume. Im Süden liegen alle großen Krankenzimmer und Tagräume. Die Grundrisse der unteren Geschoße sind nahezu ident. Im obersten Geschoß waren im Mitteltrakt Pfleger und Personal untergebracht. Die meisten Pavillons haben drei Geschoße.

Die durchwegs horizontale Gliederung der Fassaden mit Betonung der Mittel- und Eckrisalite stammt aus der Tradition der österreichischen und süddeutschen Barockschlösser. Die kleineren Baukörper des Campusareals mit E-, U-, H-Grundrissen sind für das Areal charakteristisch. Die Abstände zwischen den Pavillons sind großzügig, um den Gebäuden Licht, Luft und Sonne zu garantieren.

Die Untergeschoße bestehen aus Bruchsteinmauerwerk und haben außen einen grau verputzten Sockel. Die Geschoße darüber sind in Sichtziegelmauerwerk ausgeführt und durch horizontale Putzgesimse gegliedert. Zwischen den obersten Geschoßen sind sie als Stockwerkgesimse, darüber als Dachgesimse ausgebildet, abgeschlossen mit Eierstabfriesen. Die Wetterfronten wurden mit einem Ölanstrich geschützt. Die abgewalmten Flachdächer bestehen aus einer Eisenbetonkonstruktion, die mit Holzzement wasserdicht abgedeckt und durch einen Schotterbelag geschützt ist.

Alle Pavillons haben zwei Seitenflügel und einen höheren Mitteltrakt. Das Stiegenhaus mit dem Haupteingang ist bei allen Pavillontypen im Norden des Mittelbaus platziert und tritt markant aus der Fassadenebene hervor.

Das Wirtschaftsareal

Neben der medizinischen Versorgung war die Selbstversorgung ein zentraler Aspekt. Die Wirtschaftsgebäude der Anlage liegen auf einem abschüssigen Terrain im Osten des Areals, das über Stützmauern gesichert werden musste.

Die wesentlichen Gebäude waren

- das Beschäftigungshaus mit Werkstätten für die Beschäftigungstherapie
- ein Wohnhaus für die Arbeiter
- ein Desinfektions- und Badehaus für die Hygiene der Anstalt
- die Wäscherei
- ein Kesselhaus für die Versorgung mit Heißwasser und Heißdampf
- ein Verbrennungsofen für Abfall
- eine Wasserreinigungsanlage
- eine Fleischerei
- ein Schweinestall
- ein Pferdestall
- eine Wagenremise mit Schmiede und Geräteschuppen
- Glashäuser, Gärtnerhaus und Treibhäuser

Die Zeit nach der Eröffnung bis zur Neu-Nutzung

Da die Anstalt am Steinhof auf Grund ihrer Nutzung mit vergleichsweise wenig haustechnischer und medizinischer Infrastruktur ausgestattet war und die Gebäude sehr solide errichtet worden waren, blieb die originale Bausubstanz relativ unbeschadet. Erst Ende des 20. Jahrhunderts wurden größere technische Eingriffe und damit eine Abstimmung mit dem Denkmalschutz erforderlich. Im Zuge eines 1995 bis 2002 durchgeführten Projekts wurde ein „Leitkonzept“ für die Sanierung und Adaptierung der Pavillons erstellt, das die Pavillons 3, 5, 9, 11, 13, 16 für eine Erneuerung in Abstimmung mit dem Denkmalschutz freispielte. Aus einem Gutachterverfahren gingen die Büros Beneder/Fischer (Pav. 3, 5, 11), Prantl/Runser (Pav. 9) und Sarnitz-Soyka/Silber/Soyka (Pav.16) als Sieger hervor. Für die Durchführung der Planung verordneten sie sich „Dispositionskriterien“ gemäß der Charta von Venedig: die Dominanz der imagedragenden Mittelachse sollte erhalten bleiben, andere Zubauten sich unter die Pavillons einreihen. Zubauten sollten als „Addendum“ ersichtlich sein, aber die historische Gebäudestruktur erlebbar bleiben. Die Architektenteams integrierten die neuen Kriterien des Leitkonzepts (Art. 6 der Charta von Venedig – „Bewahrung eines seinem Maßstab entsprechenden Rahmens“) mit dem Ziel, eine „Harmonie in Baukörper, Formensprache und Material“ zu erreichen und dabei die Spezifika der historischen Anlage wie die Topographie der Höhenschichtenlinien und die Typologie der Gebäude miteinzubeziehen. Zubauten sollten die Merkmale „Transparenz, Eigenständigkeit, homogene Oberflächen“ aufweisen. Mit der sensiblen Umsetzung der Maßnahmen nahmen die Teams das Wiener Memorandum zum Umgang mit historischer Stadtlandschaft von 2005 vorweg, das definierte, dass „zeitgenössische Architektur alle Eingriffe im baulichen und kulturellen Erbe einschließlich Freiflächen, Neubauten, An- und Zubauten an Denkmälern und Ensembles sowie Umbauten“ hinsichtlich Proportion und Gestaltung der historischen Struktur und Architektur anpassen soll, ebenso wie die Entkernung schützenswerter Bausubstanz. Diese Maßnahme war bei zwei der umgebauten fünf Pavillons erforderlich, wo die Mittelmauer herausgenommen werden musste, um eine für einen modernen Spitalsbetrieb erforderliche Infrastruktur umsetzen zu können.

Die sukzessive Absiedlung diverser Einrichtungen am Otto Wagner Areal durch den Wiener Krankenanstaltenverbund (KAV) und die Widmung des Areals hinter der St. Leopoldskirche als Bauland (2006) weckten Ideen zu dessen Verbauung, was vehemente Bürgerproteste zur Folge hatte (ab 2011) und letztlich zur Rückabwicklung der Verkaufsrechte an die GESIBA, abermalige Umwidmung in Grünland (2019) und Erstellung eines neuen Flächenwidmungsplanes (2020) führte, wo die neuen Nutzungen klar festgelegt wurden.

Der neue Flächenwidmungsplan

Die neue Flächenwidmung enthält folgende Grundsätze:

- Eine Bebauung zwischen den Pavillons wird nicht möglich sein. Dadurch bleiben alle Grünflächen im Hauptteil und im westlichen Sanatoriumsbereich unangetastet.
- An den Gebäuden selbst werden nur minimale Veränderungen erlaubt - wie etwa für einen barrierefreien Zugang. Alle Änderungen müssen in enger Abstimmung mit dem Bundesdenkmalamt erfolgen.
- Die Grünflächen zwischen Sanatoriumsbereich und Hauptareal beziehungsweise Ostareal bleiben bestehen und werden von Bauland in Grünland umgewidmet. Auch die zentrale Sichtachse Pathologie - Kirche wird freigehalten. Eine Verbauung ist damit ausgeschlossen.
- Im ehemaligen Wirtschaftsareal im Osten wird die Widmung auf genau jenes Minimum reduziert, das die Planung der ExpertInnen-Kommission empfiehlt und das eine Eingliederung des Bereichs in das Gesamtensemble ermöglicht.
- Das gesamte Erholungsgebiet Steinhofgründe bleibt erhalten.

Der neue Flächenwidmungsplan (8139) lag von 9. Jänner bis 20. Februar 2020 öffentlich auf. In diesem Zeitraum hatten Bürgerinnen und Bürger die Möglichkeit, Stellungnahmen abzugeben.

1.2. Motivation und Ziel



Abbildung 7: Luftaufnahme mit Blick auf das Otto-Wagner-Areal aus nordöstlicher Richtung (Foto: © Stadt Wien/Christian Fürthner, 2019)

Das Otto-Wagner-Areal in Wien ist ein weltweit bedeutendes und großflächig angelegtes Jugendstil-Ensemble, dessen charakteristische Pavillon-Bauten in einer parkähnlichen Hanglage angeordnet

sind. Die ursprüngliche Nutzung als Krankenhaus wird bis 2023 aufgegeben und für eine neue breitgefächerte Nutzung adaptiert: Büronutzung und Universitätscampus (Central European University), Wohnen, medizinische Einrichtungen, Theater und Freizeitnutzung (für Sport und Erholung), Gastronomie und Nahversorgung. Unter Einhaltung des strengen Denkmalschutzes sollen die Gebäude an die künftigen Anforderungen angepasst werden. Eine detaillierte Machbarkeitsanalyse soll dabei prüfen, ob das gesamte Otto-Wagner-Areal unter dieser Auflage auf Plus-Energie-Standard saniert werden kann, d.h. ob der jährliche Energiebedarf selbst vor Ort gedeckt werden kann.

Ziel der Machbarkeitsanalyse ist eine fundierte Entscheidungshilfe für eine international richtungsweisende Sanierung und Erneuerung eines historischen Areals unter den folgenden Aspekten:

- Reduktion des Endenergiebedarfs des Gesamtareals um 90 % gegenüber dem Bestand
- Bereitstellung des Rest-Endenergiebedarfs durch erneuerbare Energien vor Ort
- Wirtschaftlichkeitsanalysen und Betrachtung von Lebenszykluskosten

1.3. Vergleichbare internationale Projekte

Es gibt international bereits viele Institutionen, die sich durch ihr konkretes Handeln zur Klimaneutralität verpflichtet haben. Im Folgenden werden einige Beispiele für solche Universitäten zusammen mit Aktionen vorgestellt:

Tabelle 1: Vergleichbare internationale Projekte (Quelle: „Central European University (CEU)“)

Name der Universität	Jahr der Verpflichtung zur Erreichung von Klimaneutralität	Wichtigste Merkmale
Colby College	2013	- Entscheidung für Versorgungsunternehmen (für das Colby College gehören dazu Strom und Heizöl), die erneuerbare Energiequellen nutzen. - Einkauf von Zertifikaten zur CO ₂ -Kompensation.
Greifswald University-Germany	2012-2014	- Einsatz erneuerbarer Energien, die die CO ₂ -Emissionen bereits um ca. 4.136 t CO ₂ e pro Jahr reduziert haben - Falls Maßnahmen zur Emissionsreduktion an der Universität Greifswald voll ausgeschöpft werden, könnten fast 4.666 t CO ₂ e Jahr pro Jahr reduziert werden. Entspricht etwa der Hälfte des CO ₂ -Fußabdrucks. - CO ₂ -Kompensation durch verstärkte Kohlenstoffbindung auf universitätseigenen Waldflächen.
Middlebury College	2016	- Verwendung von Biomasse - Middlebury ist auch Partner in drei Solarprojekten, die etwa 8 % der gesamten Stromlast des Campus erzeugen - In den letzten 14 Jahren hat Middlebury 87 Projekte mit einem Investitionsvolumen von rund 1,5 Millionen Dollar abgeschlossen. Infolgedessen

Name der Universität	Jahr der Verpflichtung zur Erreichung von Klimaneutralität	Wichtigste Merkmale
		spart Middlebury jetzt 636.000 \$ und 4,52 Millionen Kilowattstunden pro Jahr ein.
Bowdoin College	2018 (Angestrebt 2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Bowdoin College hat seine Kohlendioxidemissionen vor Ort um 29 % reduziert, hauptsächlich durch eine Ökologisierung des Strombezugs. - Bowdoin hat in Klimakompensationen mit regionalen Auswirkungen und in erneuerbare Energiegutschriften (RECs) in Verbindung mit Windparks investiert.
American University (AU)	2018 (Angestrebt 2020)	<ul style="list-style-type: none"> - 20 % Rückgang des Stromverbrauchs pro Quadratfuß durch die Einführung neuer Technologien, Raummanagementstrategien und Initiativen zur Verhaltensänderung. - Das Gebäude der AU erhielt LEED-Gold. - AU begann damit, 50 % seines Stroms aus einem in North Carolina entwickelten externen Solarpark zu beziehen. - Kauf/Entwicklung von Klima-Kompensationen.
University of San Francisco (USF)	2019 (Angestrebt 2050)	<ul style="list-style-type: none"> - In den frühen 2000er Jahren Einsatz von Sonnenkollektoren, die etwa 40 % des Strom- und Heizbedarfs des USF-Hauptcampus decken - Das USF Café produzierte 25 % weniger Abfall als im Vorjahr und reduzierte seine Treibhausgasemissionen um 22 %. - Kauf von Klimakompensations-Zertifikaten durch den USF.
Bates College	2019 (Angetrebt 2020)	<ul style="list-style-type: none"> - 95 % der Treibhausgasemissionen des Campus durch Effizienzmaßnahmen und die Umstellung auf erneuerbare Energiequellen eliminiert. - Am wichtigsten ist erneuerbares Heizöl (RFO), eine aus Holz gewonnene Flüssigkeit, die jetzt der primäre Brennstoff für das Zentralheizwerk des College ist. - Das College wird jährlich etwa 7.000 Dollar ausgeben, um die mit fossilen Brennstoffen erzeugte Wärme in bestimmten Gebäuden und die Fahrten zum und vom Campus auszugleichen (Klimakompensation).
Colgate University	2019	<ul style="list-style-type: none"> - Colgate reduzierte seine Kohlenstoffemissionen auf dem Campus um 46 %. - Energiesparmaßnahmen sparten der Universität fast 300.000 Dollar an Betriebskosten.
Bristol University-UK	2030	<ul style="list-style-type: none"> - Reduktion des Energiebedarfs durch effizienten Einsatz von Heizung, Lüftung und Beleuchtung und durch den Bau neuer Niedrigenergiegebäude. - Erzeugung von erneuerbarer Energie vor Ort durch den Einsatz von Sonnenkollektoren, Wärmepumpen und Biogas.

Name der Universität	Jahr der Verpflichtung zur Erreichung von Klimaneutralität	Wichtigste Merkmale
		- Klimakompensation: Pflanzung von Bäumen und anderer Flora in der Umgebung der Universität im Rahmen zertifizierter Systeme.
Elon University	2037	<ul style="list-style-type: none"> - Nutzung erneuerbarer Energie - Begrenzung der Energieverschwendung in bestehenden Gebäuden und Bau zukünftiger Gebäude - Kauf von Gutscheinen für erneuerbare Energien und Kauf verifizierter Klimakompensationen

Diese Bildungseinrichtungen haben ihr Engagement für die Eindämmung des Klimawandels unter Beweis gestellt. Die Central European University (CEU) als renommierte Institution hat nun die Chance, ihr Engagement für die Eindämmung des Klimawandels zu bekräftigen, indem sie den Otto-Wagner-Campus klimaneutral betreibt.

1.4. Bestandserhebung und Zustand der Bausubstanz

1.4.1. Bestandsbegehungen

Zur Einschätzung der Bestandssituation erfolgten im Zeitraum Juli 2019 bis April 2020 insgesamt 19 Begehungstage am Otto-Wagner-Areal inklusive Fachgespräche insbesondere mit VertreterInnen des KAV.

Um die umfangreichen Analyseergebnisse übersichtlich darzustellen, wurde eine Bewertungsmatrix entwickelt. Diese Bewertung bezieht sich dabei rein auf den Zustand der Bausubstanz und nicht auf die energietechnische oder haustechnische Erfordernis, Maßnahmen zu setzen. Die Matrix wurde mit dem KAV abgestimmt. Im Folgenden werden die Gesamtbewertung der Bausubstanz für die einzelnen Teilbereiche des Gesamtareals erläutert und einzelne Beispielobjekte vorgestellt.

sehr gut	gut	sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	Gefahr in Verzug
----------	-----	---------------------	--------------------------	------------------

Abbildung 8: Ampelsystem der Bewertungsmatrix zur Einschätzung des Zustands der Bausubstanz

1.4.2. Zone West

Für die Zone West lässt sich feststellen, dass sich die Objekte in der Regel in sanierungsbedürftigem Zustand befinden (siehe Tabelle 2). Hier befindet sich das Pulmologische Zentrum, wo der Großteil der Pavillons noch im Vollbetrieb ist. Im Gegensatz zum übrigen Otto-Wagner-Areal wurden die Pavillons der Zone West mit einer Putzfassade versehen.

Tabelle 2: Beurteilungsmatrix Zone West

West	Gesamtbeurteilung	Fassade	Fenster	Innenzustand
Verwaltung	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Portier	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Austria	gut	gut	gut	sehr gut
Felix	gut	gut	gut	sehr gut
Kurhaus	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	gut
Vindobona	gut	sanierungsbedürftig	gut	gut
Leopold	gut	sanierungsbedürftig	gut	gut
Hermann	gut	sanierungsbedürftig	gut	sanierungsbedürftig
Rosenvilla	sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Wienerwald	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Karlshaus	sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Küche	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Marienhaus	sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Severin	gut	gut	gut	gut
Annenheim	sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig

Pavillon Hermann

Das ursprüngliche Jugendstil-Gebäude wurde in den 1970er Jahren ohne Erhaltung der ursprünglichen Bestandsfassade umgebaut und um ein bzw. zwei Stockwerke aufgestockt, sowie mit einem Verbindungsgang zum Pavillon Leopold erweitert. Das Gebäude hat neben dem Erdgeschoß drei Obergeschoße und befindet sich in bautechnisch sanierungsbedürftigem Zustand. Der Keller ist zum Teil vollwertig beheizt und zum anderen Teil für unbeheizte Lager- und Technikräume nutzbar. Das Dach ist ein Flachdach. Alle Räume sind als schlichte Funktionsräume ausgeführt. Die Kastenstockfenster wurden beim Umbau durch Einfach-Fensterrahmen ersetzt. Der Zustand des Gebäudes eröffnet die Sanierungsvariante einer Außendämmung samt fassadenintegrierter Photovoltaik-Anlagen, wobei ein umfassendes Gesamtsanierungskonzept mit dem Bundesdenkmalamt gemeinsam zu entwickeln ist.



Abbildung 9: Beispielobjekt für Zone West, Pavillon Hermann (Südostseite, Nordwestseite) (Quelle: LANG consulting)

Kurhaus

Das Gebäude befindet sich in bautechnisch sehr sanierungsbedürftigem Zustand und hat neben dem Erdgeschoß ein Obergeschoß. Der Keller ist für beheizte Garderoben, Lager- und Technikräume nutzbar. Die Kastenstockfenster sind großteils in sanierungsbedürftigen Zustand. Innendämmungen sind nur teilweise umsetzbar. Die zentrale Kurhalle samt den Seitenflügeln ist mit Jugendstilfliesen verkleidet, ebenso sind die Deckenuntersichten mit Ornamentik verziert.



Abbildung 10: Beispielobjekt für Zone West, Kurhaus (Südseite, Festsaal) (Quelle: LANG consulting)

1.4.3. Kernzone West

Für die Kernzone West lässt sich feststellen, dass sich die Objekte in überwiegend gutem Zustand befinden, da sie in den letzten beiden Jahrzehnten generalsaniert wurden (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Beurteilungsmatrix Kernzone West

Kernzone West	Gesamtbeurteilung	Fassade	Fenster	Innenzustand
Pavillon B1	sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Pavillon 5	gut	gut	gut	gut
Pavillon 3	gut	gut	gut	gut
Pavillon 1	gut	gut	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Pavillon 11	gut	gut	gut	gut
Pavillon 9	gut	gut	gut	gut
Pavillon 7	gut	sanierungsbedürftig	gut	gut
Pavillon 17	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig
Pavillon 15	gut	gut	gut	gut
Pavillon 13	gut	gut	gut	gut
Pavillon 21	gut	gut	sanierungsbedürftig	gut
Pavillon 19	gut	sanierungsbedürftig	gut	gut
Pavillon V	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	gut

Pavillon 5

Das Gebäude befindet sich bautechnisch in relativ gutem Zustand und hat neben dem Erdgeschoß zwei Obergeschoße. Der Keller ist vollwertig nutzbar. Das Dach ist ein Flachdach. Alle Räume sind schlichte Funktionsräume. Die Kastenstockfenster sind teilweise in sanierungsbedürftigen Zustand. Innendämmungen sind umsetzbar.



Abbildung 11: Beispielobjekt für Kernzone West, Pavillon 5 (Südostseite und Westseite) (Quelle: LANG consulting)

Pavillon 17

Das Gebäude befindet sich in einem relativ guten bautechnischen Zustand und hat neben dem Erdgeschoß drei Obergeschoße. Der Keller ist vollwertig nutzbar. Das Dach ist als Flachdach ausgeführt. Alle Räume sind schlichte Funktionsräume. Die Kastenstockfenster sind teilweise in sanierungsbedürftigen Zustand. Innendämmungen sind umsetzbar.



Abbildung 12: Beispielobjekt für Kernzone West, Pavillon 17 (Südostseite und Nordseite) (Quelle: LANG consulting)

1.4.4. Kernzone

Für die Kernzone lässt sich feststellen, dass sich die vier zentralen Hauptobjekte (Direktion Gebäude C, Küche, Kirche am Steinhof, Theater) mit Ausnahme des Theaters in gutem Zustand befinden (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Beurteilungsmatrix Kernzone

Kernzone	Gesamtbeurteilung	Fassade	Fenster	Innenzustand
Direktion Gebäude C	gut	gut	gut	gut
Portier	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Post	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Theater	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig
Küche	gut	gut	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Kirche am Steinhof	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut

Theater

Einer der zehn größten Theatersäle Wiens¹ ist ebenso wie die Verkehrsbereiche im Jugendstil dekoriert. Das Theater ist teilweise unterkellert und wäre zum Teil gut nutzbar. Die übrigen Kellertrakte sind als Lager- und Technikräume nutzbar. Der Zutritt zum Gebäude ist der Öffentlichkeit aus sicherheitstechnischen Gründen untersagt. Das Objekt weist mittlerweile eine Reihe von Bauschäden, wie einzelne Wasserschäden am Parkett, abgebrochene Stukturen und Schäden am Verputz auf. Ursprünglich befestigte Lichter oder Verzierungen über dem Eingangsbereich wurden abmontiert. Das Foyer weist zahlreiche Beschädigungen an der Vertäfelung sowie an Stuck-Elementen auf. Die Glasverkleidung der Deckenlichter wurde abmontiert, wodurch freie Sicht auf die Betondecke besteht. Einrichtung und Verfließung sind großteils Originalbestand. Der Theater- und Ballsaal ist in einem besseren Zustand.

Der Eingangsbereich und der Theatersaal im Erdgeschoß sind reichhaltig ausgestaltet und mit Innenvertäfelungen versehen. Für das Theater ist aufgrund seiner einzigartigen, prägenden Architektur ein gesondertes Sanierungskonzept zu entwickeln.

¹ <http://www.steinhof-erhalten.at/jugendstiltheater.html>, aufgerufen am 29.10.2020



Abbildung 13: Beispielobjekt für Kernzone, Theater (Nordseite, großer Theatersaal) (Quelle: LANG consulting)

Küche

Die im Jahr 2008 generalsanierte Küche befindet sich in grundsätzlich gutem bautechnischen Zustand. Die Kücheneinrichtung ist funktionstauglich. Zudem bieten sich viele Räume für künftig geänderte Nutzungen an. Das Untergeschoß ist größtenteils gut nutzbar. Die Mehrzahl der Kastenstockfenster ist in einem sanierungsbedürftigen Zustand. Innendämmungen sind größtenteils umsetzbar. Die Küche wurde für 2.000 Personen ausgelegt und bedient derzeit 350 Personen². Für die künftige Nutzung ist abzuklären, welcher Bedarf besteht und ob dieser zentral gedeckt werden soll. Im Erdgeschoß befindet sich die gesamte Küche sowie Distribution und ein Essbereich für MitarbeiterInnen des Otto-Wagner-Spitals. Boden als auch Verfliesung der Wände wurden in der Küche aus hygienischen Gründen erneuert. Die Essbereiche wurden mit Holzverkleidungen gestaltet. Im Keller befinden sich der Bereich der Anlieferung sowie die Kühl- und Lagerräume.



Abbildung 14: Beispielobjekt für Kernzone, Küche (Südostseite, Innenbereich) (Quelle: LANG consulting)

² Quelle: Auskunft des KAV (Wiener Krankenanstaltenverbund)

1.4.5. Kernzone Ost

Für die Kernzone Ost ist festzustellen, dass sich die Objekte zum überwiegenden Teil in sanierungs- bis sehr sanierungsbedürftigem Zustand befinden (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Beurteilungsmatrix Kernzone Ost

Kernzone Ost	Gesamtbeurteilung	Fassade	Fenster	Innenzustand
Pavillon B	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Pavillon 2	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Pavillon 4	sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Pavillon 6	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Pavillon 8	Gefahr in Verzug	Gefahr in Verzug	Gefahr in Verzug	Gefahr in Verzug
Pavillon 10	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Pavillon 12	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Pavillon 14	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Pavillon 16	gut	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	gut
Pavillon 18	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Pavillon 20	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Pavillon W	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Pavillon 22	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Pavillon 24	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig

Pavillon 2

Das Gebäude befindet sich in bautechnisch sehr sanierungsbedürftigem Zustand und hat neben dem Erdgeschoß ein Obergeschoß. Der Keller ist vollwertig nutzbar. Das Dach ist ein Flachdach. Alle Räume sind schlichte Funktionsräume. Die Kastenstockfenster sind großteils sanierungsbedürftig. Innendämmungen sind umsetzbar.



Abbildung 15: Beispielobjekt für Zone Ost, Pavillon 2 (Südseite, Nordwestseite) (Quelle: LANG consulting)

Pavillon 8

Das Gebäude befindet sich bautechnisch in einem sehr sanierungsbedürftigen Zustand und hat neben dem Erdgeschoß zwei Obergeschoße. Zahlreiche Kastenstockfenster sind nicht mehr vorhanden und durch Planken abgedeckt. Einzelne Fenster schließen nicht, wodurch Regen ins Gebäude eindringt, was bereits zu starken Feuchteschäden führt. Generell weisen zahlreiche Decken, Wände und Böden Feuchteschäden auf. Der Putz ist stellenweise großflächig abgebrochen. Die Bausubstanz bedarf einer Überprüfung der Tragfähigkeit vor einer Sanierung. Das Flachdach ist durch vereinzelt angewurzelten Baumwuchs (ca 3 m Höhe) bereits stark beschädigt. Die Patientenräume und Gänge haben noch Originalfliesen und sind größtenteils gut erhalten. Ehemalige Büroräume auf Ebene 4 sind mit Parkett ausgestattet, welcher grobe Feuchteschäden aufweist. Einzelne Räume wurden mit Laminatboden und neuen Heizkörpern modernisiert.



Abbildung 16: Beispielobjekt für Zone Ost, Pavillon 8 (Innen- und Außenzustand) (Quelle: LANG consulting)

Pavillon 16

Das Gebäude wurde 2002 generalsaniert und war noch bis vor wenigen Jahren in Betrieb. Es befindet sich in bautechnisch sanierungsbedürftigen Zustand und hat neben dem Erdgeschoß drei Obergeschoße. Der Keller ist vollwertig nutzbar. Das Flachdach macht einen soliden Eindruck und weist wie die Dächer der meisten Pavillons nur minimalen Grünwuchs auf. Alle Räume sind schlichte Funktionsräume und wurden über die Jahre stark verändert, das betrifft sowohl Raumaufteilung und Haustechnik als auch Art der Wandverkleidung. So wurden zusätzliche Sanitärräume direkt bei den verkleinerten Patientenzimmern errichtet. Die Kastenstockfenster sind größtenteils in sanierungsbedürftigem Zustand. Innendämmungen sind größtenteils umsetzbar. In den nordseitigen Hofrücksprüngen wurden Glasanbauten eingefügt, welche als Gemeinschaftsräume dienen, sich aber stark von der originalen Architektur abheben. Nur mehr wenige Räume (Stiegenhaus) weisen die originale Verfliesung auf. In den übrigen Räumen wurde die ursprüngliche Verfliesung gegen neue Fliesen oder einen Kunststoffbelag getauscht. Auch ein Großteil der Türen wurde getauscht.



Abbildung 17: Beispielobjekt für Kernzone Ost, Pavillon 16 (Südostseite, Nordseite) (Quelle: LANG consulting)

1.4.6. Zone Ost

Für die Zone Ost lässt sich feststellen, dass sich die Objekte größtenteils in sehr sanierungsbedürftigem Zustand befinden (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Beurteilungsmatrix Zone Ost

Ost	Gesamtbeurteilung	Fassade	Fenster	Innenzustand
Pavillon 35	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Pathologie	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig
Portier	gut	gut	sanierungsbedürftig	gut
Gebäude O	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig
Beschäftigungshaus	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig
Pavillon 25	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig
Pavillon 26	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	gut
Wäscherei	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig
Pavillon 23	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig
Kesselhaus	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig
Magazin - Materiallager	gut	gut	gut	gut
Gärtnerei Glashaus	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig
Gärtnerei Wohnhaus	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig	sehr sanierungsbedürftig
Reithalle	gut	gut	gut	gut
Fleischerei	Gefahr in Verzug	Gefahr in Verzug	Gefahr in Verzug	Gefahr in Verzug

Wäscherei

Das ehemalige Wäscherei-Gebäude befindet sich in bautechnisch sehr sanierungsbedürftigen Zustand und hat neben dem Erdgeschoß im westlichen Frontbau ein Obergeschoß. Der Keller ist vollwertig nutzbar. Das Hallendach ist ein flach geneigtes Schrägdach, der Frontbau hat ein Flachdach. Alle Räume sind schlichte Funktionsräume. Die Kastenstockfenster und Eisengitterfenster sind in sehr sanierungsbedürftigem Zustand. Innendämmungen sind größtenteils umsetzbar.



Abbildung 18: Beispielobjekt für Zone Ost, Wäscherei (Südostseite, Stiegenaufgang) (Quelle: LANG consulting)

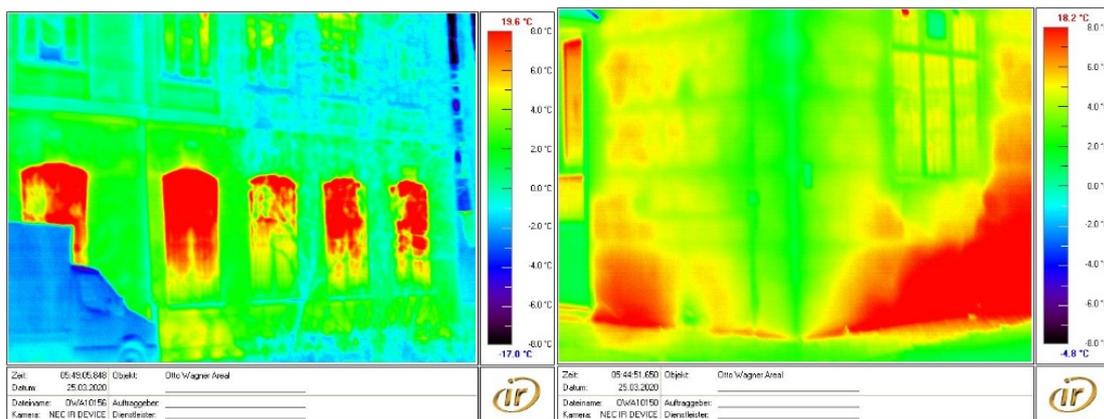


Abbildung 19: Thermographiebilder Wäscherei (Quelle: TU Wien, Institut f. Werkstofftechnologie, Bauphysik u. Bauökologie)

Pathologie

Das ehemalige Pathologie-Gebäude mit seiner zentralen, hohen Aufbahnhalle befindet sich in bautechnisch sehr sanierungsbedürftigem Zustand und hat neben dem Erdgeschoß ein Obergeschoß. Der Keller ist vollwertig nutzbar, speziell wenn künftig z.B. eine Bibliothek in dem Gebäude angesiedelt werden soll. Das Hallendach ist ein Schrägdach, der übrige Trakt hat ein Flachdach. Die Aufbahngesetshalle mit ihren Ornamentfenstern, Altar und Tonnengewölbe ist original erhalten. Die Einbauten und Wandfliesen der früheren Prosektur sollen entfernt werden. Alle übrigen Räume sind schlichte Funktionsräume. Die Kastenstockfenster sind in sehr sanierungsbedürftigem Zustand bzw. gar nicht mehr vorhanden. Innendämmungen sind größtenteils umsetzbar.



Abbildung 20: Beispielobjekt für Zone Ost, Pathologie (Ostseite, Nordseite) (Quelle: LANG consulting)

Gewächshaus

Das Gebäude befindet sich aus bautechnischer Sicht in einem sehr sanierungsbedürftigen Zustand und besteht aus einer ebenerdig terrassierten Glashausanlage mit Treibhaus, Warmhaus, Kalthaus, Vermehrung und der Versorgungsmittelachse. Das Glasdach entspricht einer typischen Glashausform. Durch die hohe Luftfeuchtigkeit und teilweise hohen Temperaturen sind die einzelnen Bauteile in sehr schlechtem Zustand.

1.4.7. Otto-Wagner-Areal Gesamt

Das Areal wurde über die Jahre hinweg weitgehend in Stand und in Betrieb gehalten, jedoch kam es zu keinen tiefgreifenden thermischen oder energietechnischen Sanierungen. Folgende Pavillons haben im Rahmen der Generalsanierungen eine außenliegende Feuchtigkeitsisolierung der Kellerwand erhalten und wurden mittels abschnittsweiser Kellermauerdurchschneidung erfolgreich trocken gelegt: Pavillon 13, Pavillon 16, Pavillon Austria. Pavillon Felix ist ein Neubau und wurde daher bereits dicht ausgeführt.



Abbildung 21: Bewertungsergebnis des Bauzustands - Gesamtareal (Plangrundlage KAV, bearbeitet von Schöberl & Pöll)

1.5. Analyse von Bestandsunterlagen, Archivunterlagen

Für die Bearbeitung des Areals für die vorliegende Machbarkeitsanalyse standen zum einen Planunterlagen aus der Zeit der Planung und Errichtung der Gebäude zur Verfügung, zum anderen aus dem Sanierungsprozess, der ab 1997 mit der Erstellung eines Leitkonzeptes nach der Charta von Venedig einsetzte und im Wesentlichen nur einzelne Pavillons betraf (Pav. 3, 5, 9, 11, 16). Zu diesem Zeitpunkt waren die alten Planunterlagen noch nicht verfügbar. Daher wurden die Gebäude aufgenommen und im Zuge der Planung digitale Unterlagen erstellt, die über den Wiener Krankenanstaltenverbund (KAV) dem Projektteam dankenswerterweise zur Verfügung gestellt wurden. Konzepte für die Adaptierung dieser Gebäude konnten daher auf dem aktuellen Gebäudezustand aufsetzen und bereits erfolgte Umbauten mitberücksichtigen.

Die Bearbeitung des Areals stützte sich auf Fakten, die im Buch „Die Stadt außerhalb“³ dargestellt sind. Im Zeitraum zwischen der Eröffnung bis hin in die Nachkriegszeit erfolgten einige bauliche Interventionen am Otto Wagner-Areal, wie die Aufstellung von Liegehallen auf dem Dach des Marien-Pavillons (1923) oder Adaptierungen für die Umwandlung in eine Lungenheilanstalt (Pav. 27, 28, 29, 30; 1925). Zweigeschoßige Liegehallen wurden an die Pavillons 27 und 25 angebaut. 1943 wurden für Verwaltung, Kurhaus, Küche, sowie im Theater, dem Beschäftigungshaus und den Pavillons 7, 23 und 24 Luftschutzanlagen eingebaut. Ab 1963 kam es zu Erneuerungen (z.B.

³ Caroline Jäger-Klein und Sabine Plakolm-Forsthuber mit Fotografien von Wolfgang Thaler, 2015: Birkhäuser Verlag

Aufstockungen) in den Randzonen des Areals und zur Erneuerung des Kesselhauses, wobei der markante Schlot abgebrochen wurde.

Für die Bearbeitung auf Basis der historischen Pläne wurden auch Fotos herangezogen, da entsprechende Unterschiede zum aktuellen Status festgestellt werden konnten. So wurde beispielsweise die historische Plandarstellung der Fassade des Pavillons 18 den aktuellen Aufnahmen entsprechend abgeändert. Für die weitere Bearbeitung und detaillierte Planung werden jedenfalls Bauaufnahmen erforderlich sein, um Planänderungen aus der Entstehungszeit, sowie spätere Umbauten und Adaptierungen zu berücksichtigen.

1.6. Zustand der Versorgungsinfrastruktur

Im folgenden Kapitel werden die bestehende Straßenbeleuchtung, das bestehende Kanalnetz, die bestehende Trinkwasser-, Elektro- und Wärmeversorgung kurz beschrieben.

Kanalnetz

Das Kanalnetz ist grundsätzlich funktionstüchtig, im Sinne der langfristigen Neunutzung sollte aber die Chance einer Generalerneuerung genutzt werden. Im Sinne einer energetischen Optimierung wäre im Zuge einer Generalerneuerung des Kanalnetzes eine Abwasserwärmenutzung mit zu überlegen.

Trinkwasserversorgung

Die Trinkwasserversorgung wird über die Wiener Hochquellwasserleitung sichergestellt. Zur Gewährleistung einer entsprechenden Druckverteilung dient der Hochpunkt-Trinkwasser-Druckbehälter oberhalb der Kirche am Steinhof.

Die Erschließung der Pavillons erfolgt jeweils hangseitig unter der Straße meistens neben dem Stiegenhaus.

Elektroversorgung

Gemäß Auskunft von Wien Energie ist die Stromversorgung des gesamten Areals auf Grund der derzeitigen Spitalsnutzung doppelt über zwei Hochspannungsringleitungen gesichert.

Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung der Pavillons erfolgt über eine Fernwärmeleitung von der Müllverbrennungsanlage Flötzersteig zur Umformerstation im Kesselhaus im Ostteil des Otto-Wagner-Areals, wo die Fernwärme in Heißdampf umgewandelt und über das Hochtemperatur-Wärmenetz am Areal verteilt wird. Die Leitungen verlaufen längs der Pavillons. Bei den alten Anschlüssen führen sie auf der östlichen Seite der Pavillon ins Gebäude und verlassen das Gebäude wieder auf der westlichen Stirnseite. Im Keller befinden sich die Umwandlerstationen der Pavillons. Bei allen neueren Anschlüssen verlaufen die Leitungen südlich um die Pavillons und die Umwandlerstation befindet sich außerhalb der Pavillons. Das gesamte bestehende Wärmeleitungsnetz entspricht in jedem Fall nicht mehr den heutigen Anforderungen und weist zudem eine sehr schlechte Energieeffizienz auf.



Abbildung 22: Auszug aus dem zentralen Leitungskataster über die Wärmeversorgung des Otto-Wagner-Areals (Quelle: Stadtplanungs GIS MagWien)

Für die Neunutzung des Areals muss die gesamte Wärme-Infrastruktur komplett erneuert und dem heutigen Standard angepasst werden. Anstatt des Heißdampf-Hochtemperatur-Wärmenetzes muss (für die Sanierungsvarianten mit Fernwärme) ein Fernwärmenetz neu verlegt werden. Da die Pavillons relativ weit auseinander liegen, sind die Kosten für die Neuerschließung höher anzusetzen⁴. Das Areal rund um das Kesselhaus ist im Besitz von Wien Energie.

1.7. Beschaffenheit des Untergrunds

Der Untergrund ist am ganzen Areal ähnlich und besteht in den oberen Schichten aus einem Gemisch aus Schluff, Sand, Tonmergel, Erde, Steine und klebrigem Erdreich. Teilweise muss auch mit Beton von alten Fundamenten, Leitungseinbindungen, etc. gerechnet werden. Die tieferen Schichten weisen vermehrt weichen Sandstein und Kalkstein und selten Fels auf.⁵



Abbildung 23: Untergrundbeschaffenheit im Bereich Zone Ost, Neubauten Areal GESIBA / Jänner 2020, Foto: LANG consulting

⁴ Ergebnisse aus internen Gespräche mit den zuständigen Stakeholdern.

⁵ Koinegg Mario, STUAG BAU AG / 1995, Brunnschachtanalysen Baumgartner Höhe

2. Projektinhalt

2.1. Grundlagen

2.1.1. Zoneneinteilung des Otto-Wagner-Areals

Aufgrund der zukünftigen vielfältigen Nutzung des gesamten Areals erfolgt eine Einteilung in fünf Zonen, die im Rahmen der Studie zum Teil gesondert betrachtet werden.

Die im vorliegenden Bericht verwendete Systemgrenze des Otto-Wagner-Areals beinhaltet das gesamte in der Abbildung markierte Gebiet.

Die Zone West umfasst den Sanatoriumsbereich im Westen. Das Hauptareal gliedert sich in die Kernzone West und die Kernzone Ost mit den typischen Pavillons sowie in die Kernzone mit dem Direktionsgebäude, dem Theater, der Küche und der Kirche zum Heiligen Leopold („Kirche am Steinhof“). Die Zone Ost umfasst das ehemalige Wirtschaftsareal sowie die Pathologie und den Pavillon 35, siehe Abbildung 24.

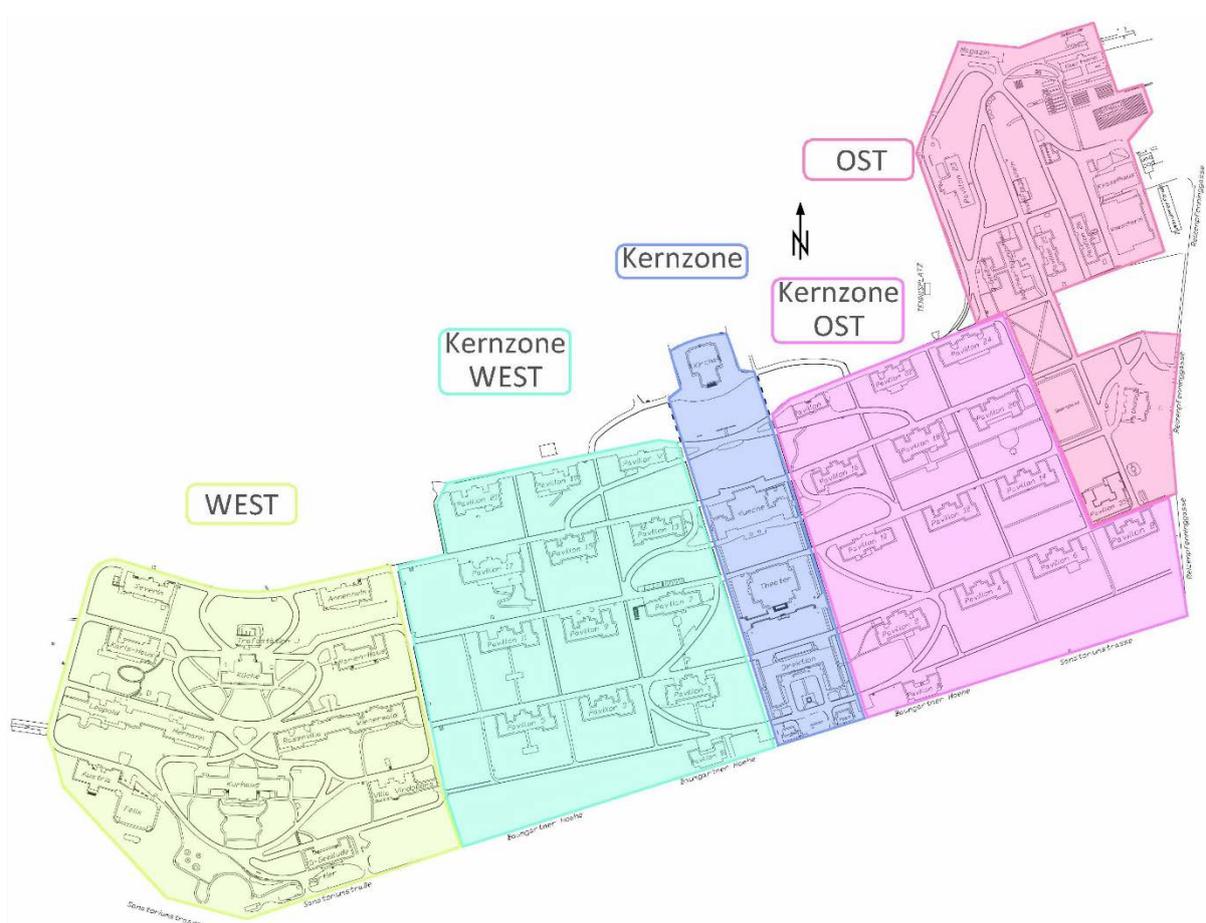


Abbildung 24: Übersichtsplan des Otto-Wagner-Areals: Einteilung in Zonen (Plan vom KAV zur Verfügung gestellt, bearbeitet von Schöberl & Pöll GmbH)

Tabelle 7: Zuteilung der Pavillons zu den unterschiedlichen Zonen

West	Kernzone West	Kernzone	Kernzone Ost	Ost
Verwaltung	Pavillon B1	Direktion Gebäude C	Pavillon B	Pavillon 35
Portier	Pavillon 5	Portier	Pavillon 2	Pathologie
Austria	Pavillon 3	Post	Pavillon 4	Portier
Felix	Pavillon 1	Theater	Pavillon 6	Gebäude O
Kurhaus	Pavillon 11	Küche	Pavillon 8	Beschäftigungs- haus
Vindobona	Pavillon 9	Kirche am Steinhof	Pavillon 10	Pavillon 25
Leopold	Pavillon 7		Pavillon 12	Pavillon 26
Hermann	Pavillon 17		Pavillon 14	Wäscherei
Rosenvilla	Pavillon 15		Pavillon 16	Pavillon 23
Wienerwald	Pavillon 13		Pavillon 18	Kesselhaus
Karlshaus	Pavillon 21		Pavillon 20	Magazin - Materiallager
Küche	Pavillon 19		Pavillon W	Gärtnerei Glashaus
Marienhause	Pavillon V		Pavillon 22	Gärtnerei Wohnhaus
Severin			Pavillon 24	Reithalle
Annenheim				Fleischerei

2.1.2. Bruttogrundfläche des Otto-Wagner-Areals

Es gibt Flächenermittlungen aus unterschiedlichen Quellen zum Otto-Wagner-Areal, die teilweise stark voneinander abweichen. Die größte Schwankung ist darin begründet, ob das Kellergeschoß gar nicht, teilweise oder ganz als nutzbar angenommen wird. In manchen Aufstellungen werden auch die Veranden als nutzbare Fläche in den Flächenaufstellungen berücksichtigt.

Für die Untersuchungen im Projekt wurden vom KAV Bestandspläne zur Verfügung gestellt, welche mit dem tatsächlichen Bestand teilweise nicht übereinstimmen (z.B. Dachausführungen). Auf Grundlage dieser Pläne wurde je Pavillon die beheizte Bruttogrundfläche gemessen und eingeschätzt, in welchem Ausmaß das Kellergeschoß nutzbar sein wird. Die Kellergeschoße wurden in die thermische Hülle einbezogen und damit eine Bruttogrundfläche von 164.345 m² ermittelt.

Tabelle 8: Ergebnis für die konditionierte Bruttogrundflächen der Zonen am Otto-Wagner Areal

West	Kernzone West	Kernzone exkl. Kirche	Kernzone Ost	Ost
44.307 m ²	41.904 m ²	14.775 m ²	44.138 m ²	19.221 m ²

2.2. Entwicklungspotenziale und Nutzungen

Um die Entwicklungspotenziale des Areals auszuloten, wurde die Methode der „Big Pictures“ eingesetzt, die vor allem in der Raumplanung häufig für die Erstellung von Zukunftsvisionen angewandt wird. Sie eignet sich auch im Besonderen für die Entwicklung von Innovationsmodellen mit integrierter gesamtheitlicher Planung. Konkret ging es dabei um die Definition klarer Schritte auf dem Weg zu einem großen Zukunftsbild „Big Picture“ für das Otto Wagner Areal. Mit diesem Prozess sollte das Augenmerk weg von der bisherigen Einzelbetrachtung hin zu einer Gesamtbetrachtung aller relevanten Aspekte geführt werden. Das Areal braucht auch in Zukunft als Wirtschafts-, Arbeits-, Wohn- und Lebensstandort räumliche Entwicklungsmöglichkeiten, die selbstverständlich in Balance mit der schützenswerten Bausubstanz und Natur gesetzt werden müssen.

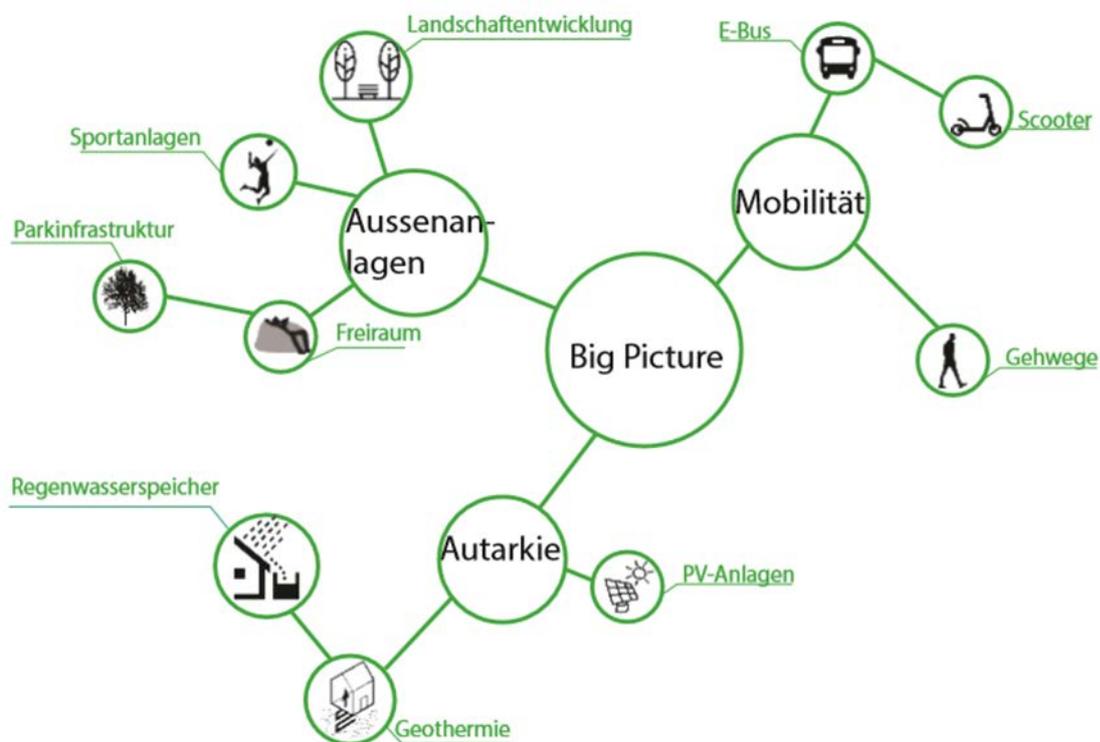


Abbildung 25: „Big Picture“-Betrachtung für das Otto-Wagner-Areal (TU Wien, Entwerfen Karin Stieldorf, SS 2020)

Die „Big-Picture“-Analyse beinhaltet die Untersuchung der Nutzungspotenziale einzelner Bereiche des Otto-Wagner-Areals und ihre Synergien zueinander. Es wurde der Frage nachgegangen, inwiefern einzelne Bereiche sich einander ergänzen, wie zum Beispiel:

- **Freiraum und öffentliche Grünfläche**
Das Areal weist eine Südhang-Orientierung auf: Gestaltung von in den Grünraum integrierten Liegewiesen mit Sitzplätzen zum längeren Verweilen mit angenehmen ökologischen Materialien.
- **Sport- und Spielbereiche**
In den Grünraum integrierte Spielplätze. Der Sport- und Spielbereich soll dem Areal eine breite Möglichkeit an sportlichen Aktivitäten bieten.

- **Lernzone**
Um einen möglichst großen Benützungszeitraum zu bieten, kann eine temporäre Überdachung und mögliche Beschattung angedacht werden. Diese Grünzone kann sowohl von den Studierenden wie auch von den Restaurant- und TheaterbesucherInnen genutzt werden.
- **Freilufttheater**
Eine Integration des Freilufttheaters in Verbindung mit der öffentlichen Grünzone ermöglicht Veranstaltungen im Freien. Zudem können die integrierten Sitzstufen auch als Treffpunkt genutzt werden.
- **Freibereich Studentenwohnen**
Die unmittelbar an das Studentenwohnen angrenzenden Freibereiche können verschiedene Aktivitäten wie Ruheplätze, Grillplätze und Gemüseanbau beinhalten.

Zur Veranschaulichung der „Big Picture“-Analyse zeigen die folgenden Abbildungen exemplarische Betrachtungen für die öffentliche Grünzone und das Freilufttheater.

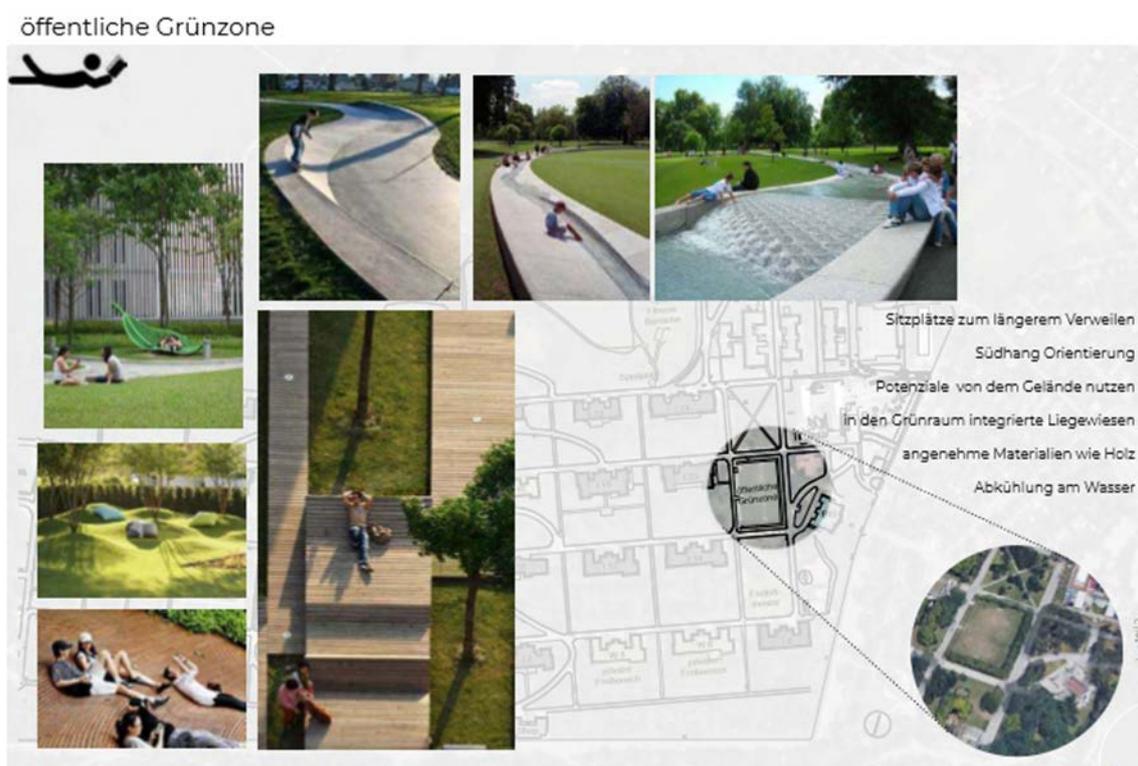


Abbildung 26: „Big Picture“-Betrachtung hinsichtlich der öffentlichen Grünzone (TU Wien, Entwerfen Karin Stieldorf, SS 2020)



Abbildung 27: „Big Picture“-Betrachtung hinsichtlich des Freilufttheaters (TU Wien, Entwerfen Karin Stieldorf, SS 2020)

2.2.1. Mögliche künftige Nutzungen

Um das Nutzungsverhalten seitens der Studierenden abzuschätzen, wurde von der Central European University (CEU) eine Umfrage durchgeführt. Die von den befragten Studierenden (Stichprobengröße: 40 Personen) am meisten gewünschten Einrichtungen am Areal sind ein Lebensmittelhandel (70 %), ein Restaurant/Cafe (63 %) und ein Fitnesscenter (55 %), siehe die folgende Abbildung.

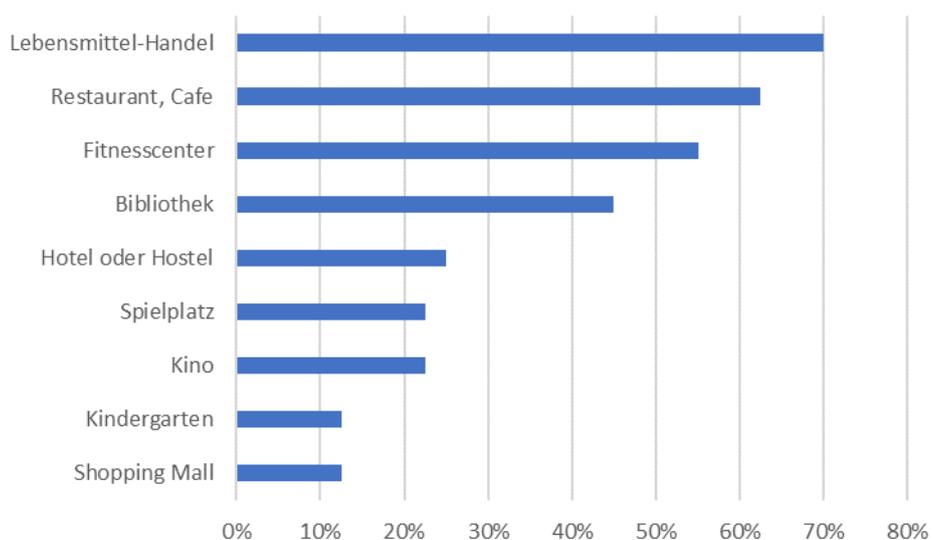


Abbildung 28: Studierenden-Umfrage zur gewünschten Infrastruktur des Areals (Quelle: CEU)

Die nächsten beiden Abbildungen beziehen sich auf das aktuelle Nutzungsverhalten, welches Rückschlüsse auf zukünftiges Nutzungsverhalten zulässt. Während eine Mehrzahl der befragten

Studierenden die CEU intensiv nutzt (70 % der Befragten verbringen 35 bis 45 Stunden pro Woche an der CEU), ist die Nutzung während der Nachtstunden (21 bis 6 Uhr) gering ausgeprägt (85 % der Befragten verbringen maximal 10 Stunden zwischen 21 und 6 Uhr pro Jahr an der CEU).

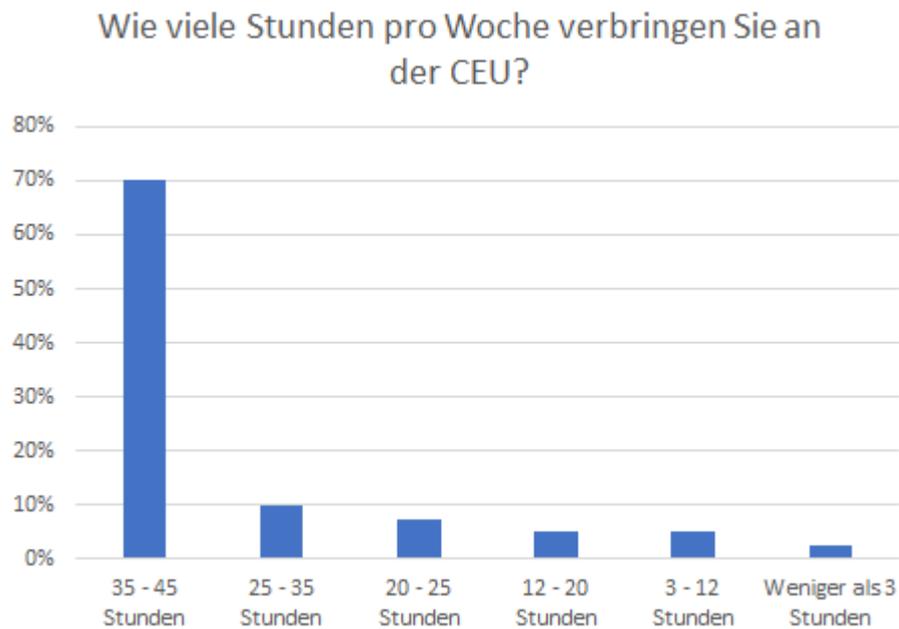


Abbildung 29: Studierenden-Umfrage zur durchschnittlichen Aufenthaltszeit im Areal im Verlauf einer Woche (Quelle: CEU)

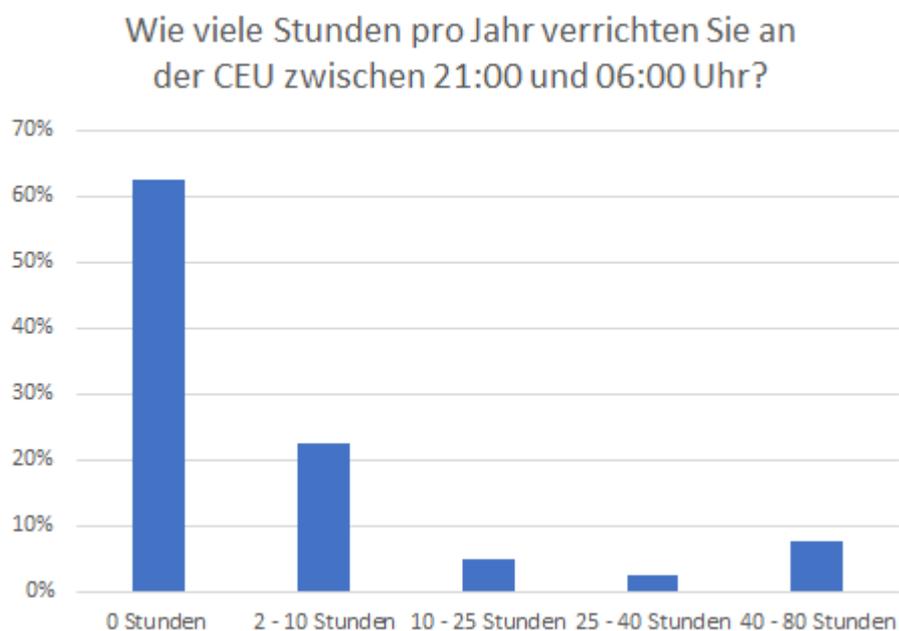


Abbildung 30: Studierenden-Umfrage zur durchschnittlichen Aufenthaltszeit im Areal während der Nachtstunden pro Jahr (Quelle: CEU)

Für die einzelnen Zonen des Otto-Wagner-Areals wurden folgende Personenauslastungen abgeschätzt:

- West-Areal: → ca. 4.500 Personen
- Kernzone-West: → ca. 800 bis 1.000 Personen
- Kernzone: → ca. 1.000 Personen
- Kernzone Ost: → ca. 3.800 Personen
- Ost-Wirtschaftsareal → ca. 400 Personen



Legende:

Wohnen	Uni	Büro	Sondernutzung	Medizinisch	Allgemeinflächen
--------	-----	------	---------------	-------------	------------------

Abbildung 31: Übersichtsplan über die jeweiligen Nutzungen des Otto-Wagner-Areals (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)⁶

⁶ Plan basiert auf dem Übersichtsplan von <https://www.wien.gv.at/verkehr-stadtentwicklung/otto-wagner-areal-nutzungskonzept.html>, aufgerufen am 19.05.2020

Tabelle 9: Übersicht über die Flächen und jeweiligen Nutzungen am Otto-Wagner Areal, Zone West

Gebiet	Gebäudebezeichnung	Konditionierte gesamte Bruttogrundfläche	Hauptnutzung 1 (medizinisch)	Hauptnutzung 2	Allgemeinflächen
Zone West	Verwaltung	2.563 m ²	80%		20%
Zone West	Portier	32 m ²	80%		20%
Zone West	Austria	4.200 m ²	80%		20%
Zone West	Felix	5.290 m ²	80%		20%
Zone West	Kurhaus	4.668 m ²	80%		20%
Zone West	Vindobona	1.665 m ²	80%		20%
Zone West	Leopold	4.555 m ²	80%		20%
Zone West	Hermann	4.184 m ²	80%		20%
Zone West	Rosenvilla	2.241 m ²	80%		20%
Zone West	Wienerwald	2.800 m ²	80%		20%
Zone West	Karlshaus	3.589 m ²	80%		20%
Zone West	Küche	1.539 m ²	80%		20%
Zone West	Marienhaus	2.566 m ²	80%		20%
Zone West	Severin	2.081 m ²	80%		20%
Zone West	Annenheim	2.334 m ²	80%		20%

Tabelle 10: Übersicht über die Flächen und jeweiligen Nutzungen am Otto-Wagner Areal, Kernzone West

Gebiet	Gebäudebezeichnung	Konditionierte gesamte Bruttogrundfläche	Hauptnutzung 1 (Wohnen)	Hauptnutzung 2	Allgemeinflächen
Kernzone West	Pavillon B1	1.821 m ²	80%		20%
Kernzone West	Pavillon 5	3.280 m ²	80%		20%
Kernzone West	Pavillon 3	3.260 m ²	80%		20%
Kernzone West	Pavillon 1	2.278 m ²	80%		20%
Kernzone West	Pavillon 11	3.280 m ²	80%		20%
Kernzone West	Pavillon 9	3.280 m ²	80%		20%
Kernzone West	Pavillon 7	3.616 m ²	80%		20%
Kernzone West	Pavillon 17	5.567 m ²	80%		20%
Kernzone West	Pavillon 15	3.600 m ²	80%		20%
Kernzone West	Pavillon 13	3.791 m ²	80%		20%
Kernzone West	Pavillon 21	3.218 m ²	80%		20%
Kernzone West	Pavillon 19	2.499 m ²	80%		20%
Kernzone West	Pavillon V	2.413 m ²	80%		20%

Tabelle 11: Übersicht über die Flächen und jeweiligen Nutzungen am Otto-Wagner Areal, Kernzone

Gebiet	Gebäudebezeichnung	Konditionierte gesamte Bruttogrundfläche	Hauptnutzung 1 (Sondernutzung/Büro)	Hauptnutzung 2	Allgemeinflächen
Kernzone	Direktion Gebäude C	6.511 m ²	80%		20%
Kernzone	Portier	192 m ²	80%		20%
Kernzone	Post	192 m ²	80%		20%
Kernzone	Theater	3.315 m ²	80%		20%
Kernzone	Küche	4.565 m ²	80%		20%
Kernzone	Kirche am Steinhof	-	100%		

Tabelle 12: Übersicht über die Flächen und jeweiligen Nutzungen am Otto-Wagner Areal, Kernzone Ost

Gebiet	Gebäudebezeichnung	Konditionierte gesamte Bruttogrundfläche	Hauptnutzung 1 (Uni, Büro, Sondernutzung)	Hauptnutzung 2 (Büro)	Allgemeinflächen
Kernzone Ost	Pavillon B	2.125 m ²	40%	40%	20%
Kernzone Ost	Pavillon 2	2.291 m ²	12%	68%	20%
Kernzone Ost	Pavillon 4	3.261 m ²	59%	21%	20%
Kernzone Ost	Pavillon 6	3.361 m ²	47%	33%	20%
Kernzone Ost	Pavillon 8	3.258 m ²	59%	21%	20%
Kernzone Ost	Pavillon 10	3.634 m ²	80%		20%
Kernzone Ost	Pavillon 12	3.269 m ²	59%	21%	20%
Kernzone Ost	Pavillon 14	3.336 m ²	47%	33%	20%
Kernzone Ost	Pavillon 16	4.079 m ²	70%	10%	20%
Kernzone Ost	Pavillon 18	3.534 m ²	66%	14%	20%
Kernzone Ost	Pavillon 20	3.657 m ²	66%	14%	20%
Kernzone Ost	Pavillon W	1.320 m ²	80%		20%
Kernzone Ost	Pavillon 22	2.657 m ²	41%	39%	20%
Kernzone Ost	Pavillon 24	4.356 m ²	80%		20%

Tabelle 13: Übersicht über die Flächen und jeweiligen Nutzungen am Otto-Wagner Areal, Zone Ost

Gebiet	Gebäudebezeichnung	Konditionierte gesamte Bruttogrundfläche	Hauptnutzung 1 (Sondernutzung, Büro)	Hauptnutzung 2	Allgemeinflächen
Zone Ost	Pavillon 35	1.139 m ²	80%		20%
Zone Ost	Pathologie	1.116 m ²	80%		20%
Zone Ost	Portier	131 m ²	80%		20%
Zone Ost	Gebäude O	1.686 m ²	80%		20%
Zone Ost	Beschäftigungshaus	2.111 m ²	80%		20%
Zone Ost	Pavillon 25	1.370 m ²	80%		20%
Zone Ost	Pavillon 26	2.317 m ²	80%		20%
Zone Ost	Wäscherei	5.060 m ²	80%		20%
Zone Ost	Pavillon 23	1.882 m ²	80%		20%
Zone Ost	Kesselhaus	536 m ²	80%		20%
Zone Ost	Magazin - Materiallager	667 m ²	80%		20%
Zone Ost	Gärtnerei Glashaus	547 m ²	80%		20%
Zone Ost	Gärtnerei Wohnhaus	322 m ²	80%		20%
Zone Ost	Reithalle	107 m ²	80%		20%
Zone Ost	Fleischerei	230 m ²	80%		20%

Tabelle 14: Legende zur Farbcodierung der jeweiligen Nutzungen des Otto-Wagner-Areals

Legende:	Wohnen	Uni	Büro	Sondernutzung	Medizinisch	Allgemeinflächen
----------	--------	-----	------	---------------	-------------	------------------

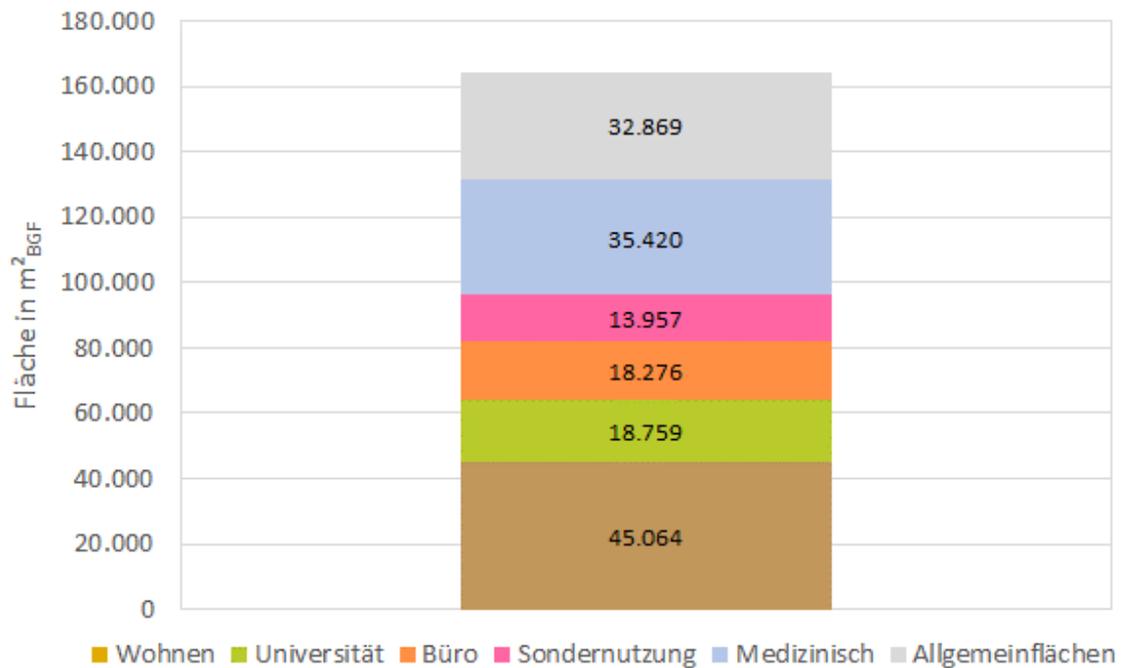


Abbildung 32: Anteile je Nutzungskategorie an der gesamten konditionierten Bruttogrundfläche (Quelle: Eigene Abbildung)

2.2.2. Beispielhafte Nutzungskonzepte

Die in Kapitel 2.2.1 für das Gesamtareal abgeleiteten Nutzungsmöglichkeiten wurden punktuell auf ihre Umsetzbarkeit untersucht. Dazu wurden die einzelnen Gebäude im Rahmen von exemplarischen Detailbegehungen und auf Basis von Erfahrungen hinsichtlich der Tauglichkeit der angedachten, künftigen neuen Nutzung untersucht. Dabei wurde dem Umstand Rechnung getragen, dass die exemplarisch entwickelten Nutzungskonzepte im Einklang mit der vorhandenen Bausubstanz und insbesondere mit dem Denkmalschutz stehen.

Studentisches Wohnen

Im Folgenden werden die Pavillons 15, 9 und 13 exemplarisch betrachtet.

- **Studentisches Wohnen in Pavillon 15**

Abbildung 33 und Tabelle 15 zeigen eine mögliche Nutzung von Pavillon 15 als Wohngebäude für Studierende und Institutsmitarbeiter*innen.



Abbildung 33: Mögliches Konzept zur Anordnung verschiedener Wohnungstypen, Pavillon 15⁷

Tabelle 15: Legende zu Abbildung 33 und resultierende Bewohner*innen-Zahl für Pavillon 15

Gastprofessor*innen-Wohnung	2
Apartment 1 Person (1 Bett, privates Bad und private Küche)	31
Apartment 2 Personen (2 Betten, privates Bad und private Küche)	20
Einzelzimmer (1 Bett, privates Bad, Küche in Wohngemeinschaft)	6
Einzelzimmer (1 Bett, Küche und Bad in Wohngemeinschaft)	6
Gesamtpersonenzahl	65

- **Studentische Zimmer in Pavillon 9**

Nachfolgend werden exemplarische Zimmer für Studentisches Wohnen und Unterbringung von Lehrpersonal in Pavillon 9 analysiert.

⁷ Quelle der Pläne: KAV, Bearbeitung durch OeAD-Wohnraumverwaltungs GmbH



Abbildung 34: „Campus Universität OWA“, Vorschlag für Umnutzung und Umbau von Pav. 9 für studentisches Wohnen (Einzelpersonenapartment links, 3-Personen-WG rechts), Bednar/Moso/Pawle (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Organisation und Leitung: Karin Stieldorf)

- **Studentisches Wohnen in Pavillon 13**

Für den Studentenwohn-Pavillon 13 wurden exemplarisch drei unterschiedliche Wohnungstypen entworfen, welche geschossweise variieren. Es wurden Einzelwohnungen (Typ A), Doppelwohnungen (Typ B) und WG-Wohnungen für 2-3 Personen (Typ C) angedacht. Es wurde eine gute Durchmischung angestrebt, diese bietet eine Flexibilität bei der zukünftigen Nutzung.

Die Doppelwohnungen wurden so organisiert, dass es zwei Wohnräume, einen gemeinsamen Koch- und Essraum, sowie ein eigenes Badezimmer gibt. Die Belichtung des Eingangsbereiches wird mittels transluzenter Scheiben im Türbereich sowie eines Oberlichts sichergestellt. Die Raumhöhe von über 3,60 m und die großzügige Fenstergröße ermöglichen eine sehr gute diffuse Belichtung. Über dem Badezimmer befindet sich ein eingezogener Schlafbereich, welcher mittels Stiegenschrank erschlossen wird.

PAVILLON 13

Gruppe 8 | Rainer Haas | Mario Schmiedbauer

KELLERGEOSCHOSS

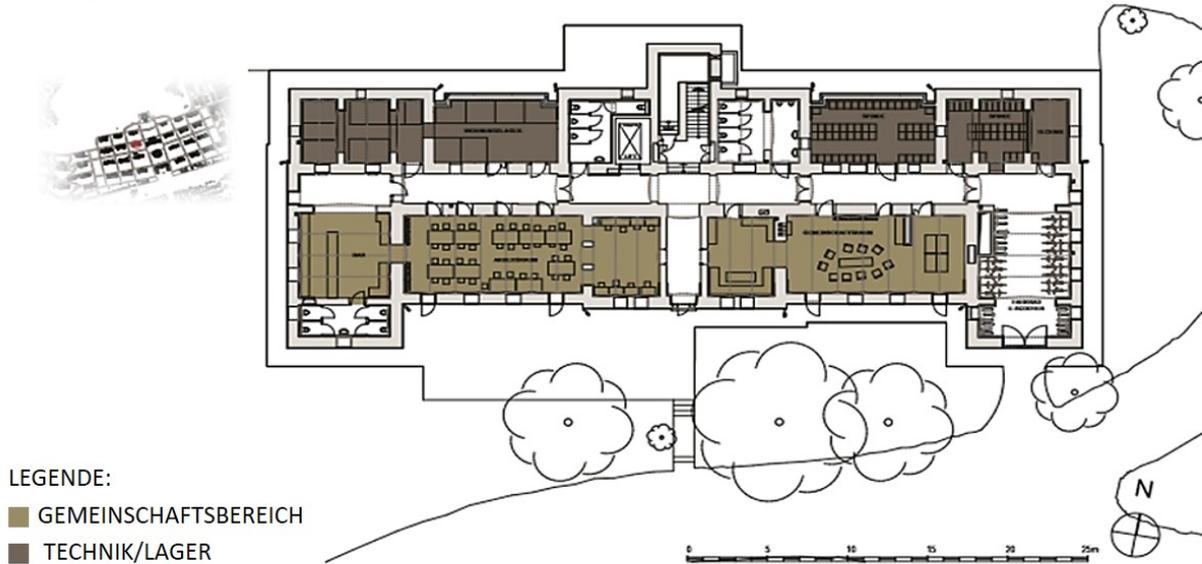


Abbildung 35: „Green Beetween“, Vorschlag für Umnutzung und Umbau von Pav. 13 für studentisches Wohnen, Kellergeschoß, Haas/Schmiedbauer (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Organisation und Leitung: Karin Stieldorf)

PAVILLON 13

Gruppe 8 | Rainer Haas | Mario Schmiedbauer

ERDGESCHOSS VARIANTE WOHNEN

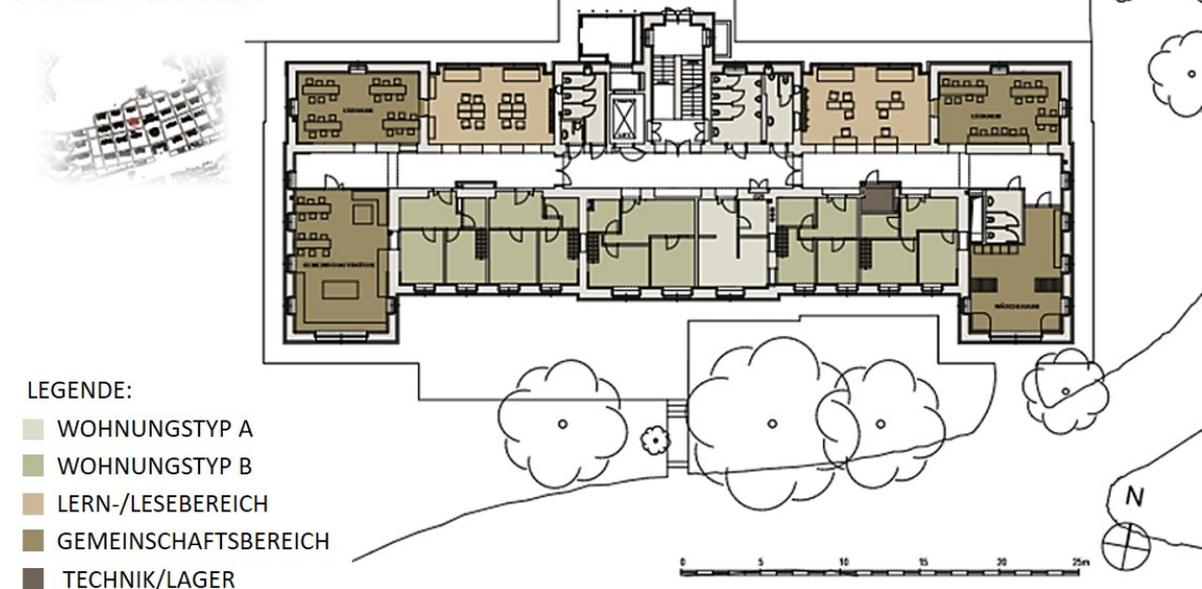


Abbildung 36: „Green Beetween“, Vorschlag für Umnutzung und Umbau von Pav. 13 für studentisches Wohnen, Erdgeschoß, Haas/Schmiedbauer (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Organisation und Leitung: Karin Stieldorf)

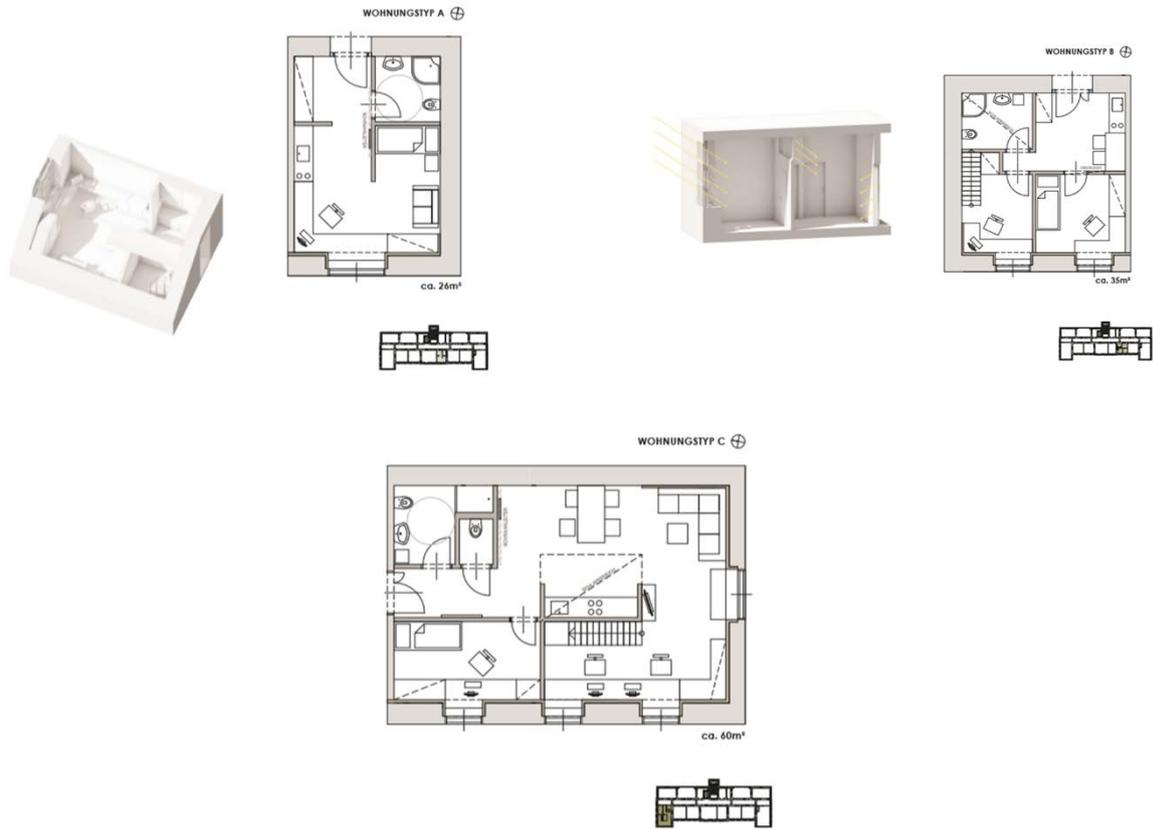


Abbildung 37: „Green Between“, Vorschlag für Umnutzung und Umbau von Pav. 13 für studentisches Wohnen, Haas/Schmiedbauer (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Leitung: Organisation und Karin Stieldorf)

Büro- bzw. Universitätsgebäude

In ähnlicher Herangehensweise wurde exemplarisch die Nutzung des Pavillons 18 als Büro- und Universitätsgebäude untersucht.

• Pavillon 18

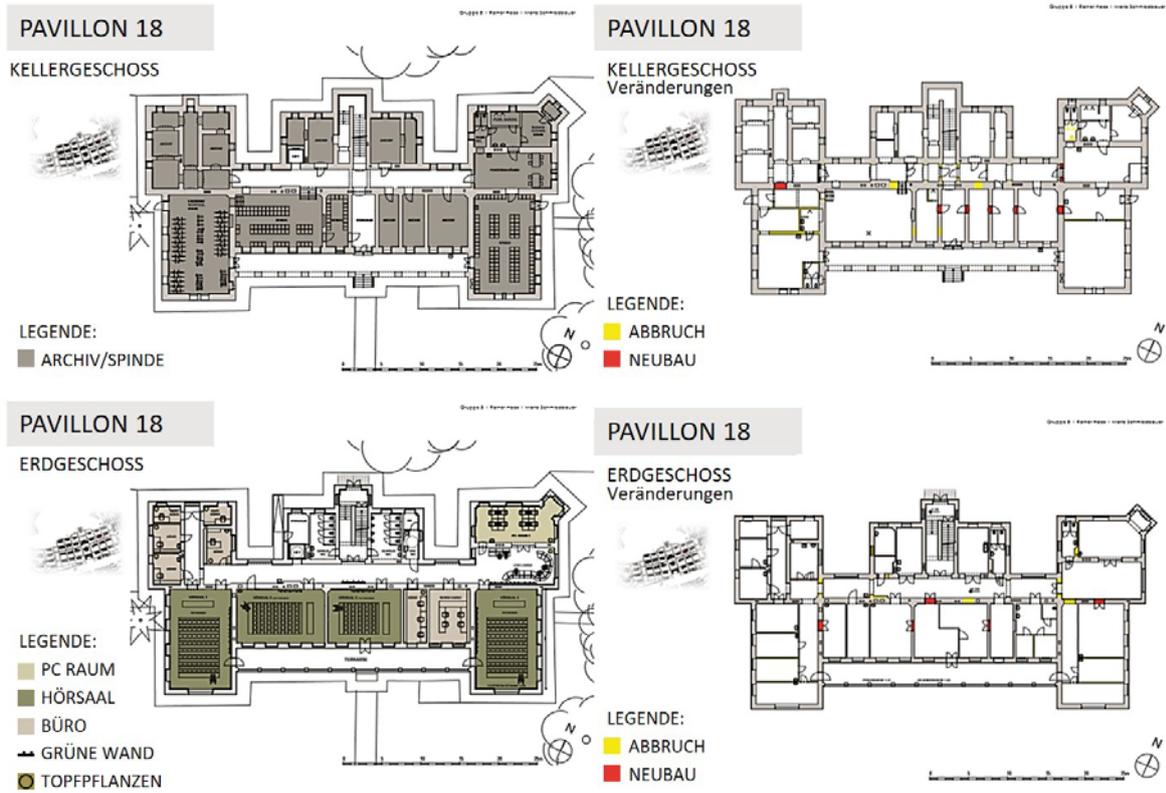


Abbildung 38: „Green Between“, Vorschlag für Umnutzung und Umbau von Pav. 18 als Institutsgebäude, Haas/Schmiedbauer (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Leitung: Organisation und Karin Stieldorf)

Gastronomie und Eventeinrichtung

Im Folgenden wird ein möglicher Umbau von Küche und Theater auf einen Gastro- und Event-Platz skizziert.

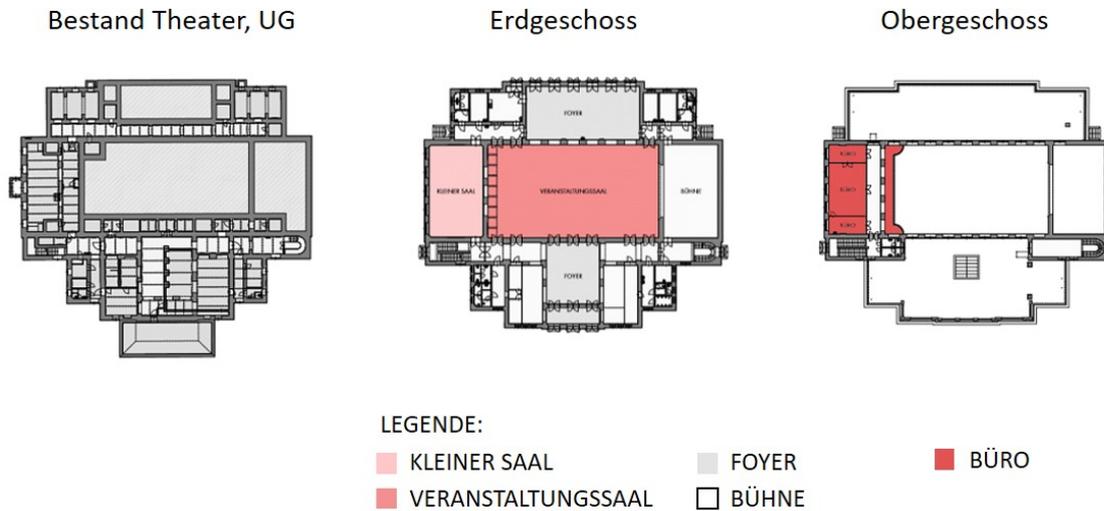


Abbildung 39: „OWA+ Fokus Küche und Jugendstiltheater“, Vorschlag für Umnutzung und Umbau als Event- und Gastrozone, Aytok/Grochowska (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Organisation und Leitung: Karin Stieldorf)



Abbildung 40: „OWA+ Fokus Küche und Jugendstiltheater“, Vorschlag für Umnutzung und Umbau als Event- und Gastrozone, Aytok/Grochowska (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Organisation und Leitung: Karin Stieldorf)



Abbildung 41: Gastrozone, Rendering (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Organisation und Leitung: Karin Stieldorf)

2.3. Berechnungsgrundlagen und projektspezifische Themen

2.3.1. Grundlagen der Berechnung Heizen und Kühlen

Berechnungsmethoden zur Ermittlung der Energiebedarfskennzahlen für Heizen und Kühlen

Zur Berechnung entsprechender Energiekennzahlen wurde der Pavillon 18 mit dem Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP, Version 9.7) abgebildet. Der Pavillon 18 wurde ausgewählt, da er hinsichtlich seiner Kubatur (Abmessungen) einem typischen Pavillon am Otto-Wagner-Areal entspricht. Für diesen im Ostteil des Areals befindlichen Pavillon sind als zukünftige Nutzungen Universität und Büro vorgesehen. Folgende Berechnungsgrundlagen wurden für das Berechnungsmodell gewählt.

Klimadaten

Für die Berechnungen wurde ein vom Passivhausinstitut geprüfter und zur Verfügung gestellter Klimadatensatz basierend auf Daten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) für den Standort Wien - Hohe Warte ausgewählt und die Monatsmittelwerte der Außentemperaturen an jene des Jahres 2019 angepasst (Monatsmittelwerte Außentemperaturen gemäß Daten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)).⁸

Innere Lasten

Die internen Wärmegewinne für den Heiz- sowie den Kühlfall werden anhand der Wahl des Nutzungsprofils berücksichtigt. Für die universitäre Nutzung wird das Nutzungsprofil „Büro/Verwaltung“ gewählt und die dafür im Passivhaus-Projektierungspaket hinterlegten Standardwerte berücksichtigt. Für die Wohnnutzung erfolgt die Auswahl des Nutzungsprofils „Wohnen“ und die Berücksichtigung der dementsprechenden Standardwerte.

Verschattung

Es wurden Pauschalwerte für den Heiz- und Kühlfall angenommen. Die Abminderung für die Verschattung im Heizfall wurde mit einem Faktor von 75 %, die Abminderung für die Verschattung im Kühlfall mit einem Faktor von 100 % (keine Verschattung) gerechnet.

Innenraumtemperaturen

Entsprechend dem Handbuch zum Passivhaus-Projektierungspaket 9⁹, werden die Innentemperaturen für den Heizfall mit 20 °C und für den Kühlfall mit 25 °C angesetzt.

Personenanzahl

Grundlage für die berücksichtigten Personenanzahlen in den Berechnungen sind die Angaben in Kapitel 2.2.1. Die jeweiligen nutzungsbezogenen Personenanzahlen werden gewichtet anhand der Bruttogeschosßflächen auf die einzelnen Pavillons umgelegt.

⁸ <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/klimamonitoring/>

⁹ Passivhaus-Projektierungspaket Version 9 (2015), Das Energiebilanzierungs- und Planungstool für effiziente Gebäude und Modernisierungen, Passivhaus Institut, Darmstadt.

Lüftungswärmeverluste und Luftdichtheit

Für die Berechnung der Baseline-Varianten wird eine mechanische Lüftungsanlage mit einem Wärmebereitstellungsgrad von 75 % berücksichtigt und für die Plus-Energievariante eine Lüftungsanlage mit einem Wärmebereitstellungsgrad von 88 %. Für die Berücksichtigung der Luftdichtheit der Gebäude wird für die Baseline-Variante mit einem n_{50} -Wert von $5,0 \text{ h}^{-1}$ und für die Plus-Energievariante mit einem n_{50} -Wert von $0,9 \text{ h}^{-1}$ gerechnet.

2.3.2. Sensitivitätsanalyse

Um den Einfluss unterschiedlicher Eingabeparameter wie z.B. der Innenraumtemperatur oder der Luftdichtheit des Gebäudes auf das Endergebnis abschätzen zu können, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Diese Analyse erfolgt mittels zweier Berechnungsmethoden, dem Passivhaus-Projektierungspaket (Version 9.7) und der Energieausweisberechnung nach OIB 2019 mit Archiphysik (Version 17.0). Die Untersuchung erfolgt dabei beispielhaft für den Pavillon 18 als Bestandsgebäude (ohne Berücksichtigung von Sanierungsmaßnahmen). In Abhängigkeit der jeweiligen Berechnungsmethode werden entsprechende Basisannahmen für die ausgewählten Eingangsparameter festgelegt, welche eine möglichst ähnliche Ausgangslage schaffen sollen. In weiterer Folge wurden die Annahmen für die Eingangsparameter in unterschiedliche Richtungen variiert, um so deren Einfluss auf das Endergebnis (in diesem Fall den Heizwärmebedarf am Standortklima) darstellen zu können.

Table 16: Basisannahmen für Sensitivitätsanalyse der zwei gewählten Berechnungsmethoden

	Passivhaus-Projektierungspaket	Energieausweis
Innentemperatur in °C	20	20
Nutzung	Büro ^{*)}	Büro
Personenanzahl	288	k.A. ^{*)}
Luftdichtheit n_{50} in 1/h	7	1,5 ^{*)}
U-Wert Dach in $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	2,1	2,1
U-Wert Bodenplatte in $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	3,8	3,8
Interne Wärmegewinne im Heizfall in W/m^2	3,5	2,95 ^{*)}

^{*)} wird nicht variiert

Table 17: Vergleich der Ergebnisse des Heizwärmebedarfs am Standortklima entsprechend der zwei gewählten Berechnungsmethoden

	Passivhaus-Projektierungspaket	Energieausweis
HWB bezogen auf BGF in $\text{kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}}\cdot\text{a})$	191	194
HWB bezogen auf Energiebezugsfläche ¹⁰ in $\text{kWh}/(\text{m}^2_{\text{EBF}}\cdot\text{a})$	277	280

¹⁰ Die Energiebezugsfläche ist nach den Vorgaben des Passivhaus-Projektierungspakets (PHPP) berechnet.

Variation der Eingangsparameter:

- Innentemperatur (Passivhaus-Projektierungspaket und Energieausweis): Variation zwischen 20°C, 22°C und 24°C.
- Nutzung (Energieausweis): Es wird zusätzlich zu Büronutzung auch das Nutzungsprofil „Bildungseinrichtung“ und das Nutzungsprofil „Krankenhaus“ zugrunde gelegt.
- Personenanzahl (Passivhaus-Projektierungspaket): Die Personenanzahl wird zwischen 187 Personen und 388 Personen variiert. Die Energieausweisberechnung ermöglicht keine Eingabe der Personenanzahl.
- Luftdichtheit n_{50} (Passivhaus-Projektierungspaket): Die Schwankungsbreite der Luftdichtheit der Gebäudehülle wird mit 3,0 h⁻¹ bis 7,0 h⁻¹ festgelegt.
- Wärmedurchgangskoeffizienten (Passivhaus-Projektierungspaket und Energieausweis): Für das Flachdach werden drei Varianten für den U-Wert festgelegt: Die Ausgangslage entspricht einer Betondecke mit 46 cm und einem U-Wert von 2,2 W/(m².K), die günstigste Variante stellt eine Plattenbalkendecke mit verputzter Schalung und einem U-Wert von 1,7 W/(m².K) dar, während die ungünstigste Variante eine Plattenbalkendecke ohne Schalung und einem U-Wert von 3,9 W/(m².K) darstellt. Für die Bodenplatte wird die Dicke dieser zwischen 15 cm (U-Wert 4,4 W/(m².K)), 20 cm (U-Wert 3,8 W/(m².K)) und 40 cm (U-Wert 2,52 W/(m².K)) variiert.
- Interne Wärmegewinne IWQ (Passivhaus-Projektierungspaket): Für die internen Wärmegewinne schwankt die Bandbreite zwischen dem im Passivhaus-Projektierungspaket für Büro- und Verwaltungsgebäude hinterlegten Wert von 3,5 W/m² und einem etwas höheren Wert von 5 W/m².

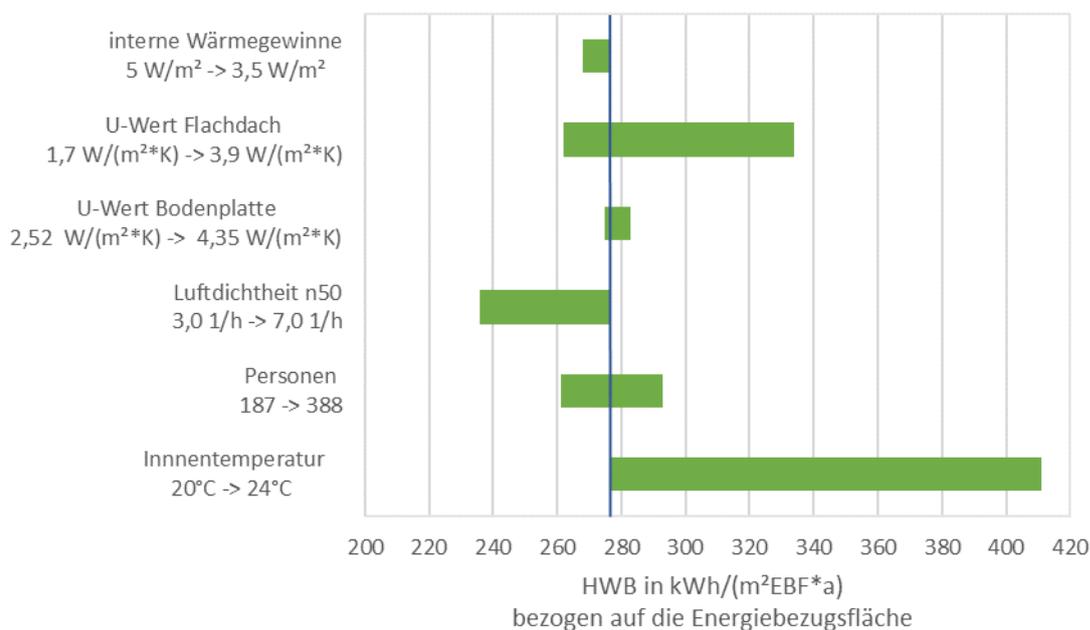


Abbildung 42: Sensitivitätsanalyse mit Passivhaus-Projektierungspaket (bezogen auf die Energiebezugsfläche). Die blaue Markierung stellt den Heizwärmebedarf unter Berücksichtigung der Basisannahmen dar. Die für die jeweiligen Parameter angegebenen Werte auf der Achsenbezeichnung der y-Achse sind immer von links nach rechts zu lesen, der erste Wert bedingt den niedrigsten Heizwärmebedarf und der zweite Wert den höchsten Heizwärmebedarf. Quelle: Schöberl & Pöll GmbH

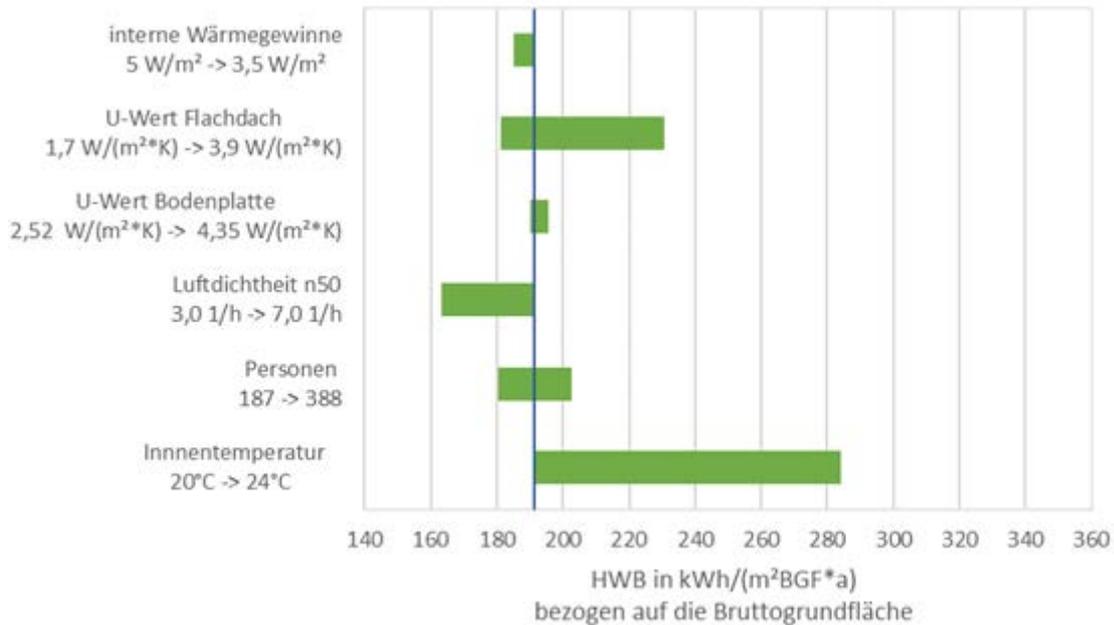


Abbildung 43: Sensitivitätsanalyse mit Passivhaus-Projektierungspaket (bezogen auf die Bruttogrundfläche). Die blaue Markierung stellt den Heizwärmebedarf unter Berücksichtigung der Basisannahmen dar. Die für die jeweiligen Parameter angegebenen Werte auf der Achsenbezeichnung der y-Achse sind immer von links nach rechts zu lesen, der erste Wert bedingt den niedrigsten Heizwärmebedarf und der zweite Wert den höchsten Heizwärmebedarf.

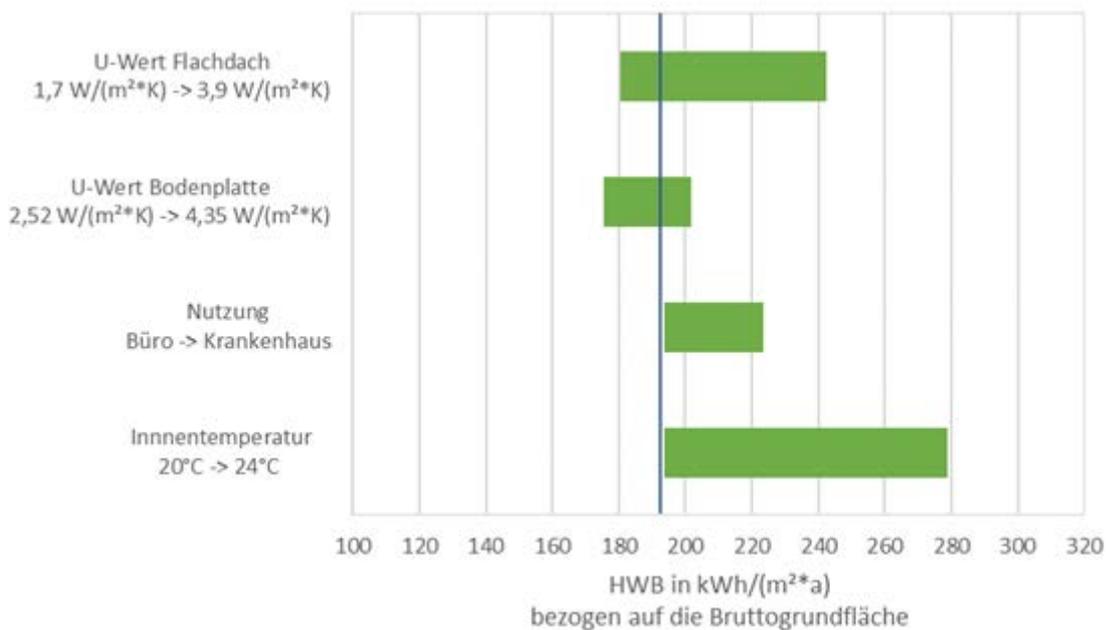


Abbildung 44: Sensitivitätsanalyse mit Berechnung gemäß Energieausweis (bezogen auf die Bruttogrundfläche). Die blaue Markierung stellt den Heizwärmebedarf unter Berücksichtigung der Basisannahmen dar. Die für die jeweiligen Parameter angegebenen Werte auf der Achsenbezeichnung der y-Achse sind immer von links nach rechts zu lesen, der erste Wert bedingt den niedrigsten Heizwärmebedarf und der zweite Wert den höchsten Heizwärmebedarf.

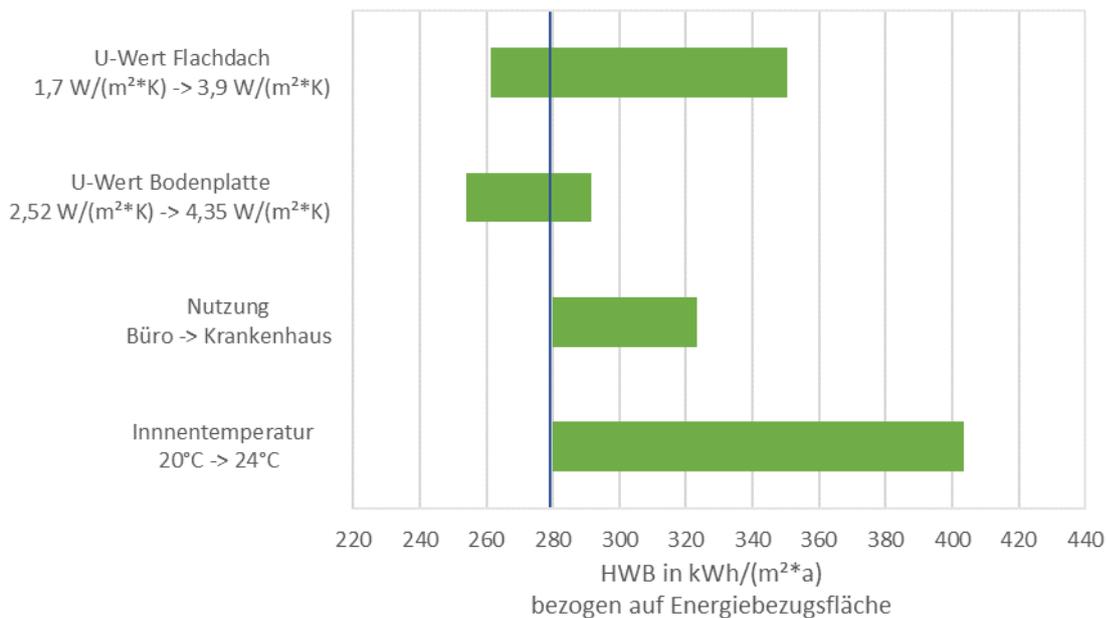


Abbildung 45: Sensitivitätsanalyse mit Berechnung gemäß Energieausweis (bezogen auf die Energiebezugsfläche). Die blaue Markierung stellt den Heizwärmebedarf unter Berücksichtigung der Basisannahmen dar. Die für die jeweiligen Parameter angegebenen Werte auf der Achsenbezeichnung der y-Achse sind immer von links nach rechts zu lesen, der erste Wert bedingt den niedrigsten Heizwärmebedarf und der zweite Wert den höchsten Heizwärmebedarf.

Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die Variationen der gewählten Einflussparameter unterschiedliche Auswirkungen auf das Ergebnis haben. In beiden Berechnungsmethoden verhalten sich die Auswirkungen ähnlich. Sowohl bei der Berechnung mit dem Passivhaus-Projektierungspaket als auch bei der Energieausweisberechnung ist zu erkennen, dass die gewählte Innentemperatur den stärksten Einfluss auf die Ergebnisse hat. Ebenfalls einen starken Einfluss bei beiden Methoden zeigt der U-Wert des Daches. Nutzungsart, Personenanzahl und Luftdichtheit haben einen mäßigen Einfluss auf das Ergebnis. Der Einfluss des Wärmedurchgangskoeffizienten der Bodenplatte hat bei beiden Berechnungsmethoden ebenfalls nur eine vergleichsweise geringe Bedeutung.

Exkurs Klimadaten am Standort

Einen markanten Unterschied bei den Rahmenbedingungen der beiden Berechnungsmethoden (Passivhaus-Projektierungspaket und Energieausweisberechnung) stellen die Klimadaten dar. Diese unterscheiden sich wesentlich. Während für die Berechnung mit dem Passivhaus-Projektierungspaket für die Außentemperaturwerte die Monatsmittelwerte des Jahres 2017 gewählt wurden, liegen der Energieausweisberechnung die in der ÖNORM B 8110-5 festgelegten standortabhängigen Normaußentemperaturen zu Grunde. In Abbildung 46 ist erkennbar, dass die Außentemperaturen in der Berechnung mit dem Passivhaus-Projektierungspaket wesentlich höher sind als jene Werte in der Energieausweisberechnung.

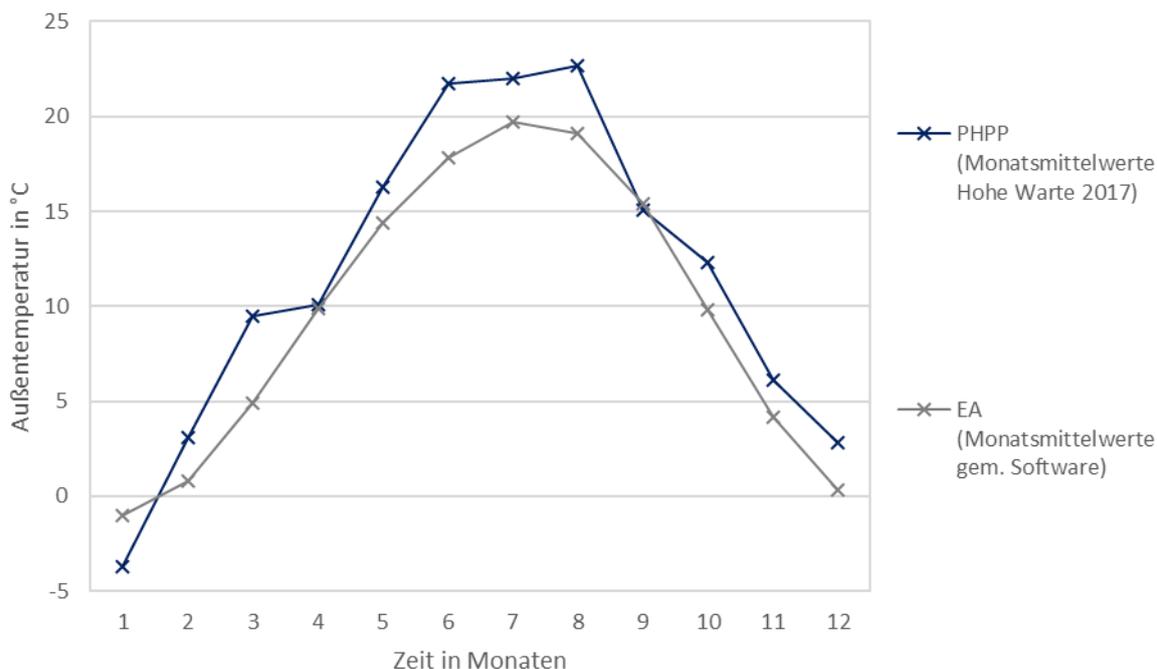


Abbildung 46: Vergleich der Außentemperaturen in den beiden Berechnungsmodellen

Bei Berücksichtigung der Außentemperaturen gemäß dem Energieausweis in der Berechnung mit dem Passivhaus-Projektierungspaket ergeben sich mit den Basisannahmen aus Tabelle 18 folgende adaptierte Ergebnisse für den Heizwärmebedarf:

Tabelle 18: Vergleich der Ergebnisse des Heizwärmebedarfs am Standortklima entsprechend der zwei gewählten Berechnungsmethoden bei Anpassung der Außentemperatur im Passivhaus-Projektierungspaket an den Energieausweis

	Passivhaus-Projektierungspaket	Energieausweis
HWB bezogen auf BGF in kWh/(m ² _{BGF} .a)	224	194
HWB bezogen auf Energiebezugsfläche in kWh/(m ² _{EBF} .a)	324	280

Aufgrund des anhaltenden Trends der Klimaerwärmung dürften die Klimadaten, die auf den Monatsmittelwerten von 2017 basieren, näher an der Realität des zukünftigen Klimas liegen, weshalb die Energieausweisberechnung den Heizwärmebedarf in dieser Hinsicht tendenziell überschätzt. Andererseits sind in der Passivhaus-Projektierungspaket-Berechnung zum Teil energetisch ungünstigere Basisannahmen wie eine deutlich schlechtere Luftdichtheit zugrunde gelegt, sodass unter den Basisannahmen die Ergebnisse für den Heizwärmebedarf bei beiden Berechnungsmethoden sehr nah beieinanderliegen (siehe Tabelle 17).

2.3.3. Innendämmung

Um die noch ursprüngliche Fassade zu erhalten und dennoch dem Stand der Technik aus Sicht der Energieeffizienz gerecht zu werden, wird empfohlen, die Außenwände mit einer dampfdiffusionsoffenen und kapillaraktiven Innendämmung zu versehen. Dort, wo der bestehende Innenputz noch in gutem Zustand ist und eine ausreichende Zugfestigkeit und Haftung aufweist, werden direkt die Innendämmplatten vollflächig verklebt. An Stellen, wo der bestehende alte Innenputz viele Risse und Hohlstellen aufweist, soll er abgeschlagen und mit einem Grundputz ein neuer, glatter Untergrund für die Innendämmung hergestellt werden.

Die Dämmdicke der Innendämmung beträgt – abhängig von den Anforderungen an die Erhaltung des räumlichen Erscheinungsbildes und der zu erzielenden Energiebedarfsreduktion – in der Regel zwischen 10 cm und 15 cm, in besonders kleinen und engen Räumen teilweise auch nur 5 cm. Da in den Gebäuden des Otto-Wagner-Areals laut verfügbaren Informationsquellen nur Stahlbetondecken eingebaut wurden und diese somit kein Holz enthalten, sind Dämmdicken in dieser Größenordnung bauphysikalisch grundsätzlich möglich. Bei Holzbalkendecken hingegen werden nur geringere Dämmdicken (max. 3 cm) empfohlen, um eine Verrottung der Balkenköpfe zu verhindern. Im Otto-Wagner-Areal sind nach jetzigem Kenntnisstand keine Holzbalkendecken verbaut, was jedoch im Zuge künftiger Sanierungsmaßnahmen jedenfalls zu prüfen ist.

Beim Einsatz von Innendämmung ist in bauphysikalischer Hinsicht besonders zu beachten, dass es aufgrund der Verlagerung des Taupunktes nach innen zu Feuchteanreicherung im Bauteil kommen kann und daraus die Gefahr von Schimmelbildung resultiert. Um dies zu vermeiden und um eine langfristige Schadensfreiheit zu gewährleisten, sind verschiedene kritische Punkte bei Planung und Ausführung der Innendämmung zu beachten. Im Forschungsbericht „*Sanierung mit Passivhaustechnologie vom Baumeister. Abgesicherte Planungsunterlagen*“ befindet sich dazu eine ausführliche Übersicht mit baupraktisch relevanten Ausführungshinweisen.¹¹ Wenn diese Ausführungshinweise eingehalten werden, ist von einer langfristig schadensfreien Konstruktion und Innendämmung auszugehen. So betreffen wesentliche zusätzliche Maßnahmen im Zuge der Anbringung einer Innendämmung die Hydrophobierung der Außenfassade¹² und die Entschärfung von Wärmebrücken im Bereich der Innenwandanschlüsse und Fensterlaibungen.¹³

Da im Bereich des Otto-Wagner-Areals die bestehenden Stockrahmen nur wenige Zentimeter breit sind, ist in diesem Bereich eine passende Lösung fenster- oder laibungsseitig zu entwickeln. Um hier eine ausreichende Dämmung zu gewährleisten, kann im Laibungsbereich der Putz abgeschlagen und unter Umständen Teile der Bestandswand abgetragen werden. Danach kann im Laibungs- und Sturzbereich ein Wärmedämmputz, ein Aerogelputz oder Innendämmplatten mit einer Stärke von 2 bis 3 cm aufgebracht werden, um diese Wärmebrücke zu entschärfen. Die luftdichte Anbindung der Fensterrahmen ist bei der Detaillösung zu berücksichtigen.

¹¹ Schöberl H., Hofer R., Lang C. (2013): Sanierung mit Passivhaustechnologie vom Baumeister. Abgesicherte Planungsunterlagen, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 7a/2013, S. 170-208. https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/berichte/endbericht_1307a_sanierung_passivhaustechnologie_baumeister.pdf?m=1469661505&, aufgerufen am 5.10.2020

¹² Ebd. S. 170 ff.

¹³ Ebd. S. 182 ff.



Abbildung 47: Beispiele für unterschiedliche Laibungen - Pavillon 4 (links), Pavillon 22 (rechts) (Quelle: LANG Consulting)

2.3.4. Untersuchte Varianten der Geothermienutzung

Thermische Grundwasser-Nutzung

Gemäß dem Energiekataster der Stadt Wien liegt die thermische Grundwassernutzung in der Leistungsklasse von weniger als 1 kW. Zur Feststellung, ob das Grundwasservorkommen am Standort dennoch ausreichend für eine thermische Nutzung ist, ist eine konkrete Untersuchung erforderlich.



Abbildung 48: Thermische Grundwassernutzung laut Erdwärmepotenzialkataster der Stadt Wien¹⁴

14

<https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/grafik.aspx?bookmark=CuAcRDJmhkPntwIHcSynRjnCzpYzRcmAG9PhyFndEuR6S6-cHaP-cYbMgAOp6YgBrnliZA-cQA-b>

Thermische Nutzung von Erdwärme mit Tiefensonden

Die Nutzung von Erdwärme ist eine umweltschonende Lösung für das Heizen und Kühlen von Gebäuden. Bereits ab einer Tiefe von 10 bis 20 m herrschen in Mitteleuropa relativ konstante Bodentemperaturen von ca. 10 – 12 °C¹⁵, die danach im Durchschnitt alle 33 m - je nach geothermischer Tiefenstufe - um ungefähr 1 °C ansteigt¹⁶.

Gemäß dem Energiekataster der Stadt Wien ist das Otto-Wagner-Areal für Erdwärmesonden mit Erdwärmesonden ab einer Länge von 30 m gut geeignet. Zudem liegt das Otto-Wagner-Areal außerhalb der Genehmigungszone für Erdwärmesonden.

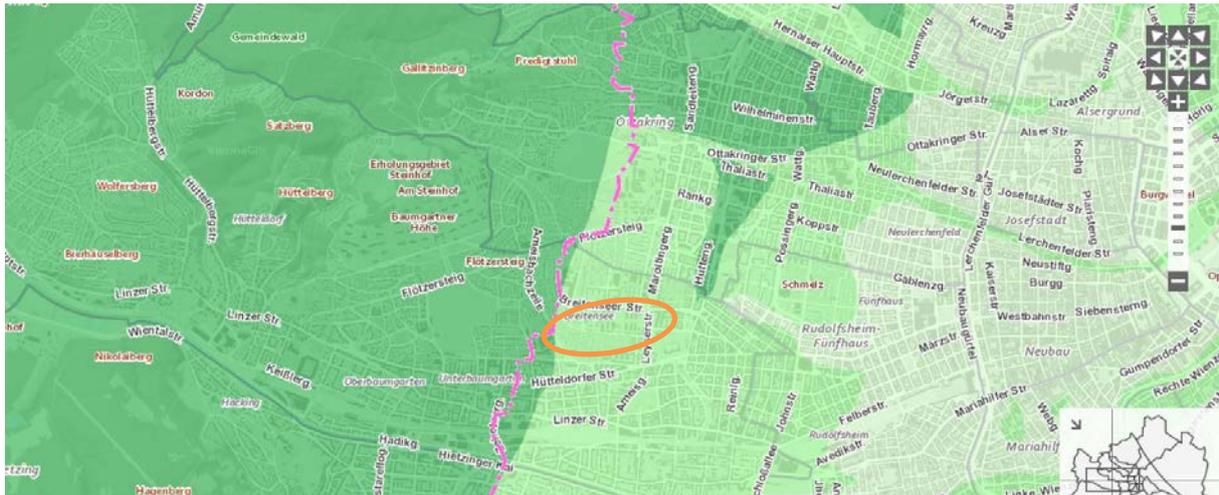


Abbildung 49: Eignung für thermische Erdwärmesonden bis 100 m laut Erdwärmepotenzialkataster der Stadt Wien¹⁷

Erdwärmesonden mit Tiefen von einigen Metern bis zu 150 m in geschlossenen oder offenen Systemen erzeugen einen künstlichen Wärmestrom. Diese Systeme funktionieren mit Wärmepumpen und können in den Sommermonaten auch zur Raumkühlung eingesetzt werden (Free Cooling).¹⁸

Thermische Nutzung von Erdwärme mit Ringgrabensystem

Der Ringgrabenkollektor ist eine Weiterentwicklung des Flächenkollektors. Aus dem starren Rechteck des Flächenkollektors wird ein flexibler, schlauchförmiger Ringgraben, der idealerweise in einem rund zwei Meter breiten und eineinhalb Meter tiefen Graben rund um das Gebäude läuft. Auch eine Verlegung an der Böschung der Baugrube im Rahmen der Kellermauer-Trockenlegung ist möglich.¹⁹

¹⁵ Siehe die Zeitreihen des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (Bodentemperatur in 12 m Tiefe), <https://www.pik-potsdam.de/de/produkte/klima-wetter-potsdam/klimazeitreihen/bodentemperatur>, aufgerufen am 9.10.2020

¹⁶ <https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/geothermische-tiefenstufe/2993>, aufgerufen am 18.12.2020

¹⁷ <https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/grafik.aspx?bookmark=CuAcRDJmHkPntwIHcSynRjnCzpzYzRcmAG9PhyFnDEuR6S6-cHaP-cYbMgAOp6YgBrnliZA-cQA-b>, aufgerufen am 9.10.2020

¹⁸ Geologische Bundesanstalt, <https://www.geologie.ac.at/forschung-entwicklung/kartierung-landesaufnahme/energie/geothermie>, aufgerufen am 9.10.2020

¹⁹ <http://www.ringgrabenkollektor.at/PDFs/Pressemitteilung.pdf>, aufgerufen am 9.10.2020

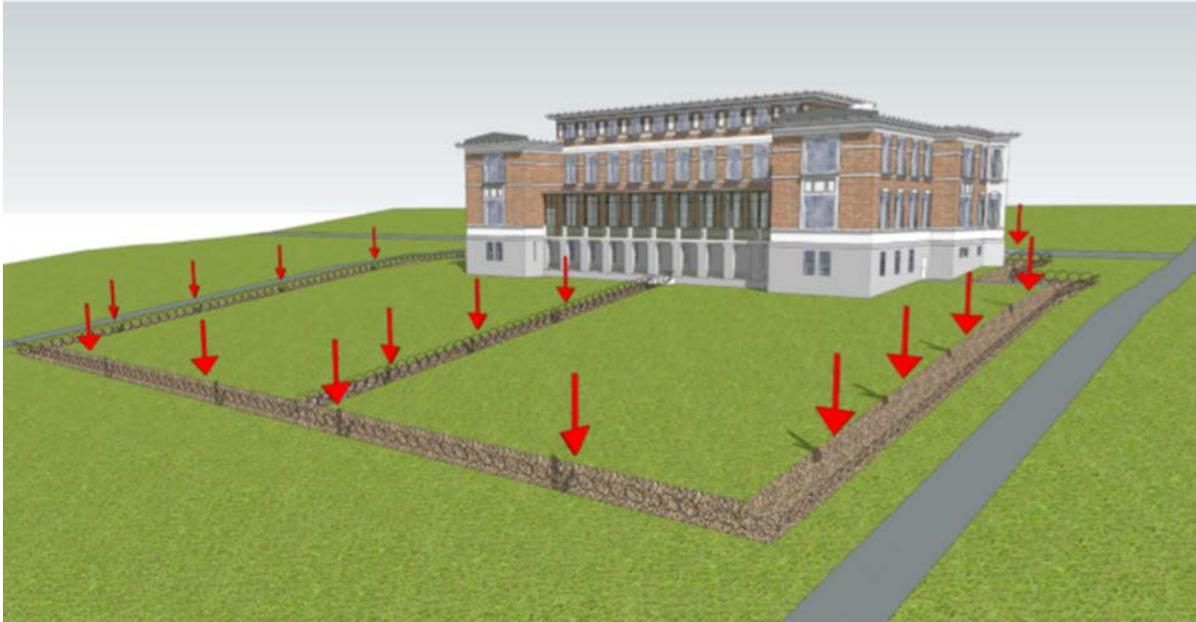


Abbildung 50: Verlegung von Ringgrabenkollektoren (©Formenvielfalt)

Wie auch bei Tiefensonden wird die mitgeführte Wärme über einen Wärmetauscher an die Wärmepumpe zur Erzeugung eines nutzbaren Temperaturniveaus und Einspeisung in das Heiznetz abgegeben.

2.4. Abstimmungen mit dem Bundesdenkmalamt

Zur Beurteilung der vorliegenden Machbarkeitsanalyse durch das Bundesdenkmalamt (BDA), wurden zunächst eine Reihe von Vorgesprächen geführt.

Zur abschließenden Beurteilung der Machbarkeitsanalyse aus Sicht des Denkmalschutzes fand am 11.05.2020 eine gemeinsame Besprechung im BDA mit Univ.-Doz. Dr. Friedrich Dahm, Leitung BDA Wien, und Frau Dipl.-Ing. Sylvia Schönold, Fachbereich Krankenanstalten BDA Wien, statt.

Nachstehend eine Zusammenfassung der Ergebnisse:

Grundsätzliches

- Das Otto-Wagner-Areal ist das weltweit größte zusammenhängende Jugendstil-Ensemble. Mit der Ansiedlung der Central European University auf einem Teil des Gesamtareals soll die einmalige Chance genutzt werden, dieses Kulturerbe in seiner Gesamtheit zu erhalten, den Standard zukunftsfit für das 21. Jahrhundert zu machen, und im Komfort zu steigern. Das Sondierungsprojekt ist eine fundierte Entscheidungshilfe für das zu entwickelnde 50 Hektar Areal mit 63 Gebäuden mit 164.345 m² Bruttogrundfläche, um dieses denkmalgeschützte Ensemble in ein Plus-Energie-Quartier richtungsweisend erneuern zu können.
- In der Machbarkeitsanalyse wurden nicht nur einzelne Pavillons oder Zonen des Otto-Wagner Areals betrachtet, sondern die Studie zielt vielmehr auf die Einbeziehung der Gesamtheit dieses denkmalgeschützten Ensembles ab.
- Die Machbarkeitsanalyse behandelt nicht nur die neun Pavillons der CEU und das weitere Dutzend an Pavillons für die Studierendenwohnheime in der Kernzone und den Kernzonen Ost und West, sondern ebenso alle historischen Bauten in der Zone West (Pulmologie) wie

auch in der Zone Ost bis hin zu der ehemaligen Fleischerei, dem Glashaus, der Gärtnerei und dem alten Kesselhaus.

- Die Machbarkeitsanalyse dient im Rahmen der Ansiedelung der CEU dem Aufzeigen der Potenziale und Umsetzungsmöglichkeiten für eine wegweisende Vorzeigesanierung des Jugendstil-Juwels hinsichtlich Denkmalschutz-Verträglichkeit und Klimaschutz für das Gesamtareal.

Feststellungen

Allgemein

- Das gegenständliche Forschungsprojekt macht deutlich, dass Anforderungen an Energieverbrauchseinsparungen und die Versorgung durch erneuerbare Energien nicht im Widerspruch zur Erhaltung von Baudenkmalern stehen.
- Für die künftigen Wettbewerbsausschreibungen wird es notwendig sein, für jedes Gebäude einen Baualtersplan basierend auf der Erfassung der Bestandspläne samt allen Änderungen im zeitlichen Verlauf zu erstellen und als Grundlage für die Wettbewerbe vom Auslober bereitzustellen.
- Die im Laufe der Spitalsnutzung erfolgten baulichen Veränderungen innerhalb der Pavillons erfolgten nicht immer gemäß den Auflagen des Denkmalschutzes. Aus Sicht des Bundesdenkmalamts ist es nicht zwingend erforderlich, dass diese Veränderungen rückgebaut werden. Künftige Veränderungen der historischen Bausubstanz sollen hingegen kaum noch vonstattengehen.
- Die im Jugendstil ausgestatteten Innenbereiche wie Festsäle, Sitzungszimmer, Stiegenaufgänge, Kursäle, etc. sollen in ihrer Einzigartigkeit erhalten und restauriert werden und von einzelnen energetischen vorgeschlagenen Maßnahmen gegebenenfalls ausgenommen werden.

Dämmung

- Die Innendämmung der Außenwand zum Beispiel mit Calziumsilikatplatten ist grundsätzlich möglich. Um dem Erhalt des räumlichen Erscheinungsbildes und der Laibungstiefen nicht zu widersprechen, wird als möglicher Richtwert eine Dicke von 12 cm angesprochen.
- Um die Fenster wie auch die Innendämmung samt Laibungsbildung besser beurteilen zu können, wird vorgeschlagen in zwei grundsätzlich identen Räumen im Rahmen von weiterführender experimenteller Forschung zwei Ausführungsvarianten mit restaurierten Fenstern und neuen Fenstern samt allen Detailanschlüssen und Innendämmung als Muster umzusetzen und zu analysieren.

Geothermie

- Die in der Studie vorgeschlagenen Maßnahmen in den Bereichen erdberührte Böden, erdberührte Wände und Dächer sind ohne Einwände möglich.
- Aus Sicht des Denkmalschutzes ist gegen die Erdwärmennutzung mittels Ringgrabenkollektoren bzw. Tiefenbohrungen bei entsprechender Rücksichtnahme und Schutz des Baumbestandes nichts einzuwenden.

Photovoltaik

- Das Bundesdenkmalamt steht grundsätzlich der Nutzung der Flachdächer der Pavillons für flachgeneigte PV-Anlagen positiv gegenüber, solange sie von den Wegen nicht einsehbar sind. Gesondert zu betrachten sind jene wenigen Dachflächen, welche von den erhöhten Aussichtspunkten (wie z.B. vom Vorplatz der Kirche am Steinhof) einsehbar sind. Hier wäre z.B. an eine Bedruckung mit Kieselsteinmuster andenkbar.
- Über eine im Bereich der Küche vor die Klinkerfassade vorgehängte PV-Fassade mit transparenten PV-Modulen besteht noch Klärungs- und Diskussionsbedarf.
- Eine vorgehängte PV-Fassade im Bereich der Pavillons Hermann und Leopold, welche durch die gravierenden Umbauten in den 60-iger Jahren das historische Erscheinungsbild verloren haben, wäre nach dem Vorliegen von Detailentwürfen zu diskutieren.

Lüftungsanlage

- Für die Installierung einer wie in der Studie beschriebenen Lüftungsanlage gibt es aus der Sicht des Bundesdenkmalamts grundsätzlich keine Einwände. Es soll auf jeden Fall auf die geringst möglichen Leitungswege geachtet werden.

3. Ergebnisse

3.1. Baseline-Sanierung

Bei der Baseline-Sanierung wird davon ausgegangen, dass die Bausubstanz an die künftigen Nutzungsanforderungen angepasst wird, ohne auf Energieeffizienz-Themen in besonderer Weise einzugehen. Die thermische Gebäudehülle und die haustechnische und elektrotechnische Ausstattung der historischen Gebäude entsprechen daher weitgehend dem aktuellen Bauzustand, welcher durch gezielte Instandsetzungsmaßnahmen für einen zeitgemäßen und nutzungskonformen Standard aufgewertet wird. Diese Maßnahmen umfassen beispielsweise die Abdichtung und Erneuerung der Bestandsfenster oder die gänzliche Erneuerung der Innenausstattung. Haustechnische Bestandsanlagen werden erneuert und weitere erforderliche haustechnische Komponenten, wie etwa Lüftungsanlagen zur Versorgung mit Frischluft oder eine Kälteversorgung zur Gebäudekonditionierung in den Sommermonaten, ergänzt. Nachfolgend werden sämtliche relevanten Verbrauchskategorien, Gewerke und Komponenten im Detail erläutert. Die Berechnungen erfolgen für vier Musterpavillons (18, 15, 24, Karlshaus).

3.1.1. Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf der Pavillons hat einen besonders gewichtigen Verbrauchsanteil an der Gesamtenergiebilanz. Dieser wird einerseits durch die bautechnischen Rahmenbedingungen, wie etwa die Qualität der thermischen Gebäudehülle oder die Luftdichtheit der Gebäude, andererseits auch durch nutzungsinduziertes Verbrauchsverhalten wie die gewünschte Ziel-Innentemperatur oder die Personenbelegungsdichte determiniert.

Die thermische Bauteilqualität der Gebäudehülle wird für die Baseline-Sanierung auf Basis der Bestandsanalysen wie folgt festgelegt:

- **Dach**
Das Bestandsdach entspricht einem bekliesten, ungedämmten Flachdach aus Beton, wobei keine Dämmung aufgebracht wurde. Im Rahmen der Instandsetzungsmaßnahmen erfolgen keine Dämmmaßnahmen, sondern eine bloße Bestandserhaltung.
- **Außenwand (unverputzt)**
Die Außenwände der Obergeschoße bestehen aus Vollziegel und sind an den Außenseiten unverputzt, wodurch das charakteristische Ensemble-Bild der Klinkerfassaden der Otto-Wagner-Pavillons geprägt wird. Für die Baseline-Sanierung erfolgen Ausbesserungs- und Instandhaltungsmaßnahmen, jedoch ohne bautechnische oder energietechnische Verbesserungsmaßnahmen.
- **Außenwand (verputzt)**
In der Zone West wurden die Pavillons mit verputzten Außenwänden ausgeführt. In allen anderen Zonen sind im Bereich der als „Gartengeschoße“ bezeichneten Kellergeschoße die Außenwände aus Vollziegel und an der Außenseite verputzt ausgeführt. Der teilweise von Feuchteschäden gezeichnete Putz wird im Zuge der Baseline-Instandhaltung erneuert. Es werden keine energietechnisch relevanten Maßnahmen gesetzt.

- **Außenwand (erdberührt)**

Die erdberührten Wände bestehen zu einem großen Teil aus Steinbruchmauerwerk, welches direkt aus den umliegenden Steinbrüchen gewonnen wurde. Zu einem kleineren Teil bestehen diese Wände aus Vollziegelmauerwerk. Alle Kellermauern (mit Ausnahme der vier bereits trockengelegten Pavillons) weisen Feuchteschäden aufgrund von eindringendem Hangwasser und aufsteigender Mauerfeuchte auf. In dieser Baseline-Sanierung wird davon ausgegangen, dass nur eine generelle Mauertrockenlegung ohne thermische Maßnahmen durchgeführt wird.

- **Bodenplatte**

Für die Bodenplatte wird von einem ungedämmten Untergrund aus Stampfbeton ausgegangen. Es findet keine thermische Verbesserung statt.

- **Fenster**

Bei den zahlreichen Fenstern unterschiedlicher Form und Größe handelt es sich zum größten Teil um zweiflügelige Kastenfenster aus weiß lackiertem Holz, wobei die Flügel jeweils eine Einfachverglasung tragen. Im Fall der Baseline-Sanierung werden die Fenster instandgesetzt, abgedichtet und nach Erfordernis erneuert, insbesondere um deren teils sehr schlechten Zustand zu verbessern und in weiterer Folge Komfortverluste aufgrund von Zuglufterscheinungen und thermischen Verlusten reduzieren zu können.

- **Türen**

Bei den Türen handelt es sich zum großen Teil um Holztüren, die oftmals mit unterschiedlich großen Glasflächen aus Einfachglas versehen sind. Analog zu den Fenstern erfolgt eine Instandsetzung, welche auch einen positiven Effekt auf das Energieeffizienz- und Komfort-Level der Gebäude hat.

- **Luftdichtheit**

Die Luftdichtheit der Bestandsgebäude hat einen großen Einfluss auf den Innenraumkomfort sowie den thermischen Energieverbrauch des Gebäudes. Für die Baseline-Sanierung wird ein n_{50} -Wert von $5,0 \text{ h}^{-1}$ angenommen, was dem instandgesetzten Bauzustand und der historischen Bausubstanz entspricht.



Abbildung 51: Ansicht eines Musterpavillons mit Kennzeichnung der Bauteile der thermischen Hülle (Quelle: Plan von KAV zur Verfügung gestellt, verändert durch Schöberl & Pöll GmbH)

Tabelle 19: Übersicht der Bauteile der thermischen Hülle und Annahme der U-Werte für die Berechnung des Baseline-Heizwärmebedarfs

Bauteil	Aufbau	U-Wert in W/(m ² .K)
Dach	Beton-Flachdach, bekiest	2,17
Außenwand unverputzt	Vollziegelwand, Klinkerfassade	0,92
Außenwand verputzt	Vollziegelwand, außen verputzt	0,87
Wand erdberührt	Vollziegelwand / Steinbruchmauerwerk	0,95
Bodenplatte	Stampfbeton	3,80
Fenster	Holzkastenfenster, 2-flügelig	2,5
Türen opak	Holztüren	2,5
Türen mit Glas	Glastüren mit Holzrahmen	2,5

Analyse von konstruktiven Wärmebrücken

Für die Baseline-Sanierung werden vorhandene konstruktive Wärmebrücken in Anlehnung an die pauschale Abschätzung nach ÖNORM B 8110-6 (2019) im Rechenmodell mit einem Leitwertzuschlag von 10 % berücksichtigt. Prinzipiell treten Wärmebrücken in Bereichen der Gebäudehülle auf, bei welchen gegenüber der ungestörten Fläche erhöhte Transmissionswärmeverluste vorhanden sind²⁰, wie dies beispielsweise bei Attiken, Innenwandanschlüssen an innengedämmte Außenwände oder Bodenplatten der Fall ist. In der Baseline-Situation weisen die Pavillons keine entsprechend gedämmten Bereiche auf, sodass eine detaillierte Simulation von Wärmebrücken-Situationen nicht sinnvoll ist.

Heizwärmebedarf der Musterpavillons

Der Heizwärmebedarf der für die unterschiedlichen Nutzungen repräsentativen Musterpavillons setzt sich aus den Transmissionswärmeverlusten der thermischen Hülle, dem in Abhängigkeit der Luftdichtheit auftretenden Infiltrationsluftwechsel, den Lüftungswärmeverlusten des Lüftungsystems (siehe Kapitel 3.1.6) sowie der solaren und inneren Wärmegewinne zusammen. Tabelle 20 weist die Ergebnisse des Heizwärmebedarfs der repräsentativen Musterpavillons für die Baseline-Sanierung aus. Die Heizlast der Pavillons im Fall der Baseline-Sanierung beträgt gemäß Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) rund 130 W/m².

²⁰ Feist W. et. Al. (2012) EnerPHit Planerhandbuch: Altbauten mit Passivhaus-Komponenten fit für die Zukunft machen, Passivhaus Institut. Darmstadt.

Tabelle 20: Heizwärmebedarf der repräsentativen Musterpavillons (Baseline-Sanierung)

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Heizwärmebedarf in kWh/a	495.182	497.121	610.361	495.542

3.1.2. Heizungssystem

Der eingesetzte Energieträger ist Fernwärme. Bei der Baseline-Sanierung erfolgt eine Instandsetzung des bestehenden Fernwärme-Netzes. Jedes Gebäude verfügt über eine Fernwärme-Übergabe-Station im Keller, ähnlich wie in der aktuellen Situation. Die Wärmeverteilungen im Bestand werden instandgesetzt. Die Gebäude verfügen über einen zentralen Wärmespeicher für die Raumheizung.

Die Wärmeabgabe erfolgt über Radiatoren und über die Beheizung der Zuluft. Aufgrund der Heizlast von 130 W/m^2 (gemäß PHPP) ist eine Adaption der Wärmeabgabe auf ein Niedertemperatur-Heizsystem nicht möglich. Das Vorlauf-Temperatur-Niveau beträgt 90 °C und das Rücklauf-Temperatur-Niveau beträgt 70 °C .

Die Längen der Anbindeleitungen, Steigleitungen und Verteilleitungen werden auf Basis der ÖNORM H 5056-1 (2019) berechnet. Die Dämmung der Verteilleitungen entspricht $1/3$ des jeweiligen Leitungsdurchmessers. In den besichtigten Abschnitten umschließt die Dämmung im Bestand die Verteilleitungen noch gut, sodass für die Baseline-Sanierung von einer reinen Ausbesserung der Dämmung ausgegangen wird. Die mittels des PHPP-Rechenmodells ermittelten Verteilverluste für die Heizungsverteilungen fallen vernachlässigbar niedrig aus, da diese direkt für die Deckung des Heizwärmebedarfs angerechnet werden. Diese Verlustwärme wird somit als Deckungsbeitrag des Wärmebedarfs gesehen und scheint nicht als „Verlust“ in der Bilanzierung auf. Im Fall der Baseline-Sanierung liegt der Nutzungsgrad der Verluste aufgrund des Heizsystems bei annähernd 100% , daher sind die Verluste hier vernachlässigbar.

3.1.3. Warmwasser

Für die Baseline-Sanierung erfolgt die Warmwasser-Aufbereitung zentral über Fernwärme. Die zentrale Warmwasser-Verteillung mit Zirkulationsleitung aus dem Bestand wird instandgesetzt. Die Gebäude verfügen über einen zentralen Wärmespeicher für die Warmwasser-Bereitstellung. Die Leitungslängen für Stichleitungen, Steigleitungen und Verteilleitungen sowie Zirkulationsleitungen werden analog zur Heizungsverteilung auf Basis der ÖNORM H 5056-1 (2019) berechnet. Die Auslegungs-Vorlauftemperatur wird mit 60 °C angenommen. Die Dämmung der Verteilleitungen aus dem Bestand wird, wo erforderlich, instandgesetzt und entspricht in etwa einer $1/3$ -Dämmung, im Haustechnik-Raum selbst aus Platzgründen einer $2/3$ -Dämmung. Die Berechnung erfolgt auch hier über PHPP. Aufgrund der hohen Verteilverluste wird grundsätzlich bei Warmwasser eine $6/3$ -Dämmung empfohlen.

Der Endenergiebedarf für die Warmwasser-Bereitstellung setzt sich primär aus dem Warmwasser-Bedarf und den Verteil- und Bereitstellungsverlusten zusammen. Der Warmwasser-Bedarf wird in Abhängigkeit der Nutzung wie folgt bestimmt:

Wohnnutzung

Für die Wohnnutzung in Pavillon 15 wird für das Duschen ein entsprechender Richtwert laut ÖVGW (Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach) von 44 Litern pro Person und Nutzungstag und ein sonstiger zusätzlicher Warmwasser-Bedarf von 9 Litern pro Person und Nutzungstag angenommen²¹.

Universitäts- und Büronutzung

Es wird angenommen, dass 5 % der Universitäts- und Büronutzer*innen mit dem Rad anreisen und anschließend duschen, wobei ein Wasserverbrauch von 44 Litern pro Person und Duschkvorgang angesetzt wird. Für den übrigen WW-Bedarf durch hygienische Körperpflege, beispielsweise etwa nach dem WC-Gang, wird angenommen, dass eine Person 20 Sekunden lang Hände wäscht bei einem Durchfluss von 3,5 L/min. Bei 3 Waschgängen pro Person und Tag erhält man somit einen Warmwasserverbrauch von 3,5 Litern pro Person und Tag. Dieser Bedarf wird eher überschätzt, da die Waschttemperatur mit Sicherheit nicht bei 60 °C liegen wird.

Sondernutzung

Für Sondernutzung wird pauschal ein Warmwasser-Bedarf von 2,35 L/Person und Nutzungstag angenommen. Grundlage der Annahme ist, dass jede Person 2 mal täglich für jeweils etwa 20 Sekunden ihre Hände wäscht, bei einem Wasserdurchfluss von 3,5 L/min.

Medizin

Für die medizinische Nutzung wird angenommen, dass 30 % der Personen täglich duschen mit einem Durchfluss von 9 L/min für 5 Minuten, dies ergibt pro Duschkvorgang einen Verbrauch von 45 Liter. Für den sonstigen Warmwasserbedarf, wie etwa Händewaschen, wird für alle Personen ein Verbrauch von 3,5 Litern pro Nutzungstag angenommen.

Tabelle 21: Warmwasser-Wärmebedarf der repräsentativen Musterpavillons

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Warmwasser-Wärmebedarf in kWh/a	32.479	94.262	16.432	30.129
Verteilverluste in kWh/a	78.458	75.865	96.708	75.624

3.1.4. Kühlbedarf

Die thermische Gebäudehülle wurde bereits in Kapitel 3.1.1 festgelegt. Durch die sehr undichte Gebäudehülle kommt es zu einer unkontrollierten Belüftung über den Infiltrationsluftwechsel. Die schlechte Bauteilqualität verursacht hohe Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehülle. Als Blendschutz wird ein Innenrollo angenommen, dessen Gesamtenergiedurchlassgrad g_{total} bei 1,0 liegt und somit thermisch nicht wirksam ist. Es wird keine Außenverschattung installiert.

²¹ <http://www.wasserwerk.at/home/alles-ueber-wasser/verbrauch>, aufgerufen am 06.06.2020

Tabelle 22: Kühlenergiebedarf der repräsentativen Musterpavillons

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Kühlenergiebedarf in kWh/a	16.530	25.692	20.375	25.611

3.1.5. Kühlsystem

Für die Baseline-Sanierung wird von einer Versorgung des Areals mittels Fernkälte ausgegangen. Die Kälteabgabe erfolgt über Fan-Coils in Hörsälen und Räumen mit hohen inneren Lasten und Personenlasten. Weiters wird die Zuluft der Lüftungsanlage über ein Kühlregister gekühlt, welches ebenfalls mittels Fernkälte versorgt wird. Das Vorlauf-Temperatur-Niveau beträgt 6 °C, das Rücklauf-Temperatur-Niveau beträgt 12 °C.

Die Verteilungen der Kühlenergiesysteme werden in erster Näherung analog zu den Wärmeverteilungssystemen abgeschätzt, da der Leitungsverlauf vergleichbar ausgeführt werden kann. Die Dämmung der Verteilungen wird in Anlehnung an ÖNORM H5155 (2013) gewählt, wobei in Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit des Dämmmaterials für Kälteleitungen eine 3/3-Dämmung angenommen wird. Die Verteilverluste für die Kälteversorgung sind in Relation zum Kühlbedarf sehr hoch, was auf die relativ langen Leitungslängen zurückzuführen ist. Aufgrund der gleichen Randbedingungen der Leitungslängen und des Dämmstandards liegen die Ergebnisse der vergleichbaren Pavillons 18, Pavillon 15 und Karlshaus sehr nahe beisammen, während der deutlich größere Pavillon 24 entsprechend höhere Verluste aufweist.

Tabelle 23: Verteilverluste des Kühlsystems der repräsentativen Musterpavillons (Baseline-Sanierung)

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Verteilverluste in kWh/a	37.448	37.448	46.158	37.329

3.1.6. Lüftung

Für die Berechnung des Energieverbrauchs durch die Lüftungsanlagen wurde zuerst abhängig von der Nutzungsintensität ein Nennvolumenstrom bestimmt, mit dem wiederum die elektrische Leistungsaufnahme der Lüftungsanlagen bestimmt werden konnte. Über einen Tag gesehen ergeben sich daraus schließlich entsprechende Lastkurven, die in den folgenden Abbildungen zu den jeweiligen Nutzungen ersichtlich sind.

Anhand dieser Lastkurven wurde der tägliche Energieverbrauch in kWh für einen typischen Nutzungstag ermittelt. Mit Hilfe der Anzahl der jährlichen Nutzungstage wurde schließlich der jährliche Energieverbrauch des Lüftungsanlagenbetriebs errechnet. Für die Bestimmung der Elektroeffizienz wird der mittlere Betriebspunkt der Lüftungsanlage im Rechenmodell (PHPP) berücksichtigt. Dieses Vorgehen wurde sowohl für die Baseline- als auch für die Plus-Energie-Sanierung angewandt.

Büro- und Universitätsnutzung

Pavillon 18 hat eine Personenbelegung von 288 Personen. Die Uni- und Büro-Fläche beträgt 2.350 m² und die Allgemeinflächen inkl. WC betragen 480 m². Bei 35 m³/h pro Person erhält man einen Nennvolumenstrom von 10.080 m³/h. Die Auslegung des Geräts ergibt einen Gesamtdruckverlust von 850 Pa und einen Gesamtdruckverlust im Kanalnetz je Strang von 650 Pa, da die Kanäle sehr klein sind. Der Nennvolumenstrom der Anlage beläuft sich somit auf 10.000 m³/h. Die Lüftungsanlage wird - analog zur Wohnnutzung - 3-stufig geregelt, mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 75 % nach EN308, welcher durch einen Rotationswärmetauscher erreicht wird.

Nutzungstage: 230 Tage/Jahr

Verbrauch pro Tag: 69,6 kWh/d

Verbrauch pro Jahr: 16.008 kWh/a

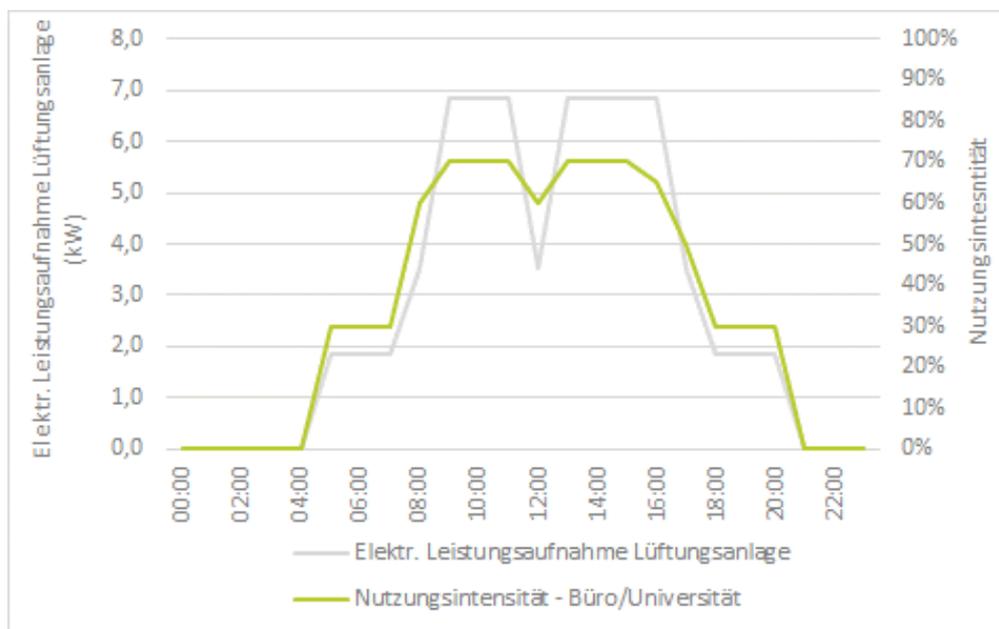


Abbildung 52: Elektr. Leistungsaufnahme Lüftungsanlage und Nutzungsintensität – Büro-/Universität – Baseline-Sanierung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

Sondernutzung

Für den Nutzungsbereich Sondernutzung macht der Gesamtdruckverlust des Lüftungsgeräts 850 Pa und der Gesamtdruckverlust im Kanalnetz je Strang aufgrund der kleinen Kanäle 650 Pa aus. Die gesamte nutzbare, konditionierte Fläche beträgt 4.356 m². Mit einer Raumhöhe von 3 m ergibt dies ein Volumen von 13.068 m³. Der Nennvolumenstrom der Anlage beträgt bei 3-fachem Luftwechsel demzufolge etwa 40.000 m³/h und die Anlage wird äquivalent zur Wohnnutzung 3-stufig geregelt. Der Wärmerückgewinnungsgrad beträgt 75 % nach EN308 und wird durch einen Rotationswärmetauscher erreicht.

Nutzungstage: 252 Tage/Jahr

Verbrauch pro Tag: 297,81 kWh/d

Verbrauch pro Jahr: 75.048 kWh/a

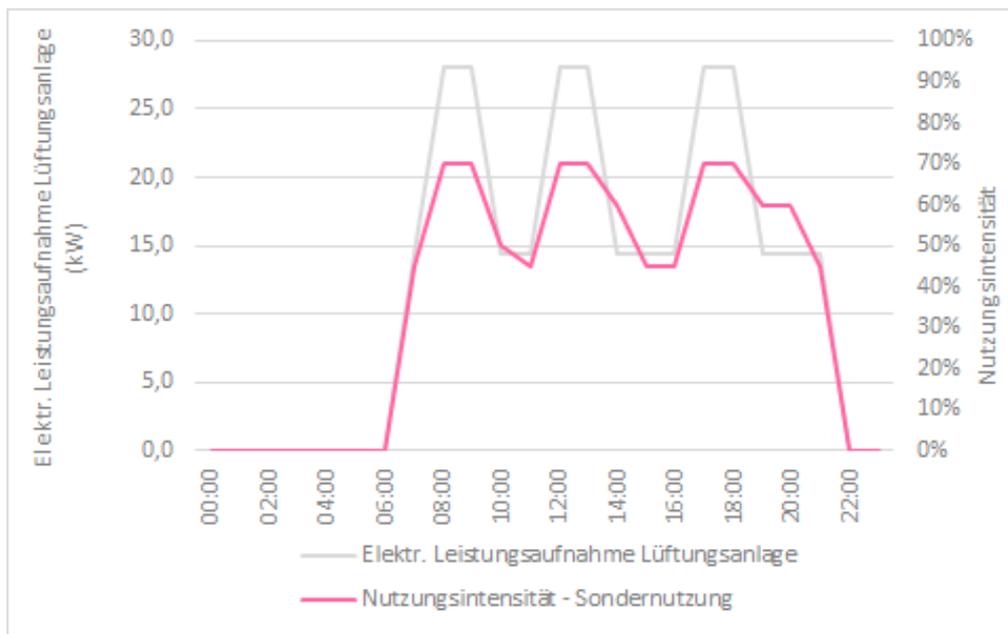


Abbildung 53: Elektr. Leistungsaufnahme Lüftungsanlage und Nutzungsintensität – Sondernutzung – Baseline-Sanierung

Medizinische Nutzung

Für die medizinische Nutzung ergibt sich aufgrund einer höheren Anforderung an die Filter ein – verglichen mit den anderen Nutzungsbereichen – höherer Gesamtdruckverlust des Lüftungsgeräts von 950 Pa. Der Gesamtdruckverlust im Kanalnetz je Strang beträgt 650 Pa, da die Kanäle sehr klein sind. Der Nennvolumenstrom der Anlage ergibt 32.000 m³/h, die Anlage wird wie auch schon bei den obigen Nutzungen 3-stufig geregelt. Der Wärmerückgewinnungsgrad beträgt 75 % nach EN308 und wird durch einen Rotationswärmetauscher erreicht, wobei hier aus hygienischen Gründen insbesondere auf eine strikte Keimfreiheit zu achten ist, besonders in etwaigen heiklen Bereichen, welche ggfs. eine eigene Lüftungsanlage erfordern.

Nutzungstage: 252 Tage/Jahr

Verbrauch pro Tag: 238,02 kWh/d

Verbrauch pro Jahr: 59.981 kWh/a

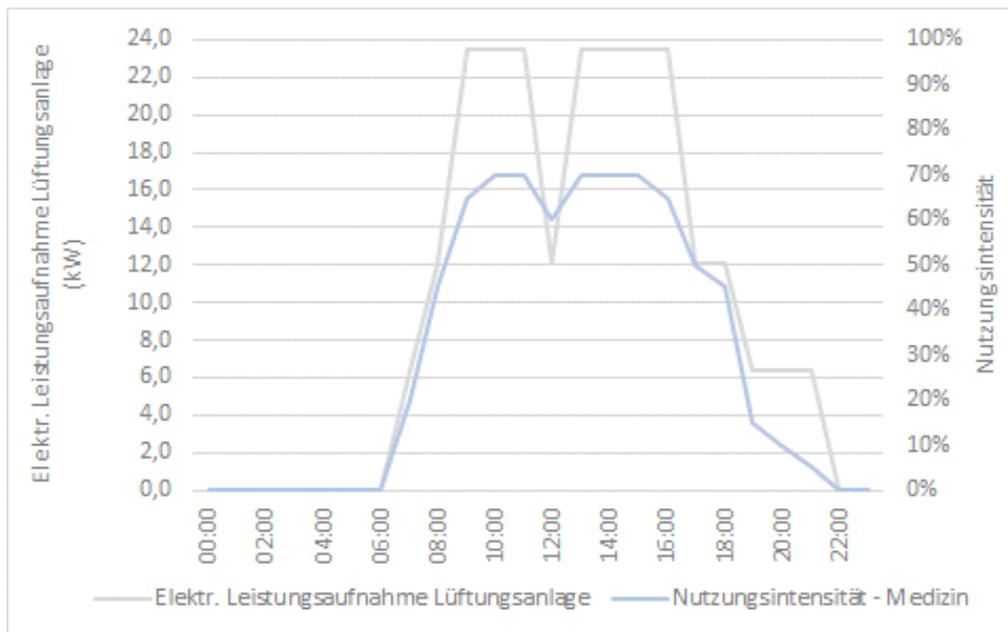


Abbildung 54: Elektr. Leistungsaufnahme Lüftungsanlage und Nutzungsintensität – Medizin – Baseline-Sanierung

Die Ergebnisse des Lüftungsenergieverbrauchs sind in Tabelle 24 dargestellt. Pavillon 24 weist dabei mit etwa 75.000 kWh/a den höchsten Verbrauch auf, gefolgt von Karlshaus mit etwa 60.000 kWh/a. Pavillon 18 hat mit 16.000 kWh/a den mit Abstand geringsten Lüftungsenergieverbrauch.

Tabelle 24: Elektrischer Lüftungsenergiebedarf der repräsentativen Musterpavillons

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Lüftungsenergieverbrauch in kWh/a	16.009	44.069	75.054	59.972

Nochmals zusammengefasst beträgt der Gesamtluftvolumenstrom für die einzelnen Nutzungsbereiche für Wohnen und Sondernutzung jeweils rund 125.000 m³/h, für Büro- und Universitätsnutzung in Summe ca. 105.000 m³/h und für medizinische Nutzung rund 315.000 m³/h. Die Gesamtluftmenge des gesamten Otto-Wagner-Areals beträgt damit rund 670.000 m³/h, wofür eine elektrische Gesamtnennleistung von etwa 700 kW erforderlich ist.

3.1.7. Beleuchtung

Die Beleuchtungsanforderungen wurden in Anlehnung an die ÖNORM EN 12464-1 (2011) definiert. Tabelle 25 zeigt die Annahmen für die mittlere Beleuchtungsstärke in Lux, die für die einzelnen Räume erreicht werden soll. Der Wert für die Allgemeinflächen setzt sich dabei aus einem flächengewichteten Wert für Gänge (Anforderung 100 Lux), Sanitätsräume (500 Lux) und Toiletten (200 Lux) zusammen. Es erfolgte eine Simulation der Beleuchtungssituation (mit Hilfe der Simulations-Software Relux) ohne Berücksichtigung des Tageslichts – d.h. die Ergebnisse sind eher überschätzt. Die Auswahl von Leuchtmitteln und Positionierung erfolgte in einem 3D-Modell. Für die Baseline-Sanierung wurden marktübliche Leuchtmittel verwendet, die im Mittel eine Lichtausbeute von etwa 88 Lumen pro Watt erreichen. Tabelle 25 weist die in Abhängigkeit der eingesetzten

Leuchten und der Anforderung an die mittlere Beleuchtungsstärke resultierenden spezifischen elektrischen Leistungsaufnahmen in Watt pro m² aus, die aus der Simulationsberechnung erhalten wurden.

Tabelle 25: Simulationsergebnisse elektrische Leistungsaufnahme – Baseline-Sanierung

Nutzung	Mittlere Beleuchtungsstärke (Lux) in 0,75 m Höhe	Spezifische elektrische Leistungsaufnahme (W/m²)
Büro	500	7,66
Universität	500	7,66
Wohnen	200	3,52
Sondernutzung	500	7,66
Medizin	500	7,66
Allgemeinflächen	160	4,50

Für die Ermittlung der Volllaststunden für die einzelnen Nutzungskategorien erfolgte eine Simulationsbetrachtung, welche den Tageslichtanteil in Abhängigkeit des Sonnengangs im Jahresverlauf berücksichtigt. Es wurde von einer Standard-Öffnungszeit der Nicht-Wohngebäude von 07:00 bis 19:00 Uhr ausgegangen. Aus der Beleuchtungsintensität und den Nutzungstagen des Gebäudetyps kann schließlich eine Volllaststundenanzahl berechnet werden. Diese ermittelten Volllaststunden sind mit Literaturwerten gut vergleichbar (siehe Tabelle 26), wodurch sie plausibel erscheinen.

Tabelle 26: Vergleich zwischen simulierter Beleuchtungszeit und Literaturwerten

Nutzung	Simulierte Beleuchtungszeit [h]	Literaturwert [h]
Büro	2.005	1.500 – 2.320 ²²
Universität	1.031	982 ²³
Wohnen	2.424	913 – 4.452 ²³
Sondernutzung	1.834	1.467 – 2.599 ²³
Medizin	2.251	913 – 4.452 ²³
Allgemeinflächen	1.041	418 – 1.802 ²³

²² Mair am Tinkhof, O.(2013): Leitfaden für Energieaudits von Beleuchtungssystemen, Österreichische Energieagentur, Wien, <https://www.klimaaktiv.at/dam/jcr:d244b0bc-f0f4-49ac-9ad0-70f7443857d8/Beleuchtungsleitfaden.pdf>, aufgerufen am 27.04.2020

²³ https://energie.tg.ch/public/upload/assets/59481/Volllaststunden_und_Wartungswert_Beleuchtung.pdf, aufgerufen am 27.04.2020

Büronutzung

In Abbildung 55 ist der Büroraum so dargestellt, wie er in das Programm Relux eingegeben wurde. Anhand einer Beleuchtungssimulation kann die Beleuchtungsstärke ermittelt werden, siehe Abbildung 56. Dabei ist zu erkennen, dass die geforderte Beleuchtungsstärke von 500 lx auf den Tischen eingehalten werden kann.

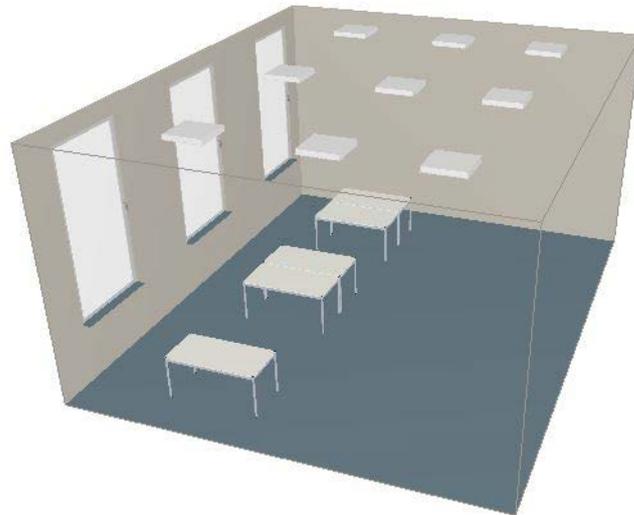


Abbildung 55: 3D-Modell Büroraum

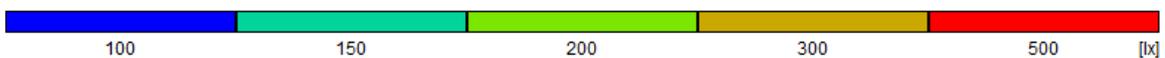
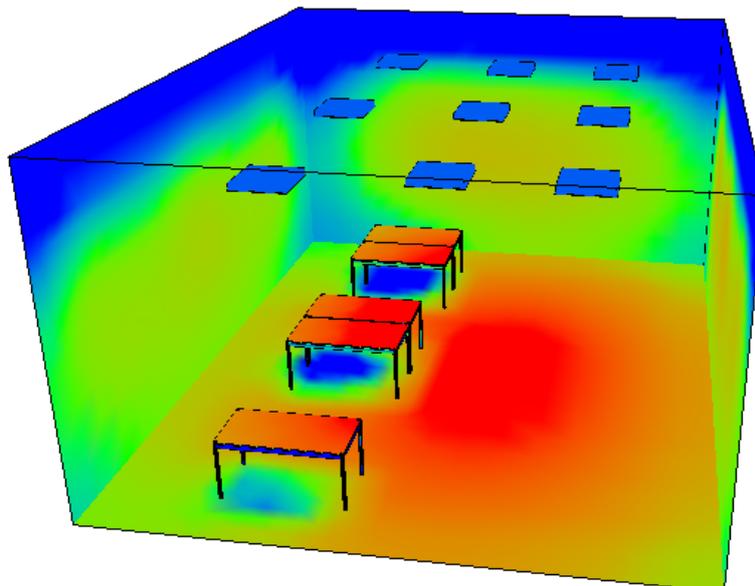


Abbildung 56: Beleuchtungsstärke Büroraum

Abbildung 57 zeigt die resultierende Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für eine Büronutzung (pro Monat ist ein typischer Tagesverlauf für diesen Monat dargestellt). Man erkennt, dass im Jänner am meisten künstlich beleuchtet werden muss. Im Sommer ist die Morgenspitze am niedrigsten und die Abendspitze fehlt völlig, da zu dieser Zeit die Sonne früh auf- und spät untergeht.

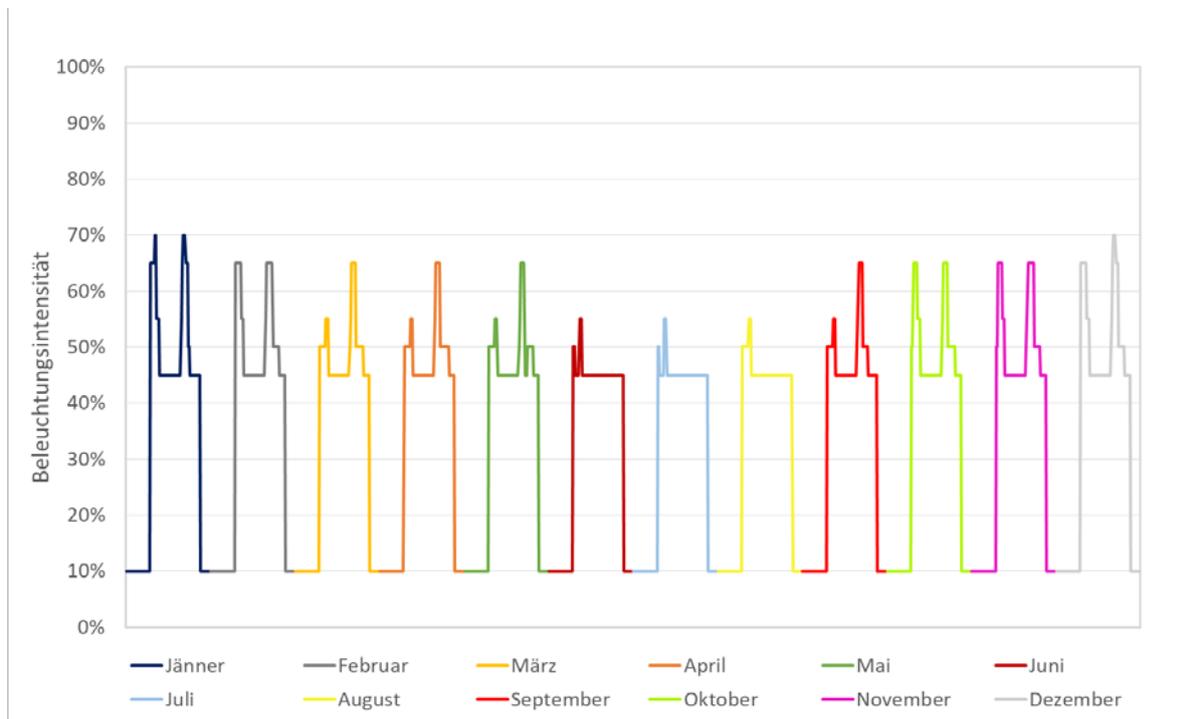


Abbildung 57: Simulierte Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für Büronutzung

Universitätsnutzung

Der für die Universitätsnutzung modellierte Seminarraum ist in Abbildung 58 dargestellt. Die Simulation der Beleuchtungsstärke verdeutlicht, dass die Beleuchtungsstärke von 500 lx auf den Tischen eingehalten wird (siehe Abbildung 59).

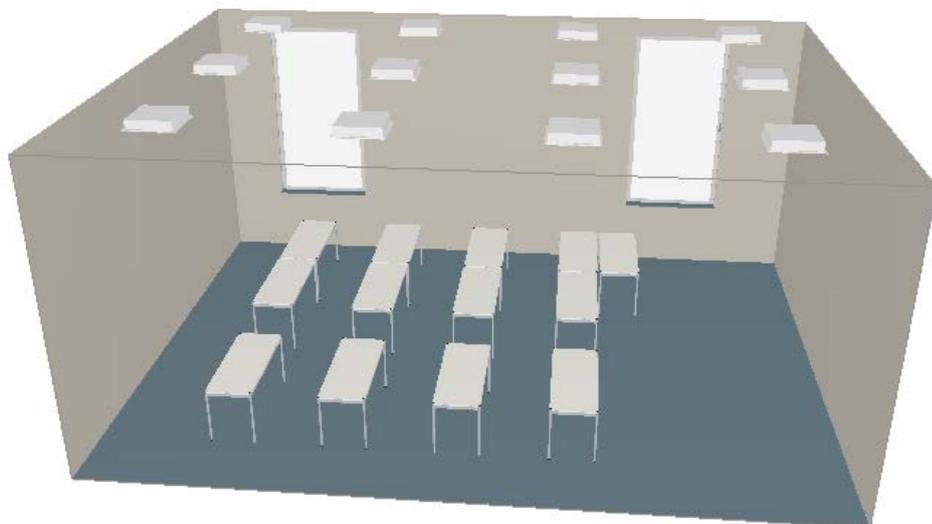


Abbildung 58: 3D-Modell Seminarraum L

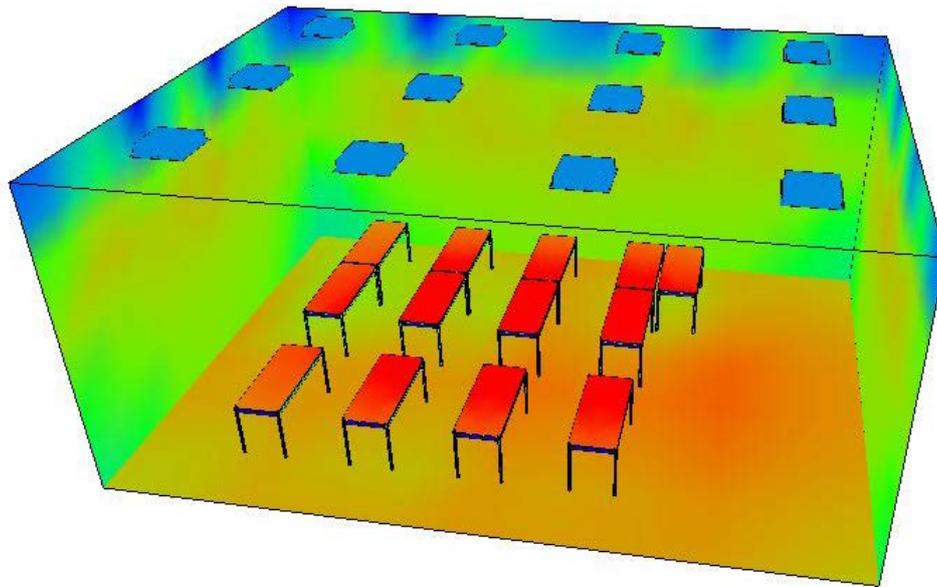


Abbildung 59: Beleuchtungsstärke Seminarraum L

Abbildung 60 zeigt die resultierende Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für die Universitätsnutzung. Es ist zu erkennen, dass im Dezember und Jänner am meisten künstlich beleuchtet werden muss. Im Juli und August ist die Universität geschlossen und die Beleuchtung ist nur für Wartungszwecke bzw. für die Notstrombeleuchtung eingeschaltet, weshalb die Beleuchtungsintensität in diesen Monaten auf ein Minimum beschränkt ist.

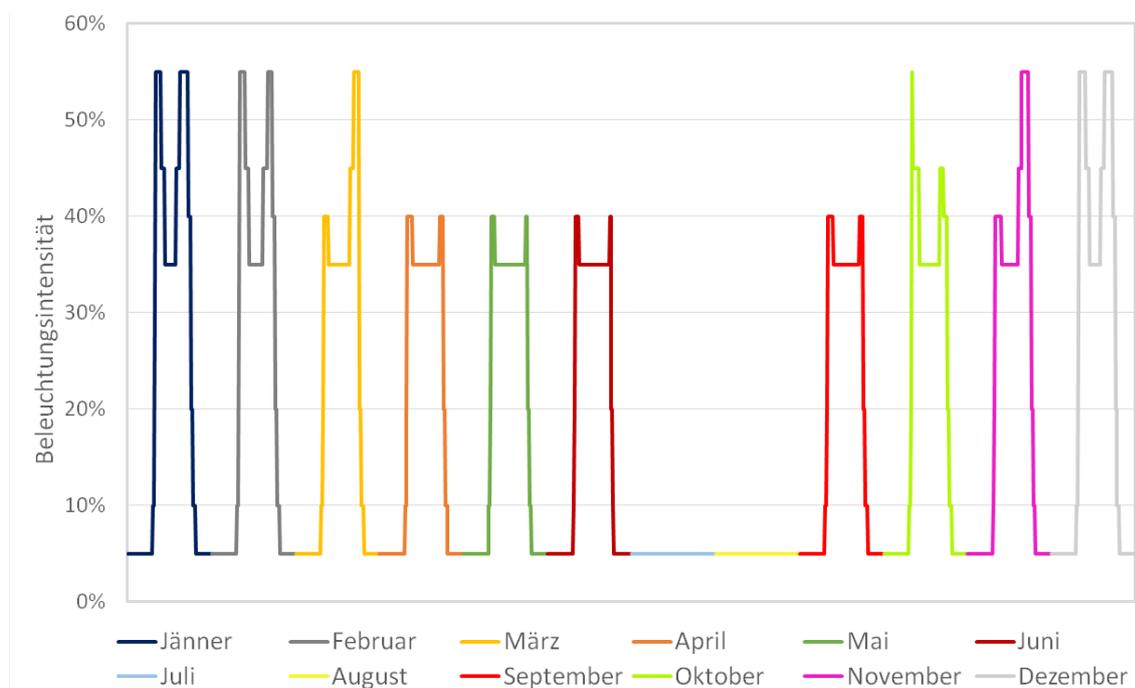


Abbildung 60: Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für Universitätsnutzung

Wohnnutzung

Die resultierende Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für eine Wohnnutzung ist in Abbildung 61 dargestellt. In der Früh, zu Mittag und am Abend wird am meisten beleuchtet. In der Nacht, während die Bewohner schlafen, ist keine Beleuchtung aktiv. In den Ferienmonaten Juli und August sind weniger Bewohner anwesend, die dafür aber länger wach bleiben.

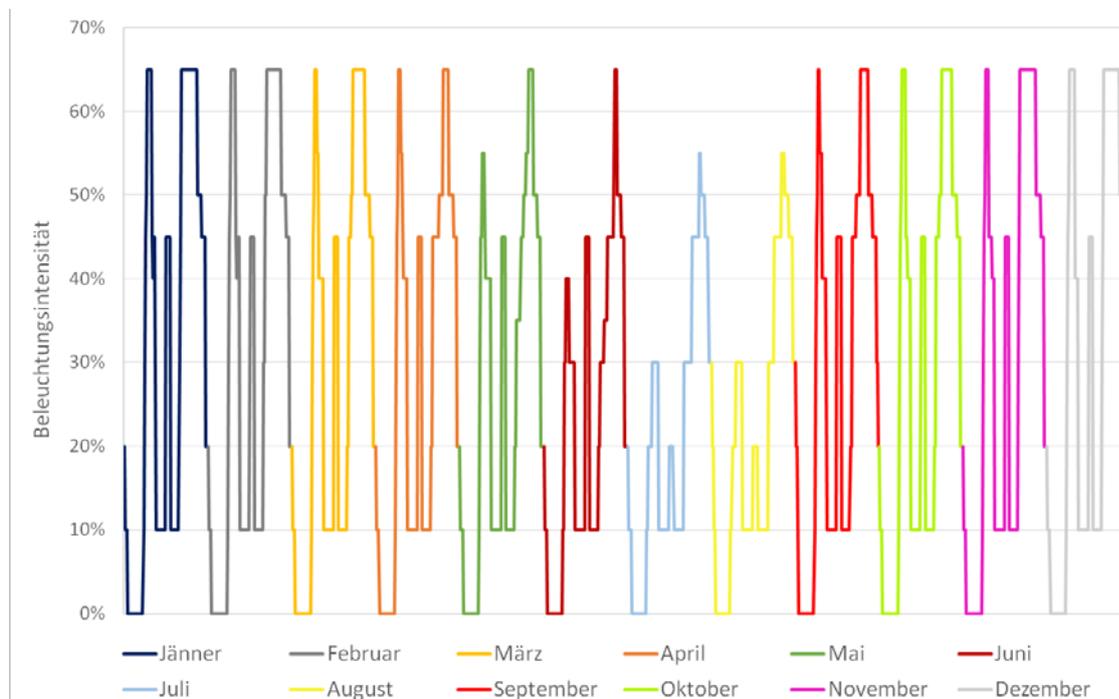


Abbildung 61: Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für Wohnnutzung

Medizinische Nutzung

In Abbildung 62 ist die Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für eine medizinische Nutzung abgebildet. In der Nacht wird mit einer Intensität von 20 % beleuchtet, untertags liegen die Spitzen am Morgen sowie abends. Am meisten muss in den Wintermonaten künstlich beleuchtet werden; in den Sommermonaten fehlt aufgrund des späten Sonnenuntergangs die Abendspitze völlig.

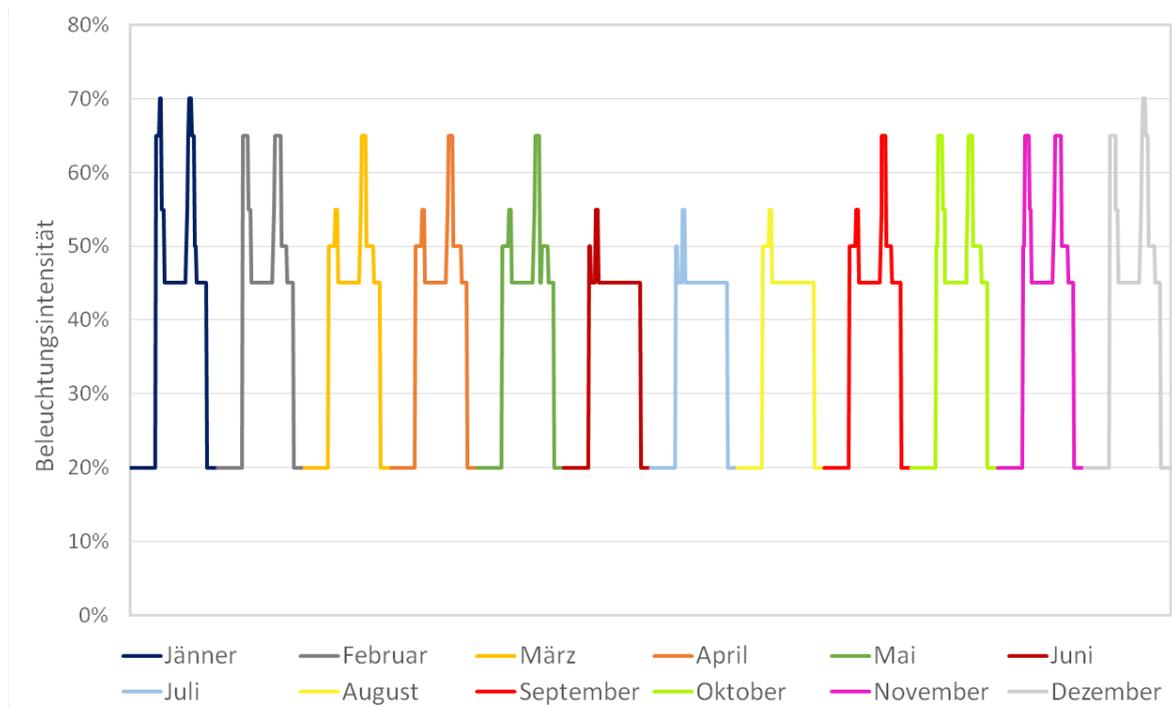


Abbildung 62: Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für medizinische Nutzung

Sondernutzung

Abbildung 63 zeigt die resultierende Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für Sondernutzungen. Die Spitzen liegen auch hier wieder in der Früh sowie am Abend. Während der Nachtstunden wird nicht beleuchtet. In den Sommermonaten wird aufgrund des frühen Sonnenaufgangs und späten Sonnenuntergangs weniger intensiv beleuchtet.

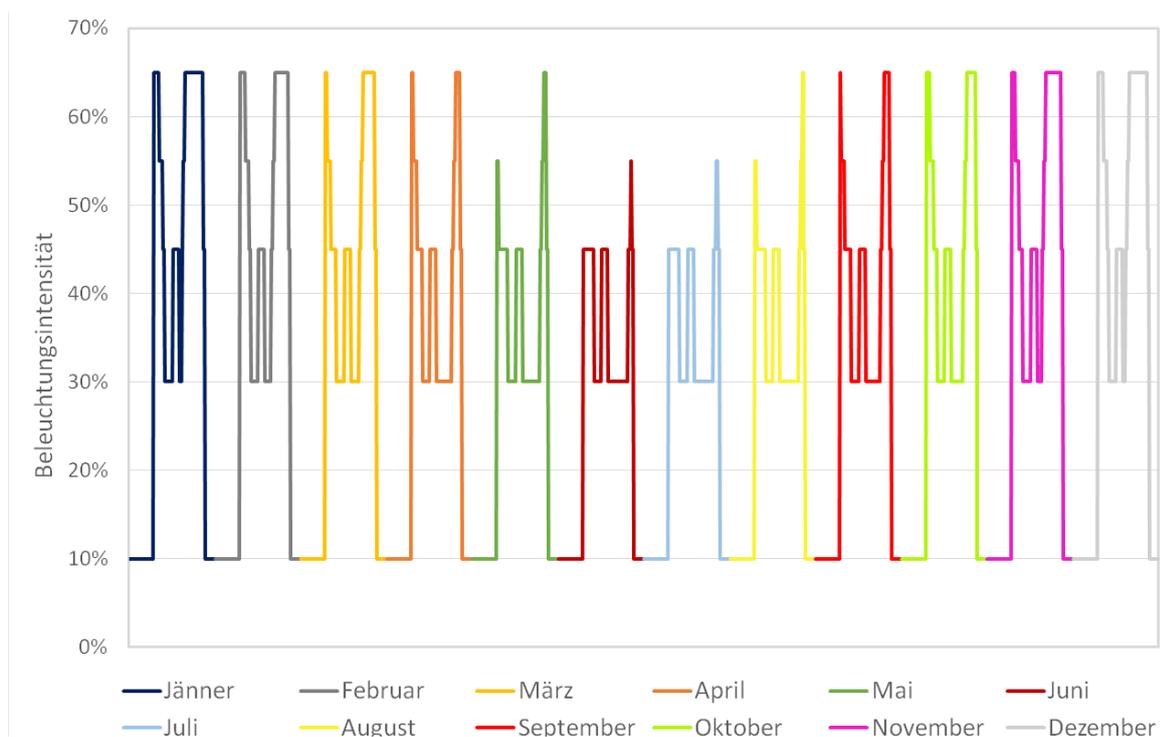


Abbildung 63: Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für Sondernutzung

Allgemeinflächen

Abbildung 64 zeigt als Beispiel für eine Allgemeinfläche einen Gang, so wie er in die Simulationssoftware abgebildet wurde. In Abbildung 65 ist das Ergebnis der Simulation anhand der Beleuchtungsstärke dargestellt. Die geforderten 160 lx können im Schnitt überall am Boden des Gangs eingehalten werden.

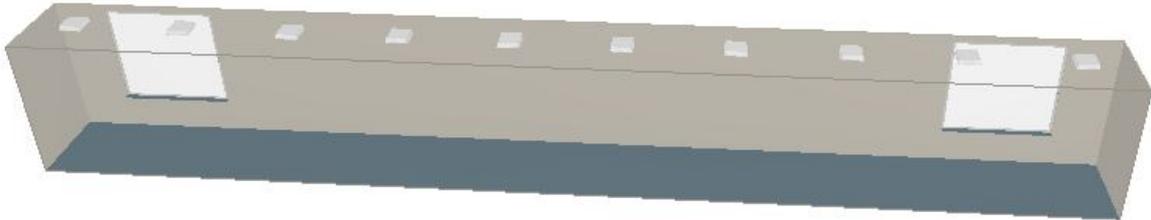


Abbildung 64: Ansicht Gang

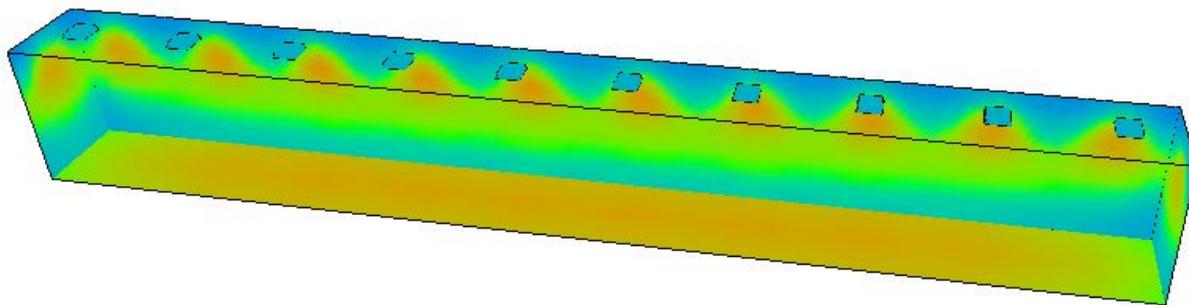


Abbildung 65: Beleuchtungsstärke Gang

Die Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für Allgemeinflächen ist in Abbildung 66 ersichtlich. In den Wintermonaten liegen die Spitzen am Morgen und am Abend. In diesen Monaten muss am meisten beleuchtet werden. In den Sommermonaten hingegen verschwindet die Abendspitze und auch in den frühen Morgenstunden muss weniger beleuchtet werden.

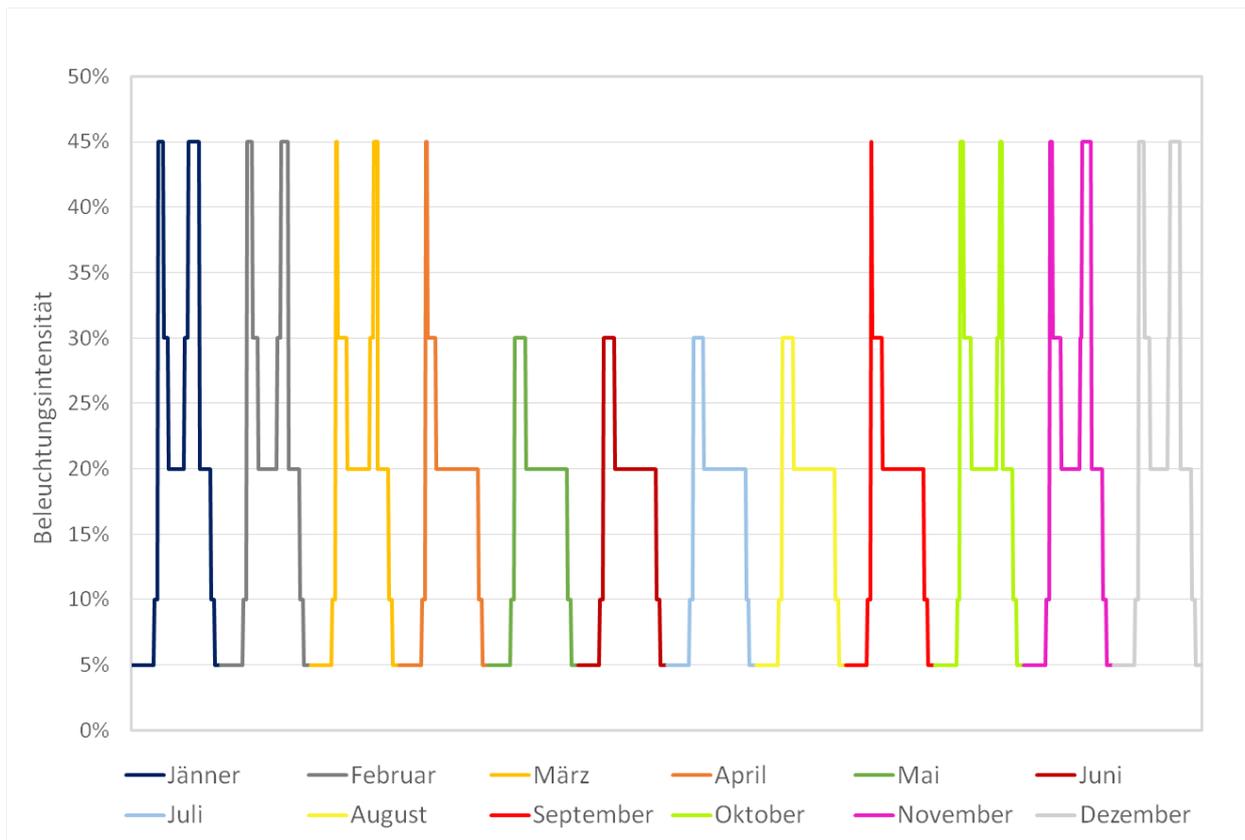


Abbildung 66: Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für Allgemeinflächen

Wird nun jeweils ein für jede Nutzung spezifisches Mustergebäude betrachtet, so ergibt sich der jährliche Beleuchtungsenergiebedarf für die jeweilige Nutzung gemäß Tabelle 27.

Tabelle 27: Baseline-Sanierung: Beleuchtungsenergiebedarf der Mustergebäude

Gebiet	Gebäudebezeichnung	Nutzbare Gesamtfläche	Hauptnutzung 1	Hauptnutzung 2	Allgemeinflächen	Beleuchtungsenergiebedarf (kWh/a)		
Kernzone Ost	Pavillon 18	3.534	66% (Uni)	14% (Büro)	20%	18.532	7.382	3.311
Kernzone West	Pavillon 15	3.600	80% (Wohnen)		20%	24.577		3.373
Kernzone Ost	Pavillon 24	4.356	80% (Sondern.)		20%	48.956		4.081
West	Karlshaus	3.589	80% (medizinisch)		20%	49.507		3.363

Legende: Wohnen Uni Büro Sondernutzung Medizinisch Allgemeinflächen

In Tabelle 28 ist der Beleuchtungsenergiebedarf der repräsentativen Musterpavillons zusammenfassend aufgelistet, wobei ersichtlich ist, dass Pavillon 24 und Karlshaus den größten Energieverbrauch aufweisen.

Tabelle 28: Beleuchtungsenergiebedarf der repräsentativen Musterpavillons

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Beleuchtungsenergieverbrauch in kWh/a	29.228	27.950	53.037	52.870

3.1.8. Nutzungsbezogener Energiebedarf

Die Nutzungsart bestimmt auch den jeweiligen Energiebedarf. Die unterschiedlichen Nutzungsarten werden nun im Folgenden definiert.

Büro- und Universitätsnutzung

Die Anzahl der Büro- und Universitätsmitarbeitenden wird mit 1.500 Personen und die Anzahl der Studierenden mit 2.300 Personen angenommen.

Büronutzung

In den Büros wurden EDV-Arbeitsplätze untersucht, d.h. Monitore, Laptops bzw. Stand-PCs und Telefone. Dabei wurden Messreihen an der CEU und an einem Referenzarbeitsplatz durchgeführt.

Der EDV-Arbeitsplatz der Baseline-Sanierung wurde definiert als: 2 Monitore à 20 W, 1 Laptop à 15 W im Office-Betrieb, ergibt: 55 W Leistung je Arbeitsplatz.

Mit 105,63 kWh/a pro Arbeitsplatz ergibt dies bei 1.500 Personen einen nutzungsbezogenen Energiebedarf von 158.441 kWh/a.

Pavillon 18 weist bei einer Belegung von 288 Personen einen Bedarf von 30.421 kWh/a auf.

Universitätsnutzung

Für die Universitätsnutzung sind insbesondere Geräte wie Beamer und Fernseher erforderlich, ebenso Getränkeautomaten für Studierende. Am Beispiel eines Getränkeautomaten kann je nach Heiß- oder Kühlgetränk eine Leistung von 300 W bis 500 W angesetzt werden.

Wohnnutzung

Die Wohnnutzung betreffend werden 800 bis 1.000 Personen in Kernzone West und 400 Personen im Ost-Areal angenommen. Die Gesamtfläche für Wohnen beträgt etwa 14.426 m².

Der durchschnittliche elektrische Energieverbrauch von österreichischen Haushalten beträgt 4.415 kWh/a²⁴. Als mittlere Wohnungsgröße werden 75 m² angenommen²⁵. Das ergibt kombiniert ca. 58,9 kWh/(m².a).

Für Studierendenheime erfolgte eine Untersuchung der Verbrauchsstatistik der OeAD-Wohnraumverwaltungs GmbH, wodurch sich sagen lässt, dass für Studierendenheime der elektrische Jahresenergieverbrauch zwischen 20 und 60 kWh/m² liegt, im Mittel bei rund 34 kWh/m². Die hohe Schwankungsbreite der Messergebnisse lässt sich durch den hohen Einfluss des Nutzerverhaltens oder auch die Bilanzgrenze der Verbrauchsmessung (z.B. ob Allgemeinbereiche inkludiert sind oder

²⁴ <https://oesterreichsenergie.at/daten-fakten-zum-stromverbrauch.html>, aufgerufen am 9.6.2020

²⁵ http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/wohnen/wohnsituation/index.html, aufgerufen am 9.6.2020

rein nur die Zimmer gemessen werden) erklären. In der vorliegenden Energiebilanz wird für Studierendenheime und Wohnungen ein unterschiedliches Verbrauchsprofil zugrunde gelegt, da etwa mehr Haushaltsgeräte bei Wohnungen vorkommen.

Sondernutzung

Der elektrische Energieverbrauch der Kategorie „Sondernutzung“ ist stark davon abhängig, welche Nutzung tatsächlich betrachtet wird. Die betrachteten Gebäude unterscheiden sich sehr in ihrer Größe. So sind etwa das Portier- und das Post-Gebäude kleiner als 200 m², denen wiederum Pavillon 24 mit einer konditionierten Bruttogrundfläche von rund 4.400 m² gegenübersteht.

- Das *Theater* hat eine Fläche von 3.315 m² und wird für Veranstaltungen und öffentliche Vorlesungen genutzt. Die primären elektrischen Energieverbraucher sind Beleuchtung und Lüftung. Für die Verpflegung bei Festivitäten oder für die Präsentationstechnik kommt noch der jeweilige Verbrauch hinzu. Als Annahme wird hier 10 kWh/(m².a) getroffen.
- Die *Küche* mit ihren 4.565 m² hat als Nutzung eine Gastro-Küche und einen Restaurant-Bereich. Als Annahme werden hierfür 10 kWh/Speise²⁶ getroffen. Sie wird an 252 Tagen im Jahr genutzt.
- Pavillon 35 wird als *Supermarkt bzw. Nahversorger* genutzt. Aufgrund der Filialgröße von rund 1.000 m² wurde eine Annahme von 200 kWh/(m².a)²⁷ getroffen, wobei die Beleuchtung und Lüftung in den dortigen Gewerken bereits berücksichtigt ist – mit Ausnahme von speziellen Anforderungen, wie der Kühltemperatur von Lebensmitteln oder besonderer Effektbeleuchtung. Der Gesamtstromverbrauch von REWE lag 2017 bei 311,5 kWh/(m².a)²⁸, der Stromverbrauch im deutschen Einzelhandel lag 2015 im Lebensmittel-Geschäftsbereich bei 331 kWh/(m².a)²⁹ und im Nicht-Lebensmittelbereich bei 115 kWh/(m².a)³⁰. Für Nicht-Lebensmittelläden ist mit einem entsprechend geringeren Verbrauch zu rechnen, da deren Verbrauch für Beleuchtung und Lüftung bereits in den jeweiligen Gewerken berücksichtigt ist und nur noch der Mehrverbrauch für Effektbeleuchtungen, die Shoplogistik und Geräte wie etwaige Bankomaten zu berücksichtigen sind.
Aus diesen Bandbreiten aus der Literatur ergibt sich ein Verbrauch von 115 bis 311 kWh/(m².a). Für das Otto-Wagner-Areal werden 200 kWh/(m².a) angenommen.
- Für alle übrigen Flächen bei der Sondernutzung wird ein mittlerer Strombedarf von 25 kWh/(m².a) angenommen.

Eine Umfrage unter CEU-Mitarbeiter*innen ergab, dass besonders ein Supermarkt, ein Restaurant, ein Café und eine Sporteinrichtung (Schwimmbad, Laufmöglichkeiten, Basketball, Tennisplatz) große Nachfrage haben (siehe Kapitel 2.2.1).

Medizinische Nutzung

²⁶ https://www.oegut.at/downloads/pdf/e_kennzahlen-ev-dlg_zb.pdf, S. 17, aufgerufen am 9.6.2020

²⁷ https://www.oegut.at/downloads/pdf/e_kennzahlen-ev-dlg_zb.pdf, S. 11, aufgerufen am 9.6.2020

²⁸ <https://rewe-group-nachhaltigkeitsbericht.de/2017/gri-bericht/eku/gri-302-energie/index>, aufgerufen am 9.6.2020

²⁹ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/372110/umfrage/stromverbrauch-je-quadratmeter-verkaufsflaeche-im-deutschsprachigen-einzelhandel/>, aufgerufen am 9.6.2020

³⁰ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/372110/umfrage/stromverbrauch-je-quadratmeter-verkaufsflaeche-im-deutschsprachigen-einzelhandel/>, aufgerufen am 9.6.2020

Es wird eine Personenbelegung von 4.500 Personen angenommen. Auch bei der medizinischen Nutzung ist mit einer weiten Bandbreite des nutzungsbedingten Energieverbrauchs zu rechnen. Die Möglichkeiten reichen von einem Kurzentrum mit eher hotelähnlichem Verbrauchsprofil bis hin zu einem Klinikum mit intensivmedizinischer Betreuung und entsprechend umfassender Infrastruktur. Auch die Bettenkapazität bzw. die Intensität der Nutzung spielen eine Rolle.

Für den Strombedarf von Krankenhäusern wird in der Literatur eine Bandbreite von 80 bis 300 kWh/(m².a) Bruttogrundfläche angegeben³¹. Der Gesamtstromverbrauch des (medizinisch genutzten) Otto-Wagner-Areals für das Jahr 2018 beträgt, je nach zugrundegelegter Fläche zwischen 70 und 95 kWh/(m².a), wobei diese Werte den Gesamtverbrauch – d.h. inklusive der Beleuchtung, Lüftung usw. und vermutlich auch die Außenbereiche – umfassen. Die Flächenbenchmarks sind auch sehr von der Geometrie und der Kompaktheit, also von der Gebäudeform des Krankenhauses, abhängig.

Tabelle 29: Nutzungsbezogener Energiebedarf der repräsentativen Musterpavillons

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Nutzungsbezogener Energiebedarf in kWh/a	36.272	97.183	87.120	143.560

3.2. Plus-Energie-Sanierung

Unter „Plus-Energie-Sanierung“ wird jene Sanierung verstanden, welche am Otto-Wagner-Areal durch eine Optimierung des Gebäudebestandes und dessen Komponenten erreichbar ist. Zur genauen Definition des Plus-Energie-Standards, welche im Projekt zur Anwendung kam, siehe Kapitel 3.6.1. Bei Betrachtung der Plus-Energie-Sanierung sind alle Maßnahmen, die zur Steigerung der Energieeffizienz, zur Einsparung von laufenden Betriebskosten und zur Minimierung der CO₂-Emissionen, welche durch die Energieinfrastruktur und den Gebäudebetrieb verursacht werden, von großer Bedeutung.

3.2.1. Heizwärmebedarf

Die thermische Bauteilqualität der Gebäudehülle wird für die Plus-Energie-Sanierung auf Basis der entwickelten Energieeffizienzmaßnahmen wie folgt festgelegt:

- **Dach**
Die Sanierung und thermische Optimierung des Daches erfolgt als Warmdach. Dazu wird das ausgewählte Dämm-Material außenseitig auf die Bestandsdecke aufgelegt. Der verwendete Dämmstoff und die Aufbauhöhe (inkl. Kiesschicht) werden so abgestimmt, dass ein U-Wert von circa 0,11 W/(m².K) erreicht werden kann.
- **Außenwand (unverputzt)**
Die Vollziegel-Außenwände der Obergeschoße werden innenseitig mit dampfdiffusionsoffenen und kapillaraktiven Dämmplatten gedämmt, um das charakteristische Ensemble-Bild der Klinkerfassaden der Otto-Wagner-Pavillons zu erhalten. An der Außenseite erfolgt eine Hydrophobierung der Fassade, um Feuchteanreicherungen im

³¹ https://www.oegut.at/downloads/pdf/e_kennzahlen-ev-dlg_zb.pdf, S.22, aufgerufen am 9.6.2020

Mauerwerk aufgrund der reduzierten Wärmezufuhr von innen zu verhindern. Die Dämmstärke der Innendämmung beträgt abhängig von den Anforderungen an die Erhaltung des räumlichen Erscheinungsbildes in der Regel zwischen 10 cm und 15 cm, in besonders kleinen und engen Räumen teilweise auch nur 5 cm. Die Festlegung der Dämmdicken beruht auf Detailrechnungen und der Annahme, dass in den Gebäuden keine Holzbalkendecken vorhanden sind. Sollten im Zuge der Baumaßnahmen doch etwaige Holzbalkendecken ersichtlich werden, sind entsprechende Begleitmaßnahmen (z.B. eine Beheizung der Balkenköpfe) durchzuführen.

Weiteres siehe Kapitel 2.3.3 zu Innendämmung.

▪ **Außenwand (verputzt)**

Die verputzten Außenwände in den „Gartengeschoßen“ werden analog zu den restlichen Außenwänden saniert, wobei zusätzlich eine Erneuerung des Verputzes erfolgt.

▪ **Außenwand (erdberührt)**

Die Sanierung der erdberührten Wände erfolgt durch eine außenseitige, erdberührte Dämmung mit XPS.

▪ **Bodenplatte**

Die bestehende erdberührte Bodenplatte wird durch Einbringen eines neuen Fußbodenaufbaus saniert und thermisch optimiert. Dazu wird unterhalb des klassischen Fußbodenaufbaus mit schwimmendem Estrich und Trittschalldämmung eine hochdruckfeste EPS Dämmplatte eingelegt. Die Aufbaustärke ist mit den jeweiligen Raumhöhen bzw. dem Anspruch an die Barrierefreiheit abzustimmen, sodass ein U-Wert von ca. $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ erreicht wird.

▪ **Fenster**

Aufgrund des Alters und Zustands der bestehenden Fenster ist ein Austausch dieser durch neue Kastenfenster vorgesehen. Eine denkmalschutzverträgliche und zusätzlich passivhaustaugliche Lösung ermöglicht z.B. das Kastenfenster „smartwin Historic“³² mit einem U-Wert von $0,69 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Alternativ wird die Sanierung des äußeren und der Ersatz des inneren Kastenfensters durch ein klassisches Passivhausfenster empfohlen.

▪ **Türen**

Die bestehenden Holztüren mit Glaseinsätzen werden bestmöglich saniert bzw. bei Bedarf ausgetauscht, sodass im Mittel für die Türen mit einem U-Wert von $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ gerechnet werden kann.

▪ **Luftdichtheit**

Im Zuge der Sanierung wird die Luftdichtheit des Gebäudes durch das Ausbilden einer durchgängigen luftdichten Hülle mit entsprechenden Detaillösungen bestmöglich optimiert, sodass ein n_{50} -Wert von $0,9 \text{ h}^{-1}$ erreicht werden kann.

³² <https://www.passivhausfenster.com/privatkunden/produkte/smartwin-historic>, aufgerufen am 23.10.2020

Tabelle 30: Übersicht der Bauteile der thermischen Hülle und Annahmen der U-Werte für die Berechnung des Heizwärmebedarfs der Plus-Energie-Sanierung

Bauteil	Aufbau	U-Wert in W/(m ² .K)
Dach	Warmdach, bekiest	0,11
Außenwand unverputzt	Innendämmung z.B. mit Kalziumsilikat-Platten, Dämmstärke je nach Erfordernis zwischen 10 und 15 cm, Hydrophobierung der Klinkerfassade	0,30 – 0,23
Außenwand verputzt	Innendämmung analog zur unverputzten Außenwand, Erneuerung Außenputz und Hydrophobierung	0,30 – 0,22
Wand erdberührt	Außenseitige Dämmung mit XPS	0,11
Bodenplatte	Fußbodenaufbau mit schwimmendem Estrich und Trittschalldämmung auf EPS-Dämmplatte	0,10
Fenster	Neuwertige passivhaustaugliche Kastenfenster oder Passivhausfenster mit Erhalt der äußeren Kastenflügel	0,69
Türen opak	Bestmögliche Sanierung bzw. Austausch	1,7
Türen mit Glas	Bestmögliche Sanierung bzw. Austausch	1,7

Analyse von konstruktiven Wärmebrücken

Wärmebrücken sind hinsichtlich des thermischen Energieverlusts, aber auch für Kondensat- und damit Schimmelbildungsrisiko relevant.

Im Rahmen des Projektes wurden zahlreiche Wärmebrücken-Situationen analysiert und optimiert. Die nachfolgenden Beispiele zeigen die wesentliche Bedeutung der Minimierung von Wärmebrücken.

a. Wärmebrückenoptimierte Ausbildung der Attika

Bei den geplanten Sanierungen des Daches sowie der Außenwand würden sich im Bereich der aufgesetzten Attiken ohne zusätzliche Maßnahmen Kennwerte gemäß Tabelle 31 (Zeile „Attika ohne Optimierung“) ergeben. Am Beispiel von Pavillon 18 bedeutet das Transmissionswärmeverluste von ca. 9.900 kWh/a. Zudem ist die Konstruktion hinsichtlich Schimmelbildung und Kondensationsgefahr nicht geeignet ($f_{Rsi} < 0,69$ bzw. 0,71).

Tabelle 31: Analyse der linearen Wärmebrücke im Bereich der aufgesetzten Attika

	Wärmebrücken-Korrekturkoeffizient Ψ (W/mK)	Minimale Oberflächentemperatur innen (°C)	Temperaturfaktor f_{Rsi} (-)
Attika ohne Optimierung	0,671	11,3	0,67
Attika mit Optimierung	0,114	17,0	0,84

Bei einer Optimierung der Wärmebrücke durch das Anbringen einer Flankendämmung (z.B. 5 cm Kalziumsilikat) mit der Länge von mindestens 1 m an der Unterseite des Dachaufbaus (siehe

Abbildung 67), kann der Wärmeverlust um 8.200 kWh/a auf ca. 1.700 kWh/a reduziert und die Kondensations- und Schimmelbildungsgefahr vermieden werden (siehe Abbildung 67 und Abbildung 68).

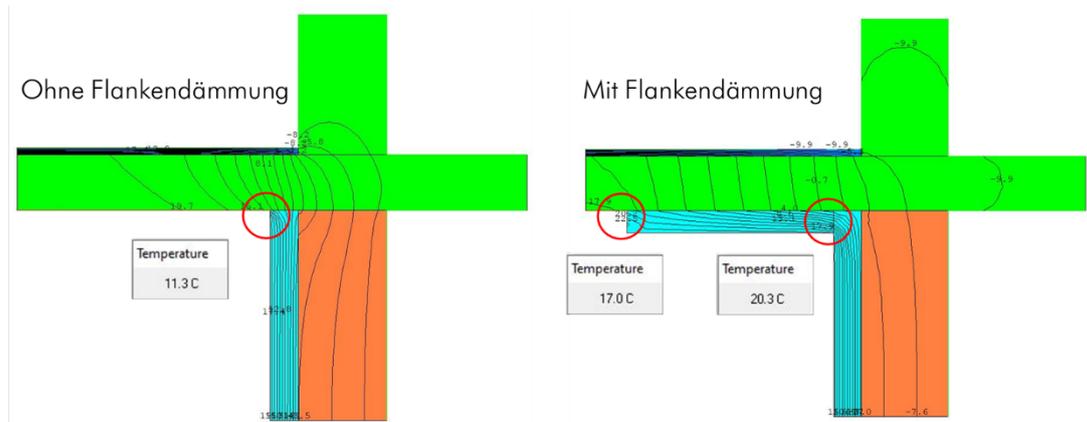


Abbildung 67: Vergleich des Isothermenverlaufs im Bereich der aufgesetzten Attika bei der Variante ohne Flankendämmung (links) und der optimierten Variante mit Flankendämmung (rechts)

b. Wärmebrückenoptimierte Ausbildung des Innenwandanschlusses an Bodenplatte

Die Optimierung der Wärmebrücke im Bereich der Innenwandanschlüsse an die Bodenplatte erfolgt analog zur Attika mit einer Flankendämmung der Wände mit 5 cm Kalziumsilikat-Platten. Hinsichtlich der Schimmelbildungs- und Kondensationsgefahr sind beide Varianten geeignet (siehe Tabelle 32). Die Transmissionswärmeverluste sind bei der optimierten Variante mit nur 800 kWh/a deutlich geringer als bei der Variante ohne Flankendämmung mit 1.900 kWh/a (siehe Abbildung 68).

Tabelle 32: Analyse der linearen Wärmebrücke im Bereich der Innenwandanschlüsse an die Bodenplatte

	Wärmebrücken-Korrekturkoeffizient Ψ (W/mK)	Minimale Oberflächentemperatur innen (°C)	Temperaturfaktor f_{Rsi} (-)
Anschluss ohne Optimierung	0,311	20,2	0,94
Anschluss mit Optimierung	0,118	21,6	0,99

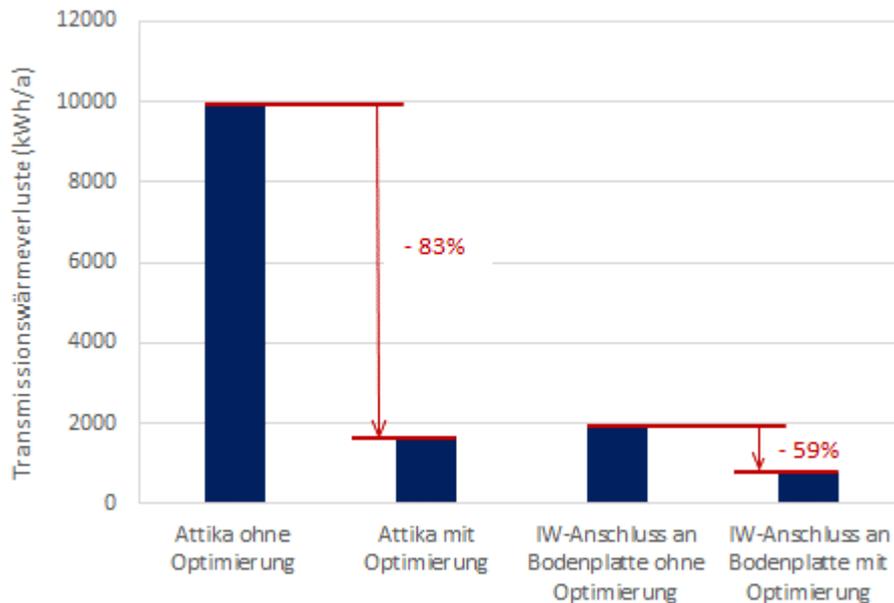


Abbildung 68: Verringerung der Transmissionswärmeverluste bei Optimierung von Wärmebrücken im Bereich der Attika und der Bodenplatte

c. Analyse der Wärmebrücken beim Fenstereinbau

Bei der Sanierung der Fenster hat neben den Eigenschaften des Fensters (U-Wert Glas und Rahmen) auch die Einbausituation einen wesentlichen Einfluss auf die energetische Optimierung des Gebäudes. Aufgrund der innengedämmten Wände ist die Fensterlaibung in dieser Hinsicht besonders zu beachten. Dazu wurden die Transmissionsverluste durch die Fenster beispielhaft für Pavillon 18 bei vier unterschiedlichen Einbausituationen untersucht.

Tabelle 33: Analyse der linearen Wärmebrücke für verschiedene Varianten des Fenstereinbaus

	ohne Laibungs-dämmung	mit Laibungs-dämmung 5 cm CaSi-Platten	mit Laibungs-dämmung 10 cm CaSi-Platten	keine Einbau-wärmebrücke (theoretischer Wert)
$\Psi_{\text{Einbau}} \text{ (W/mK)}^{33}$	0,512	0,104	0,039	0
Transmissionsverluste durch Fenster in kWh/(m ² .a)	25,9	13,5	11,9	10,7

Mit einer innenseitigen Laibungsdämmung der Fenster kann der Transmissionswärmeverlust durch die Fenster um rund 50 % gesenkt werden. Für die nachfolgende Berechnung des Heizwärmebedarfs der Musterpavillons wurde die Variante mit 5 cm Laibungsdämmung gewählt.

³³ Quelle: Franz Freundorfer: Vortrag „Passivhausfenster der Energieeffizienzklasse A in denkmalgeschützten Gebäuden.“, 21.5.2012

Heizwärmebedarf der Musterpavillons

Der Heizwärmebedarf (berechnet mit dem Passivhaus-Projektierungspaket) liegt je nach Pavillon zwischen 20 bis 24 kWh/(m².a). Mit diesen Werten ist der Passivhausstandard für Sanierung (EnerPHit) eingehalten.

Tabelle 34: Heizwärmebedarf der repräsentativen Musterpavillons (Plus-Energie-Sanierung)

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Heizwärmebedarf in kWh/a	53.881	49.979	66.414	49.820

3.2.2. Heizungssystem

Die Beschreibung der Wärmebereitstellung erfolgt im Kapitel 3.4.2.

Tabelle 35: Verteilverluste repräsentativer Musterpavillons

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Verteilverluste in kWh/a	800	2.957	986	2.948

3.2.3. Warmwasser

Für Bereiche, wo geduscht wird, erfolgt eine zentrale Versorgung über ein Wärmepumpen-System oder über Fernwärme, je nach Versorgungsvariante. Im Fall der Versorgung über eine Wärmepumpenanlage wird ein kaskadisches Wärmepumpen-System für Heizen, Kühlen und Warmwasser vorgesehen.

Für Bereiche, wo nur die Hände gewaschen werden, wird das Warmwasser dezentral über Durchlauferhitzer erwärmt und es gibt keine Speicherverluste.

Für die Dämmung der Verteilleitungen für zentrale Systeme wird eine 3/3-Dämmung im konditionierten Bereich angenommen. Aufgrund der Größenordnung der Verteilverluste und zur weiteren Minimierung der Verteilverluste wird eine 6/3-Dämmung empfohlen. Die zentralen Systeme sind als Grauwasser-Wärmerückgewinnung-Systeme ausgeführt. Es gibt unterschiedliche Systeme, zentrale und dezentrale Systeme haben dabei einen unterschiedlichen Wartungsaufwand. Je nach Effizienz des Wärmetauscher-Systems können 40 bis 60 % Rückgewinnungsgrad angesetzt werden.

Der Endenergiebedarf für die Warmwasser-Bereitstellung setzt sich primär aus dem Warmwasser-Bedarf und den Verteil- und Bereitstellungsverlusten zusammen. Der Warmwasser-Bedarf wird in Abhängigkeit der Nutzung wie folgt bestimmt:

Wohnnutzung

Für die Wohnnutzung in Pavillon 15 wird für das Duschen ein Verbrauch von 35 Litern pro Person und Nutzungstag angenommen. Dies kann durch Wasserspar-Duscharmaturen ohne Komfortverlust erreicht werden. Als sonstiger Warmwasser-Bedarf wird zusätzlich 6,5 Liter pro Person und

Nutzungstag angenommen. Es wird eine Wärmerückgewinnung bis zu 60 % angenommen, wobei aber auch überall Verteilverluste auftreten.

Universitäts- und Büronutzung

Grundlegende Annahme ist, dass 5 % der Nutzer*innen mit dem Fahrrad anreisen³⁴ und duschen, bei einem Verbrauch von 35 Litern pro Person und Duschvorgang, was wiederum durch Wasserspararmaturen erreicht werden kann. Die Abdeckung erfolgt über die zentrale Warmwasserversorgung. Die Duschen werden im Erdgeschoß situiert, sodass kurze Leitungslängen entstehen. Eine Wärmerückgewinnung für die Duschen wird angenommen.

Für den restlichen Warmwasser-Bedarf durch hygienische Körperpflege, etwa nach einem WC-Gang, wird angenommen, dass eine Person 20 Sekunden lang Hände wäscht, bei einem Durchfluss von 2,5 L/min. Bei 3 Waschgängen pro Person und Tag resultiert somit ein Warmwasserverbrauch von 2,5 L pro Person und Tag. Dieser Bedarf wird dezentral über Durchlauferhitzer und damit ohne Verteilverluste gedeckt. Hierfür wird keine Wärmerückgewinnung angenommen.

Sondernutzung

Für Sondernutzung wird pauschal ein Warmwasser-Bedarf von 1,7 L pro Person und Nutzungstag angenommen. Grundlage der Annahme ist, dass jede Person 2 mal Hände wäscht zu 20 Sekunden bei einem Wasserdurchfluss von 2,5 L pro Minute. Die Deckung erfolgt dezentral über Durchlauferhitzer ohne Verteilverluste.

Medizin

Für die medizinische Nutzung wird angenommen, dass 30 % der Personen täglich duschen mit einem Durchfluss von 6,5 L/min. Durch Wasserspar-Armaturen kommt man ohne Komfortverlust bei einer Duschdauer von 5 Minuten somit auf einen Verbrauch von 32,5 Liter. Dieser Bedarf wird über eine zentrale Warmwasserversorgung mit Wärmerückgewinnung gedeckt.

Für den sonstigen Warmwasserbedarf, wie etwa Händewaschen, wird für alle Personen ein Verbrauch von 1,7 Liter pro Nutzungstag angenommen. Dieser Bedarf wird dezentral über Durchlauferhitzer und ohne Verteilverluste gedeckt.

Tabelle 36: Warmwasser-Wärmebedarf der repräsentativen Musterpavillons (Plus-Energie-Sanierung)

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Warmwasser-Wärmebedarf in kWh/a	18.212	29.522	11.920	9.930
Verteilverluste in kWh/a	3.054	25.765	0	16.961

³⁴ Gemäß Studierenden-Umfrage der CEU

3.2.4. Kühlbedarf

Als Sonnenschutzvorrichtung sollen Sonnenschutz-Segel zum Einsatz kommen. Der dadurch erreichte Abminderungsfaktor der solaren Einstrahlung im Kühlfall wird mit 60 % angenommen, d.h. 40 % der solaren Einträge werden draußen gehalten. Der g_{total} -Wert wird daher mit 0,4 angesetzt.

Bezüglich der Nachtlüftung im Büro und bei der Sondernutzung werden im Ebene 1 zehn öffnenbare Fensterflügel-Teile à 0,5 x 0,7 m und im obersten Geschoß zehn Fensterflügel mit selbigen Abmessungen angenommen. Bei einer Höhendifferenz von 6 m resultiert ein Luftwechsel von 0,44 durch Nachtlüftung.

Die Verteilleitungen werden im konditionierten Bereich 3/3-gedämmt. Unkonditionierte Gebäudeteile gibt es nicht, das gesamte Gebäude liegt jeweils innerhalb der thermischen und luftdichten Hülle, exkl. natürlich belüfteter Bereiche (sofern vorhanden).

Tabelle 37: Kühlenergiebedarf der repräsentativen Musterpavillons (Plus-Energie-Sanierung)

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Kühlenergiebedarf in kWh/a	13.452	29.207	16.581	29.114

3.2.5. Kühlsystem

Die Kältebereitstellung wird in Kapitel 3.4.2 beschrieben. Es wird ein Flächenkühlsystem angenommen.

Tabelle 38: Verteilverluste des Kühlsystems der repräsentativen Musterpavillons (Plus-Energie-Sanierung)

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Verteilverluste in kWh/a	3.151	4.217	3.884	4.204

3.2.6. Lüftung

In Abbildung 69 und Abbildung 70 ist eine schematische Darstellung eines möglichen Lüftungskonzepts ersichtlich. Exemplarisch wurde hierfür der Pavillon 22 gewählt. Für WC-Anlagen werden eigene, abgeschlossene Lüftungsanlagen verwendet, um balancierte Luftmengen zu erreichen und den thermischen Energieverlust von reinen Abluftanlagen zu verhindern.

Die Ermittlung des Energieverbrauchs durch die Lüftung für die Plus-Energie-Sanierung erfolgte wie in Kapitel 3.1.6 beschrieben.

Legende

	Lüftungszentrale		Abluftausbringung
	Frischluftbrunnen		Abluft-Verteilschacht
	Zuluft-Verteilschacht		Abluft-Verteilkanal
	Zuluft-Verteilkanal		

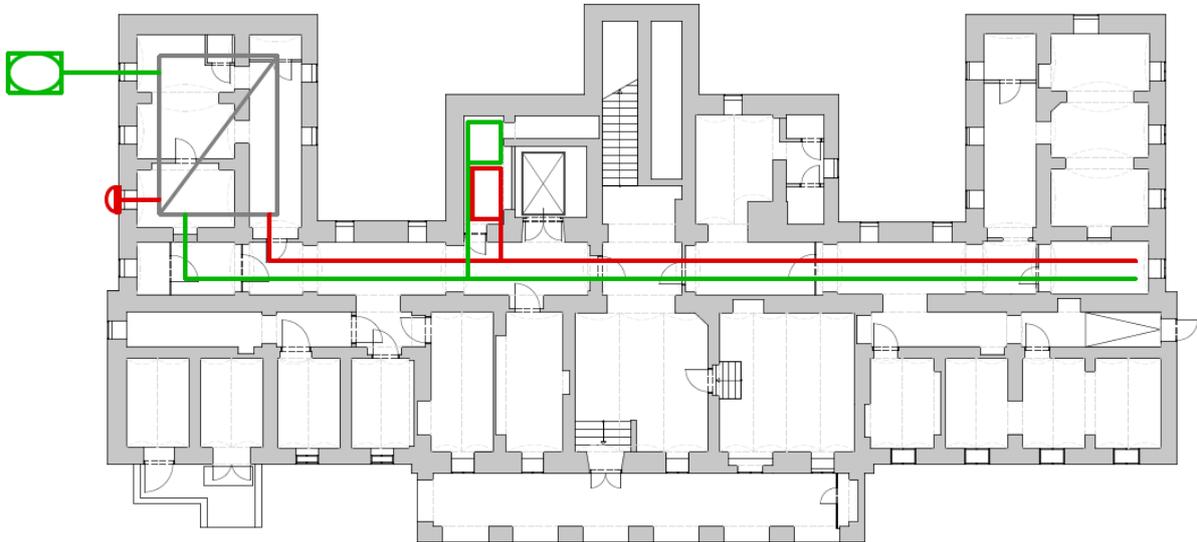


Abbildung 69: Pavillon 22, Ebene 1 - Schematische Darstellung Lüftungskonzept

Legende

	Lüftungszentrale		Abluftausbringung
	Frischluftbrunnen		Abluft-Verteilschacht
	Zuluft-Verteilschacht		Abluft-Verteilkanal
	Zuluft-Verteilkanal		



Abbildung 70: Pavillon 22, Ebene 3 - schematische Darstellung Verteilung von Zuluft und Abluft in abgehängter Gang-Zwischendecke

Büro- und Universitätsnutzung

In Pavillon 18 beträgt die Belegung 288 Personen. Die Uni-/Büro-Fläche beläuft sich auf 2.350 m² und die Allgemeinflächen inkl. WC betragen 480 m². Bei 35 m³/h pro Person erhält man einen Nennvolumenstrom von 10.080 m³/h. Der Frischluftbedarf der Allgemeinflächen und Büroküchen wird dadurch, dass nicht immer alle Personen gleichzeitig anwesend sind, mit abgedeckt. Für die WC-Anlagen wird eine eigene Lüftungsanlage mit eigener geschlossener Wärmerückgewinnung errichtet.

Der Nennvolumenstrom der Lüftungsanlage für Büro und Uni beträgt 12.000 m³/h. Die Anlage ist damit etwas überdimensioniert, da laut Simulationsergebnissen bereits 10.000 m³/h für den Betrieb reichen würden. Nach einer Auslegung des Lüftungsgeräts mit hocheffizienten Ventilatoren, einem Doppel-Rotationswärmetauscher und optimierten Querschnitten beträgt dessen interner Gesamtdruckverlust rund 700 Pa. Der Druckverlust des externen Kanalnetzes wird für Zuluft und Abluft auf jeweils 400 Pa eingeschätzt. Der Einsatzbereich der Anlage reicht von 100 % bis 30 % des Nennvolumenstroms.

Nutzungstage: 230 Tage/Jahr

Verbrauch pro Tag: 28,82 kWh/d

Verbrauch pro Jahr: 6.629 kWh/a

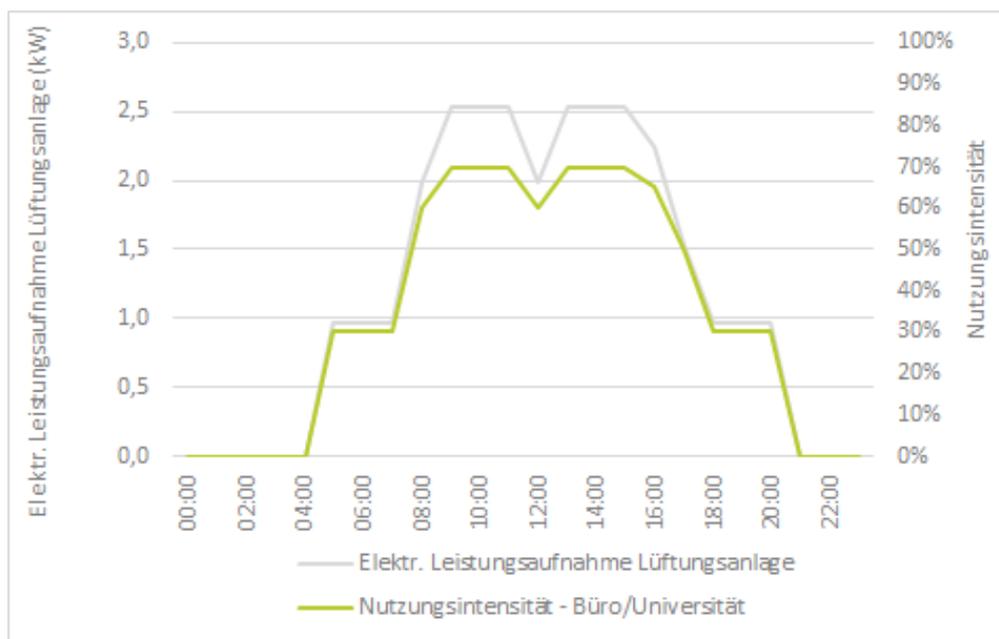


Abbildung 71: Elektrische Leistungsaufnahme Lüftungsanlage und Nutzungsintensität – Büro/Universität – Plus-Energie-Sanierung

Wohnnutzung

In Pavillon 15 wohnen etwa 90 Personen. Bei einer pauschalen Berechnung des Luftvolumenstroms der Lüftungsanlage kann ein 0,3-facher Luftwechsel angenommen werden (Empfehlung PHI), wodurch ein Nennvolumenstrom der Lüftungsanlage von 3.360 m³/h resultiert (bei einem Raumvolumen von gesamt 11.200 m³).

Eine personenbezogene Auslegung, für welche eine Frischluftmenge von 35 m³/h pro Person angenommen wird, führt bei 90 Personen zu einem Nennvolumenstrom von 3.150 m³/h.

Ein zusätzlicher Luftwechsel ist für Küchen, Bäder, WC-Anlagen und dergleichen erforderlich, sodass ein Nennvolumenstrom von 4.050 m³/h für das Gebäude resultiert. Der tatsächliche Betriebsvolumenstrom wird durch den Nutzungslastgang gebildet.

Die Regelung der Luftmengen Zufuhr erfolgt über CO₂-Fühler im Abluftkanal jeder Wohnung, um eine optimale und effiziente Frischluftversorgung erreichen zu können. Die CO₂-Fühler werden als Kombigeräte ausgeführt, welche neben der Kohlendioxid-Konzentration auch die Abluft-Temperatur und die Abluft-Feuchte messen und aufzeichnen. Dadurch können auch Rückschlüsse auf das Fenster-Lüftungsverhalten in Zusammenhang mit dem Heiz- und Kühlverhalten gezogen werden und ggfs. eine gemeinsame Verhaltensoptimierung mit den Bewohner*innen erreicht werden. Der Mindestluftwechsel beträgt zumindest 30 % des Nennvolumenstroms der Anlage, einerseits aus regelungstechnischen Gründen, andererseits um einen hygienischen Mindestluftwechsel gewährleisten zu können.

Nutzungstage: 365 Tage/Jahr

Verbrauch pro Tag: 30,83 kWh/d

Verbrauch pro Jahr: 11.253 kWh/a

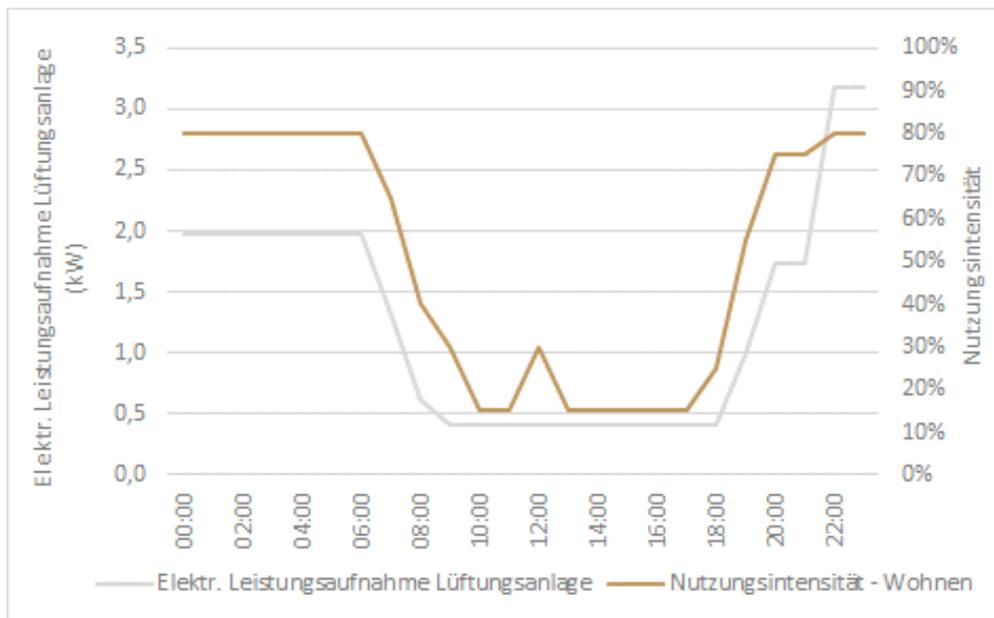


Abbildung 72: Elektrische Leistungsaufnahme Lüftungsanlage und Nutzungsintensität – Wohnen – Plus-Energie-Sanierung

Sondernutzung

Für den Auslegungsfall (Pavillon 24) beträgt die gesamte nutzbare, konditionierte Fläche 4.356 m², woraus bei einer Raumhöhe von 3 m ein Volumen von 13.068 m³ resultiert.

Bei einer Annahme von 10 m² pro Person resultiert eine Personenbelegung von 435 Personen. Bei 35 m³/h und Person erhält man einen Nennvolumenstrom von 15.225 m³/h, bei 3-fachem Luftwechsel ca. 40.000 m³/h.

Durch Abschätzung des möglichen Nutzungsmixes und der Personenbelegung wird von einem Nennvolumenstrom des Lüftungsgeräts von 20.000 m³/h ausgegangen. Nach Auslegung des Lüftungsgeräts mit hocheffizienten Ventilatoren, einem Doppel-Rotationswärmetauscher und optimierten Querschnitten beträgt dessen interner Gesamtdruckverlust rund 800 Pa. Der

Druckverlust des externen Kanalnetzes wird für Zuluft und Abluft auf jeweils 550 Pa eingeschätzt. Der Einsatzbereich der Anlage reicht von 100 % bis 30 % des Nennvolumenstroms.

Nutzungstage: 252 Tage/Jahr
 Verbrauch pro Tag: 84,45 kWh/d
 Verbrauch pro Jahr: 21.281 kWh/a

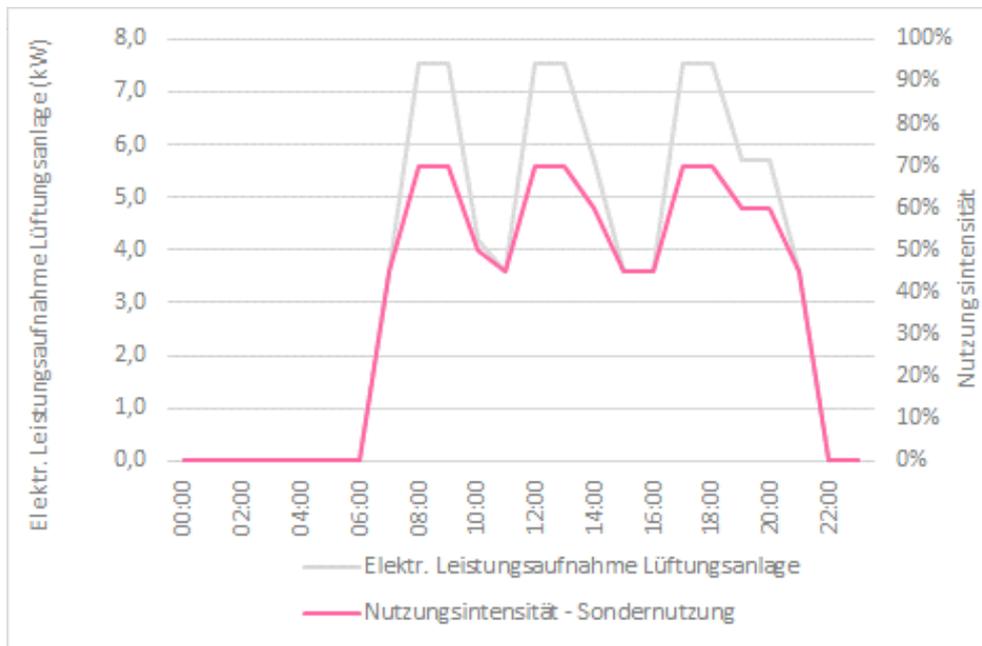


Abbildung 73: Elektr. Leistungsaufnahme Lüftungsanlage und Nutzungsintensität – Sondernutzung – Plus-Energie-Sanierung

Medizinische Nutzung

Für die medizinische Nutzung ist der Auslegungsfall der Pavillon Karlshaus, mit einer gesamten nutzbaren konditionieren Fläche von 3.589 m². Bei einer Raumhöhe von 3 m ergibt sich demnach ein Volumen von 10.767 m³. Als Annahme wurden 10 m² Raumfläche pro Person getroffen, wodurch sich eine Personenbelegung von 359 Personen ergibt. Bei einem Luftstrom von 35 m³/h und Person ergibt sich ein Nennvolumenstrom von 12.565 m³/h, bei 3-fachem Luftwechsel sind das ca. 32.300 m³/h.

Durch Abschätzung des möglichen Nutzungsmixes und der Personenbelegung wird schlussendlich von einem Nennvolumenstrom des Lüftungsgeräts von 22.500 m³/h ausgegangen. Nach Auslegung des Lüftungsgeräts mit hocheffizienten Ventilatoren, einem Doppel-Rotationswärmetauscher und optimierten Querschnitten beträgt dessen interner Gesamtdruckverlust rund 800 Pa. Der Druckverlust des externen Kanalnetzes wird für Zuluft und Abluft auf jeweils 550 Pa eingeschätzt. Der Einsatzbereich der Anlage reicht von 100 % bis 30 % des Nennvolumenstroms.

Nutzungstage: 252 Tage/Jahr
 Verbrauch pro Tag: 85,69 kWh/d
 Verbrauch pro Jahr: 21.594 kWh/a

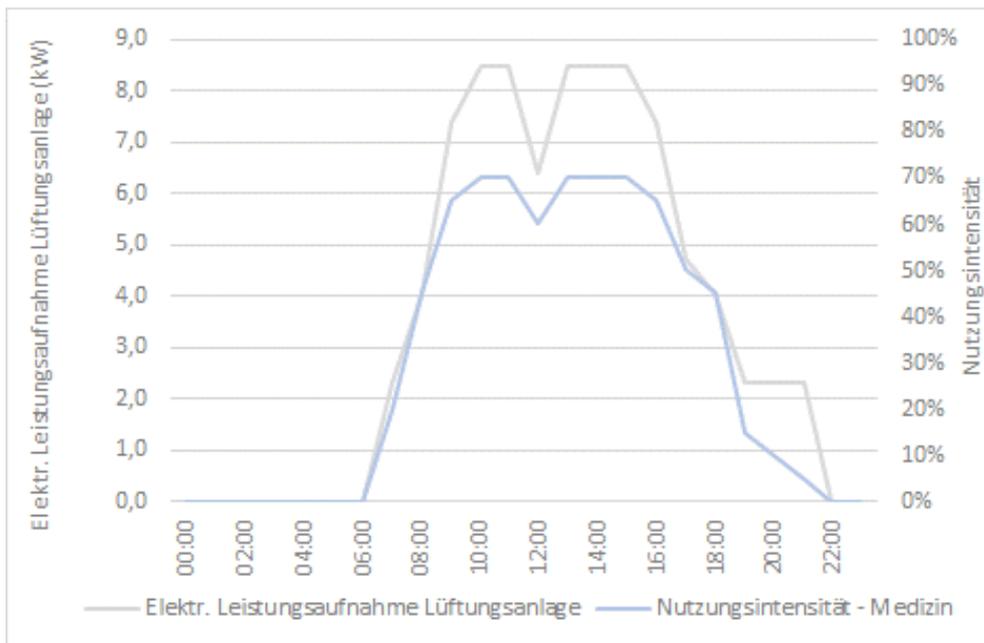


Abbildung 74: Elektrische Leistungsaufnahme Lüftungsanlage und Nutzungsintensität – Medizin – Plus-Energie-Sanierung

Tabelle 39 gibt eine Übersicht über den Volumenstrom und die elektrische Leistung der Lüftungsanlagen, die für die jeweiligen Nutzungen für die Plus-Energie-Sanierung angenommen werden.

Tabelle 39: Übersicht über Volumenstrom und elektrische Leistung der Lüftungsanlagen – Plus-Energie-Sanierung

Nutzung	Gesamtfläche (m ²)	Volumenstrom m ³ /h	Elektr. Leistung Lüftungsanlage (kW)
Wohnen	45.064	50.697	31
Universität	18.759	63.697	39
Büro	18.276	62.059	38
Sondernutzung	13.957	64.083	51
Medizinisch	35.420	222.056	175
Allgemeinflächen	32.869		
<i>SUMME exkl. Allgemeinflächen</i>	131.476	462.592	335

Der Lüftungsenergiebedarf der Musterpavillons, der sich durch den Betrieb der Lüftungsanlagen ergibt, ist in Tabelle 40 ersichtlich.

Tabelle 40: Elektrischer Lüftungsenergiebedarf der repräsentativen Musterpavillons

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Lüftungsenergiebedarf in kWh/a	6.644	11.269	21.301	21.606

3.2.7. Beleuchtung

Die Beleuchtungsanforderungen werden in Anlehnung an ÖNORM EN 12464-1 (2011) definiert. Das Vorgehen ist dabei äquivalent zur Baseline-Sanierung in Kapitel 3.1.7, mit dem Unterschied, dass bei der Plus-Energie-Sanierung Leuchtmittel mit mittlerer Leuchteneffizienz zwischen 136 und 168 Lumen pro Watt gewählt werden.

Die Berechnung der Volllaststundenanzahl erfolgt analog zur Baseline-Sanierung und wird dieser gegenüber auch nicht verändert. Nachdem für die Plus-Energie-Sanierung aber eine tageslicht- und präsenzoptimierte Regelung angenommen wird, wird dadurch der Energieverbrauch für die Plus-Energie-Sanierung überschätzt. Das Ergebnis der Energieeinsparung liegt damit auf der sicheren Seite, die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist dadurch aber leicht möglich und nicht anfechtbar. In Tabelle 41 sind die mittlere Beleuchtungsstärke in 0,75 m Höhe sowie die spezifische elektrische Leistungsaufnahme für die unterschiedlichen Nutzungen ersichtlich.

Tabelle 41: Simulationsergebnisse elektrische Leistungsaufnahme – Plus-Energie-Sanierung

Nutzung	Mittlere Beleuchtungsstärke (Lux) in 0,75 m Höhe	Spezifische elektrische Leistungsaufnahme (W/m ²)
Büro	500	3,2
Universität	500	3,2
Wohnen	200	2,2
Sondernutzung	500	3,2
Medizin	500	3,2
Allgemein	160	3,35

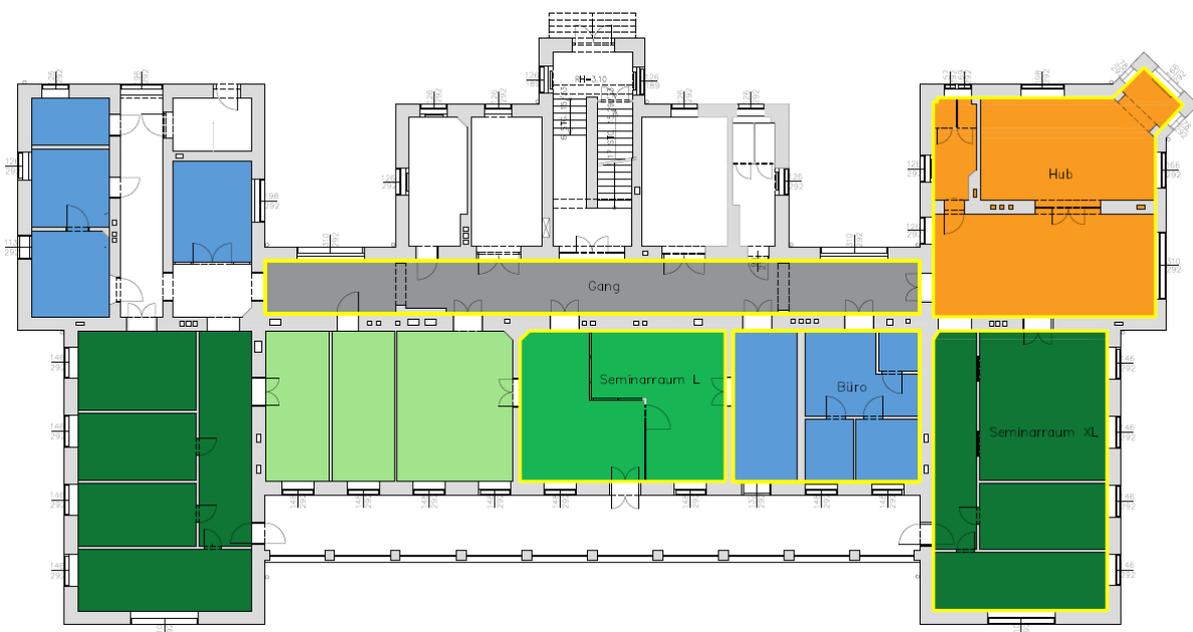


Abbildung 75: Darstellung der hinsichtlich der Beleuchtung simulierten Räume, Erdgeschoß Pavillon 18 (Plus-Energie-Sanierung)

Simuliert wurden die in der obigen Grafik gelb umrahmten Räume (zwei Seminarräume, ein Büro, der „Hub“-Raum sowie der Gang) im Erdgeschoß des Pavillon 18 mit der Simulationssoftware Relux. Der durch die Beleuchtung resultierende Energiebedarf der Musterpavillons ist in Tabelle 42 ersichtlich. Pavillon 24 und Karlshaus weisen dabei den höchsten Bedarf auf, mit über 23.000 kWh/a.

Tabelle 42: Beleuchtungsenergiebedarf der repräsentativen Musterpavillons, Plus-Energie-Sanierung

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Beleuchtungsenergiebedarf in kWh/a	13.290	17.872	23.490	23.185

3.2.8. Nutzungsbezogener Energiebedarf

Der nutzungsbezogene Energiebedarf ergibt sich für die Plus-Energie-Sanierung wie folgt.

Büro- und Universitätsnutzung

Für die Büro- bzw. Universitätsnutzung (Institutsbüros, Hörsäle, Seminarräume, Leseräume) wurde eine Mitarbeiter*innen-Belegung von 1.500 Personen sowie eine Studierendenbelegung von 2.300 Personen angenommen.

Der EDV-Arbeitsplatz der Plus-Energie-Sanierung wurde definiert mit: 1 Monitor à 8 W, 1 Laptop à 8,5 W im Office-Betrieb und als zweiter Bildschirm, ergibt 16,5 W.

Mittlerweile (Stand Oktober 2020) sind energieeffizientere Laptops standardmäßig auf dem Markt verfügbar.

Bei einem Bedarf von 31,69 kWh/a pro Arbeitsplatz ergibt sich für 288 Personen ein Energiebedarf von rund 9.126 kWh/a. Bei einer Fläche von etwa 3.500 m² sind das demnach 2,6 kWh/(m².a).

Wohnnutzung

Bei der Wohnnutzung wird angenommen, dass sich 800 bis 1.000 Personen in der Kernzone West und 400 Personen im Ost-Areal befinden, auf einer Gesamtfläche von 14.426 m².

Unter der Annahme, dass besonders energieeffiziente Geräte eingesetzt werden, also z.B. nur Geräte mit einer Energieeffizienzklasse A+++ (mit einfacher und praxistauglicher Umsetzung bei Haushaltsgeräten) – wie etwa Waschmaschine, Wäschetrockner, Kühlschrank mit Gefrierfach, Backrohr, Geschirrspüler, Glaskeramik- bzw. Induktions-Kochfeld, Fernseher, Laptops, Drucker bzw. Scanner Radio – so ergibt dies einen Bedarf von rund 800 bis 1.000 kWh/a für einen Haushalt. Für die untersuchte Test-Konfiguration an Beispielgeräten wurden ein Jahresbedarf von 820 kWh/a ermittelt. Als mittlere Wohnungsgröße werden 75 m² angenommen³⁵. Zusammengefasst ergibt sich somit ein auf die Wohnfläche bezogener Energiebedarf von ca. 10,9 kWh/(m².a).

Für Studierendenheime werden 20 kWh/(m².a) als Bedarfswert angenommen, dieser Wert ist in Demonstrationsprojekten wie dem GreenHouse bereits messtechnisch nachgewiesen³⁶. Eine derart deutliche Reduktion gegenüber der Baseline-Sanierung, wie dies für Wohnungen gegeben war, ist

³⁵ http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/wohnen/wohnsituation/index.html, aufgerufen am 9.6.2020

³⁶ Erfahrungswerte des Projektpartners OeAD-WohnraumverwaltungsGmbH (der ein Haus des Studierendenwohnheims GreenHouse betreibt), basierend auf Stromrechnungen.

hier jedoch nicht möglich, da die Baseline-Mittelwerte bereits recht niedrig liegen und die Anzahl der Geräte in Studierendenzimmern entsprechend niedriger ist als in einer ganzen Wohnung.

Sondernutzung

- Für das *Theater* wurde eine Annahme von 8 kWh/(m².a) getroffen, da durch effizientere Beleuchtungstechnik bei Veranstaltungen eine entsprechende Einsparung erzielt werden kann.
- Bei der *Küche* kann durch den Einsatz von Wärmerückgewinnung, etwa bei den Industrie-Geschirrspülern, durch Optimierung der Prozessabläufe und gleichzeitige Anpassung des Nutzerverhaltens eine Reduktion auf 5 kWh/Speise Gesamtbedarf erreicht werden.
- Im *Pavillon 35* wird für einen möglichen *Supermarkt bzw. Nahversorger* mittels Einsatz von gut gedämmten, geschlossenen Kühlvittrinen, einer Anordnung der Beleuchtung entsprechend den Vorgaben der Regalaufstellung und bedarfsgerichteter Beleuchtung der Energiebedarf mit 80 kWh/(m².a) angenommen.
- Für alle übrigen Flächen bei der Sondernutzung wird ein mittlerer Bedarf von 10 kWh/m².a angenommen.

Tabelle 43: Nutzungsbezogener Energiebedarf der Sondernutzung der repräsentativen Musterpavillons

	Pavillon 18	Pavillon 15	Pavillon 24	Karlshaus
Nutzungsbezogener Energiebedarf in kWh/a	4.932	57.607	34.848	86.136

3.3. Gegenüberstellung des Nutzenergiebedarfs und der Verteilverluste der Sanierungsvarianten auf Pavillon-Ebene

In den folgenden Abbildungen werden die verschiedenen Nutzenergiebedarfe (für Heizen, Warmwasser, Kühlen, Lüftung, Beleuchtung, MRS und Aufzüge, Nutzung) und Verteilverluste (für Heizen, Warmwasser, Kühlen) pro Sanierungsvariante (Baseline-Sanierung, Plusenergie-Sanierung) für vier Musterpavillons gegenübergestellt. Jeder dieser Musterpavillons repräsentiert eine andere Nutzung:

- Büro- und Universitätsnutzung (Pavillon 18)
- Wohnnutzung (Pavillon 15)
- Sondernutzung (Pavillon 24)
- Medizinische Nutzung (Karlshaus).

Die Nutzenergiebedarfe und Verteilverluste werden deswegen als eigene Kategorien dargestellt und verglichen, weil sie noch unabhängig von der konkreten Art der Wärme- und Kälteversorgung (sei es über Fernwärme oder verschiedene Wärmepumpensysteme) sind. Aufbauend auf der Berechnung dieser Energiebedarfsparameter kann dann in weiterer Folge eine Endenergie- und Primärenergiebilanzierung erfolgen (siehe unten Kap. 3.5 und 3.6).

Man erkennt in den folgenden Abbildungen deutlich die geringeren Nutzenergiebedarfe und Verteilverluste im Fall der Plus-Energie-Sanierung im Vergleich zur Baseline-Sanierung für alle Nutzungsvarianten, allerdings gibt es bei genauerer Betrachtung Unterschiede zwischen den

verschiedenen Nutzungen. So ist die Reduktion des Energiebedarfs (im Szenario der Plus-Energie-Sanierung im Vergleich zur Baseline-Sanierung) im Fall der Büro- und Universitätsnutzung und der Sondernutzung deutlich höher als für die Wohnnutzung und die medizinische Nutzung (während diese Reduktion im Fall der Büro- und Universitätsnutzung 84,4 % beträgt, liegt sie im Fall der medizinischen Nutzung bei 74,8 %).

Das liegt unter anderem daran, dass der nutzungsbezogene Energiebedarf (der grau hinterlegte Bereich in den Abbildungen, siehe auch Kap. 3.1.8 und 3.2.8) im Plus-Energie Szenario im Fall der medizinischen Nutzung und der Wohnnutzung nicht so stark reduziert werden kann, wie für die Büro- und Universitätsnutzung sowie die Sondernutzung.

3.3.1. Büro- und Universitätsnutzung



Abbildung 76: Musterpavillon Büro- und Universitätsnutzung - Pavillon 18 (Foto: LANG Consulting)

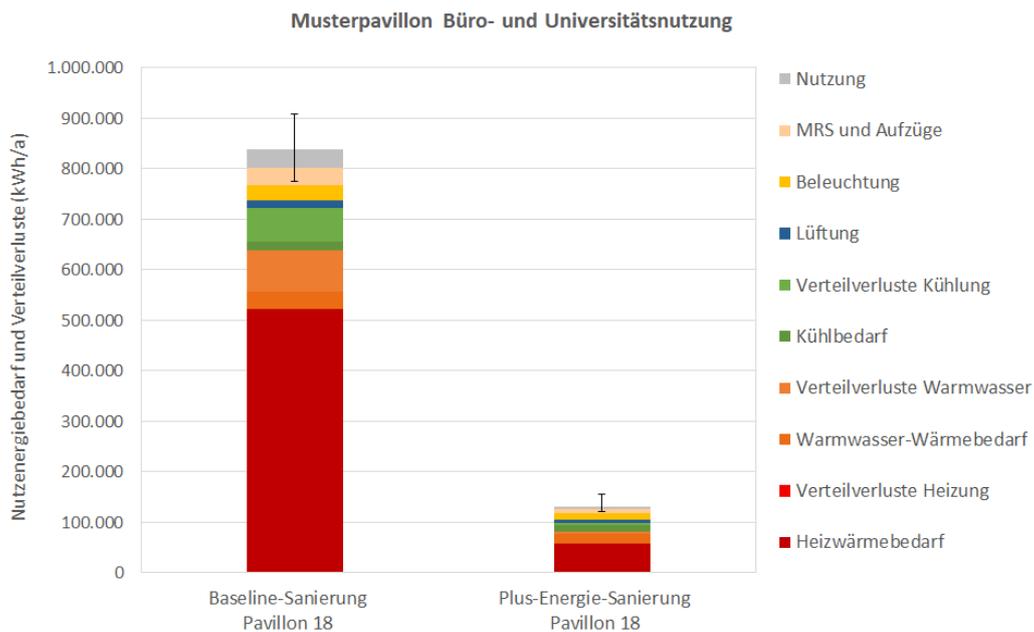


Abbildung 77: Nutzenergiebedarf und Verteilverluste - Pavillon 18, Büro- und Universitätsnutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

Für den Fall der Büro- und Universitätsnutzung sind Nutzenergiebedarf und Verteilverluste (in kWh/a) in der Variante der Plus-Energie-Sanierung um 84,4 % geringer als für die Baseline-Sanierung. Die relativ größten Reduktionen gibt es in den Bereichen Heizwärmebedarf (89,1 %), Verteilverluste Warmwasser (96,1 %), Verteilverluste Kühlung (95 %) und Nutzung (86,4 %). Siehe auch Abbildung 77.

3.3.2. Wohnnutzung



Abbildung 78: Musterpavillon Wohnnutzung - Pavillon 15 (Foto: LANG Consulting)

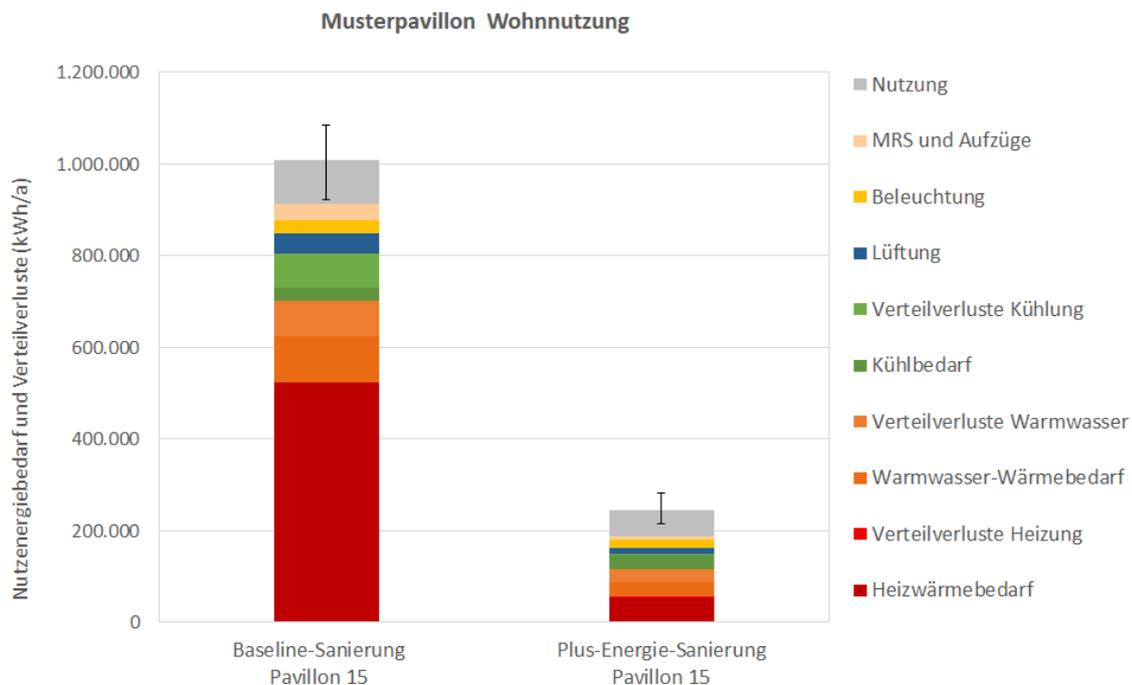


Abbildung 79: Nutzenergiebedarf und Verteilverluste - Pavillon 15, Wohnnutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

Nutzenergiebedarf und Verteilverluste (in kWh/a) für den Fall der Wohnnutzung sind bei der Plus-Energie-Sanierung um 75,7 % geringer als bei der Baseline-Sanierung. Die relativ größten Reduktionen gibt es in den Bereichen Heizwärmebedarf (90 %), Verteilverluste Kühlung (94 %) und

Lüftung (74,4 %). Im Unterschied zur Büro- und Universitätsnutzung ist die Reduktion in der Kategorie Nutzung deutlich geringer (40,7 %), was auch zur insgesamt geringeren Reduktion im Vergleich zur Büro- und Universitätsnutzung beiträgt.

3.3.3. Sondernutzung



Abbildung 80: Musterpavillon Sondernutzung - Pavillon 24 (Foto: LANG Consulting)

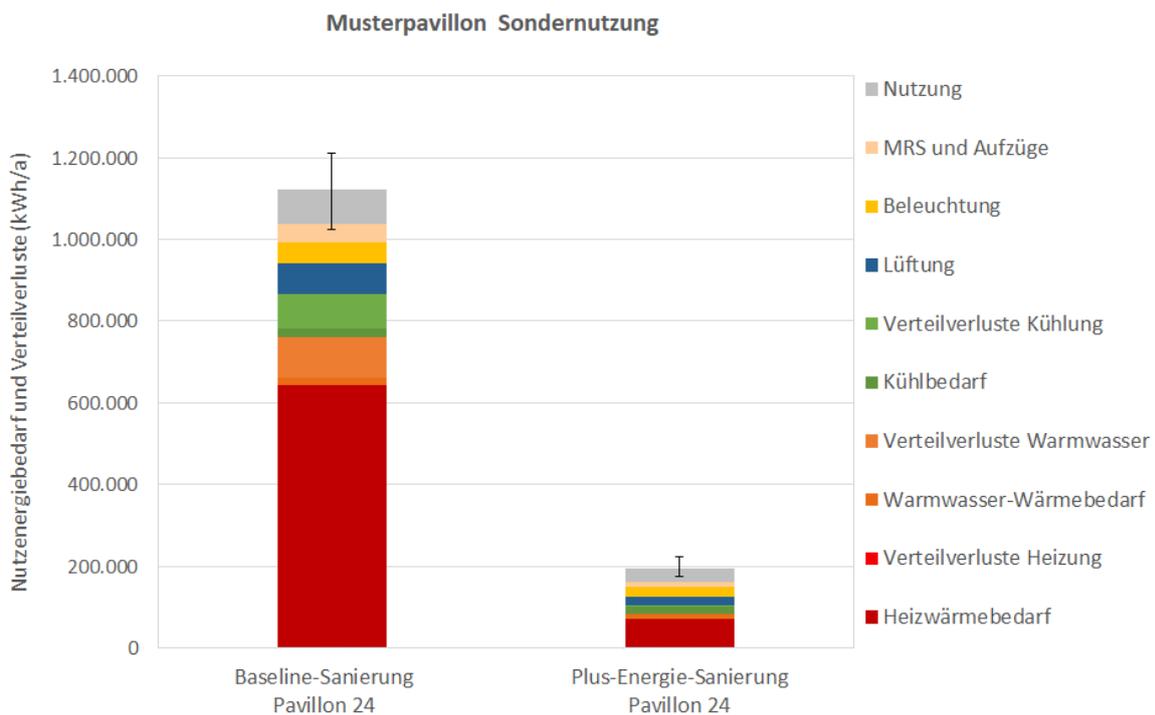


Abbildung 81: Nutzenergiebedarf und Verteilverluste - Pavillon 14, Sondernutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

Für den Fall der Sondernutzung sind Nutzenergiebedarf und Verteilverluste (in kWh/a) in der Variante der Plus-Energie-Sanierung um 82,7 % geringer als für die Baseline-Sanierung. Die relativ größten Reduktionen gibt es in den Bereichen Heizwärmebedarf (89,1 %), Verteilverluste Kühlung (95 %) und Lüftung (71,6 %).

3.3.4. Medizinische Nutzung



Abbildung 82: Musterpavillon medizinische Nutzung - Karlsruhe (Foto: LANG Consulting)

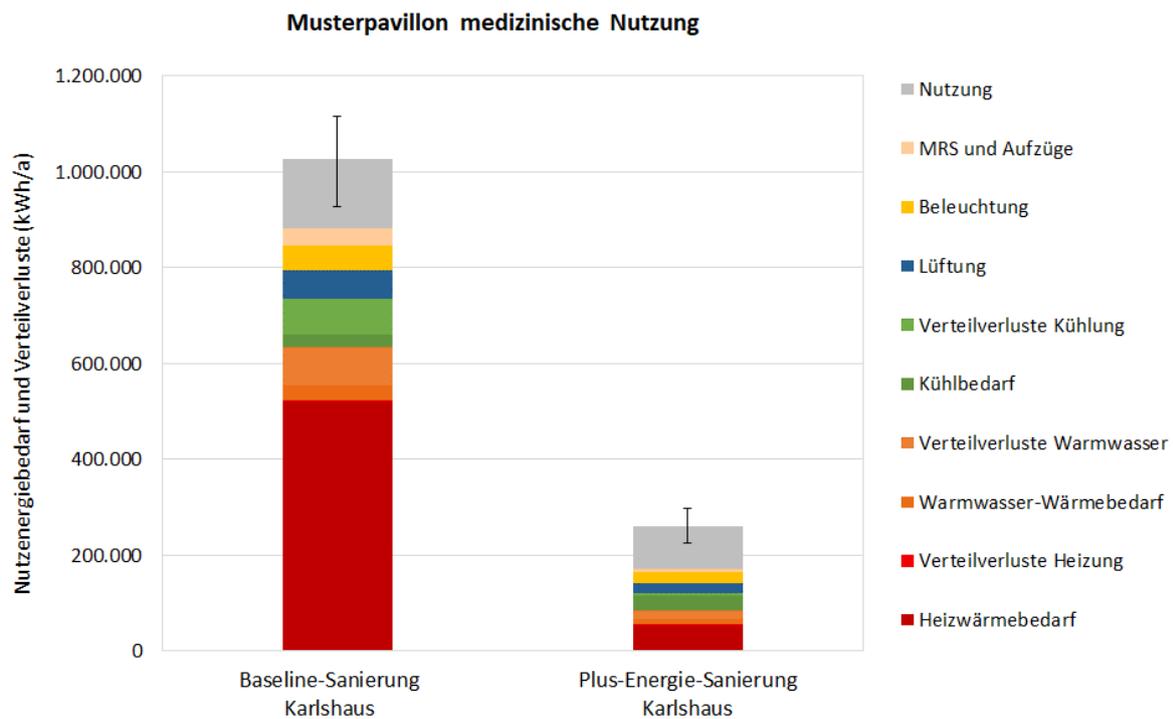


Abbildung 83: Nutzenergiebedarf und Verteilverluste - Karlsruhe, medizinische Nutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

Nutzenergiebedarf und Verteilverluste (in kWh/a) sind für den Fall der medizinischen Nutzung bei der Plus-Energie-Sanierung um 74,8 % geringer als bei der Baseline-Sanierung. Die relativ größten Reduktionen gibt es in den Bereichen Heizwärmebedarf (90 %), Verteilverluste Warmwasser (77,6%), Verteilverluste Kühlung (94 %) und Lüftung (64 %). Im Unterschied zur Büro- und Universitätsnutzung und zur Sondernutzung ist die Reduktion in der Kategorie Nutzung deutlich geringer (40 %), was auch zur insgesamt geringeren Reduktion im Vergleich zu diesen Nutzungen beiträgt.

3.4. Energiebereitstellung für das Otto-Wagner-Areal

3.4.1. Photovoltaik-Anlagen

Das Bundesdenkmalamt steht gemäß der Besprechung vom 11.05.2020 der Implementierung von Photovoltaik-Anlagen auf den Dächern des Otto-Wagner-Areals grundsätzlich positiv gegenüber (siehe Kapitel 2.4, Abstimmungen mit dem Bundesdenkmalamt).

Im Folgenden werden für einige Muster-Pavillons, die möglichen Photovoltaik-Flächen unter Berücksichtigung der Verschattungssituation, erforderlicher Abstände zu Objekten am Dach sowie zum Dachrand und der Intention des Bundesdenkmalamts dargestellt. Auf diese Weise konnte eine orientierende Einschätzung der Größenordnung des Photovoltaik-Ertrags für das Gesamtareal erreicht werden.

Anhand der Darstellungen auf den nächsten Seiten wird ersichtlich, dass Dächer, die viele Rauchfänge, Abluftöffnungen oder Kabeltrassen aufweisen, eine maximal nutzbare Fläche für Photovoltaik ermöglichen, die im Mittel etwa 50 % der jeweiligen Dachfläche entspricht. Eine Belegung dieser Dächer mit den in der Legende genannten Modulen (1.700 x 1.016 mm) ergibt beispielsweise für Pavillon 16 eine PV-Modul-Fläche von 38 % der Dachfläche.

Betrachtet man Gebäude ohne viele Dachöffnungen oder Rauchfänge – wie etwa Pavillon 17 – so ist eine deutliche Steigerung der nutzbaren PV-Fläche von bis zu etwa 75 % der jeweiligen Dachfläche zu erkennen. Durch die Belegung mit entsprechenden PV-Modulen ergibt dies eine PV-Modul-Fläche von etwa 60 % der Dachfläche.

Bezugnehmend auf die nutzbaren Dachflächen des Gesamtareals ist eine Gesamt-Anlagen-Leistung von 4.619 kWp anzunehmen, deren Gesamt-Jahresertrag mehr als 5,2 Millionen kWh beträgt (siehe Tabelle 44).

Tabelle 44: Jahresertrag durch Photovoltaik

Gebiet	PV-Jahresertrag in kWh/a
West	1.593.831
Kernzone West	1.099.366
Kernzone West	476.563
Kernzone Ost	1.298.621
Ost	735.400
Gesamtertrag	5.203.782

Legende für die folgenden Abbildungen:

- Maximal nutzbare Photovoltaik-Fläche (hellblau),
- Photovoltaik-Paneele mit einer ausgewählten Größe von 1.700 x 1.016 mm (dunkelblau).

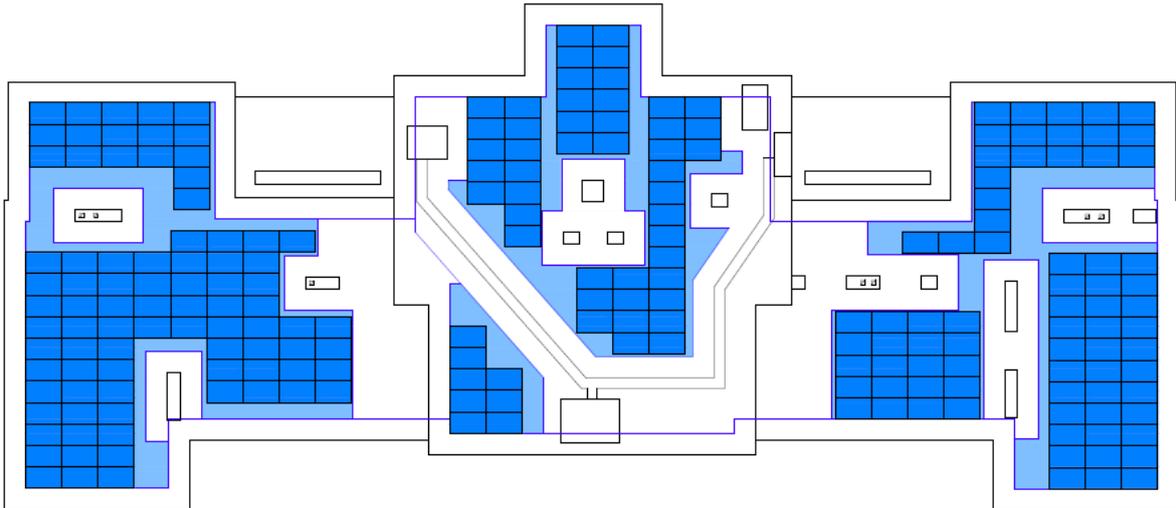


Abbildung 84: Mögliche Flächennutzung für Photovoltaik am Dach des Pavillon 16. Anteil der PV-Modulfläche an der gesamten Dachfläche: 38% (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

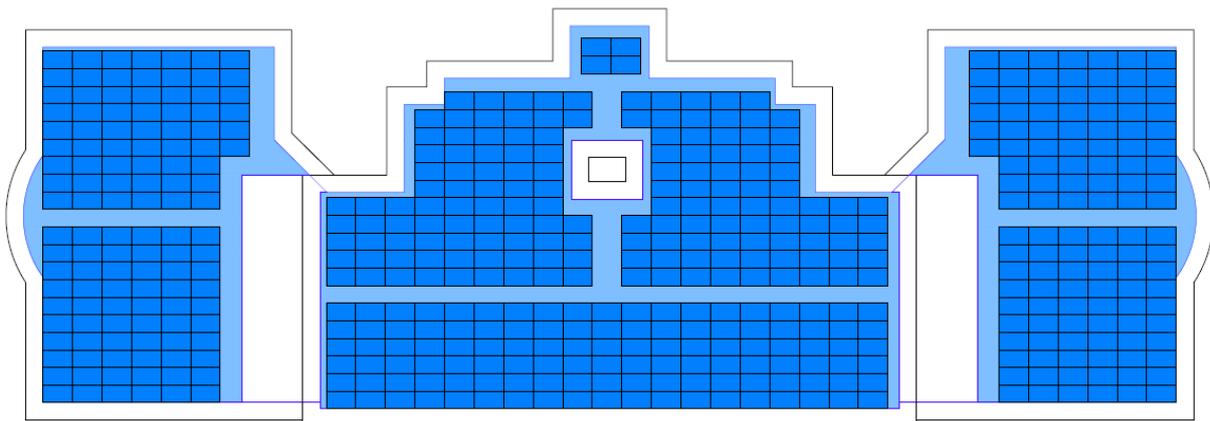


Abbildung 85: Mögliche Flächennutzung für Photovoltaik am Dach des Pavillon 17. Anteil der PV-Modulfläche an der gesamten Dachfläche: 60% (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

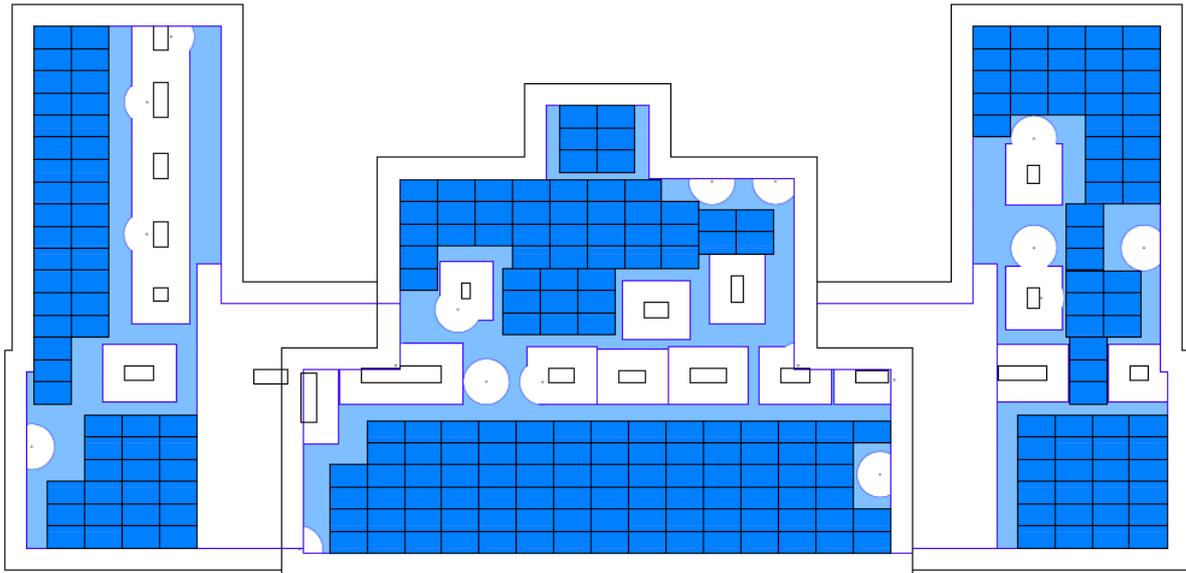


Abbildung 86: Mögliche Flächennutzung für Photovoltaik am Dach des Pavillon 4. Anteil der PV-Modulfläche an der gesamten Dachfläche: 38% (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

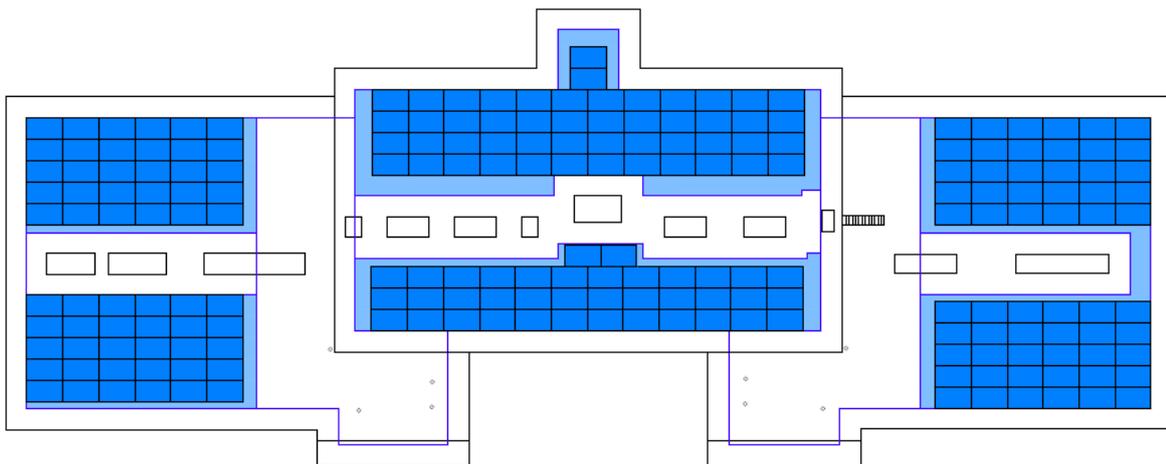


Abbildung 87: Mögliche Flächennutzung für Photovoltaik am Dach des Pavillon 10. Anteil der PV-Modulfläche an der gesamten Dachfläche: 39% (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

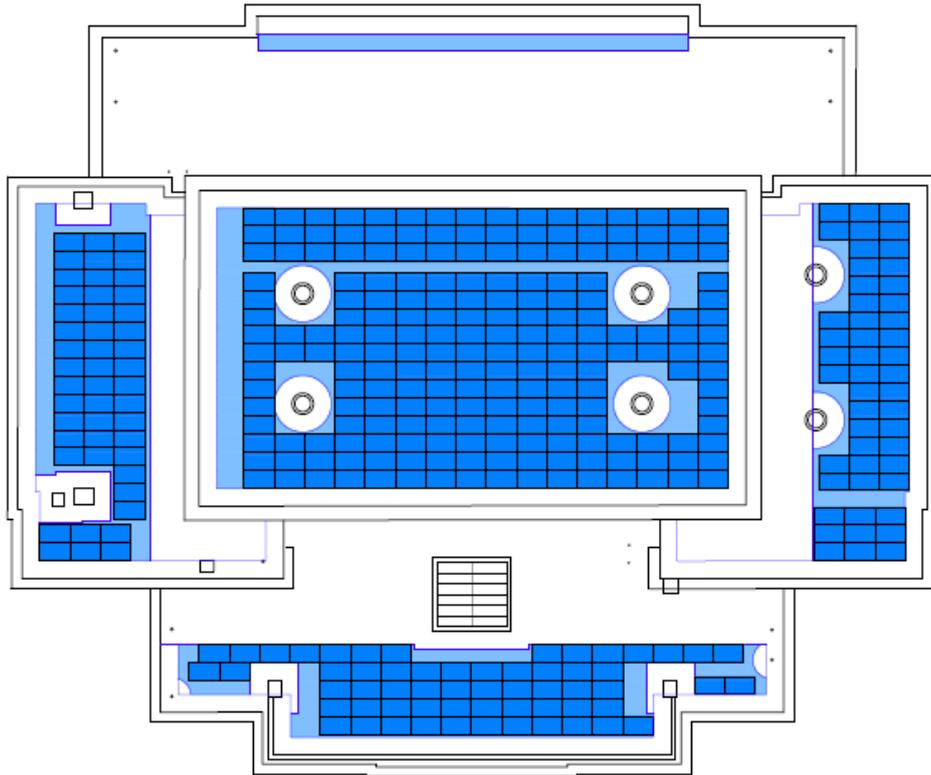


Abbildung 88: Mögliche Flächennutzung für Photovoltaik am Dach des Theaters. Anteil der PV-Modulfläche an der gesamten Dachfläche: 35% (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

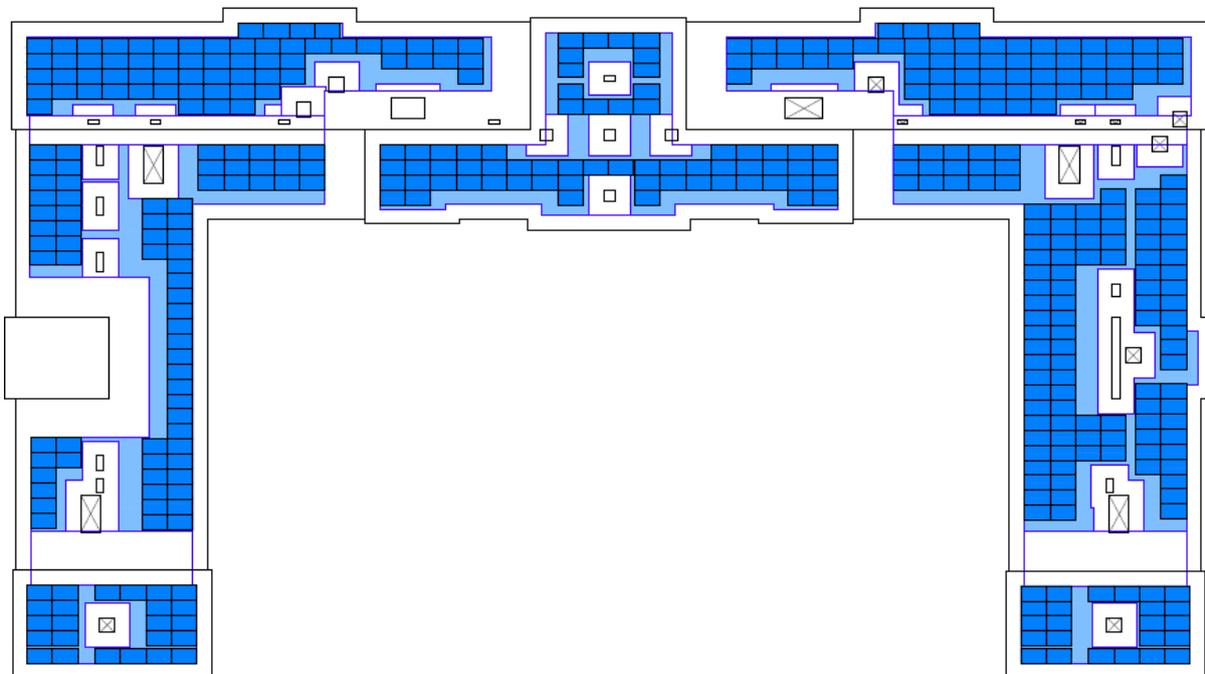


Abbildung 89: Mögliche Flächennutzung für Photovoltaik am Dach der Direktion Anteil der PV-Modulfläche an der gesamten Dachfläche: 37% (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

3.4.2. Wärme- und Kältebereitstellung

Für die Berechnung der Verluste bei der Wärmeübergabe wurden Literaturwerte³⁷ und Berechnungstools wie das JAZcalc-Tool verwendet.

Fernwärme und Fernkälte

Es wird die Annahme getroffen, dass an der Übergabestation aufgrund der hohen Temperaturdifferenz zwischen Heizungsmedium und ungedämmtem Keller Verluste von 5 % zu berücksichtigen sind. Es ergeben sich folgende Umrechnungsfaktoren:

- Umrechnungsfaktor Fernwärme von Endenergie auf Nutzenergie - HEIZEN: 0,95
- Umrechnungsfaktor Fernkälte von Endenergie auf Nutzenergie - KÜHLEN: 0,95

Exkurs: Fernwärmeversorgung im Bestand

Die gesamte Wärmeversorgung am Otto-Wagner-Areal entstand mit dem Bau des Areals 1907 und wurde ursprünglich vom alten Kesselhaus mit Kohlebefeuerung über ein Heißdampf-Leitungsnetz am gesamten Areal als Hochtemperaturwärme verteilt.



Abbildung 90: Altes und „neues“ Kesselhaus, Heißdampfaustritt (Foto: LANG consulting)

Mitte des vorigen Jahrhunderts erfolgte die Umstellung von Kohle auf Fernwärme aus der benachbarten Müllverbrennungsanlage am Flötzersteig. Zur Wärmeversorgung des Areals wird die angelieferte Fernwärme im Erweiterungsbau des Kesselhauses in Heißdampf umgewandelt und über das Wärmeverteilernetz am Areal zu den einzelnen Pavillons weiter verteilt. Hier wird der Dampf in der Umformerstation wieder auf Normaltemperatur heruntergedrosselt. Die Leitungen verlaufen längs der Pavillons. Bei den alten Anschlüssen führen sie auf der östlichen Seite der Pavillons ins Gebäude und verlassen das Gebäude wieder auf der westlichen Stirnseite. Hier befindet sich die Umwandlerstation im Keller der Pavillons. Bei allen neueren Anschlüssen verlaufen die Leitungen südlich um die Pavillons und die Umwandlerstation befindet sich außerhalb der Pavillons.

Durch die Fernwärme-Leitungen am Areal ist in Abhängigkeit des Dämmstandards der Leitungen mit entsprechend großen Verlusten zu rechnen, welche der Gebäudeenergiebilanz jedoch nicht zugerechnet werden. Für eine einfache Abschätzung dieser Verteilverluste wird ein Durchmesser von 100 mm angenommen. Die Gesamtleitungslänge der Fernwärme-Leitungen zwischen den Pavillons beträgt aktuell laut Bestandsplänen 3.960 m. Bei einer Dämmdicke von 100 mm, einer

³⁷ <https://www.db-bauzeitung.de/db-themen/energie/versprechen-gehalten/#slider-intro-2>, aufgerufen am 10.6.2020

Wärmeleitfähigkeit der Dämmung von 0,02 W/(mK) und einer Bodentemperatur von 5 °C beträgt der Gesamtwärmeverlust 274.502 kWh/a. Bei einer Dämmdicke von 50 mm und sonst gleicher Rahmenbedingungen beträgt der Verlust 305.628 kWh/a, bei einer Dämmdicke von nur 20 mm 458.170 kWh/a.

Grundwasser-Wärmepumpen-System für Heizen und Kühlen

Aufgrund der noch nicht geklärten Grundwassersituation wurden die Jahresarbeitszahlen für die Wärmepumpe bei thermischer Nutzung des Grundwassers für die Berechnungen auf der sicheren Seite angenommen. Aufgrund der Möglichkeit des „Free-Coolings“ kann die Jahresarbeitszahl für den Kühlfall höher als bei anderen Kühlmethoden angesetzt werden.

Umrechnungsfaktor Grundwasser-Wärmepumpe von Endenergie auf Nutzenergie - HEIZEN:

- Bei zentraler WW-Bereitung: 3,5
- Nur für Raumwärme: 4,0

Umrechnungsfaktor Grundwasser-Wärmepumpe von Endenergie auf Nutzenergie - KÜHLEN: 5,0 (free cooling).

Abschätzung der benötigten Grundwassermenge für Durchschnittsbetrieb und Spitzenlast:

Durchschnittsbetrieb: Für die Bereitstellung von rund 2,6 GWh Heizenergie für Raumwärme und 1,5 GWh Heizwärme für Warmwasser (jeweils inkl. Verluste) ist bei einer Temperaturspreizung des Grundwassers von 5 K und einer angenommenen Dauer der Heizperiode von 180 Tagen eine Grundwassermenge von rund 45 kg/s (bzw. L/s) oder rund 160 m³/h erforderlich.

Spitzenlast: Bei einer Bruttogrundfläche von 165.000 m² des gesamten Areals sowie einer angenommenen Heizlast von 35 W/m², ergibt sich eine gesamte Heizleistung von 5,8 MW. Dafür wäre bei einer Temperaturspreizung von 5 K ein Grundwasserstrom von 280 kg/s (bzw. L/s) oder rund 1.000 m³/h erforderlich.

Tiefensonden-Wärmepumpen-System

Bezüglich der Wärmebilanz des Erdreichs kann aufgrund der hohen Wärmeentnahme für das Warmwasser eine Einspeisung zusätzlicher Wärme in das Erdreich (z.B. aus Abwärmequellen) erforderlich sein. Es wurden folgende konservative Annahmen für die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe getroffen:

Umrechnungsfaktor Tiefensonden-Wärmepumpe von Endenergie auf Nutzenergie - HEIZEN:

- Bei zentraler WW-Bereitung: 3,4
- Nur für Raumwärme: 3,8

Umrechnungsfaktor Tiefensonden-Wärmepumpe von Endenergie auf Nutzenergie - KÜHLEN: 4,0

Geeignete Pavillons für die Wärmeversorgung über Tiefenbohrungen zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 45: Geeignete Pavillons für die Wärmeversorgung über Tiefenbohrungen

<i>Zone</i>	<i>Geeignete Pavillons für die Wärmeversorgung über Tiefenbohrungen</i>	<i>Gesamte Bruttogrundfläche der geeigneten Pavillons</i>
Kernzone	Gebäude C – Direktion, Theater, Küche, Portier, Post	15.870 m ²
Kernzone West	Gebäude B1, Pavillon 1	4.705 m ²
Kernzone Ost	Gebäude B, Pavillon 2	4.719 m ²
Zone West	Gebäude G – Verwaltung, Kurhaus, Hermann	12.235 m ²
Zone Ost	Pathologie, Wäscherei, Pavillon 26, Gebäude O	10.926 m ²

Ringgraben-Wärmepumpen-System

Oberflächennahe Erdwärme-Systeme können mit wenig Aufwand verlegt werden, dabei können unter anderem auch vorhandene Baugruben mitverwendet werden. Die Speicherladung kann durch Solarstrahlung positiv beeinflusst werden. Es wurden folgende konservative Annahmen für die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe getroffen:

Umrechnungsfaktor Ringgraben-Wärmepumpe von Endenergie auf Nutzenergie - HEIZEN:

- Bei zentraler WW-Bereitung: 3,0
- Nur für Raumwärme: 3,6

Umrechnungsfaktor Ringgraben-Wärmepumpe von Endenergie auf Nutzenergie - KÜHLEN: 3,0

Eine beispielhaft durchgeführte Dimensionierung einer Ringgrabenkollektoren-Trassenführung für das Areal um den Pavillon 8 ergab, dass mit dieser dieser Trassenannahme eine Heizlast von ungefähr 70 kW Heizlast abdeckbar wäre.

Geeignete Pavillons für Wärmeversorgung über Ringgrabenkollektoren zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 46: Geeignete Pavillons für die Wärmeversorgung über Ringgrabenkollektoren

<i>Zone</i>	<i>Geeignete Pavillons für die Wärmeversorgung mit Ringgrabenkollektoren</i>	<i>Gesamte Bruttogrundfläche der geeigneten Pavillons</i>
Kernzone	keine	-
Kernzone West	Pavillon 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, V	39.313 m ²
Kernzone Ost	Pavillon 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, W	39.722 m ²
Zone West	Austria, Felix, Leopold, Rosenvilla, Wienerwald, Karlshaus, Küche, Marienhaus, Severin, Annenheim	35.862 m ²
Zone Ost	Pavillon 23, 25, Beschäftigungshaus, Materiallager, Gärtnerei, Wohnhaus Gärtnerei, Fleischerei, Reithalle	8.682 m ²

3.5. Endenergie-Bilanz für das Otto-Wagner-Areal

In den folgenden Abschnitten werden die Endenergiebilanzen in tabellarischer und grafischer Form für alle Zonen des Otto-Wagner-Areals und für das gesamte Otto-Wagner-Areal dargestellt. Die Endenergiebedarfe ergeben sich aus den Nutzenergiebedarfen und Verteilverlusten (siehe Kapitel 3.3), indem diese beiden letzteren Parameter durch die Umrechnungsfaktoren Endenergie auf Nutzenergie für die unterschiedlichen Varianten der Wärme- und Kälteerzeugung (siehe Kapitel 3.4.2) dividiert werden.

Wie bereits in Kapitel 3.4.2 ausgeführt, werden vier unterschiedliche Arten der Wärme- und Kälteversorgung betrachtet:

- Fernwärme/Fernkälte
- Grundwasser-Wärmepumpen-System
- Tiefensonden-Wärmepumpen-System
- Ringgraben-Wärmepumpen-System

Für die Baseline-Sanierung wird nur eine Versorgung mit Fernwärme/Fernkälte berücksichtigt, während für die Plus-Energie-Sanierung alle vier Versorgungsvarianten hinsichtlich ihres Endenergiebedarfs betrachtet werden.

Aufgrund des relativ hohen Umrechnungsfaktors von Endenergie auf Nutzenergie im Fall der Wärmepumpensysteme, weisen diese einen deutlich niedrigeren Endenergiebedarf als die Versorgung mit Fernwärme/Fernkälte auf. Innerhalb der Wärmepumpensysteme weist das Grundwasser-Wärmepumpen-System den niedrigsten, das Ringgraben-Wärmepumpen-System den höchsten Endenergiebedarf auf³⁸.

Beim Vergleich des jährlichen Ertrags aus den Photovoltaikanlagen (PV-Ertrag) mit den jährlichen Endenergiebedarfen (inkl. Nutzung) pro Zone zeigt sich, dass mit den Wärmepumpensystemen für die Kernzone Ost und die Zone Ost der PV-Ertrag höher ist als der Endenergiebedarf, während für die anderen Zonen die Deckung durch PV nicht zur Gänze gegeben ist. Der Endenergiebedarf mit einem Fernwärme-/Fernkälte-System ist für jede Zone höher als der jeweilige PV-Ertrag.

Bei Betrachtung des gesamten Otto-Wagner-Areals (siehe Kapitel 3.5.6, Abbildung 96) ist im Fall des Einsatzes der Wärmepumpen-Systeme der Endenergiebedarf (inkl. Nutzung) geringfügig höher (+16 %) als der PV-Ertrag. Unter Berücksichtigung von Unsicherheiten (siehe Fehlerbalken in den Diagrammen, diese stellen die Schwankungs-/Bandbreite der Ergebnisse dar) ist eine Deckung durch den PV-Ertrag möglich (die Bandbreiten des PV-Ertrags und jene des Endenergiebedarfs überschneiden sich). Der Endenergiebedarf (inkl. Nutzung) bei einem Fernwärme-/Fernkälte-System ist etwa doppelt so hoch wie der PV-Ertrag.

Wird die Nutzung in der Endenergie-Bilanzierung nicht berücksichtigt (siehe Abbildung 97), liegt der PV-Ertrag deutlich (+50 %) über dem Endenergiebedarf eines Wärmepumpensystems (mit mittlerer Jahresarbeitszahl), während im Fall der Versorgung mit Fernwärme/Fernkälte der Endenergiebedarf um 42% über dem PV-Ertrag liegt.

³⁸ Dies basiert auf der gängigen Einschätzung, dass bei Grundwasser-Wärmepumpen im Schnitt die höchsten Jahresarbeitszahlen resultieren.

3.5.1. Zone West

Nachfolgende Tabelle 47 zeigt eine Übersicht über die Endenergiebilanz der Zone West.

Tabelle 47: Übersicht über die Endenergiebilanz der Zone West in kWh/a

Zone West	Heizen	Verteilverluste Heizung	Kühlen	Verteilverluste Kühlung	Warmwasser-Wärmebedarf	Verteilverluste Warmwasser	Beleuchtung	Lüftung	MSR und Aufzüge	Nutzung	PV-Ertrag
Baseline-Sanierung Fernwärme, Fernkälte	6.439.571	314	332.811	916.739	391.368	982.771	652.607	740.388	443.071	1.771.644	
Plus-Energie-Sanierung Fernwärme, Fernkälte	647.411	38.285	378.337	54.622	129.037	220.249	286.191	266.693	110.768	1.062.858	
Plus-Energie-Sanierung Grundwasser, Wärmepumpe	175.726	10.392	71.884	10.378	35.088	59.782	286.191	266.693	110.768	1.062.858	
Plus-Energie-Sanierung Tiefensonden, Wärmepumpe	180.894	10.697	89.855	12.973	36.118	61.540	286.191	266.693	110.768	1.062.858	
Plus-Energie-Sanierung Ringgraben, Wärmepumpe	205.013	12.123	119.807	17.297	40.922	69.746	286.191	266.693	110.768	1.062.858	
PV-Ertrag											1.593.831

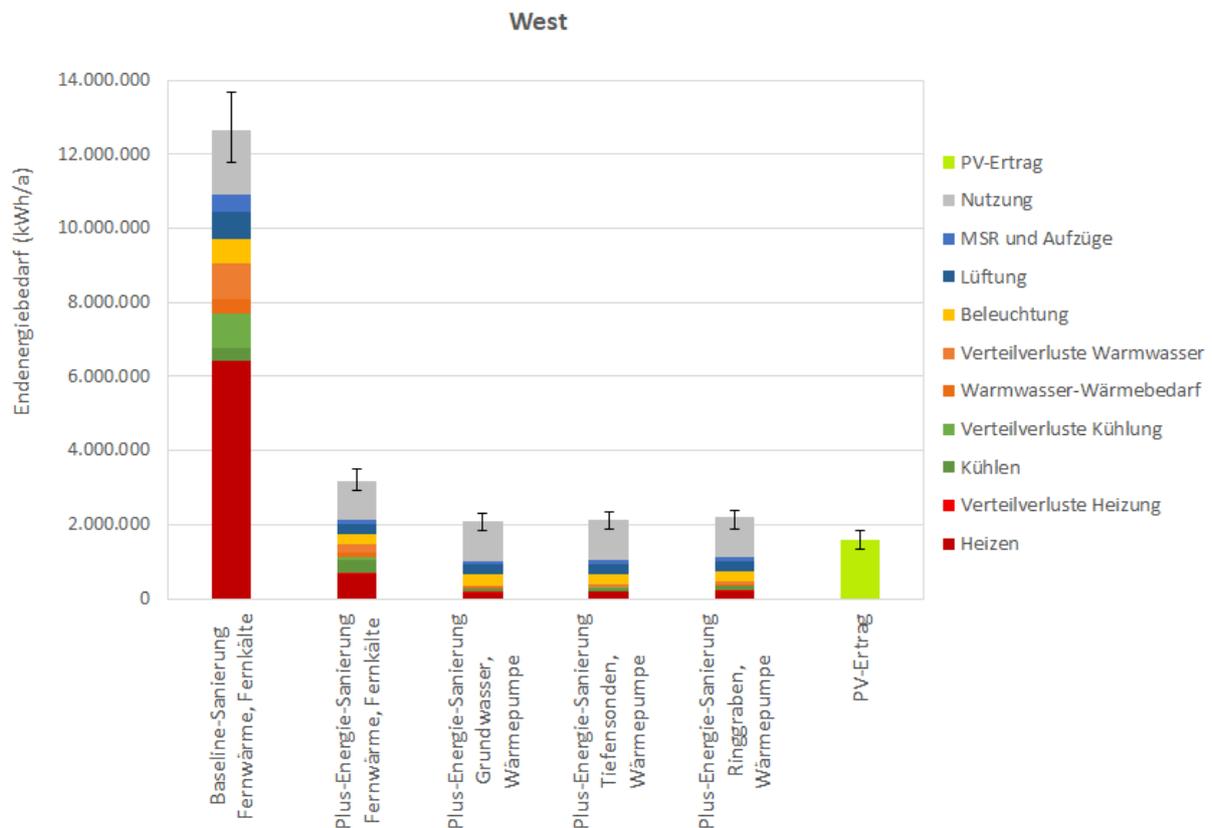


Abbildung 91: Endenergiebilanz Zone West (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

Abbildung 91 zeigt eine Gegenüberstellung der Endenergiebilanzen der Baseline-Sanierung und der vier verschiedenen Plus-Energie-Sanierungs-Varianten für die Zone West. Offensichtlich ist die hohe Reduktion des gesamten Endenergiebedarfs für alle Plus-Energie-Sanierungs-Varianten im Vergleich zur Baseline-Sanierung. So beträgt die Reduktion des Endenergiebedarfs im Vergleich zur Baseline-Sanierung für die Plus-Energie-Sanierung mit Fernwärme/Fernkälte 74,8 %, während sie mit einem Grundwasser-Wärmepumpen-System (günstigste Variante) 83,5 % beträgt.

Weiters ist der relativ hohe Anteil der Kategorie Nutzung am gesamten Endenergiebedarf für alle Sanierungsvarianten auffallend. Dieser Anteil beträgt für die Plus-Energie-Sanierung mit einem Grundwasser-Wärmepumpen-System 50,9 % (höchster Wert).

Für alle Sanierungsvarianten ist der Photovoltaik-Ertrag geringer als der gesamte Endenergiebedarf. Der gesamte Endenergiebedarf (inkl. Nutzung) einer Plus-Energie-Sanierung mit Grundwasser-Wärmepumpen-System ist um 31,1% höher als der Photovoltaik-Ertrag (für die übrigen Wärmepumpen-Systeme ist dieser Wert noch geringfügig höher).

3.5.2. Kernzone West

Die nachfolgende Tabelle bietet eine Übersicht über die Endenergiebilanz der Kernzone West.

Tabelle 48: Übersicht über die Endenergiebilanz der Kernzone West in kWh/a

Kernzone West	Heizen	Verteilverluste Heizung	Kühlen	Verteilverluste Kühlung	Warmwasser-Wärmebedarf	Verteilverluste Warmwasser	Beleuchtung	Lüftung	MSR und Aufzüge	Nutzung	PV-Ertrag
Baseline-Sanierung Fernwärme, Fernkälte	6.090.339	297	314.762	867.079	1.154.819	929.437	325.298	512.908	419.042	1.131.079	
Plus-Energie-Sanierung Fernwärme, Fernkälte	612.300	36.227	357.819	51.668	361.679	315.652	208.000	131.160	104.761	670.468	
Plus-Energie-Sanierung Grundwasser, Wärmepumpe	166.196	9.833	67.986	9.817	98.170	85.677	208.000	131.160	104.761	670.468	
Plus-Energie-Sanierung Tiefensonden, Wärmepumpe	171.084	10.122	84.982	12.271	101.057	88.197	208.000	131.160	104.761	670.468	
Plus-Energie-Sanierung Ringgraben, Wärmepumpe	193.895	11.472	113.309	16.362	114.532	99.957	208.000	131.160	104.761	670.468	
PV-Ertrag											1.099.366

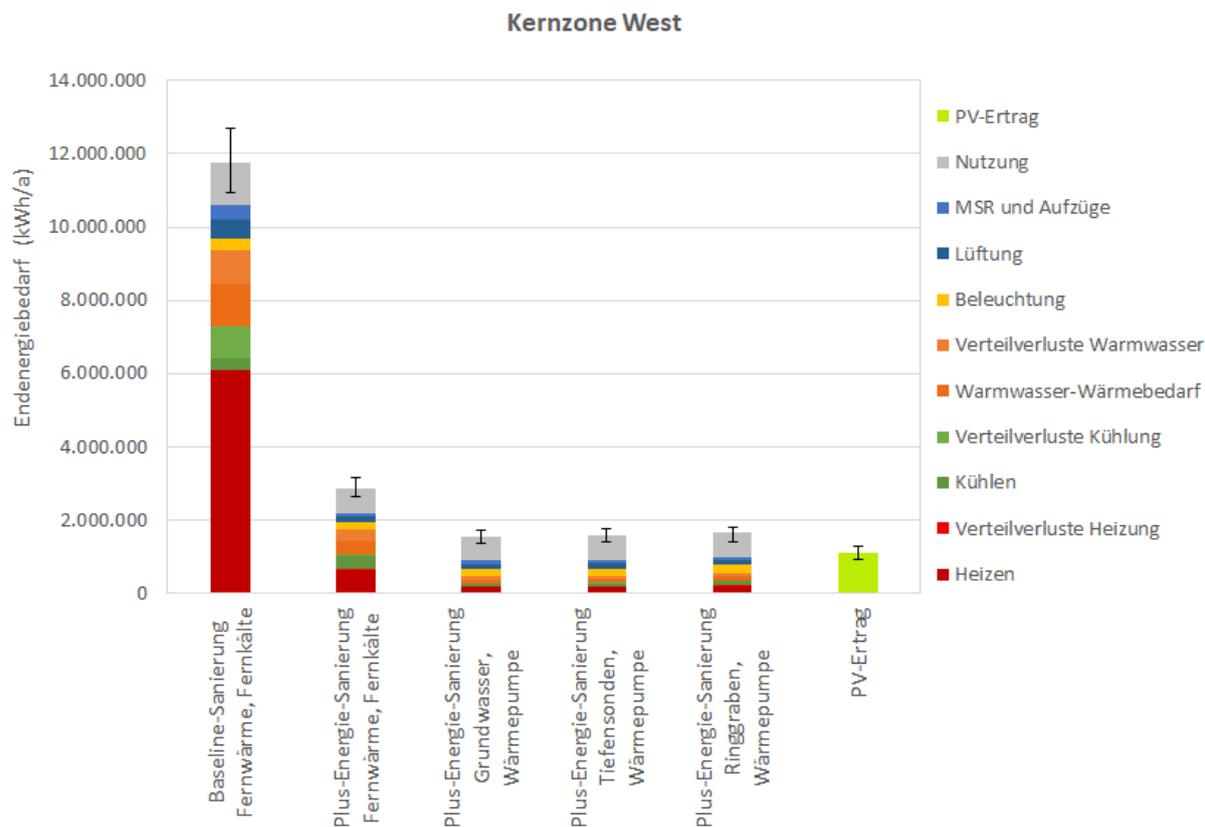


Abbildung 92: Endenergiebilanz Kernzone West (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

Abbildung 92 zeigt eine Gegenüberstellung der Endenergiebilanzen der Baseline-Sanierung und der vier verschiedenen Plus-Energie-Sanierungs-Varianten für die Kernzone West. Die Reduktion des Endenergiebedarfs im Vergleich zur Baseline-Sanierung beträgt für die Plus-Energie-Sanierung mit Fernwärme/Fernkälte 75,7 %, während sie für eine Plus-Energie-Sanierung mit Grundwasser-Wärmepumpen-System (günstigste Variante) 86,8 % beträgt.

Analog zur Zone West ist auch hier der Anteil der Kategorie Nutzung am gesamten Endenergiebedarf relativ hoch. Dieser Anteil beträgt für die Plus-Energie-Sanierung mit Grundwasser-Wärmepumpen-System 43,2 % (höchster Wert).

Für alle Sanierungsvarianten ist der Photovoltaik-Ertrag geringer als der gesamte Endenergiebedarf. Der gesamte Endenergiebedarf (inkl. Nutzung) einer Plus-Energie-Sanierung mit Grundwasser-Wärmepumpen-System ist um 41,2% höher als der Photovoltaik-Ertrag (niedrigster Wert).

3.5.3. Kernzone

Die nachfolgende Tabelle 49 zeigt eine Übersicht über die Endenergiebilanz der Zone West.

Tabelle 49: Übersicht über die Endenergiebilanz der Kernzone in kWh/a

Kernzone	Heizen	Verteilverluste Heizung	Kühlen	Verteilverluste Kühlung	Warmwasser-Wärmebedarf	Verteilverluste Warmwasser	Beleuchtung	Lüftung	MSR und Aufzüge	Nutzung	PV-Ertrag
Baseline-Sanierung Fernwärme, Fernkälte	2.179.198	213	72.747	277.866	95.803	345.280	186.716	171.878	147.748	1.041.479	
Plus-Energie-Sanierung Fernwärme, Fernkälte	237.120	3.520	59.200	13.867	57.935	5.923	82.524	52.650	36.937	508.810	
Plus-Energie-Sanierung Grundwasser, Wärmepumpe	64.361	955	11.248	2.635	32.201	1.608	82.524	52.650	36.937	508.810	
Plus-Energie-Sanierung Tiefensonden, Wärmepumpe	66.254	984	14.060	3.293	32.483	1.655	82.524	52.650	36.937	508.810	
Plus-Energie-Sanierung Ringgraben, Wärmepumpe	75.088	1.115	18.747	4.391	33.799	1.876	82.524	52.650	36.937	508.810	
PV-Ertrag											476.563

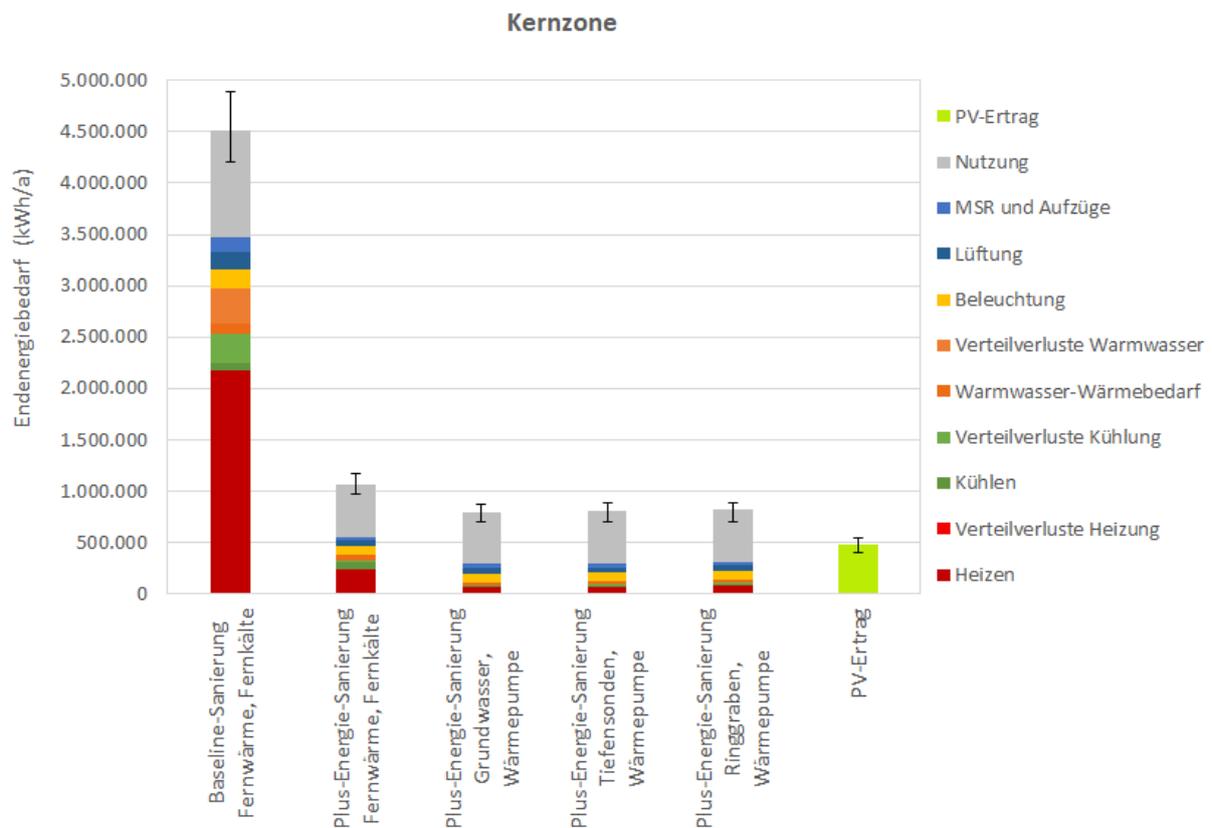


Abbildung 93: Endenergiebilanz Kernzone (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

Eine Gegenüberstellung der Endenergiebilanzen der Baseline-Sanierung und der vier verschiedenen Plus-Energie-Sanierungs-Varianten für die Kernzone ist aus Abbildung 93 ersichtlich. Die Reduktion des Endenergiebedarfs im Vergleich zur Baseline-Sanierung beträgt für die Plus-Energie-Sanierung mit Fernwärme/Fernkälte 76,6 %, während sie mit einem Grundwasser-Wärmepumpen-System 82,4 % beträgt.

Besonders ausgeprägt ist für die Kernzone der Anteil der Kategorie Nutzung am gesamten Endenergiebedarf. Dieser Anteil beträgt für die Plus-Energie-Sanierung mit Grundwasser-Wärmepumpen-System 64,1 % (höchster Wert).

Für alle Sanierungsvarianten ist der Photovoltaik-Ertrag geringer als der gesamte Endenergiebedarf. Der gesamte Endenergiebedarf (inkl. Nutzung) einer Plus-Energie-Sanierung mit Grundwasser-Wärmepumpen-System ist um 66,6% höher als der Photovoltaik-Ertrag (niedrigster Wert).

3.5.4. Kernzone Ost

Die nachfolgende Tabelle bietet eine Übersicht über die Endenergiebilanz der Kernzone Ost.

Tabelle 50: Übersicht über die Endenergiebilanz der Kernzone Ost in kWh/a

Kernzone Ost	Heizen	Verteil- verluste Heizung	Kühlen	Verteil- verluste Kühlung	Warm- wasser- Wärme- bedarf	Verteil- verluste Warm- wasser	Beleuch- tung	Lüftung	MSR und Aufzüge	Nutzung	PV- Ertrag
Baseline- Sanierung Fernwärme, Fernkälte	6.510.173	637	217.324	830.103	402.157	1.031.494	439.147	255.269	441.385	544.053	
Plus-Energie- Sanierung Fernwärme, Fernkälte	708.376	10.516	176.855	41.425	227.730	36.188	196.965	96.092	110.346	123.909	
Plus-Energie- Sanierung Grundwasser, Wärmepumpe	192.273	2.854	33.602	7.871	70.497	9.823	196.965	96.092	110.346	123.909	
Plus-Energie- Sanierung Tiefensonden, Wärmepumpe	197.928	2.938	42.003	9.839	72.220	10.111	196.965	96.092	110.346	123.909	
Plus-Energie- Sanierung Ringgraben, Wärmepumpe	224.319	3.330	56.004	13.118	80.260	11.460	196.965	96.092	110.346	123.909	
PV-Ertrag											1.298.621

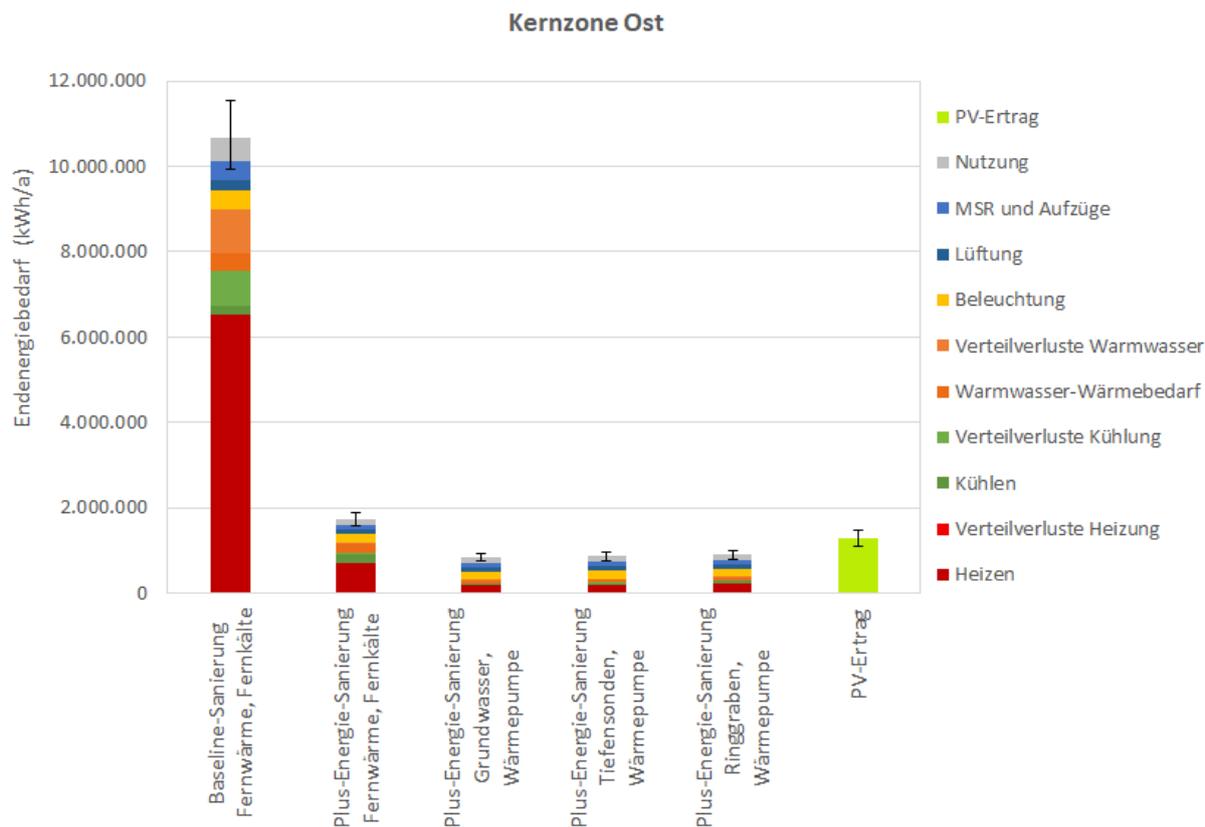


Abbildung 94: Endenergiebilanz Kernzone Ost (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

Abbildung 94 zeigt eine Gegenüberstellung der Endenergiebilanzen der Baseline-Sanierung und der vier verschiedenen Plus-Energie-Sanierungs-Varianten für die Kernzone Ost. Die Reduktion des Endenergiebedarfs im Vergleich zur Baseline-Sanierung beträgt für die Plus-Energie-Sanierung mit Fernwärme/Fernkälte 83,8 %, während sie mit einem Grundwasser-Wärmepumpen-System 92,1 % beträgt.

Im Gegensatz zu den anderen Zonen ist für die Kernzone Ost der Anteil der Nutzung am gesamten Endenergiebedarf relativ gering. Dieser beträgt 14,7 % für die Plus-Energie-Sanierung mit Grundwasser-Wärmepumpen-System (höchster Wert).

Auch ist im Gegensatz zu den bisher behandelten Zonen der Photovoltaik-Ertrag für die Sanierungsvarianten mit einem Wärmepumpen-System (deutlich) höher als der jeweilige Endenergiebedarf. So ist für die Plus-Energie-Sanierung mit einem Grundwasser-Wärmepumpen-System der Photovoltaik-Ertrag um 53,8 % höher als der Endenergiebedarf (höchster Wert).

3.5.5. Zone Ost

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht der Endenergiebilanz der Zone Ost.

Tabelle 51: Übersicht über die Endenergiebilanz der Zone Ost in kWh/a

Zone Ost	Heizen	Verteilverluste Heizung	Kühlen	Verteilverluste Kühlung	Warmwasser-Wärmebedarf	Verteilverluste Warmwasser	Beleuchtung	Lüftung	MSR und Aufzüge	Nutzung	PV-Ertrag
Baseline-Sanierung Fernwärme, Fernkälte	2.803.880	171	131.968	388.677	416.595	432.023	170.368	259.190	192.209	935.106	
Plus-Energie-Sanierung Fernwärme, Fernkälte	287.744	13.614	142.394	22.288	137.632	108.666	97.463	68.600	48.052	227.937	
Plus-Energie-Sanierung Grundwasser, Wärmepumpe	78.102	3.695	27.055	4.235	46.918	29.495	97.463	68.600	48.052	227.937	
Plus-Energie-Sanierung Tiefensonden, Wärmepumpe	80.399	3.804	33.819	5.293	47.912	30.362	97.463	68.600	48.052	227.937	
Plus-Energie-Sanierung Ringgraben, Wärmepumpe	91.119	4.311	45.092	7.058	52.550	34.411	97.463	68.600	48.052	227.937	
PV-Ertrag											735.400

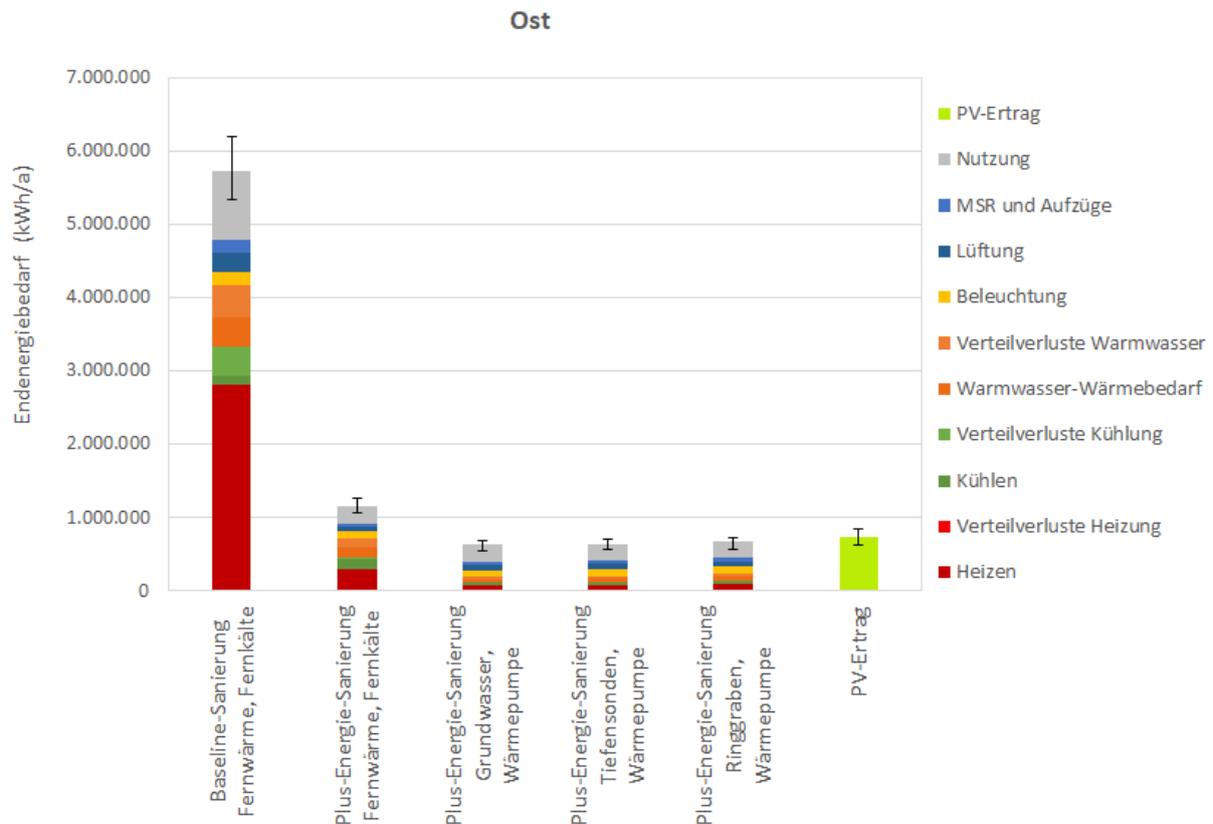


Abbildung 95: Endenergiebilanz Zone Ost (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

Eine Gegenüberstellung der Endenergiebilanzen der Baseline-Sanierung und der vier verschiedenen Plus-Energie-Sanierungs-Varianten für die Zone Ost ist aus Abbildung 95 ersichtlich. Die Reduktion des Endenergiebedarfs im Vergleich zur Baseline-Sanierung beträgt für die Plus-Energie-Sanierung mit Fernwärme/Fernkälte 79,8 %, während sie mit einem Grundwasser-Wärmepumpen-System 89 % beträgt.

Auch für die Zone Ost ist der Anteil der Nutzung am gesamten Endenergiebedarf relativ hoch, wenn auch geringer ausgeprägt als für die anderen Zonen (abgesehen von der Kernzone Ost). Dieser Anteil beträgt 36,1 % für die Plus-Energie-Sanierung mit einem Grundwasser-Wärmepumpen-System (höchster Wert).

Analog zur Kernzone Ost ist auch in der Zone Ost der Photovoltaik-Ertrag für die Sanierungsvarianten mit einem Wärmepumpen-System höher als der jeweilige Endenergiebedarf, wenn auch im Vergleich zur Kernzone Ost geringer ausgeprägt. So ist für die Plus-Energie-Sanierung mit einem Grundwasser-Wärmepumpen-System der Photovoltaik-Ertrag um 16,4 % höher als der Endenergiebedarf (höchster Wert).

3.5.6. Otto-Wagner-Areal Gesamt

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die Endenergiebilanz des gesamten Otto-Wagner-Areals.

Tabelle 52: Übersicht über die Endenergiebilanz des Gesamtareals in kWh/a

Otto-Wagner-Areal Gesamt	Heizen	Verteil-verluste Heizung	Kühlen	Verteil-verluste Kühlung	Warmwasser-Wärmebedarf	Verteil-verluste Warmwasser	Beleuchtung	Lüftung	MSR und Aufzüge	Nutzung	PV-Ertrag
Baseline-Sanierung Fernwärme, Fernkälte	24.023.160	1.633	1.069.611	3.280.464	2.460.741	3.721.005	1.774.136	1.939.632	1.643.455	5.423.361	
Plus-Energie-Sanierung Fernwärme, Fernkälte	2.492.950	102.161	1.114.604	183.870	914.013	686.679	871.143	615.195	410.864	2.593.982	
Plus-Energie-Sanierung, Wärmepumpe, Mittelwert	720.884	29.542	276.484	45.610	298.242	198.566	871.143	615.195	410.864	2.593.982	
PV-Ertrag											5.203.782

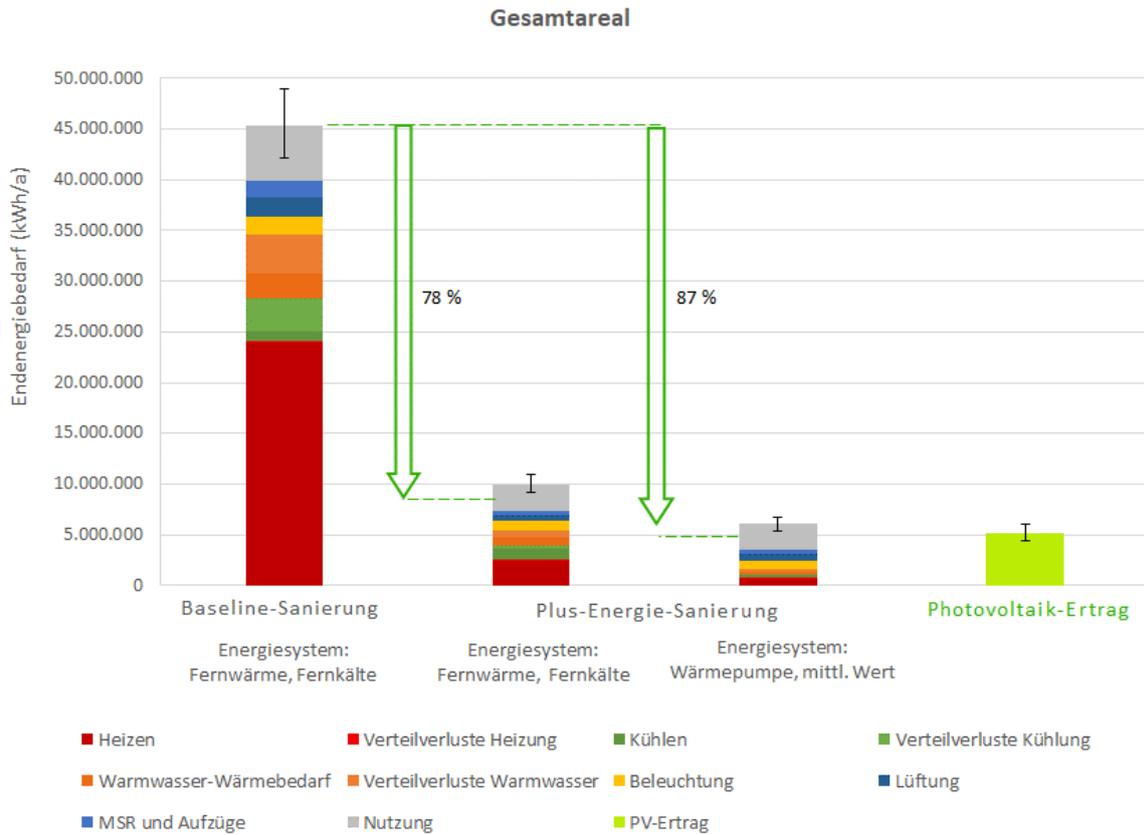


Abbildung 96: Endenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt, inklusive Nutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

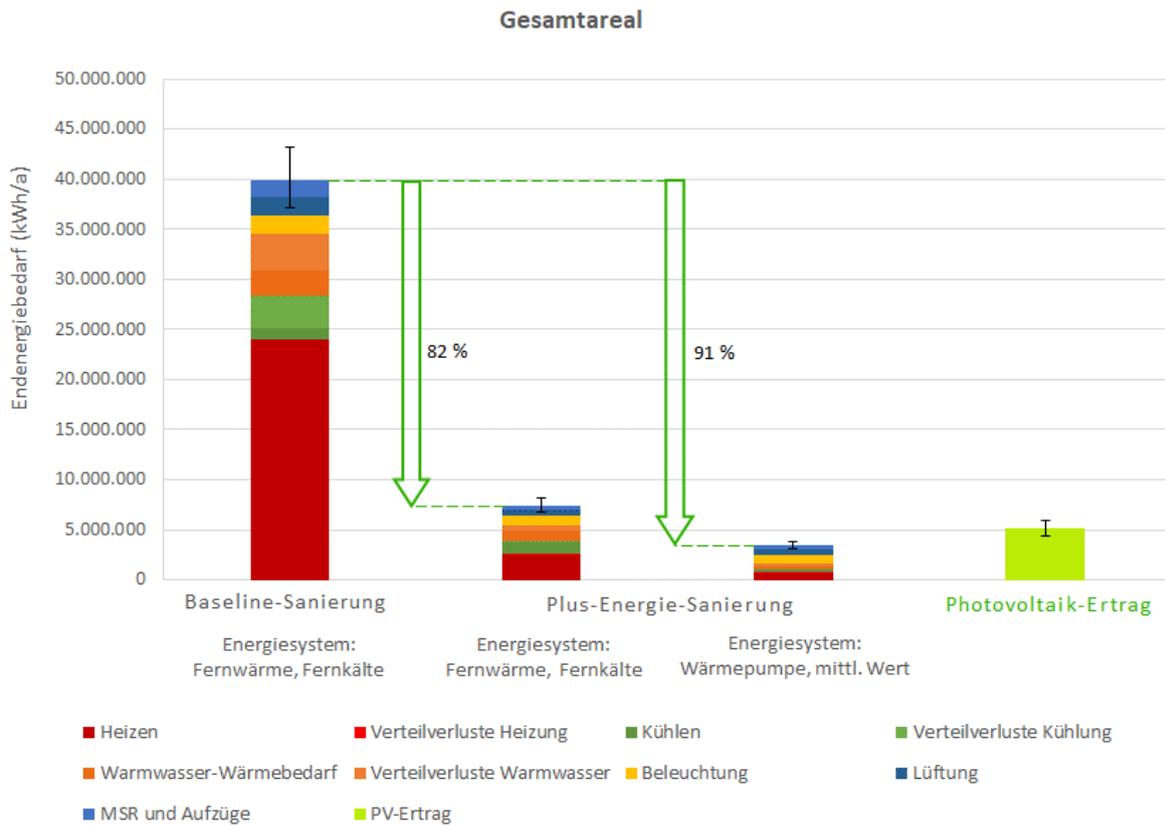


Abbildung 97: Endenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt, ohne Nutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

Abbildung 96 zeigt eine Gegenüberstellung der Endenergiebilanzen für das gesamte Otto-Wagner-Areal. Die Baseline-Sanierung wird hier mit zwei Varianten einer Plus-Energie-Sanierung verglichen: Plus-Energie-Sanierung mit Fernwärme/Fernkälte Versorgung einerseits sowie mit einem Wärmepumpensystem andererseits (hier ist ein Mittelwert des Endenergiebedarfs der drei betrachteten Wärmepumpen-Systemvarianten (Grundwasser, Tiefensonden, Ringgraben) unterstellt).

Die Reduktion des gesamten Endenergiebedarfs (inkl. der Kategorie Nutzung) im Vergleich zur Baseline-Sanierung beträgt für die Plus-Energie-Sanierung mit Fernwärme/Fernkälte 78 %, während sie mit einem Wärmepumpen-System im Mittel 87 % beträgt.

Der relativ hohe Anteil der Kategorie Nutzung am gesamten Endenergiebedarf ist für beide Sanierungsvarianten auffallend. Dieser Anteil beträgt für die Plus-Energie-Sanierung mit Fernwärme/Fernkälte 26 %, mit einem-Wärmepumpen-System im Mittel 42,8 %.

Inklusive der Kategorie Nutzung ist für alle Sanierungsvarianten der Photovoltaik-Ertrag geringer als der gesamte Endenergiebedarf. Der Endenergiebedarf für die Versorgungsvariante mit einem Wärmepumpensystem liegt um 16,5 % über dem Photovoltaik-Ertrag, im Fall der Versorgung mit Fernwärme/Fernkälte ist der Endenergiebedarf 92 % höher als der Photovoltaik-Ertrag.

Unter Berücksichtigung von Unsicherheiten (siehe Fehlerbalken in den Diagrammen, diese stellen die Schwankungs-/Bandbreite der Ergebnisse dar) ist eine Deckung des Endenergiebedarfs für den Fall der Plus-Energie-Sanierung mit einem Wärmepumpen-System durch den Photovoltaik-Ertrag möglich (die Bandbreiten des Photovoltaik-Ertrags und jene des Endenergiebedarfs überschneiden sich hier).

Abbildung 97 ist grundsätzlich analog zu Abbildung 96 konzipiert, allerdings ist hier die Kategorie Nutzung nicht im Endenergiebedarf inkludiert. In diesem Fall liegt für die Plus-Energie-Sanierung mit einem Fernwärme-System der Photovoltaik-Ertrag deutlich über dem Endenergiebedarf (+ 50 %), während im Fall der Versorgung mit Fernwärme/Fernkälte der Endenergiebedarf um 42% über dem Photovoltaik-Ertrag liegt.

3.6. Primärenergie-Bilanz

3.6.1. Methodik der Bilanzierung

Es gibt keine einheitliche, allgemein anerkannte Definition des Plus-Energie-Standards, wobei eine aktuell (2020) erschienene Studie zeigt, dass sich international bestehende Definitionen im Umfeld von Plus-Energie-Gebäuden und Quartieren in folgender Hinsicht gleichen³⁹:

- Bilanzzeitraum (1 Jahr),
- Zeitabhängigkeit der Bewertung (stationäre Monatsverfahren wie im PHPP oder im Energieausweis angewandt),
- betrachtete Indikatoren (Primärenergiebedarf gesamt oder Treibhausgas (THG) Emissionen).

Die in der vorliegenden Studie verwendete Bilanzierungsmethode zur Bestimmung, ob der Plus-Energie-Standard erreicht werden kann, orientiert sich an diesen international gängigen Merkmalen und ist wie folgt definiert:

Bewertungsindikator

Der Bewertungsindikator ist die Primärenergie gesamt (PEB ges. in kWh_{PE}/m²a).

Verwendete Konversionsfaktoren von Endenergie zu Primärenergie (f_{PE}):

Strom: 1,63 (Quelle: OIB Richtlinie 6, April 2019, S. 11)

Fernwärme: 0,3⁴⁰

Fernkälte: 0,42⁴¹

Einbezogene Energiedienstleistungen

Heizen, Kühlen, Warmwasser, Lüftung, Beleuchtung, MSR und Aufzüge, Nutzung (EDV etc.)

Räumliche Systemgrenze der Energieerzeugung

Verwendung erneuerbarer Energiequellen an der Gebäudehülle und am Grundstück

Bilanzzeitraum

Ein Jahr

Zeitabhängigkeit

Statische Betrachtung, Monatsbilanzen (PHPP, Energieausweis)

³⁹ Schöfmann, P., Zelger, T., Bartlmä, N., Schneider, S., Leibold, J., Bell, D. (2020). Zukunftsquartier. Weg zum Plus-Energie-Quartier in Wien, Berichte aus Energie und Umweltforschung 11/2020, S. 42ff.

https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2020-11-zukunftsquartier.pdf (aufgerufen am 12.10.2020)

⁴⁰ Merkblatt Energieausweis beziehungsweise Nachweis über den Wärmeschutz, sommerlicher Wärmeschutz, Einsatz hocheffizienter alternativer Systeme, MA37, S. 6

⁴¹ Merkblatt Energieausweis beziehungsweise Nachweis über den Wärmeschutz, sommerlicher Wärmeschutz, Einsatz hocheffizienter alternativer Systeme, MA37, S. 6

3.6.2. Otto-Wagner-Areal Gesamt

In Folgenden werden Primärenergiebilanzen in tabellarischer und grafischer Form für das gesamte Otto-Wagner-Areal dargestellt.

Der auffallendste Unterschied zu den Endenergiebilanzen liegt darin, dass in primärenergetischer Betrachtung die Plus-Energie-Sanierung mit Fernwärme/Fernkälte am günstigsten abschneidet. Das liegt an den sehr niedrigen Konversionsfaktoren von Endenergie zu Primärenergie für Fernwärme und Fernkälte im Fall der Wiener Fernwärmeversorgung. Diese niedrigen Primärenergie-Konversionsfaktoren (berechnet gemäß ÖNORM EN 15316-4-5⁴²) ergeben sich aus dem hohen Anteil von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen an der Erzeugung von Fernwärme in Wien. Im Fall einer Fernwärmeversorgung mit einem geringeren Anteil an Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen ergäben sich entsprechend höhere Primärenergie-Konversionsfaktoren, daher soll hier ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass die hier dargestellten Ergebnisse für Fernwärme/Fernkälte nur für die Wiener Fernwärmeversorgung (und unter Anwendung der Berechnungsmethodik der ÖNORM EN 15316-4-5) gelten.

Unter Berücksichtigung der Nutzung (grauer Balken, Abbildung 98) liegt der Photovoltaik-Ertrag (primärenergetisch, in einer Jahresbilanz) knapp unter den Primärenergiebedarfen der vier Plus-Energie Versorgungsvarianten, wobei – wie bereits erwähnt – das Fernwärme/Fernkälte-System hier am besten abschneidet. Eine bilanzielle Deckung des Primärenergiebedarfs durch den Photovoltaik-Ertrag ist für alle Plus-Energie Sanierungsvarianten möglich (unter Berücksichtigung der Nutzung), wenn die Bandbreiten der Ergebnisse berücksichtigt werden (siehe die „Fehlerbalken“ in Abbildung 98).

Wird die Nutzung bei der Berechnung des Primärenergiebedarfs nicht berücksichtigt, ist für alle Plus-Energie Sanierungsvarianten eine deutliche Deckung des Primärenergiebedarfs durch den Photovoltaik-Ertrag möglich (+41,8 % Überdeckung im Fall des Wärmepumpensystems mit Ringgrabenkollektor; +73,2 % Überdeckung im Fall des Systems mit Fernwärme/Fernkälte; siehe Abbildung 99).

Wie Abbildung 100 und Abbildung 101 zeigen, fallen die Reduktionen des Primärenergiebedarfs der Plus-Energie Varianten im Vergleich zur Baseline-Sanierung niedriger aus als bei der Betrachtung des Endenergiebedarfs (siehe Abbildung 96 und Abbildung 97). Auch dies liegt an den niedrigen Primärenergie-Konversionsfaktoren für Fernwärme und Fernkälte in Wien. Aufgrund des hohen Wärme- und Kältebedarfs in der Baseline-Sanierung fallen diese niedrigen Primärenergie-Konversionsfaktoren hier stärker bei der Berechnung des Primärenergiebedarfs ins Gewicht, wodurch dieser für die Baseline-Sanierung relativ gesehen zu den anderen Sanierungsvarianten niedriger wird.

⁴² Rosenberger, R., Bednar, T., Schöberl, H., et al. (2013). Entwicklung des ersten rechtssicheren Nachweisverfahrens für Plusenergiegebäude durch komplette Überarbeitung der ÖNORMEN, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 6/2013, S. 46ff., https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/berichte/endbericht_1306_oenorm_plus_energiegebäude.pdf (aufgerufen am 5.11.2020)

Tabelle 53: Übersicht über die Primärenergiebilanz des Gesamtareals in kWh/a

Otto-Wagner-Areal Gesamt	Heizen	Verteilverluste Heizung	Kühlen	Verteilverluste Kühlung	Warmwasser-Wärmebedarf	Verteilverluste Warmwasser	Beleuchtung	Lüftung	MSR und Aufzüge	Nutzung	PV-Ertrag
Baseline-Sanierung Fernwärme, Fernkälte	7.206.948	490	449.237	1.377.795	738.222	1.116.302	2.891.842	3.161.601	2.678.831	8.840.078	
Plus-Energie-Sanierung Fernwärme, Fernkälte	747.885	30.648	468.134	77.225	274.204	206.004	1.419.963	1.002.768	669.708	4.228.191	
Plus-Energie-Sanierung Grundwasser, Wärmepumpe	1.102.952	45.199	345.193	56.944	461.084	303.806	1.419.963	1.002.768	669.708	4.228.191	
Plus-Energie-Sanierung Tiefensonden, Wärmepumpe	1.135.392	46.529	431.491	71.181	472.357	312.742	1.419.963	1.002.768	669.708	4.228.191	
Plus-Energie-Sanierung Ringgraben, Wärmepumpe	1.286.778	52.732	575.322	94.907	524.961	354.441	1.419.963	1.002.768	669.708	4.228.191	
PV-Ertrag											8.482.164

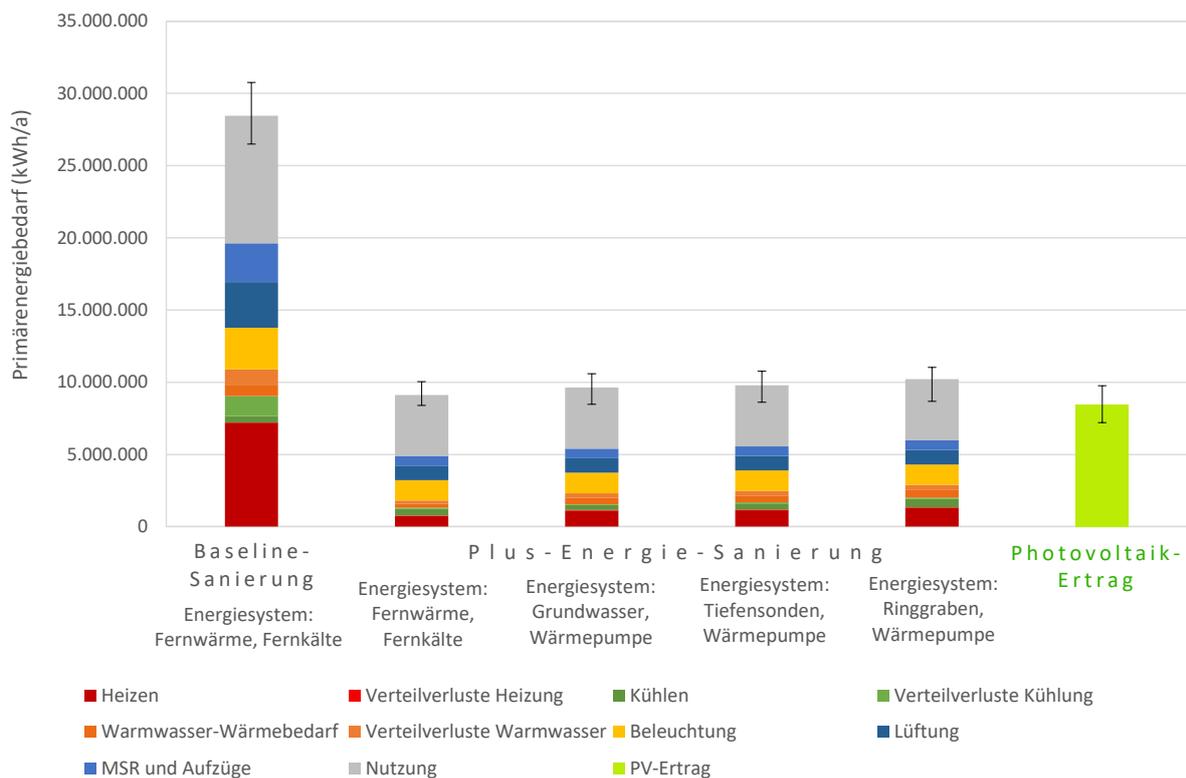


Abbildung 98: Primärenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt mit allen untersuchten Geothermie-Systemen, inklusive Nutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

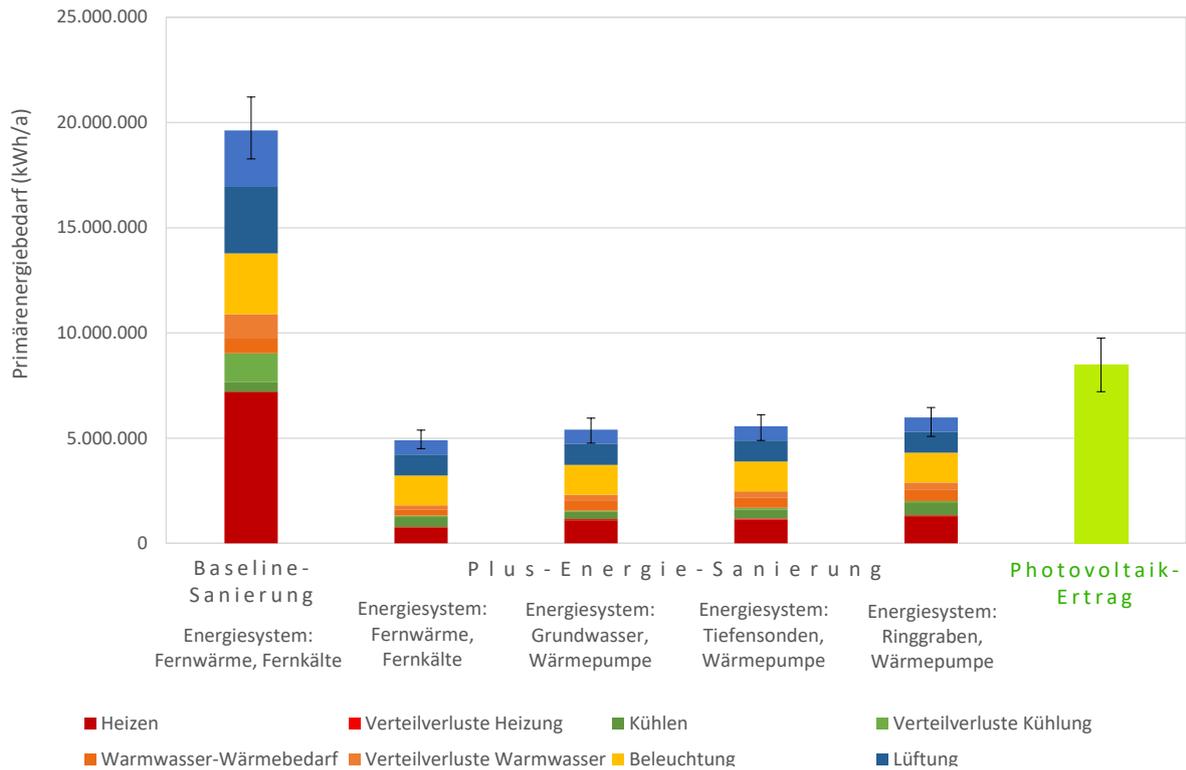


Abbildung 99: Primärenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt mit allen untersuchten Geothermie-Systemen, ohne Nutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

Tabelle 54: Übersicht über die Primärenergiebilanz des Gesamtareals in kWh/a

Otto-Wagner-Areal Gesamt	Heizen	Verteilverluste Heizung	Kühlen	Verteilverluste Kühlung	Warmwasser-Wärmebedarf	Verteilverluste Warmwasser	Beleuchtung	Lüftung	MSR und Aufzüge	Nutzung	PV-Ertrag
Baseline-Sanierung Fernwärme, Fernkälte	7.206.948	490	449.237	1.377.795	738.222	1.116.302	2.891.842	3.161.601	2.678.831	8.840.078	
Plus-Energie-Sanierung Fernwärme, Fernkälte	747.885	30.648	468.134	77.225	274.204	206.004	1.419.963	1.002.768	669.708	4.228.191	
Plus-Energie-Sanierung Geothermie, Wärmepumpe	1.175.041	48.153	450.669	74.344	486.134	323.663	1.419.963	1.002.768	669.708	4.228.191	
PV-Ertrag											8.482.164

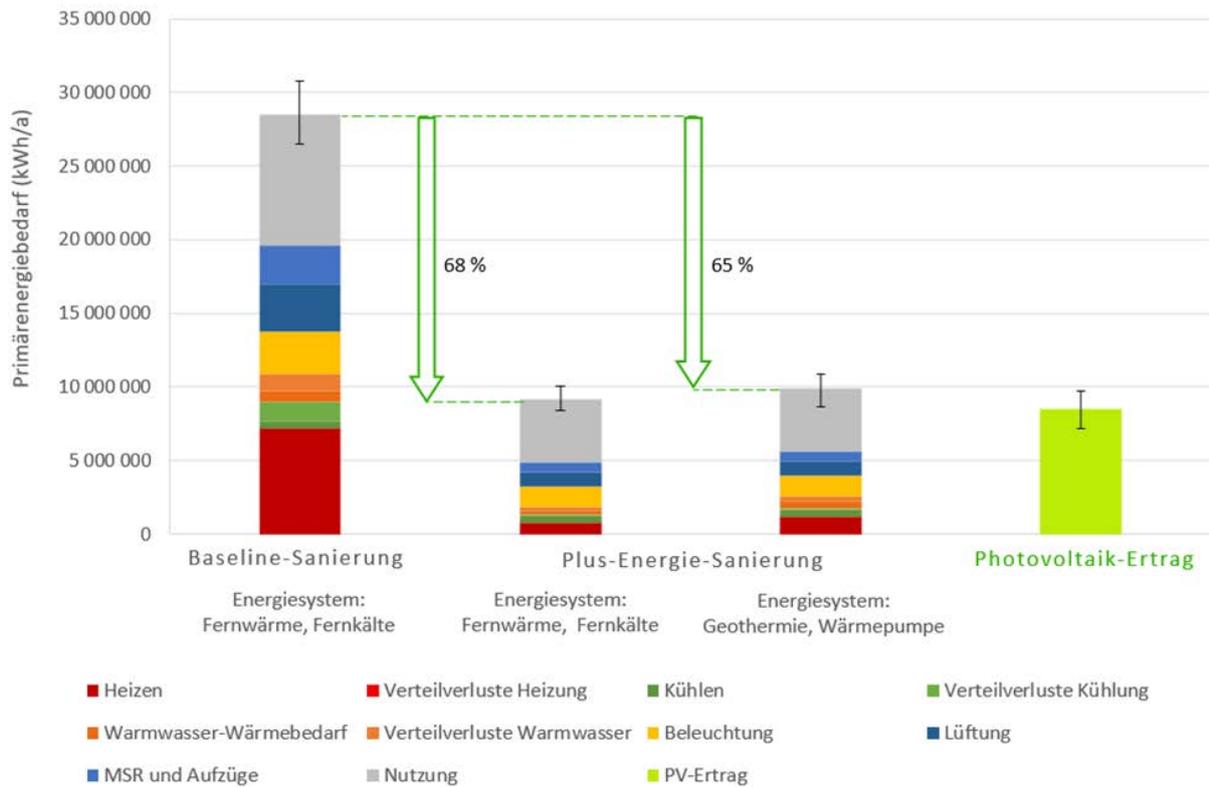


Abbildung 100: Primärenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt, inklusive Nutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

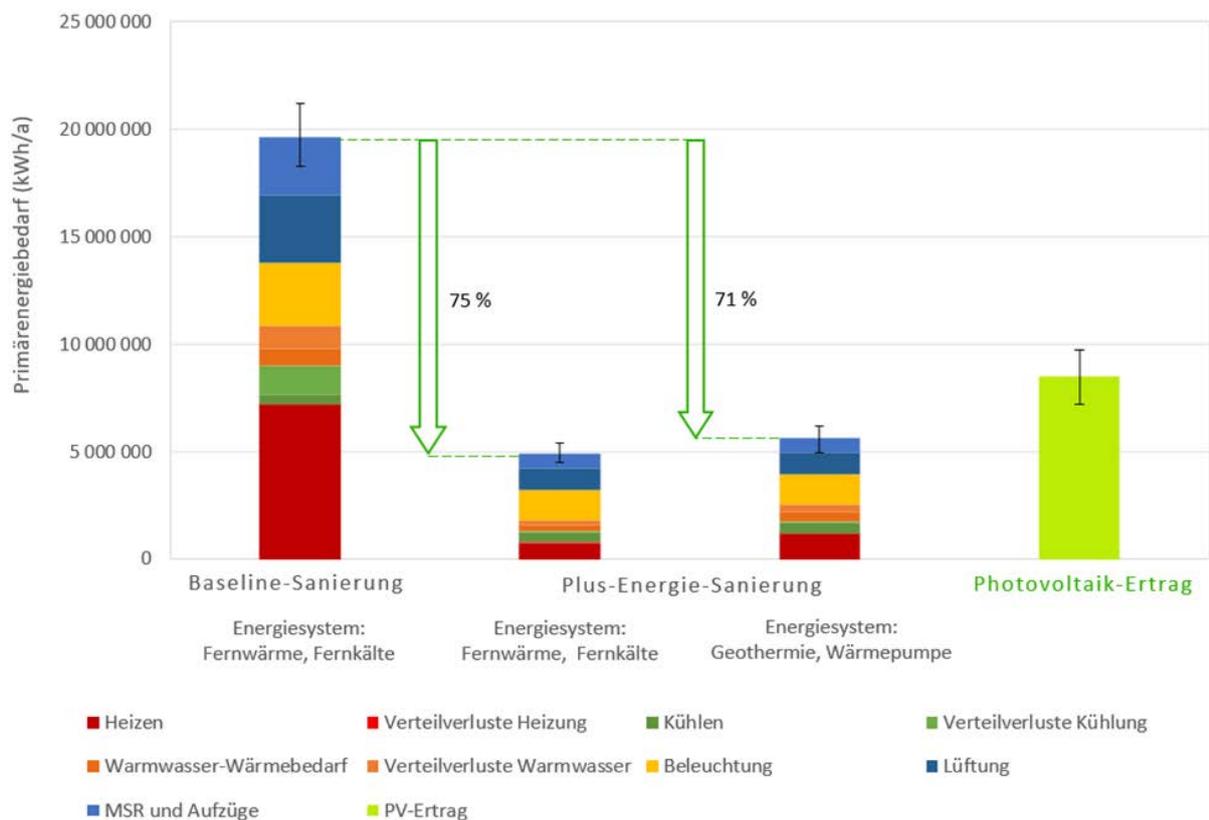


Abbildung 101: Primärenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt, ohne Nutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)

3.7. Ökonomische und ökologische Betrachtungen über den Lebenszyklus

3.7.1. Lebenszykluskosten-Analyse

Investitionskosten

Zur Abschätzung der Bauwerkskosten wurden mit der vorliegenden Bauaufgabe vergleichbare, fertiggestellte und abgerechnete Sanierungsprojekte herangezogen. Die abgerechneten Baukosten der Referenzprojekte wurden unter Berücksichtigung der Baupreisentwicklung an den Stand des Jahres 2020 angeglichen.⁴³

Die Bauwerkskosten betragen zwischen 2.300 €/m²_{Brutto-Grundfläche} und 2.500 €/m²_{Brutto-Grundfläche}, wobei in dieser Kostenschätzung der Rohbau, die Haustechnik und der bezugsfertige Innenausbau inkludiert sind. Nicht inkludiert sind objektspezifische Kosten für etwaige Ertüchtigungsmaßnahmen der Zwischendecken, die Errichtung von Stellplätzen, die Einrichtung und Möblierung, Außenanlagen und Nebenkosten wie Planungsleistungen, deren Umfang und Notwendigkeit nicht bekannt sind. Aufgrund der erforderlichen Ertüchtigung der Infrastruktur für Medienversorgung (etwa Wasser, Abwasser, Strom, Internet) für das Gesamtareal ist davon auszugehen, dass der Anteil der Infrastrukturkosten erheblich ist. Dieser Anteil kann, da eine Reihe von Anforderungen noch nicht bekannt ist, in den aktuellen gebäudebezogenen Analysen nicht inkludiert werden. Es ist jedoch zu beachten, dass diese Kostenfaktoren für jede Sanierungsvariante anfallen und damit die Vergleichbarkeit der untersuchten Szenarien gewahrt bleibt.

Für die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen in der Projekt-Entwicklungsphase wurden zunächst die zu erwartenden Mehr- und Minderkosten für die energetisch relevanten Sanierungsmaßnahmen durch Einholung von Kostenabschätzungen und Angeboten für die einzelnen Gewerke erhoben. Diese Sanierungsmaßnahmen wurden in Kosten im Hoch- und Tiefbau gemäß ÖNORM 1801-Teil 1 in der Kostenschätzung in die Kostenbereiche 1 – 6, sowie den zusätzlichen Planungskosten Kostenbereich 7 erfasst und untergliedert.

Um die Baukosten der unterschiedlichen Gewerke einheitlich darzustellen, wurden die Baukosten immer auf die Bruttogrundfläche in €/m² BGF umgerechnet. In den Kostenangaben ist die Umsatzsteuer nicht enthalten (Netto-Angabe).

Nicht erfasste Kosten:

Generelle Baukosten für Sanierung und Umbauten für Neunutzung

- Statische Sanierungsmaßnahmen
- Sanierung bautechnischer Schäden
- Sanierung von Oberflächenschäden
- Abriss von Zwischenwänden und Einbauten, Herstellen von Auswechslungen, Errichtung von neuen Zwischenwänden, abgehängten Decken, Fußböden für die Adaptierungen auf die neuen Nutzungsfunktionen
- Erneuerung der Oberflächen
- Erneuerung der haustechnischen Anlagen, Elektro, Wasser, Kanal, Aufzugsanlagen, Sicherheitseinrichtungen, Beleuchtung, ID-Anlagen, etc. (für Heizung, Kühlung und Lüftung und Abwasserwärmerückgewinnung wurden Mehrkosten je Variante erhoben)

⁴³ Auskunft von Günter Trimmel, Architekturbüro Trimmel Wall Architekten ZT GmbH

- Adaptierung und Erneuerung der gesamten Infrastruktur Stromnetz, Starkstromnetz, Wassernetz, Kanalnetz, Kommunikationsnetz, Straßennetz, etc. (für Wärmenetz und Kältenetz wurden Kosten erhoben)

Erfasste Kosten:

Energetisch relevante Sanierungskosten Mehr-/Minderkosten

- Energetische Optimierung von Bauteilen: Außenwand-Innendämmung, Dachdämmung, Erdreich-/Kellerdeckendämmung, Luftdichte Gebäudehülle
- Energetische Optimierung von Fenstern und Türen, Sonnenschutz
- Energetische Optimierung von haustechnischen Anlagen
 - Hocheffiziente Wärmerückgewinnung für Lüftungsanlagen
 - Hocheffiziente Wärmerückgewinnung für Abwasser
- Energieeffizientere Geräte und Anlagen als Standard

- Infrastruktur Wärmeversorgung am gesamten Otto-Wagner-Areal
 - Variante Fernwärmeversorgung
 - Variante Erdwärme durch Ringgrabenkollektoren
 - Variante Erdwärme durch Tiefenbohrungen

- Kosten für erneuerbare Energie-Erzeugungsanlagen
 - PV-Dachanlagen
 - PV-Fassaden bzw. PV-Balkonpaneele
 - Wechselrichter und Steuerungen

Varianten für die energetisch relevanten Bauwerks- und Planungskosten

Für nachfolgende systematische Baugliederungen wurden gemäß ÖNORM 1801-Teil 1 in folgenden Kostenbereichen relevante Mehr- oder Minderkosten erhoben und nach unterschiedlich gutem energetischen Sanierungsstandard ausgewertet.

Table 55: Zuordnung der Komponenten und Leistungen in Kostenkategorien

Kostenkategorie	Komponenten und Leistungen
1 - Aufschließung	1C: Versorgungsanlagen und -leitungen außerhalb des Objektes 1D: Rückbaumaßnahmen
2 - Bauwerk-Rohbau	2B: Baugrubenherstellung 2C: Bodenkonstruktionen und Bauwerksabdichtungen 2G: Versorgungsleitungen und Rauch-und Abgasfänge
3 - Bauwerk-Technik	3D: Lüftungsanlagen 3E: Wasseranlagen
4 - Bauwerk-Ausbau	4B: Dachbeläge, Dachöffnungen 4C: Fassadenverkleidungen, Fassadenöffnungen, Sonnenschutz, Außenhülle erdberührt 4D: Bodenbeläge
7 - Planungsleistungen	7C: Planungs-, Beratungs- und Managementleistungen

Tabelle 56: Ermittelte Mehrkosten in €/m²_{BGF} gegenüber einer Sanierung ohne energetische Verbesserungsmaßnahmen (Baseline-Sanierung) unterteilt nach Kostengruppen gemäß ÖNORM 1801-Teil 1. Die ermittelten energetischen Mehrkosten von Einzelmaßnahmen wurden immer auf die Bruttogrundfläche des gesamten Otto-Wagner-Areals umgelegt.

	Sanierung mit 30% energetischer Verbesserung (€/m ² _{BGF})	Sanierung mit 50% energetischer Verbesserung (€/m ² _{BGF})	Sanierung mit 70% energetischer Verbesserung (€/m ² _{BGF})	OWAplus mit 90% energetischer Verbesserung (€/m ² _{BGF})
Erdarbeiten, Baugrube	0,61	1,02	1,62	3,05
Gründungen, Bodenkonstruktionen	10,77	10,77	14,36	21,54
Klima-/ Lüftungsanlagen	12,31	24,62	24,62	24,62
Sanitär-/ Gasanlagen	-	-	-	5,00
Dachverkleidung	15,73	28,61	41,48	90,34
Fassadenhülle	39,94	70,93	99,44	152,05
Innenausbau	7,01	7,01	10,52	13,15
Planungsleistungen	15,00	30,00	30,00	45,00
SUMME	101,38	172,96	222,05	354,75

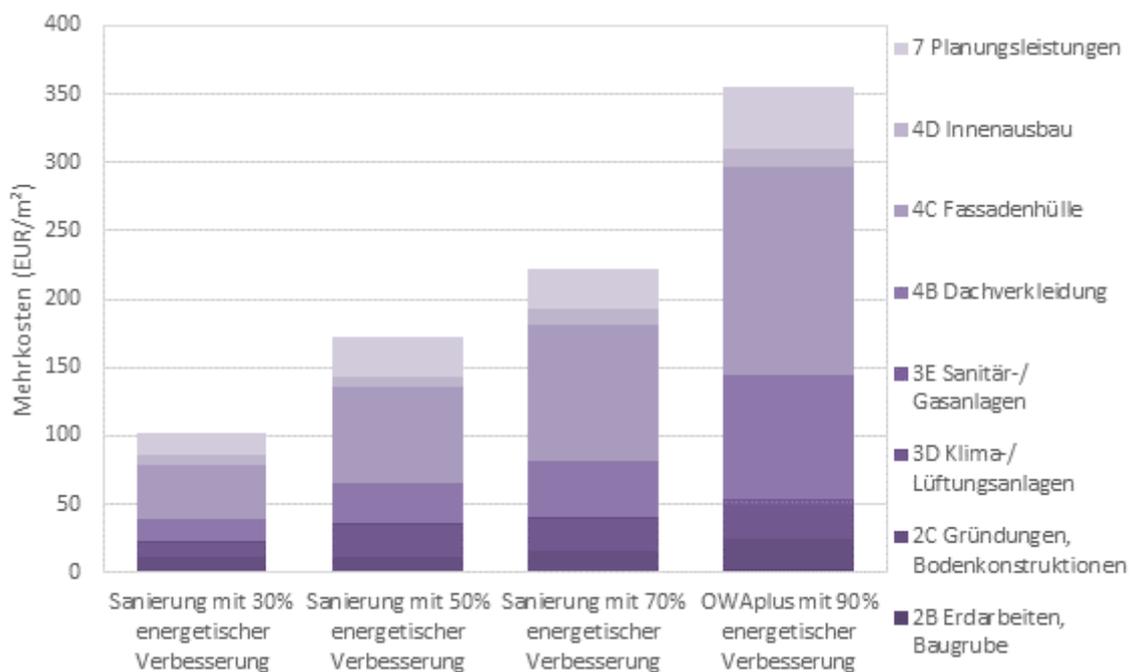


Abbildung 102: Ermittelte Mehrkosten für energetische Verbesserungen je Quadratmeter Bruttogrundfläche gegenüber einer Sanierung ohne energetische Verbesserungsmaßnahmen (Baseline-Sanierung), unterteilt nach Kostengruppen gemäß ÖNORM 1801-Teil 1 (Quelle: LANG consulting)

Varianten für die Wärme- und Kälte-Infrastruktur Investitionskosten

Investitionskosten Ringgrabenkollektor

In der folgenden Kostenschätzung⁴⁴ ist der gesamte Kollektor inklusive Rohr- und Solematerial, Baggereinsatz und Verlegearbeiten, sowie Nebenkosten enthalten.

Gesamtkosten Kollektor je kW	€	630,-/kW
<u>Zusatzkosten für Wärmepumpen und Technik</u>	€	<u>350,-/kW</u>
Gesamtkosten Ringgrabenkollektor inkl. Technik	€	980,-/kW

Investitionskosten Tiefenbohrung

Tiefenbohrerexperten kalkulieren für ein derartiges Gelände mit leichter Hanglage und Stein bzw. Fels in den tieferen Schichten mit Gesamterrichtungskosten von € 49,- pro Laufmeter Bohrloch. In diesen Kosten sind die Anbindung an das Gebäude und Bewilligungskosten nicht erhalten.⁴⁵

Für die Kalkulation wurde eine konservative Annahme mit lediglich einer Heizleistung von 35 Watt je Laufmeter Bohrpfahl angenommen. Daraus ergibt sich eine Leistung von 3,7 kW je Bohrpfahl mit 105 Metern Länge. Bei Gesamterrichtungskosten von € 49,- pro Laufmeter Bohrloch zuzüglich 5% Nebenkostenaufschlag ergeben sich Kosten von € 1.470,-/kW zuzüglich Zusatzkosten für Wärmepumpen und Technik von € 350,-/kW.

Gesamtkosten Tiefenbohrung je kW	€	1.470,-/kW
<u>Zusatzkosten für Wärmepumpen und Technik</u>	€	<u>350,-/kW</u>
Gesamtkosten Tiefenbohrung inkl. Technik	€	1.820,-/kW

Daraus errechnen sich auf Basis der in Kapitel 3.4.2. Wärme- und Kältebereitstellung ermittelten spezifischen Anwendungseignungen für Ringgrabenkollektoren bzw. Tiefenbohrungen durchschnittliche Investitionskosten für deren Infrastruktur am Gesamtareal von € 41,- pro Quadratmeter Bruttogrundfläche.

Investitionskosten Fernwärme und Fernkälte

Die für Fernwärme und Fernkälte kalkulierten Investitionskosten belaufen sich gemäß Auskunft aus Fachkreisen auf:

Fernwärmenetz	€	12.200.000,- (inkl. Warmwasser-Wärmebereitstellung)
<u>Fernkältenetz</u>	€	<u>8.000.000,-</u>
Fernwärme gesamt	€	20.200.000,-

Daraus errechnen sich durchschnittliche Investitionskosten für eine neue Fernwärme- und Fernkälte-Infrastruktur am Gesamtareal von € 123,- pro Quadratmeter Bruttogrundfläche.

⁴⁴ Auskunft Arne Komposch, ringgrabenkollektor.at, 03.2020

⁴⁵ Auskunft Fa. S&K Brunnenbohr GmbH vom 12.03.2020

Gesamtdarstellung der Investitionskosten unterschiedlicher Varianten

Für die Annahme der energetisch nicht relevanten Baukosten, sowie Honorare und Finanzierung wurde auf die Kostenschätzungen durch Deloitte für die Generalsanierung des Otto-Wagner-Areals zurückgegriffen, welche diese mit rund € 3.100,- pro Quadratmeter Bruttogrundfläche abgeschätzt haben.

Tabelle 57 fasst die Investitionskosten zusammen. Die energetisch nicht relevanten Baukosten machen den größten Anteil in allen Varianten aus, während die energetisch relevanten Baukosten mit der Gebäudequalität zunehmen. Im Gegenzug fallen hohe Investitionen in das Fernwärmenetz in der OWAplus-Variante (unter Annahme einer Versorgung mit einem Wärmepumpen-System) weg. In Abbildung 103 wird dieser Kostenvergleich grafisch dargestellt.

Tabelle 57: Auflistung der Investitionskosten je nach Variante

	Sanierung ohne energetische Verbesserung (€/m ² _{BGF})	Sanierung mit 30% energetischer Verbesserung (€/m ² _{BGF})	Sanierung mit 50% energetischer Verbesserung (€/m ² _{BGF})	Sanierung mit 70% energetischer Verbesserung (€/m ² _{BGF})	OWAplus mit 90% energetischer Verbesserung (€/m ² _{BGF})
Honorare, Finanzierung	400	400	400	400	400
Baukosten	2 700	2 700	2 700	2 700	2 700
Energetische Baukosten	-	100	170	225	355
Heiz- / Kühl- infrastruktur	123	123	123	123	41
PV-System	-	-	-	-	38
SUMME	3 223	3 323	3 393	3 448	3 534

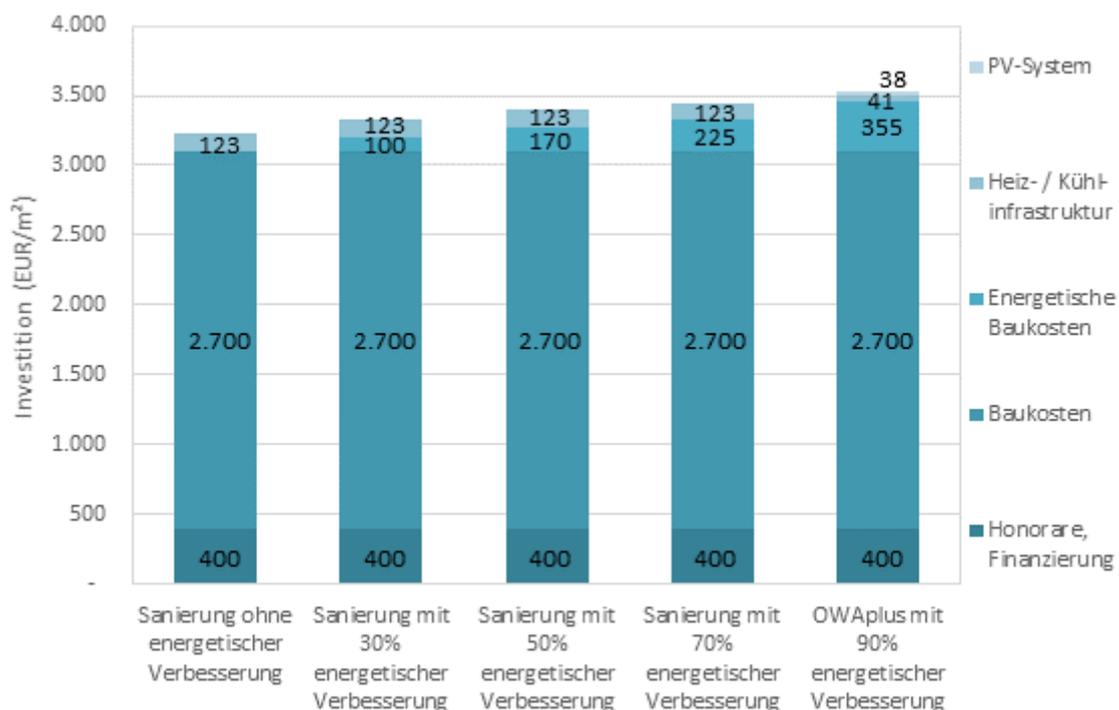


Abbildung 103: Gegenüberstellung der Investitionskosten je Sanierungsvariante (Quelle: LANG consulting)

Beurteilung der Wirtschaftlichkeit (Lebenszykluskosten nach Barwertmethode)

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit verschiedener Sanierungsvarianten kommt die Methode der Berechnung der Lebenszykluskosten nach Barwertmethode zur Anwendung. Folgende Annahmen bezüglich Zinssätzen, Darlehenslaufzeit, Energiepreisen und Energiepreissteigerungen wurden getroffen:

Tabelle 58: Annahmen für die Berechnung der Lebenszykluskosten nach Barwertmethode

Zinssatz für Bankdarlehen	3%
Darlehenszeit	15 Jahre
Interner Zinssatz	3%
Strompreis im 1. Jahre	0,12 €/kWh
Fernwärmepreis im 1. Jahre	0,10 €/kWh
Fernkältepreis im 1. Jahre	0,15 €/kWh
Energiepreissteigerung	2%

Es wurden vier unterschiedliche Varianten hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit verglichen – drei Varianten, welche weiterhin auf die Nutzung von Fernwärme und zusätzlich auf Fernkälte setzen, jedoch auf einer unterschiedlichen Qualität der thermischen Sanierung aufbauen, sowie die Variante der Plus-Energie-Sanierung, welche noch weitere Investitionen in die thermische Sanierung, eine Umstellung auf Erdwärme mittels Ringgrabenkollektor und Tiefensonde sowie die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen vorsieht.

Tabelle 59: Vergleich des Endenergiebedarfs je nach Sanierungsvariante in kWh/m²a

	Baseline-Sanierung	Konventionelle 30 % Sanierung	Mittlere 50 % Sanierung	70 % Sanierung	Plus-Energie-Sanierung
Heizen (kWh/m ² a)	146	102	73	44	5
Kühlen (kWh/m ² a)	26	24	21	19	2
Warmwasser (kWh/m ² a)	38	34	30	26	3
Strom (kWh/m ² a)	66	56	46	37	27

In den Varianten werden die Investitionskosten sowie die Betriebskosten für Fern- bzw. Erdwärme, Kühlung, Warmwasser sowie Strom verglichen. Für die Berechnung der jährlichen Investitionskosten wurde ein 15-jähriges Bankdarlehen mit einer Verzinsung von 3 % angenommen. Die Angaben sind bewusst sehr vorsichtig gewählt, etwa hinsichtlich einer Energiepreissteigerung von 2 %. Eine höhere Energiepreissteigerung, bedingt etwa durch eine CO₂-Besteuerung, würde sich negativ auf jene Varianten mit höheren Energieverbräuchen auswirken.

Die Kosten werden mit einem internen Zinssatz von 3 % nach Barwertmethode abdiskontiert, da für Investoren aktuelle Zahlungen schwerer wiegen als jene in der Zukunft. Dies hat einen im Zeitverlauf reduzierenden Effekt auf die dargestellten Investitions- und Energiekosten. Förderoptionen für energetisch und klimapolitisch günstigere Varianten sind nicht berücksichtigt.

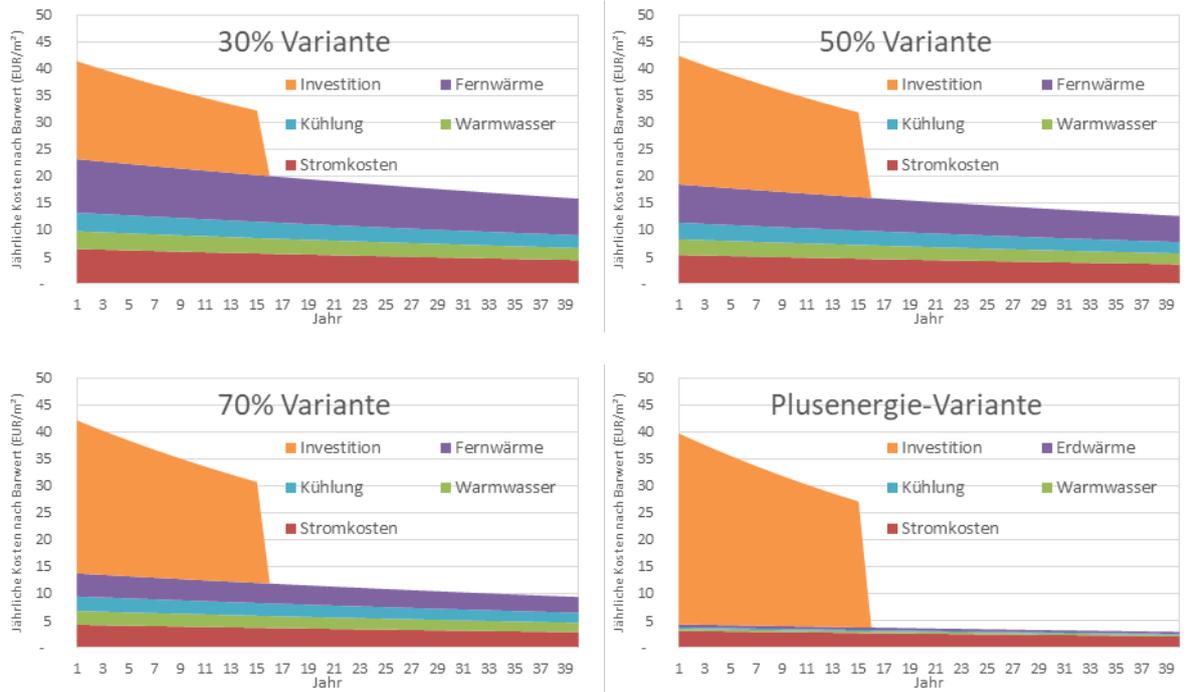


Abbildung 104: Gegenüberstellung der jährlichen Kosten für die vier Sanierungsvarianten auf 40 Jahre bei einer Laufzeit der Bankdarlehen von 15 Jahren (Quelle: LANG consulting)

Die in Abbildung 104 dargestellten Kostenverläufe zeigen die energetisch relevanten Investitionskosten (welche über die Baseline-Sanierung hinausgehen) sowie die Energiekosten im Verlauf von 40 Jahren. Der Vergleich zeigt deutlich auf, dass trotz der höheren Investitionskosten in eine qualitativ hochwertige Sanierung die Plusenergie-Variante die günstigste der vier berechneten Varianten ist. Die Summe der Investitionskosten (auf 15 Jahre aufgeteilt finanziert) und der Betriebskosten (Energiekosten) ist in der Plusenergie-Variante sogar vom ersten Jahr an günstiger (aufgrund der sehr niedrigen Energiekosten dieser Variante). Besonders deutlich wird der Unterschied aber nach (Rück-)Zahlung aller Investitionskosten – also bei alleiniger Betrachtung der Energiekosten.

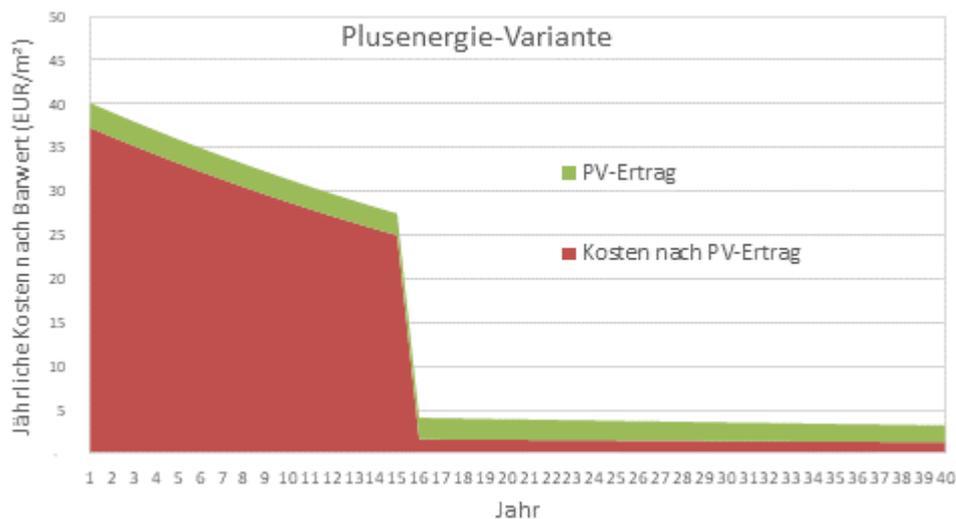


Abbildung 105: Jährliche Kosten (Energie plus energetische Investitionskosten) für die Variante der Plus-Energie-Sanierung abzüglich des Photovoltaik-Ertrags (Summe Eigenverbrauch und Einnahmen aus Netzeinspeisung) (Quelle: LANG consulting)

Für die Photovoltaik wurde angenommen, dass 60 % des erzeugten Solarstroms direkt am Areal verwendet werden können. Damit ließe sich der aus dem Stromnetz zu beziehende Strom deutlich reduzieren. Darüber hinaus könnten die restlichen 40 % in das Netz eingespeist werden. Zukünftig wäre auch anzudenken, die Überproduktion vor Ort über ein Wärmepumpen-System effizient in thermischen Pufferspeichern oder elektrischen Speichern zu speichern, um den Eigenversorgungsgrad weiter zu steigern.

3.7.2. „Co-Benefits“ – Zusatznutzen von Plusenergiesanierungen

Abgesehen von Energieeinsparungen bringen umfassend bzw. tiefgreifend renovierte Gebäude („deep renovated buildings“) auch weitere Vorteile, wie zum Beispiel gesundheitliche Vorteile, Produktivitätsvorteile und makroökonomische Vorteile mit sich.⁴⁶ In der Literatur werden diese zusätzlichen Vorteile bzw. Nutzen auch als „Co-Benefits“ oder Mehrfachauswirkungen (multiple impacts) bezeichnet. Diese gehen über die traditionellen Schwerpunkte der Effizienzpolitik, wie die Verringerung der Energienachfrage und der THG-Emissionen hinaus und tragen zur wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Entwicklung bei.⁴⁷

Einige Studien⁴⁸ deuten sogar darauf hin, dass diese zusätzlichen Effekte einen höheren Wert haben können als der direkte Nutzen, nämlich Energieeinsparungen. Investitionen in die Gebäudesanierung erfolgen in der Regel durch einen Vergleich der direkten Kosten und des direkten Nutzens. Dieser Ansatz würde das Potenzial einer tiefgreifenden Sanierung unter dem Credo der Energieeffizienz unterbewerten. Die Erörterung der vielfältigen Auswirkungen von Investitionen in das Otto-Wagner-Areal ist aus den folgenden drei Gründen wichtig:

1. Gesamtüberblick herstellen: Es soll ein Bild vermittelt werden, wie die Investitionen zur ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Entwicklung beitragen. Die Einbeziehung von Zusatznutzen in die Entscheidungsanalyse liefert ein vollständigeres Bild in Bezug auf die Bewertung des Potenzials des Projekts über die traditionelle Betrachtung hinaus.
2. Fokus auf lokale Ziele: Einige der vielfältigen Auswirkungen von Investitionen in dieses Projekt werden nur auf lokaler Ebene zum Tragen kommen. Zum Beispiel werden die Vorteile der Arbeitsproduktivität auf lokaler Ebene realisiert, insbesondere für die Menschen, die in den Gebäuden arbeiten oder leben.
3. Betonung der sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Entwicklung: Die Untersuchung zeigt, wie das Projekt Otto-Wagner-Areal zur allgemeinen ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung beitragen kann. Auswirkungen wie die Verbesserung der Gesundheit, der Arbeitsproduktivität und des Komforts würden das Wohlbefinden der Menschen, die in den Otto-Wagner-Gebäuden leben/arbeiten, erhöhen und damit zum sozialen Wohlstand und zum Wohlergehen Österreichs beitragen.

⁴⁶ Bleyl, J., Bareit, M., Casas, M., Coolen, J., De Bruyn, B., Hulshoff, A., ... & Robertson, M. (2017). Building deep energy retrofit: Using dynamic cash flow analysis and multiple benefits to convince investors. In ECEEE Summer Study Proceedings (p. 1130).

⁴⁷ Campbell, N., Ryan, L., Rozite, V., Lees, E., & Heffner, G. (2014). Capturing the multiple benefits of energy efficiency. IEA: Paris, France

⁴⁸ Zum Beispiel: Ryan, L., & Campbell, N. (2012). Spreading the net: the multiple benefits of energy efficiency improvements.

Thema, J., Suerkemper, F., Thomas, S., Teubler, J., Couder, J., Chatterjee, S., ... & Below, D. V. (2017). More than energy savings: quantifying the multiple impacts of energy efficiency in Europe.

Die möglichen Mehrfachwirkungen von Plus-Energie-Gebäuden werden nachstehend anhand einer Wirkungspfadkarte dargestellt:

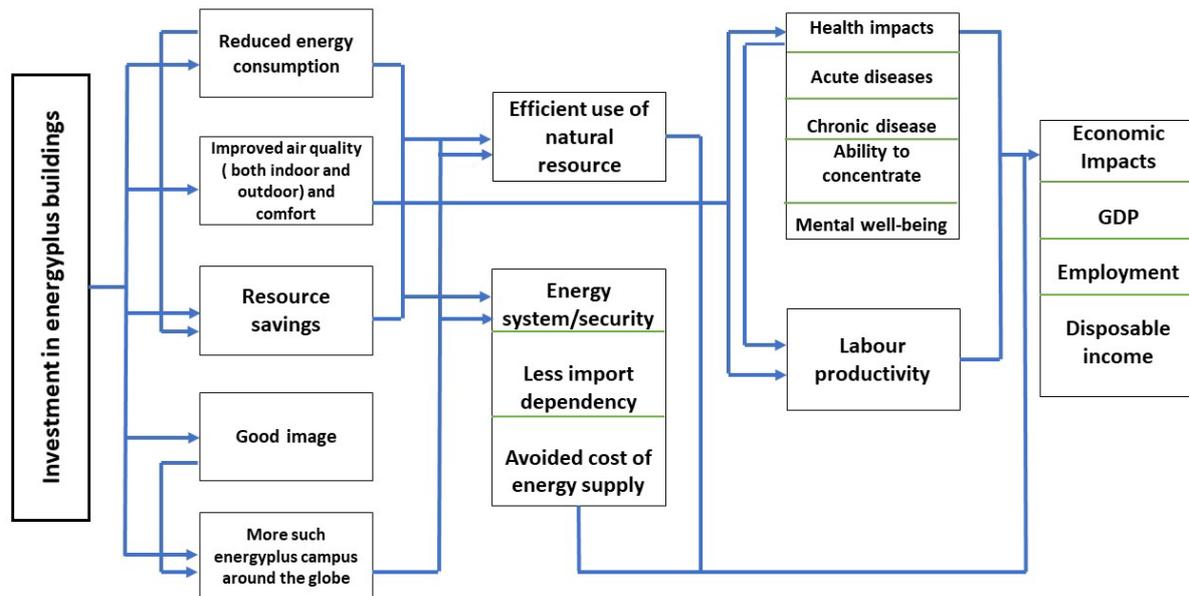


Abbildung 106: Mögliche Mehrfachwirkungen (Quelle: CEU)

Diese Wirkungspfadkarte (impact pathway map) zeigt, wie die Investition in Plus-Energie-Gebäude viele wichtige Auswirkungen haben würde, wie z.B. die Einsparung natürlicher Ressourcen, eine Imageverbesserung für die CEU, da sie deren Engagement für eine nachhaltige Gesellschaft demonstriert, oder eine verbesserte Luftqualität. Einige dieser Auswirkungen führen darüber hinaus zu weiteren Auswirkungen - zum Beispiel führt eine verbesserte Luftqualität zu einem verbesserten Gesundheitszustand, was wiederum zu einer höheren Arbeitsproduktivität führt. Eine verbesserte Arbeitsproduktivität trägt zu makroökonomischen Parametern wie BIP-Wachstum, erhöhte Einnahmen des öffentlichen Haushalts und mehr Beschäftigung bei. Im Folgenden werden wichtige Mehrfachauswirkungen von Plus-Energie-Nachrüstungen näher erläutert.

Gesundheit

Ein ungünstiger Gesundheitszustand aufgrund schlechter Qualität der Innenraumluft ist ein häufiges Phänomen. Die schlechte Luftqualität in Innenräumen führt schätzungsweise zu einem Verlust von über zwei Millionen Lebensjahren in der EU.⁴⁹

Teilsanierungen, wie die ausschließliche Renovierung der Fenster, können die Belastung durch Innenraumverschmutzung nicht verhindern, da Schadstoffe durch Gebäuderisse infiltrieren würden, wenn die Gebäudehüllen nicht vollständig luftdicht sind. Darüber hinaus ist es wichtig festzustellen, dass eine luftdichte Gebäudehülle nicht nur eine hohe thermische Effizienz bietet, sondern auch das Risiko der Entwicklung von Schimmel und Kondensation im Inneren des Gebäudes verringert.⁵⁰ In

⁴⁹ Asikainen, A., Carrer, P., Kephelopoulou, S., de Oliveira Fernandes, E., Wargocki, P., & Hänninen, O. (2016). Reducing burden of disease from residential indoor air exposures in Europe (HEALTHVENT project). *Environmental Health*, 15(1), S35.

⁵⁰ O'Meara, G. (2016). A Review of the Literature on Fuel Poverty with a Focus on Ireland. *Social Indicators Research*, 128(1), 285-303.

einer Studie von Fisk et al.⁵¹ (2007) wurde geschätzt, dass Feuchtigkeit und Schimmel das Risiko von Gesundheitsproblemen im Zusammenhang mit Atemwegserkrankungen und Asthma um 30-50% erhöhen können.

Zur Verbesserung des Gesundheitszustandes der Bewohner*innen bzw. zur Vermeidung von Schadstoffbelastungen ist daher eine tiefgreifende Sanierung der Gebäude unter vollständiger Luftdichtheit erforderlich. Technologisch fortschrittliche Gebäude, wie die OWA Plus-Energie-Gebäude, weisen eine gute Luftdichtheit auf, wobei ein mechanisches Belüftungssystem installiert ist, das einen konstanten Luftstrom in den Innenräumen gewährleistet und eine stabile Luftwechselrate in den Innenräumen aufrechterhält. Der konstante Luftstrom und die stabile Luftaustauschrate reduzieren die Schadstoffkonzentration in der Innenluft (da eine umgekehrte Beziehung zwischen Luftstrom und Schadstoffkonzentration in Innenräumen besteht).⁵² Im Zuge der Corona-Pandemie hat sich auch gezeigt, dass eine gute Belüftung von Räumen das Ansteckungsrisiko deutlich reduziert. Eine luftdichte Gebäudehülle und der in der mechanischen Lüftungsanlage installierte Filter verhindern darüber hinaus, dass verschmutzte Außenluft in die Innenräume eindringt.⁵³ Mehrere Studien⁵⁴ haben festgestellt, dass Bewohner*innen, die in tiefgreifend renovierten Gebäuden wie Passivhäusern oder Plus-Energie-Gebäuden leben und arbeiten, einen besseren Gesundheits- und Komfortzustand aufweisen als Bewohner*innen, die in nicht sanierten bzw. nur geringfügig sanierten Gebäuden leben.

Komfort

Der Komfort für die Bewohner*innen gilt als einer der wichtigsten Zusatznutzen im Rahmen der Nachrüstung eines Gebäudes. Eine energetische Sanierung verbessert nicht nur den thermischen sondern auch den mentalen, visuellen und akustischen Komfort.⁵⁵ Dabei ist es wichtig zu beachten, dass Komfort - insbesondere thermische Behaglichkeit - kein psychischer Zustand ist, sondern vielmehr mit einigen Parametern der Innenraumumgebung wie Temperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit gemessen wird.⁵⁶ Neben diesen Umweltparametern gibt es zwei persönliche Parameter, nämlich die Stoffwechselrate (metabolic rate) und die Wärmedämmung durch Kleidung, die den thermischen Komfort des Bewohners

⁵¹ Fisk, W. J., Lei-Gomez, Q., & Mendell, M. J. (2007). Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes. *Indoor air*, 17(4), 284-296.

⁵² Asikainen, A., Carrer, P., Kephelopoulou, S., de Oliveira Fernandes, E., Wargocki, P., & Hänninen, O. (2016). Reducing burden of disease from residential indoor air exposures in Europe (HEALTHVENT project). *Environmental Health*, 15(1), S35.

⁵³ Hänninen, O., & Asikainen, A. (2013). Efficient reduction of indoor exposures-Health benefits from optimizing ventilation, filtration and indoor source controls.

⁵⁴ Wallner, P., Tappler, P., Munoz, U., Damberger, B., Wanka, A., Kundi, M., & Hutter, H. P. (2017). Health and wellbeing of occupants in highly energy efficient buildings: a field study. *International journal of environmental research and public health*, 14(3), 314.

⁵⁵ Vgl. Vellenga-Persoon, S., & Höngens, T. (2015). Acoustic measurements in retrofit buildings lead to a sustainable design of a (semi-) open plan office. *Energy Procedia*, 78, 1641-1646.

Vgl. Mainini, A. G., Bonato, D., Poli, T., & Speroni, A. (2015). Lean strategies for window retrofit of Italian office buildings: Impact on energy use, thermal and visual comfort. *Energy Procedia*, 70, 719-728.

⁵⁶ Zuhair, S. (2019). Deep-retrofit decision-making support for achieving nearly zero-energy buildings with enhanced comfort (Doctoral dissertation, NUI Galway).

Singh, M. K., Attia, S., Mahapatra, S., & Teller, J. (2016). Assessment of thermal comfort in existing pre-1945 residential building stock. *Energy*, 98, 122-134.

Geng, Y., Ji, W., Lin, B., & Zhu, Y. (2017). The impact of thermal environment on occupant IEQ perception and productivity. *Building and Environment*, 121, 158-167.

beeinflussen.⁵⁷ Im Gegensatz zu den persönlichen Parametern können die Umweltparameter durch eine tiefgreifende Sanierung von Gebäuden beeinflusst werden. Mit anderen Worten: das thermische Komfortniveau der Bewohner*innen kann durch die Kontrolle der Umweltparameter in Innenräumen durch eine tiefgreifende Renovierung (insbesondere thermische Verbesserung der Gebäudehülle) der Gebäude erheblich verbessert werden. Akustische Beschwerden hingegen werden meist durch mehrere interne und externe Faktoren verursacht, wie Außenlärm, Lärm aus angrenzenden Räumen, Lärm von Bürogeräten und Lärm nahegelegener Einrichtungen, die keinen Bezug zu den Umweltparametern in Innenräumen haben. Dieses akustische Unwohlsein kann jedoch psychischen Stress verursachen und erhöht zudem die Wahrscheinlichkeit von Herz-Kreislauf-Erkrankungen.⁵⁸ Da Plus-Energie-Gebäude eine sehr gute Luftdichtheit gewährleisten und zudem einen hohen Dämmstandard aufweisen, kann der akustische Komfort durch Verringerung der Belastung durch Außengeräusche erreicht werden.

Arbeitsproduktivität

Arbeitsproduktivität wird gewöhnlich als das Verhältnis zwischen Output und Input definiert. Im Falle des Arbeitseinsatzes bezieht sie sich auf die in eine wirtschaftliche Tätigkeit investierten Arbeitsstunden. Sie kann wie folgt definiert werden:⁵⁹

$$\text{Arbeitsproduktivität} = \frac{\text{Output (Arbeitsleistung)}}{\text{Arbeitsstunden}}$$

Die Arbeitsproduktivität misst die Effizienz einer einzelnen Einheit, die ihren Arbeitseinsatz (Arbeitsstunden) zur Produktion von Leistungen/Dienstleistungen einsetzt. Die Effizienz eines Individuums kann stark von der Raumluftqualität beeinflusst werden. Wie bereits im Abschnitt zu den Auswirkungen auf die Gesundheit erörtert wurde, kann sich die Luftqualität in Innenräumen, die sowohl die Belastung durch Innen- als auch durch Außenluftverschmutzung umfasst, nicht nur auf den individuellen Gesundheitszustand und damit auf den Verlust produktiver Arbeitstage auswirken, weil an gebäudebedingten Krankheiten gelitten wird. Sie beeinflusst auch die Qualität der Arbeit, indem sie das psychische Wohlbefinden beeinträchtigt.⁶⁰ Trotz der vorliegenden Erkenntnisse gibt es jedoch nur wenige Indikatoren zur Schätzung der mit der Innenraumluftqualität zusammenhängenden Arbeitsproduktivität. In der Studie von Bleyl et al.⁶¹ werden zwei spezifische Indikatoren diskutiert, nämlich die aktiven Tage und die Leistungsfähigkeit der Belegschaft (workforce performance), die die Auswirkungen von Luftverschmutzung in Innenräumen auf die Arbeitsproduktivität abschätzen. In dieser Arbeit werden auch diese beiden Indikatoren verwendet, welche im Folgenden erläutert werden.

⁵⁷ Arif, M., Kafatygiotou, M., Mazroei, A., Kaushik, A., & Elsarrag, E. (2016). Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5(1), 1-11.

⁵⁸ Maschke, C., & Niemann, H. (2007). Health effects of annoyance induced by neighbour noise. *Noise Control Engineering Journal*, 55(3), 348-356.

⁵⁹ Attar, A. A., Gupta, A. K., & Desai, D. B. (2012). A study of various factors affecting labour productivity and methods to improve it. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 1(3), 11-14

⁶⁰ Lee, Y. S., & Kim, S. K. (2008). Indoor environmental quality in LEED-certified buildings in the US. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 7(2), 293-300

⁶¹ Bleyl, J. W., Bareit, M., Casas, M. A., Chatterjee, S., Coolen, J., Hulshoff, A., ... & Ürge-Vorsatz, D. (2019). Office building deep energy retrofit: life cycle cost benefit analyses using cash flow analysis and multiple benefits on project level. *Energy Efficiency*, 12(1), 261-279.

1. Aktive Tage (Active days): Dieser Indikator ist eine Kombination aus Abwesenheit/Absentismus (absenteeism) und Präsentismus (presenteeism), wobei Absentismus bedeutet, wegen einer Krankheit der Arbeit fernzubleiben, die aus der schlechten Luftqualität im Gebäude resultiert (= building related illness, BRI), während Präsentismus bedeutet, mit einer Krankheit zu arbeiten bzw. trotz Krankheit zu arbeiten.⁶² Die Reduktion von Absentismus wie Präsentismus sind sowohl für die Arbeitnehmer*innen als auch für die Arbeitgeber*innen ein wichtiges Anliegen. Viele produktive Arbeitstage sind aufgrund von gebäudebedingten Erkrankungen (BRI, building related illness) beeinträchtigt.⁶³ Eine Studie⁶⁴ schätzt die Kosten von Fehlzeiten aufgrund von BRI in den USA auf bis zu 34 Milliarden US-Dollar. Andererseits gibt es, abgesehen von der Studie von Chatterjee und Ürge-Vorsatz⁶⁵, keine Studie, die den BRI-bezogenen Arbeitsausfall schätzt.
2. Leistungsfähigkeit der Belegschaft (workforce performance): Wie in der Studie von Bleyl et al. definiert, kann die Leistung der Belegschaft als Arbeitseinsatz der Belegschaft pro Zeiteinheit definiert werden, wobei Belegschaft als Summe aller Mitarbeiter an einem Arbeitsplatz (in einem Betrieb) definiert ist. Es gibt meist drei Wege, auf denen die Leistungsfähigkeit der Belegschaft erreicht wird: 1) durch die Verminderung psychischer Störungen, 2) durch die Verbesserung des psychischen Gesundheitszustands (thermischer Komfort hilft bei der Verbesserung des Gemütszustands⁶⁶), und schließlich 3) durch die Verbesserung der Konzentrationsfähigkeit (durch die Vermeidung von Schimmel- und Pilzwachstum bewirkt durch effektive Luftfilterung kann eine bessere Konzentrationsfähigkeit erreicht werden⁶⁷).

Image der Institution

Moderne Unternehmen, einschließlich Bildungseinrichtungen, ergreifen viele Maßnahmen zur Verbesserung ihrer Umwelt- bzw. Nachhaltigkeitsbilanz. Für Wirtschaftsunternehmen kann es ein Marketinginstrument sein, "nachhaltig" oder "grün" zu werden, mit dem sie eine positive Botschaft über ihre Unternehmen aussenden. Für Bildungseinrichtungen ist Nachhaltigkeit jedoch nicht nur ein Marketinginstrument, sondern darüber hinaus ist das Engagement für Nachhaltigkeit von

⁶² Caverley, N., Cunningham, J. B., & Macgregor, J. N. (2007). Sickness presenteeism, sickness absenteeism, and health following restructuring in a public service organization. *Journal of Management Studies*, 44(2), 304–319.

⁶³ Fisk, W. J., & Rosenfeld, A. H. (1997). Estimates of improved productivity and health from better indoor environments. *Indoor Air*, 7(3), 158–172.

Arnetz, B. B., Sjögren, B., Rydén, B., & Meisel, R. (2003). Early workplace intervention for employees with musculoskeletal-related absenteeism: a prospective controlled intervention study. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 45(5), 499–506.

Chapman, R., Howden-Chapman, P., Viggers, H., Odea, D., & Kennedy, M. (2009). Retrofitting houses with insulation: a cost-benefit analysis of a randomised community trial. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 63(4), 271–277.

Arnetz, B. B., Sjögren, B., Rydén, B., & Meisel, R. 2003. "Early Workplace Intervention for Employees with Musculoskeletal-Related Absenteeism: A Prospective Controlled Intervention Study." *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 45 (5): 499–506.

Chapman, R, P Howden-Chapman, H Viggers, D O’Dea, and M Kennedy. 2009. "Retrofitting Houses with Insulation: A Cost-Benefit Analysis of a Randomised Community Trial." *Journal of Epidemiology and Community Health* 63 (4): 271–77. doi:10.1136/jech.2007.070037

⁶⁴ Fisk, W. J. (2000). Health and productivity gains from better indoor environments and their relationship with building energy efficiency. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25(1), 537–566.

⁶⁵ Chatterjee, S., & Ürge-Vorsatz, D. (2018). WP5 Social welfare: Quantification of productivity impacts D5. 4a Final report.

⁶⁶ Wargocki, P., Wyon, D. P., Sundell, J., Clausen, G., & Fanger, P. O. (2000). The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity. *Indoor Air*, 10(4), 222–236.

⁶⁷ Singh, J. (2005). Toxic moulds and indoor air quality. *Indoor and Built Environment*, 14(3–4), 229–234.

gesellschaftlicher Relevanz und kann das Image der Einrichtung verbessern. Diese Verbesserung des Images kann dazu beitragen, mehr Studierende anzuziehen. Darüber hinaus wünschen sich Mitarbeiter, dass ihre Institution gesellschaftlich wertvolle Arbeit leistet.

Makroökonomische Auswirkungen

Die makroökonomischen Auswirkungen setzen sich aus Auswirkungen wie BIP-Wachstum, Erhöhung des verfügbaren Einkommens und Erhöhung der Einnahmen des öffentlichen Haushalts zusammen⁶⁸. Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen, insbesondere Investitionen in die Renovierung von Gebäuden, können viele makroökonomische Auswirkungen haben, wie z.B. eine erhöhte Wirtschaftsleistung oder ein höheres verfügbares Einkommen durch Senkung der Energiekosten. Die meisten der Zusatznutzen bzw. Mehrfachwirkungen (multiple impacts) führen letztlich zu makroökonomischen Auswirkungen, und daher muss man bei der Berechnung der Mehrfachwirkungen/Zusatznutzen darauf achten, keinen Doppelerfassungsfehler zu begehen. Darüber hinaus ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass die meisten makroökonomischen Vorteile in zwei Kategorien eingeteilt werden, nämlich: kurzfristige Effekte oder alternativ auch als konjunkturelle Effekte bekannt, und langfristige Effekte, die auch als strukturelle Effekte bekannt sind. Ein Beispiel für kurzfristige Effekte könnten Investitionen in energieeffiziente Gebäude im ganzen Land sein, die die wirtschaftlichen Aktivitäten in Zeiten der Rezession ankurbeln können.⁶⁹ Andererseits ist ein gutes Beispiel für einen langfristigen makroökonomischen Effekt ein verbesserter Gesundheitszustand, wobei erhöhte Arbeitsproduktivität wiederum das Wirtschaftswachstum stützen kann.

Energiesicherheit und effiziente Verwendung natürlicher Ressourcen

Energieeffizienzmaßnahmen und energieeffiziente Technologien verringern die Energienachfrage, und eine Verringerung der Gesamtenergienachfrage spart natürliche Ressourcen, die andernfalls abgebaut und aufbereitet werden müssten⁷⁰. Der Prozess der Gewinnung und energetischen Umwandlung von fossilen Brennstoffen (energetische Ressourcen) verursacht erhebliche Emissionen wie Luft-, Boden- und Wasserverschmutzung, die die Umweltbelastung erhöhen. Daher ist diese effiziente Ressourcennutzung ein wesentlicher Weg zur Verringerung der Umweltbelastung. Darüber hinaus kann die effiziente Nutzung natürlicher Ressourcen zu Einsparungen bei den Energie-Lebenszykluskosten führen und auch die Abhängigkeit von Ressourcenimporten verringern, was zu einer höheren Energiesicherheit des Energiesystems eines Landes führt.

3.7.3. Lebenszyklus-Kosten- und Nutzenanalyse – Life cycle cost-benefit analysis (LCCBA)

Die Lebenszyklus-Kosten- und Nutzenanalyse (Life cycle cost-benefit analysis, LCCBA) ist eine Methode zur Bewertung der Gesamtkosten und des Gesamtnutzens einer Investition über den Lebenszyklus des Projekts. Bei der LCCBA wird darauf abgezielt, alle Arten von Kosten und Nutzen eines Gebäudes zu berücksichtigen. Es sollen verschiedene Alternativen verglichen und Erkenntnisse über die beste verfügbare Option gewonnen werden. Bei der Bewertung der Kosten und des Nutzens einer Investition/einer politischen Maßnahme muss daher die Perspektive der Bewertung zuvor

⁶⁸ Campbell, N., Ryan, L., Rozite, V., Lees, E., & Heffner, G. (2014). Capturing the multiple benefits of energy efficiency. IEA: Paris, France.

⁶⁹ Naess-Schmidt, S., Westh-Hansen, M. B., & Von Below, D. (2015). Literature review on macroeconomic effects of energy efficiency improvement actions. COMBI: Copenhagen, Denmark.

⁷⁰ Teubler, J., Bienge, K., & Wiesen, K. (2015). WP4 Resources: Literature review on resource benefits D4. 1 report. Wuppertal Institute: Wuppertal, Germany.

definiert werden. Im Allgemeinen wird von drei Perspektiven/Standpunkten ausgegangen, nämlich Perspektive des Endnutzers, gesellschaftliche Perspektive und Perspektive des öffentlichen Haushalts⁷¹.

Perspektive des Endnutzers: Diese Perspektive bezieht sich normalerweise auf die Verbraucher oder die Investoren einer bestimmten Investition. Sie liefert Informationen darüber, ob eine bestimmte Investition oder eine Politik für den Endnutzer kosteneffektiv ist. Beispielsweise können Investitionen in Bezug auf das Otto-Wagner-Projekt aus der Endnutzer-Perspektive bewertet werden, indem die möglichen Kosten (sowohl Betriebs- als auch Wartungskosten) und Nutzen (sowohl energiebezogene als auch nicht energiebezogen) über die Projektlaufzeit berücksichtigt werden.

Gesellschaftliche Perspektive: Theoretisch ist die gesellschaftliche Perspektive die Summe aller individuellen Kosten und Nutzen. Bei einer LCCBA, die aus der sozialen Perspektive durchgeführt wird, sollte immer auch der Verteilungseffekt der Kosten und Nutzen berücksichtigt werden.

Perspektive des öffentlichen Haushalts: Die Perspektive des öffentlichen Haushalts wird in der Regel dann herangezogen, wenn der Investor die Regierung ist. Diese Perspektive umfasst auch makroökonomische Kosten und Nutzen wie Anreize und Subventionen. Die Berücksichtigung von spezifischen Nutzeffekten für öffentliche Haushalte wie z.B. reduzierte öffentliche Gesundheitsausgaben oder sinkende externe Kosten für Umweltzerstörung sind möglich.

In den meisten Fällen hängt die Wahl der Perspektive einer LCCBA davon ab, wer die Analyse durchführt – wenn beispielsweise ein Investor eine solche Analyse durchführt, dann würde diese aus der Perspektive des Endnutzers unter Ausschluss des größten Teils der gesellschaftlichen Kosten (z.B. Treibhausgasemission-Emissionen, Luftverschmutzung) umgesetzt.

Im Fall des Otto-Wagner-Areals wird die LCCBA aus der Perspektive des Investors/des Endnutzers, im konkreten Fall die Central European University (CEU), durchgeführt. Der grundsätzliche mathematische Zusammenhang lautet folgendermaßen:

$$NC = \sum \frac{C_t}{(1+r)^t} - \sum \frac{B_t}{(1+r)^t}$$

mit

NC ... Nettokosten (Net costs),

C_t ... gesamte Kosten für das Jahr t,

B_t ... gesamter Nutzen für das Jahr t,

r ... Diskontrate

Zur Berechnung der Nettokosten werden also die mit der Diskontrate r abdiskontierten gesamten Kosten und Nutzen für jedes Jahr über den Betrachtungszeitraum der Investition summiert.

Die Gesamtkosten umfassen hier Investitionskosten (für die jeweilige Sanierungsvariante) und die energieverbrauchsbedingten Betriebskosten (für Heizung, Kühlung, Warmwasser und Strom). Der Gesamtnutzen umfasst den Gewinn an aktiven Tagen (active days gain), Zuwachs der Arbeitsproduktivität (workforce productivity) und Einnahmen aus der Einspeisung von Photovoltaikstrom (PV earnings). Die LCCBA wird für vier verschiedene Sanierungsvarianten und für

⁷¹ Chatterjee, S., Ürgе-Vorsatz, D., Thema, J., & Kelemen, Á. (2018). Synthesis Methodology D2. 4 Final report.

drei verschiedene Betrachtungszeiträume durchgeführt, nämlich für ein Jahr, für 15 Jahre und für 40 Jahre.

Die Quantifizierung des Gewinns an aktiven Tagen und des Zuwachses der Arbeitsproduktivität basiert auf einer Methodik, die von Chatterjee und Ürge-Vorsatz entwickelt wurde⁷². In dieser Berechnungsmethode wird angenommen, dass aufgrund einer besseren Luftqualität in den Innenräumen die Gesundheit der Mitarbeiter*innen profitiert, die krankheitsbedingten Arbeitsausfälle (durch Absentismus und Präsentismus) reduziert und die Arbeitsproduktivität der Belegschaft erhöht werden. Die bessere Luftqualität resultiert aus der hohen Luftdichtheit der Gebäudehülle und einer optimal eingestellten Lüftungsanlage, die für einen an hygienischen Erfordernissen orientierten Außenluftstrom sorgt und durch entsprechende Filter Schadstoffe, die in der Außenluft vorhanden sein können, reduziert. Im Fall der Anwendung dieser Methodik, die im Zuge dieser Machbarkeitsanalyse durchgeführt wurde, lautet das Ergebnis, dass für die Variante der Plus-Energie-Sanierung (OWAplus Retrofit) über die gesamte Belegschaft der CEU (1.407 Mitarbeiter*innen) in Summe 8.413 aktive Tage pro Jahr gewonnen werden (was 6 Tagen pro Person entspricht) und dass der Produktivitätszuwachs 355 Arbeitstage pro Jahr beträgt. Multipliziert mit einem mittleren Lohneinkommen in Österreich ergibt das die entsprechend monetarisierten Nutzen.

In der folgenden Abbildung werden die Ergebnisse der Lebenszyklus-Kosten- und Nutzenanalyse (LCCBA) für das Otto-Wagner-Areal dargestellt. Es werden vier Sanierungsvarianten unter drei Betrachtungszeiträumen (1 Jahr, 15 Jahre, 40 Jahre) verglichen: die Plus-Energie-Sanierung (OWAplus Retrofit) und drei Varianten einer konventionellen Sanierung mit unterschiedlichen Wärmeschutzstandards (Conventional 30% Retrofit, Medium 50% Retrofit, 70% Retrofit). Bei den Berechnungen wird unterstellt, dass die Zusatznutzen der zusätzlichen aktiven Tage, der erhöhten Arbeitsproduktivität und der Einnahmen aus eingespeisten Überschüssen aus der Produktion der Photovoltaikanlagen am Standort nur im Fall der Plus-Energie-Sanierung vollumfänglich wirksam werden. Die angenommene Diskontrate ist 3%.

Für alle drei Betrachtungszeiträume weist die Variante der Plus-Energie-Sanierung (OWAplus Retrofit) die geringsten kumulierten Nettokosten auf. Insbesondere bei Anwendung des Betrachtungszeitraums von 40 Jahren werden die Unterschiede zwischen den Sanierungsvarianten sehr deutlich: Hier liegen die kumulierten Nettokosten für die Plus-Energie-Sanierung (OWAplus Retrofit) bei 68 Mio. Euro, während sie für die nächstbessere Variante (70% Retrofit) bei 133 Mio. Euro liegen.

Interessant ist, dass bei der Variante der Plus-Energie-Sanierung (OWAplus Retrofit) die kumulierten Nettokosten über einen Zeitraum von 40 Jahren sogar geringer sind als jene über einen Zeitraum von 15 Jahren. Das liegt daran, dass die Investitionskosten anteilig nur über die ersten 15 Jahre angerechnet werden, und daher ab dem Jahr 16 nur mehr die Betriebskosten bei der Berechnung der Kosten einfließen. Da diese im Fall der Plus-Energie-Sanierung (OWAplus Retrofit) geringer sind als die berechneten Nutzen, nehmen die kumulierten Nettokosten über den Zeitraum von 40 Jahren ab.

⁷² Chatterjee, S. (2018). "Measuring the productivity impacts of energy efficiency measures". Doctoral dissertation, Department of Environmental Sciences and Policy, Central European University, Budapest.
Chatterjee, S., & Ürge-Vorsatz, D. (2018). WP5 Social welfare: Quantification of productivity impacts D5. 4a Final report.

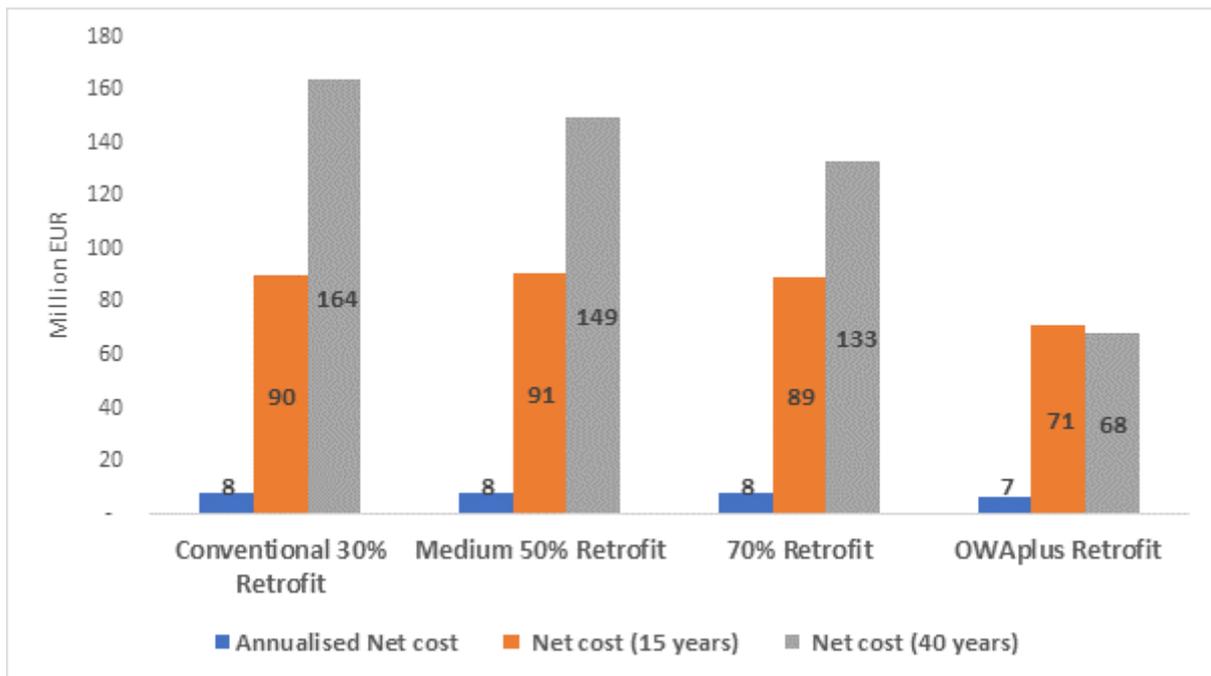


Abbildung 107: Ergebnisse der LCCBA. Vergleich der Nettokosten für vier Sanierungsvarianten und drei Betrachtungszeiträume (Quelle: CEU)

Sensitivitätsanalyse

Verschiedene Parameter, die in die Lebenszyklus-Kosten- und Nutzenanalyse (LCCBA) einfließen, sind mit Unsicherheit behaftet. Was die Bestimmung des Parameters Gewinn an aktiven Tagen aufgrund geringerer Schadstoffbelastung der Raumluft betrifft, so zeigt die Anwendung von zwei Szenarien aus dem Healthvent Projekt⁷³, die unterschiedliche Qualitäten der Luftdichtheit und der Schadstofffilterung annehmen, dass der Gewinn an aktiven Tagen im Fall der Plus-Energie-Sanierung des Otto-Wagner-Areals zwischen 5,4 und 6,2 Tagen pro Person und Jahr liegt. Der oben gewählte Wert für den Gewinn an aktiven Tagen liegt zwischen der Berechnung auf Basis dieser beiden Szenarien aus dem Healthvent Projekt (High impact scenario, low impact scenario).

Bezüglich der Bestimmung des Parameters der Erhöhung der Arbeitsproduktivität bei besserer Innenraumluftqualität zeigt eine Studie⁷⁴, dass diese für repetitive Arbeiten auch deutlich höher liegen kann als hier angenommen. Die hier getroffene Annahme bezüglich des Parameters der Erhöhung der Arbeitsproduktivität ist daher als eher konservativ einzuschätzen.

⁷³ Asikainen, A., Carrer, P., Kephelopoulou, S., de Oliveira Fernandes, E., Wargocki, P., & Hänninen, O. (2016). Reducing burden of disease from residential indoor air exposures in Europe (HEALTHVENT project). *Environmental Health*, 15(1), S35.

⁷⁴ Wargocki, P., Wyon, D. P., Sundell, J., Clausen, G., & Fanger, P. O. (2000). The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity. *Indoor Air*, 10(4), 222–236.

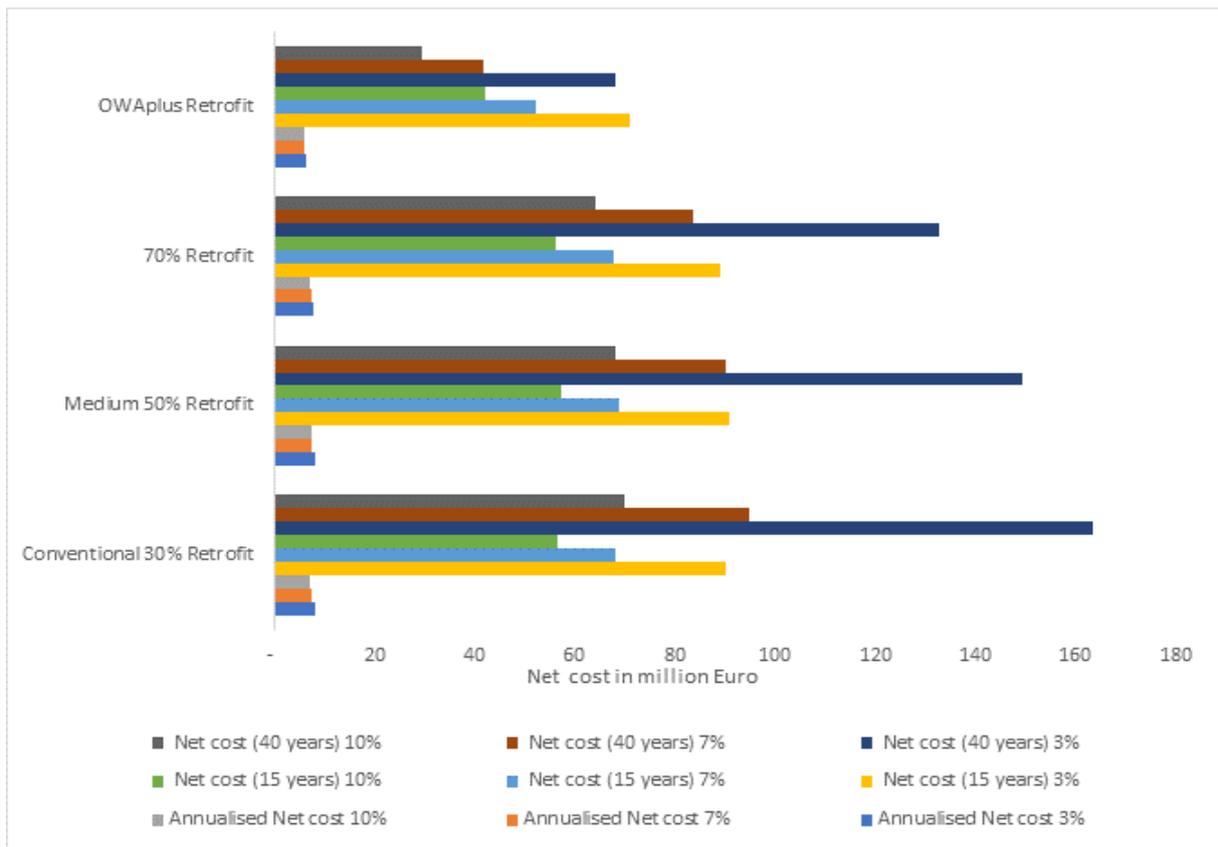


Abbildung 108: Ergebnisse der LCCBA. Vergleich der Nettokosten für vier Sanierungsvarianten, drei Betrachtungszeiträume und drei verschiedene Diskontraten (3 %, 7 %, 10 %) (Quelle: CEU)

Abbildung 108 zeigt, wie unterschiedliche Diskontraten das Ergebnis beeinflussen. Neben der bisher angenommenen Diskontrate von 3% werden die Berechnungen noch zusätzlich mit einer Diskontrate von 7% und 10% durchgeführt. Mit diesen höheren Diskontraten verringern sich die kumulierten Nettokosten, die Reihenfolge zwischen den Sanierungsvarianten in Bezug auf die kumulierten Nettokosten bleibt erhalten.

3.7.4. Umweltauswirkungen

Die Lebenszyklusanalyse (auch bekannt als Ökobilanz, engl. LCA, Life Cycle Analysis) ist eine systematische Analyse der Umweltauswirkungen eines Produkts während des gesamten Lebenszyklus.⁷⁵ Die Lebenszyklusanalyse ist weit verbreitet, um das Emissionspotenzial eines Gebäudes zu bewerten, und liefert Umweltindikatoren wie das globale Erwärmungspotenzial und das Versauerungspotenzial, über welche die Gesamtauswirkung auf die Umwelt bewertet wird.

Bei Gebäuden im Passivhausstandard ist der betriebliche Energiebedarf deutlich geringer als bei konventionellen Gebäuden. Demgegenüber steht ein höherer Energieaufwand für die Herstellung der Baustoffe, da diese hocheffizienten Gebäude ein höheres Maß an Wärmedämmung und dreifach verglaste, mit Argon gefüllte Fenster mit Hochleistungsrahmen erfordern. Um den Gesamtenergiebedarf von Plus-Energie-Gebäuden zu verstehen, müssen daher sowohl der

⁷⁵ Kovacic, I., Reisinger, J., & Honic, M. (2018). Life Cycle Assessment of embodied and operational energy for a passive housing block in Austria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1774-1786.

gebundene (embodied) Energiebedarf (bzw. die graue Energie für die Herstellung der Baustoffe) als auch der betriebliche Energiebedarf berücksichtigt werden. Eine Studie von Dahlstrøm et al.⁷⁶ führte eine Lebenszyklusanalyse durch, indem sie sowohl den gebundenen als auch den betrieblichen Energiebedarf für zwei Gebäudetypen berücksichtigte: Ein konventionelles norwegisches Gebäude, das unter Einhaltung des norwegischen Baugesetzes gebaut wird, und ein Passivhaus, das die Passivhausstandards einhält. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass Gebäude im Passivhausstandard im Vergleich zum konventionellen Gebäudestandard 24%-38% weniger Energie benötigen. Mahdavi und Doppelbauer⁷⁷ haben eine ähnliche Studie durchgeführt, in der sie ein Gebäude im Passivhausstandard und ein anderes Gebäude im Niedrigenergiestandard in Wien verglichen haben. Das Ergebnis der Studie zeigt, dass Gebäude im Passivhausstandard eine um 25-40 % geringere Umweltbelastung als das Niedrigenergiehaus haben. Aus diesen Fallstudien geht hervor, dass Gebäude im Passivhausstandard selbst dann, wenn neben der Betriebsenergie auch die gebundene Energie einbezogen wird, insgesamt einen geringeren Energiebedarf aufweisen und daher auch ihr Treibhausgasemissionspotenzial im Vergleich zu einem herkömmlichen Gebäude geringer ist.

Methodische Herangehensweise

Im Folgenden werden die gebundenen Treibhausgasemissionen der Materialien, die im Otto-Wagner-Areal zum Einsatz kommen, ermittelt und nach Materialgruppen verglichen. Als Datengrundlage wird die baubook-Produkt Datenbank verwendet. Die baubook-Datenbank⁷⁸ enthält wesentliche ökologische Parameter von Baustoffen, welche nach einem Cradle-to-Gate-Ansatz ermittelt wurden. Der Cradle-to-Gate-Ansatz umfasst die Rohstoffgewinnung und -verarbeitung und die Zusammensetzung dieser Rohstoffe zu fertigen Produkten⁷⁹. Die Systemgrenze des Cradle-to-Gate Ansatzes ist das Fabrikstor (gate). Der nachfolgende Transport zum Verbraucher und nachfolgende Phasen der Nutzung und Entsorgung werden im Fall des Cradle-to-Gate-Ansatzes nicht berücksichtigt.

Die baubook-Datenbank enthält unter anderem Daten zum globalen Erwärmungspotenzial für die wichtigsten Baumaterialien. Das Erwärmungspotenzial wird im Verhältnis zum wichtigsten Treibhausgas Kohlendioxid (CO₂) definiert und beschreibt "den Beitrag eines Gases zum Treibhauseffekt im Verhältnis zu dem einer identischen Menge Kohlendioxid". Für jedes Treibhausgas wird daher eine äquivalente Menge Kohlendioxid in Kilogramm berechnet⁸⁰. Baubook berechnet das Erwärmungspotenzial aus der Summe der fossilen und biogenen Anteile und schätzt es für einen Zeithorizont von 100 Jahren und in kg CO₂-Äquivalenten.

⁷⁶ Dahlstrøm, O., Sørnes, K., Eriksen, S. T., & Hertwich, E. G. (2012). Life cycle assessment of a single-family residence built to either conventional-or passive house standard. *Energy and buildings*, 54, 470-479.

⁷⁷ Mahdavi, A., & Doppelbauer, E. M. (2010). A performance comparison of passive and low-energy buildings. *Energy and buildings*, 42(8), 1314-1319.

⁷⁸ <https://www.baubook.info/>, aufgerufen am 23.12.2020

⁷⁹ McAlinden, B. (2015). Embodied Energy and Carbon. Accessed in 1st July, 2020. <https://www.ice.org.uk/knowledge-and-resources/briefing-sheet/embodied-energy-and-carbon>, aufgerufen am 23.12.2020

⁸⁰ IBO (2012). OI3-INDICATOR: IBO-Guidelines to calculating the OI3 indicators for buildings.

https://www.baubook.info/Download/e2s/OI3_Berechnungsleitfaden_V3_en.pdf, aufgerufen am 23.12.2020

Für die Bilanzierung auf Gebäudeebene wird der Wert des Erwärmpotenzials jedes dieser Materialien mit der im Gebäude eingesetzten Gesamtmenge multipliziert:

$$TEI_i = GWP_i \times Q_i$$

mit

TE_i ... Gesamte Umweltauswirkung des Materials i

GWP_i ... Globales Erwärmpotenzial des Materials i

Q_i ... Menge des verwendeten Materials i

Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse der Berechnung der gebundenen Treibhausgasemissionen erfolgt nach folgenden Materialgruppen:

- T-Träger-Decken: Bei den T-Träger-Decken werden meist Betonträger und Ausfachungsblöcke kombiniert, die ein hochwirksames Deckensystem bilden.
- Ziegelwände: Ziegelwände sind ein wichtiger Teil der Gebäude im Otto-Wagner-Areal.
- Fliesen
- Estrich
- Wärmedämmung: Calciumsilikat-Innendämmung, Vakuumdämmung
- Fenster: Fenster sind eine der Schlüsselkomponenten der Gebäudehülle, die nicht nur die Luftdichtheit gewährleisten, sondern auch den Wärmeverlust minimieren. In Plus-Energie-Gebäuden werden, wie in jedem anderen energieeffizienten Gebäude, Fenster mit Dreifachverglasung verwendet. Während das Erwärmpotenzial (gebundene THG-Emissionen) bei Fenstern mit Zweifachverglasung bei etwa 1,44 kg CO₂/kg liegt, beträgt es bei Fenstern mit Dreifachverglasung etwa 1,75 kg CO₂/kg⁸¹.
- Photovoltaikmodule

Tabelle 60: Erwärmpotenzial der verwendeten Materialien

Materialien	Verwendete Menge (kg bzw. m ²)	Erwärmpotenzial (GWP) (kg CO ₂ e/kg bzw. kg CO ₂ e/m ²)	Gesamte gebundene Treibhausgas-Emissionen (kg CO ₂ e)
T-Träger-Decken	99.262.786	0,14*	13.896.790 (28%)
Ziegelwände	87.816.827	0,23	20.197.870 (41%)
Fliesen	2.039.243	0,84	1.712.965 (3%)
Estrich	16.313.948	0,12	1.957.674 (4%)
Calcium insulation	2.535.887	1,00	2.535.887 (5%)
vacuum insulation	572.995	3,6	2.062.781 (4%)
Fenster	24.429***	23**	561.867 (1%)
Photovoltaik (mono Si)	26.630***	242	6.444.460 (13%)

* Das Erwärmpotenzial (GWP) von T-Träger-Decken variiert zwischen 0,12 und 0,16 kg CO₂e/kg. Hier wird ein mittlerer Wert von 0,14 kg CO₂e/kg herangezogen.

** Das Erwärmpotenzial (GWP) von Fenstern variiert zwischen 13 und 33 kg CO₂e/m². Hier wird ein mittlerer Wert von 23 kg CO₂e/m² herangezogen.

*** Sowohl für Fenster als auch für Photovoltaik bezieht sich das Erwärmpotenzial (GWP) auf die Fläche anstatt auf die Masse.

Aus Tabelle 60 geht hervor, dass Ziegelwände am stärksten zu den gesamten gebundenen Treibhausgasemissionen beitragen (41%), gefolgt von den T-Träger-Decken (28%). Fliesen, Estrich

⁸¹ Durchschnittliche Daten zu gebundenen Kohlenstoff nach britischem Marktstandard aus der ICE-Datenbank.

und Wärmedämmung haben im Vergleich zu den Ziegelwänden und Decken einen geringeren Anteil an den gesamten gebundenen THG-Emissionen. Für die Deckenkonstruktionen des Gebäudes wird die größte Masse an Materialien im gesamten Bauprozess benötigt (99.262.786 kg für alle Gebäude des Otto-Wagner-Areals). Da aber das Erderwärmungspotenzial (GWP) bezogen auf die Masse mit 0,14 kg CO_{2e}/kg geringer ist als bei Ziegel (0,23 kg CO_{2e}/kg), ist der Anteil der Ziegelwände an den gesamten THG-Emissionen höher als jener der Decken.

Grundsätzlich wird darauf hingewiesen, dass fossil erzeugte Elektrizität einen hohen Anteil am Erderwärmungspotenzial der verschiedenen Baustoffe hat, was auf die Notwendigkeit einer dekarbonisierten Stromerzeugung hinweist.

Eine weitere Schlüsselkomponente von Plus-Energie-Gebäuden sind die Photovoltaikmodule, die auf jedem Gebäude des Otto-Wagner-Areals installiert werden sollen. Die Summe der Photovoltaikmodule trägt zu etwa 13% an den gesamten gebundenen THG-Emissionen bei. Vergleicht man den Lebenszyklus der Stromerzeugung aus Photovoltaik mit jener aus fossilen Brennstoffen, so zeigt sich, dass das Erderwärmungspotenzial (GWP) von Strom aus Photovoltaik etwa zehnmal geringer ist als für Strom aus Kohlekraftwerken.⁸² Im Vergleich zu Atomkraft oder Windenergie ist das GWP für Photovoltaikstrom jedoch vier mal höher.⁸³ Allerdings haben Atomkraft und Windenergie in anderen Aspekten weitaus höheren Bedarf an Ressourcen (Risiken, Land, Ökologie). Unter Berücksichtigung aller Aspekte ist Photovoltaik daher die geeignetste Option zur Stromerzeugung im Otto-Wagner-Areal.

⁸² Laleman, Ruben, Johan Albrecht, and Jo Dewulf. "Life cycle analysis to estimate the environmental impact of residential photovoltaic systems in regions with a low solar irradiation." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15.1 (2011): 267-281.

⁸³ Ebd.

4. Schlussfolgerungen

Das Otto-Wagner-Areal ist ein besonders erhaltenswürdiges Jugendstil-Ensemble, welches in seiner Gesamtheit einzigartig ist. Viele der zahlreichen Pavillons erfordern eine gründliche Sanierung, um eine nachhaltige Nutzung zu ermöglichen. Das vorliegende Forschungsprojekt dient als Grundlage für die Entwicklung eines ganzheitlichen Sanierungskonzepts. Vorrangiges Ziel der Sanierung ist es, einen optimalen Gebäudekomfort für die Nutzer*innen zu erreichen. Zunächst analysierte das Projektteam den Gebäudebestand und die künftigen Nutzungsanforderungen. Anschließend wurden bautechnische, haustechnische und elektrotechnische Maßnahmen abgeleitet, mit dem Bundesdenkmalamt diskutiert und weiterentwickelt. Folgende Maßnahmen wurden in Abstimmung mit dem Bundesdenkmalamt erarbeitet:

- Dämmung der Dächer und der Bodenplatten sowie Innendämmung der Außenwände
- Optimierung der Kastenfenster und Einbau eines Sonnenschutzes zwischen den Flügeln
- Minimierung der Wärmebrücken
- Optimierung der Luftdichtheit in der Bestandssanierung
- Hocheffiziente Lüftungsanlagen mit Wärme- und Feuchterückgewinnung
- Hocheffiziente Warmwasser-Aufbereitung und Einsatz von durchflussoptimierten Armaturen
- Heizung und Kühlung über effiziente Flächensysteme
- Installation eines hocheffizienten Beleuchtungssystems
- Einsatz hocheffizienter Energieverbraucher in allen Nutzungsbereichen
- Installation von Photovoltaik-Anlagen auf den Dachflächen

Die Ergebnisse dieses umfassenden Prozesses zeigen, dass mit entsprechendem Know-How auch unter Einhaltung des Denkmalschutzes eine Sanierung des Quartiers auf Plus-Energie-Standard umsetzbar ist und zugleich ein sehr hoher Nutzungskomfort erzielt werden kann.

Mit der Anpassung der Gebäudeauslegung an die tatsächlichen Nutzungsbedingungen (Universität, Büro, Studentenwohnungen, Sondernutzung und medizinische Nutzung) und der Optimierung sämtlicher Gewerke, kann der Endenergiebedarf um rund 90 % gegenüber einer reinen Erhaltungssanierung („Baseline-Sanierung“) gesenkt werden. Der verbleibende Energiebedarf kann mit vor Ort gewonnener Energie (in einer Jahresbilanz) gedeckt werden. Während die Plus-Energie-Sanierung mit einem Wärmepumpensystem den geringsten Endenergiebedarf verursacht, schneidet der Einsatz von Fernwärme bei einer Primärenergiebetrachtung (unter Anwendung der gängigen Primärenergie-Konversionsfaktoren) am besten ab (siehe die folgenden Abbildungen). Der Großteil der Pavillons hat Flachdächer und eignet sich für die Energieversorgung mit Photovoltaik. Bei konservativer Abschätzung liefern diese einen PV-Ertrag von über 5 Mio. kWh im Jahr.

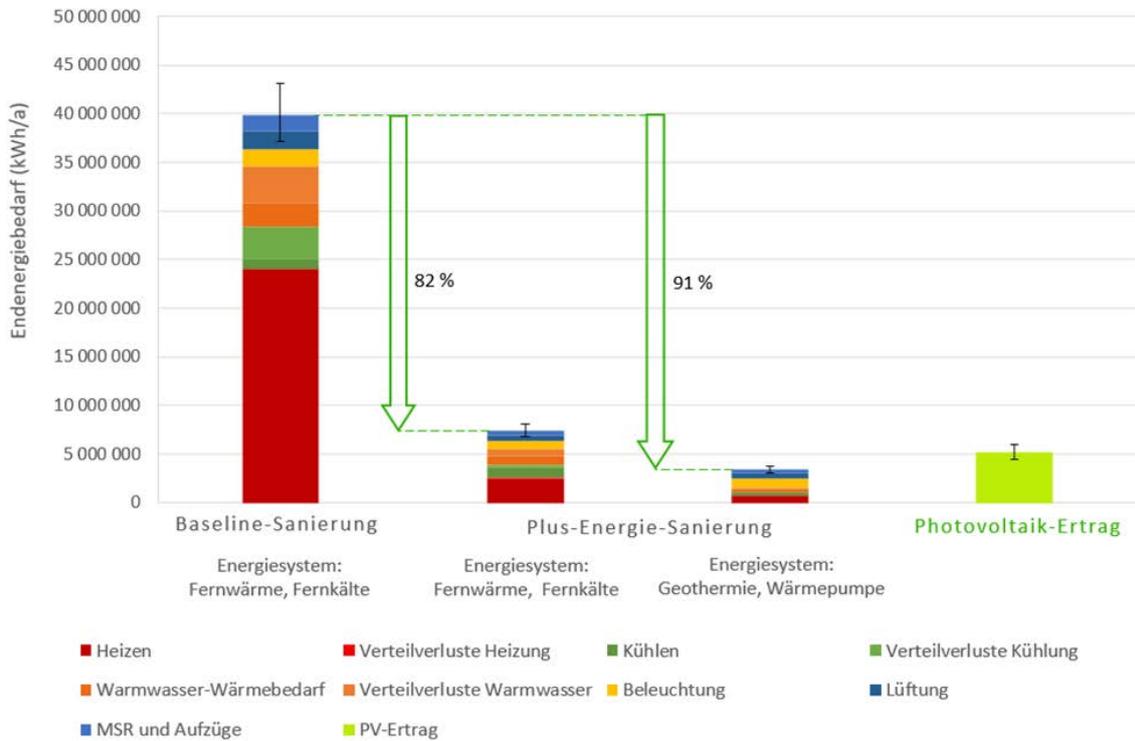


Abbildung 109: Endenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt, ohne Nutzung

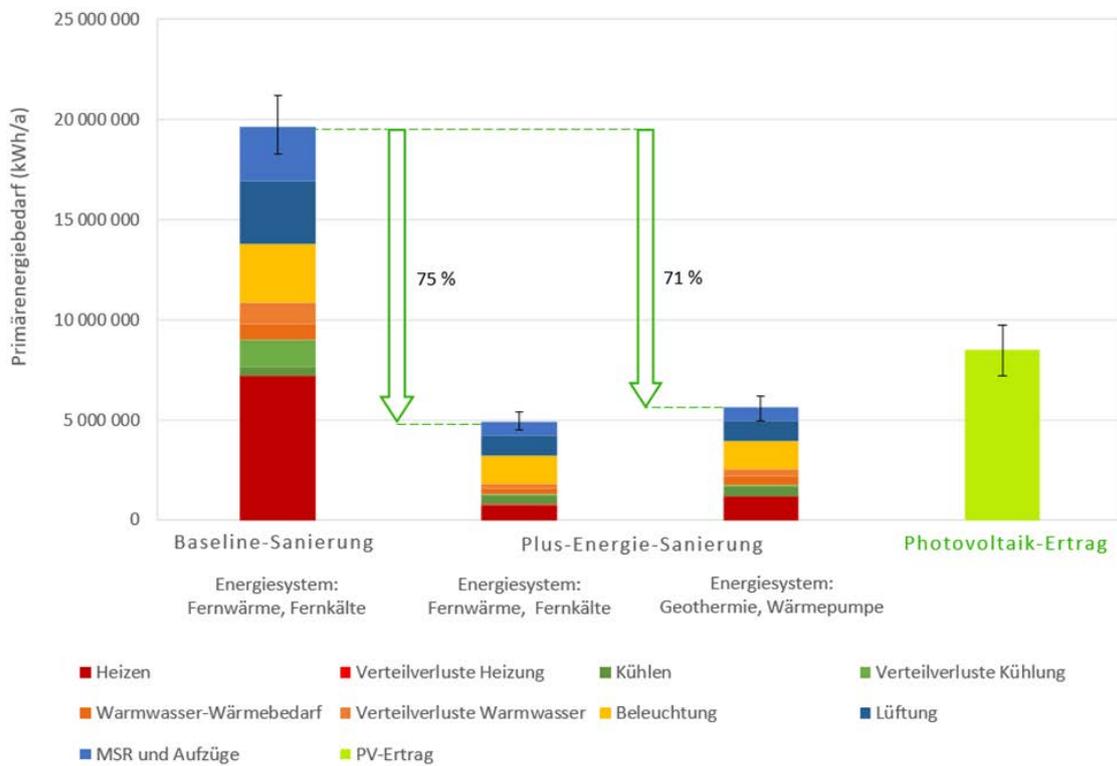


Abbildung 110: Primärenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt, ohne Nutzung

Mit einem besonderen Augenmerk auf die Verwendung von hoch energieeffizienten Geräten auf Nutzer*innen-Seite könnte der Plus-Energie-Standard sogar inklusive der Nutzung erreicht werden.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde eine Lebenszykluskosten-Analyse erstellt und Zusatznutzen („Co-Benefits“) wie die Produktivität und Gesundheit der Gebäudenutzer*innen in Abhängigkeit des Gebäudezustands betrachtet.

Die Ergebnisse der Analysen zeigen, dass die Umsetzung des innovativen Sanierungskonzepts zwar höhere Investitions- und Planungskosten aufweist, betrachtet über einen Vergleichszeitraum von 15 bzw. 40 Jahren weist die Plus-Energie-Sanierung jedoch die geringsten Gesamtkosten (Summe aus Investitions- und Betriebskosten) auf, sowohl gegenüber der Baseline-Sanierung sowie auch gegenüber konventionellen Sanierungen mit Energieeinsparungen von 30 %, 50 % oder 70 %. Dies liegt zum einen an den sehr hohen Energiekosteneinsparungen im Plus-Energie-Konzept und zum anderen an den langfristig niedrigen Folgekosten, die auf den optimalen Nutzungskomfort der Gebäude zurückzuführen sind. Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit wurden vier Varianten miteinander verglichen: drei Varianten mit Nutzung von Fernwärme und Fernkälte (jedoch mit unterschiedlicher Sanierungsqualität) sowie die Plus-Energie-Sanierung, die noch weitere Investitionen und eine Umstellung auf Erdwärme mittels Ringgrabenkollektor und Tiefensonde samt PV-Nutzung vorsieht.

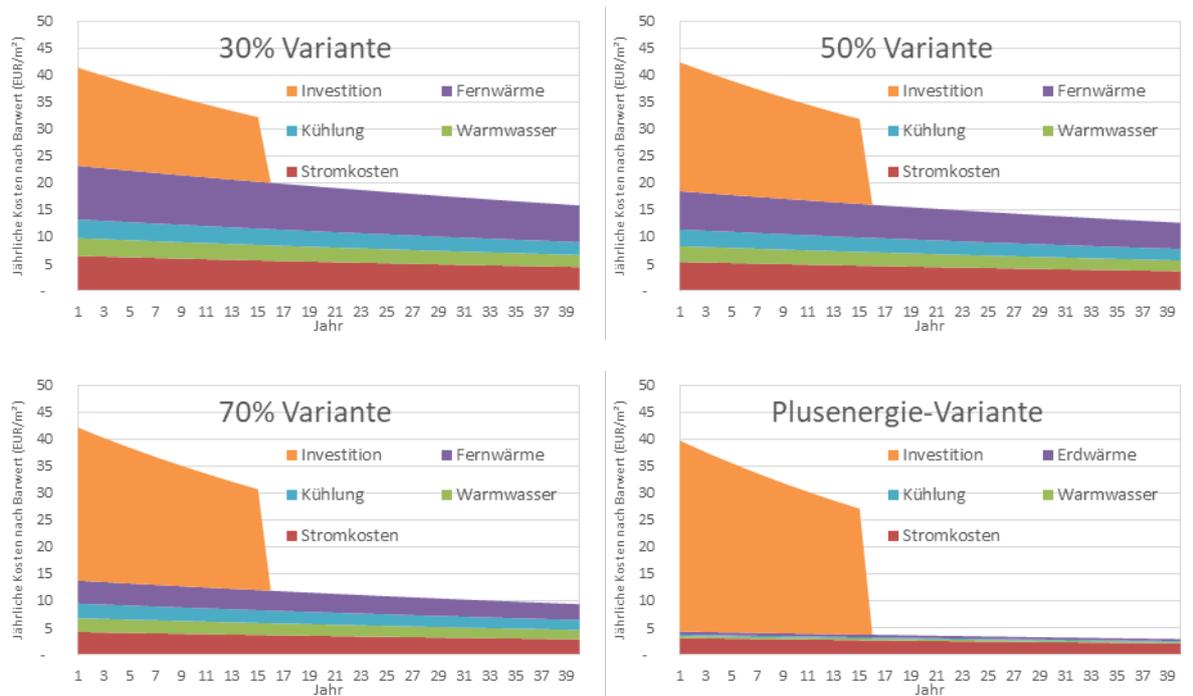


Abbildung 111: Gegenüberstellung der jährlichen Kosten für die vier Sanierungsvarianten auf 40 Jahre bei einer Laufzeit der Bankdarlehen von 15 Jahren (Quelle: LANG consulting)

Der Vergleich zeigt, dass trotz der höheren Investitionskosten in eine qualitativ hochwertige Sanierung, die Plusenergie-Variante die kostengünstigste aller berechneten Varianten ist. In der jährlichen Gesamtkostenbelastung schneidet die Variante der Plus-Energie-Sanierung sogar vom ersten Jahr an am günstigsten ab (siehe Abbildung 111).

Mit dem im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts erarbeitete Plus-Energie-Konzept für das Otto-Wagner-Areal kann somit

- ein sehr hoher Gebäudekomfort,
- ein minimaler Energieverbrauch,
- eine Deckung des verbleibenden minimalen Energieverbrauchs am Areal,
- eine optimale wirtschaftliche Situation und
- eine gesundheitsfördernde Raumnutzung

unter Einhaltung des Denkmalschutzes erreicht werden.

Die aus der Machbarkeitsstudie gewonnenen Erkenntnisse sind von hoher Relevanz für alle weiteren Entscheidungsprozesse bei den folgenden Schritten zur zonenweisen Generalsanierung und Neunutzung des Otto-Wagner-Areals.

Das Team der vorliegenden Machbarkeitsanalyse wurde ganz bewusst aus verschiedenen Disziplinen und Akteuren zusammengesetzt, um bestmöglich die Bedürfnisse künftiger Nutzer*innen und mögliche Potenziale abwägen und beurteilen zu können. So war es dem Team auch wichtig, mit der Einbindung der CEU direkt einzelne Repräsentanten der künftigen Nutzung im Team zu haben, die die Anforderungen und Bedürfnisse des Universitätsbetriebes kennen. Für die CEU stellt die gegenständliche Machbarkeitsstudie eine hilfreiche Entscheidungsgrundlage für die weitere Entwicklung und Planung des Universitätscampus dar. Vor dem Hintergrund der langfristigen Tragweite zu treffender Entscheidungen, spielt die langfristige Betrachtung von Kosten eine sehr große Rolle. Die weiteren Akteure im Projektteam bringen die entsprechende Erfahrung ein, wie die dargestellten Ergebnisse tatsächlich in die Praxis umgesetzt werden können. So betreibt etwa die OeAD-WohnraumverwaltungsGmbH seit 15 Jahren ausschließlich Studierendenheime im Passivhaus-Standard.

Für die Stadt Wien stand dem Team als Koordinationsstelle Frau Mag. Obersenatsrätin Elisabeth Miksch-Fuchs von der Magistratsdirektion, Geschäftsbereich Bauten & Technik, MD-BD - Geschäftsstelle Kompetenznetzwerk PPP, hilfreich zur Verfügung.

Die Stadt Wien hat nun die historische Chance, mit der Umsetzung der Ergebnisse dieser Machbarkeitsanalyse einen weiteren Meilenstein im weltweiten Städteranking der lebenswertesten Städte zu setzen und ihre Klimaschutzziele zur klimaneutralen Hauptstadt weiter voranzutreiben.

5. Ausblick und Empfehlungen

Empfehlungen für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten

In folgenden Bereichen werden weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten empfohlen:

- Entwickeln und Erproben von Detaillösungen für ambitionierte Sanierungen von denkmalgeschützten Gebäuden:
Dazu zählen Themen im Zusammenhang mit der Ausführung der Innendämmung und der Fensterrestaurierung (wie die musterhafte Erprobung verschiedener Ausführungsvarianten von restaurierten Fenster inklusive aller Detailanschlüsse an die Innendämmung).
- „Fortgeschrittene“ Themen der Energieversorgung für Plus-Energie-Gebäude:
In Zukunft wird die Abstimmung des zeitlichen Verlaufs von erneuerbarem Energieangebot und Energienachfrage eine dominierende Rolle spielen. In Bezug auf Plus-Energie-Gebäude bedeutet dies einen vermehrten Fokus auf die Optimierung des Eigenverbrauchs und der Integration von Energiespeichern in Planung und Umsetzung.
- Umfassendes Energie- und bauphysikalisches Monitoring, Kostencontrolling:
Um transparent zu demonstrieren, wie gut Plus-Energie-Gebäude tatsächlich funktionieren, ist ein umfassendes energetisches und bauphysikalisches Monitoring sinnvoll. Nur durch entsprechendes Monitoring kann bewertet werden, wie rasch Planungsziele erreicht werden und wo eventuell Nachbesserungsbedarf besteht. Bauphysikalisches Monitoring umfasst vor allem die Kontrolle der langfristigen Funktionalität der Innendämmung.
Kostencontrolling kann im Sinne eines „wirtschaftlichen Monitorings“ verstanden werden. Es wird damit transparent gemacht, inwieweit Planungsziele eingehalten werden können, und für zukünftige Wirtschaftlichkeitsberechnungen kann dadurch die Datenbasis verbreitert werden.

Potenzial für Demonstrationsvorhaben (Chancen / Herausforderungen / Risiken bei der Realisierung / Umsetzung in Richtung Demonstrationsprojekt)

Das Potenzial zur Umsetzung ist aus jetziger Sicht sehr gut, da relevante Stakeholder (wie der künftige Nutzer CEU) im Projektteam involviert sind. Im Sinne einer schrittweisen Umsetzung bietet sich als erstes Demonstrationsprojekt die Sanierung eines Musterpavillons an. Bei einer erfolgreichen Umsetzung einer Plus-Energie Sanierung kann eine internationale Beispielwirkung und Know-How Transfer erwartet werden. Herausforderungen und Risiken bei der Realisierung:

- Quartierslösungen sollen in ihrer Gesamtheit geplant werden. So müssen die Lösungen für die Energieversorgung abgestimmt sein bzw. übergeordnet koordiniert werden. Teillösungen, die sich eventuell widersprechen, können als Kostentreiber wirken.
- Notwendigkeit der Entwicklung angepasster Geschäftsmodelle zur Finanzierung.
- Eine laufende Abstimmung mit dem Bundesdenkmalamt (BDA) ist voraussichtlich erforderlich und jedenfalls zu empfehlen. Der entsprechende Planungsaufwand ist zu berücksichtigen und sämtliche Maßnahmen sind rechtzeitig zu koordinieren, um Mehraufwände und Verzögerungen zu vermeiden.
Eine ausreichend klare Zieldefinition ist unbedingt erforderlich, um sämtliche Involvierte laufend zu motivieren und Planungsergebnisse bewerten zu können.

6. Verzeichnisse

6.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Endenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt, ohne Nutzung	8
Abbildung 2: Gegenüberstellung der jährlichen Kosten für die vier Sanierungsvarianten auf 40 Jahre bei einer Laufzeit der Bankdarlehen von 15 Jahren (Quelle: LANG consulting)	9
Abbildung 3: Final energy balance Otto-Wagne-Areal Total, without user equipment	11
Abbildung 4: Comparison of yearly costs for four renovation variants over the course of 40 years, with a term of the bank loans of 15 years (Quelle: LANG consulting)	12
Abbildung 5: Verwaltungsgebäude am Otto-Wagner-Areal (Quelle: LANG consulting).....	14
Abbildung 6: Anstaltskirche St.Leopold (links) und Mahnmal und Jugendstiltheater (rechts, Quelle für beide Bilder: LANG consulting).....	14
Abbildung 7: Luftaufnahme mit Blick auf das Otto-Wagner-Areal aus nordöstlicher Richtung (Foto: © Stadt Wien/Christian Fürthner, 2019).....	17
Abbildung 8: Ampelsystem der Bewertungsmatrix zur Einschätzung des Zustands der Bausubstanz.	21
Abbildung 9: Beispielobjekt für Zone West, Pavillon Hermann (Südostseite, Nordwestseite) (Quelle: LANG consulting)	22
Abbildung 10: Beispielobjekt für Zone West, Kurhaus (Südseite, Festsaal) (Quelle: LANG consulting) 22	
Abbildung 11: Beispielobjekt für Kernzone West, Pavillon 5 (Südostseite und Westseite) (Quelle: LANG consulting)	23
Abbildung 12: Beispielobjekt für Kernzone West, Pavillon 17 (Südostseite und Nordseite) (Quelle: LANG consulting)	24
Abbildung 13: Beispielobjekt für Kernzone, Theater (Nordseite, großer Theatersaal) (Quelle: LANG consulting)	25
Abbildung 14: Beispielobjekt für Kernzone, Küche (Südostseite, Innenbereich) (Quelle: LANG consulting)	25
Abbildung 15: Beispielobjekt für Zone Ost, Pavillon 2 (Südseite, Nordwestseite) (Quelle: LANG consulting)	26
Abbildung 16: Beispielobjekt für Zone Ost, Pavillon 8 (Innen- und Außenzustand) (Quelle: LANG consulting)	27
Abbildung 17: Beispielobjekt für Kernzone Ost, Pavillon 16 (Südostseite, Nordseite) (Quelle: LANG consulting)	28
Abbildung 18: Beispielobjekt für Zone Ost, Wäscherei (Südostseite, Stiegenaufgang) (Quelle: LANG consulting)	29
Abbildung 19: Thermographiebilder Wäscherei (Quelle: TU Wien, Institut f. Werkstofftechnologie, Bauphysik u. Bauökologie)	29
Abbildung 20: Beispielobjekt für Zone Ost, Pathologie (Ostseite, Nordseite) (Quelle: LANG consulting)	30
Abbildung 21: Bewertungsergebnis des Bauzustands - Gesamtareal (Plangrundlage KAV, bearbeitet von Schöberl & Pöll)	31

Abbildung 22: Auszug aus dem zentralen Leitungskataster über die Wärmeversorgung des Otto-Wagner-Areals (Quelle: Stadtplanungs GIS MagWien).....	33
Abbildung 23: Untergrundbeschaffenheit im Bereich Zone Ost, Neubauten Areal GESIBA / Jänner 2020, Foto: LANG consulting.....	33
Abbildung 24: Übersichtsplan des Otto-Wagner-Areals: Einteilung in Zonen (Plan vom KAV zur Verfügung gestellt, bearbeitet von Schöberl & Pöll GmbH)	34
Abbildung 25: „Big Picture“-Betrachtung für das Otto-Wagner-Areal (TU Wien, Entwerfen Karin Stieldorf, SS 2020)	36
Abbildung 26: „Big Picture“-Betrachtung hinsichtlich der öffentlichen Grünzone (TU Wien, Entwerfen Karin Stieldorf, SS 2020).....	37
Abbildung 27: „Big Picture“-Betrachtung hinsichtlich des Freilufttheaters (TU Wien, Entwerfen Karin Stieldorf, SS 2020)	38
Abbildung 28: Studierenden-Umfrage zur gewünschten Infrastruktur des Areals (Quelle: CEU)	38
Abbildung 29: Studierenden-Umfrage zur durchschnittlichen Aufenthaltszeit im Areal im Verlauf einer Woche (Quelle: CEU).....	39
Abbildung 30: Studierenden-Umfrage zur durchschnittlichen Aufenthaltszeit im Areal während der Nachtstunden pro Jahr (Quelle: CEU)	39
Abbildung 31: Übersichtsplan über die jeweiligen Nutzungen des Otto-Wagner-Areals (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH).....	40
Abbildung 32: Anteile je Nutzungskategorie an der gesamten konditionierten Bruttogrundfläche (Quelle: Eigene Abbildung).....	44
Abbildung 33: Mögliches Konzept zur Anordnung verschiedener Wohnungstypen, Pavillon 15.....	45
Abbildung 34: „Campus Universität OWA“, Vorschlag für Umnutzung und Umbau von Pav. 9 für studentisches Wohnen (Einzelpersonenapartment links, 3-Personen-WG rechts), Bednar/Moso/Pawle (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Organisation und Leitung: Karin Stieldorf).....	46
Abbildung 35: „Green Beetween“, Vorschlag für Umnutzung und Umbau von Pav. 13 für studentisches Wohnen, Kellergeschoß, Haas/Schmiedbauer (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Organisation und Leitung: Karin Stieldorf).....	47
Abbildung 36: „Green Beetween“, Vorschlag für Umnutzung und Umbau von Pav. 13 für studentisches Wohnen, Erdgeschoß, Haas/Schmiedbauer (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Organisation und Leitung: Karin Stieldorf)	47
Abbildung 37: „Green Beetween“, Vorschlag für Umnutzung und Umbau von Pav. 13 für studentisches Wohnen, Haas/Schmiedbauer (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Leitung: Organisation und Karin Stieldorf).....	48
Abbildung 38: „Green Beetween“, Vorschlag für Umnutzung und Umbau von Pav. 18 als Institutsgebäude, Haas/Schmiedbauer (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Leitung: Organisation und Karin Stieldorf).....	49
Abbildung 39: „OWA+ Fokus Küche und Jugendstiltheater“, Vorschlag für Umnutzung und Umbau als Event- und Gastrozone, Aytok/Grochowska (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Organisation und Leitung: Karin Stieldorf).....	50

Abbildung 40: „OWA+ Fokus Küche und Jugendstiltheater“, Vorschlag für Umnutzung und Umbau als Event- und Gastrozone, Aytok/Grochowska (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Organisation und Leitung: Karin Stieldorf).....	50
Abbildung 41: Gastrozone, Rendering (TU Wien, Entwerfen SS 2020, Organisation und Leitung: Karin Stieldorf).....	51
Abbildung 42: Sensitivitätsanalyse mit Passivhaus-Projektierungspaket (bezogen auf die Energiebezugsfläche). Die blaue Markierung stellt den Heizwärmebedarf unter Berücksichtigung der Basisannahmen dar. Die für die jeweiligen Parameter angegebenen Werte auf der Achsenbezeichnung der y-Achse sind immer von links nach rechts zu lesen, der erste Wert bedingt den niedrigsten Heizwärmebedarf und der zweite Wert den höchsten Heizwärmebedarf. Quelle: Schöberl & Pöll GmbH	54
Abbildung 43: Sensitivitätsanalyse mit Passivhaus-Projektierungspaket (bezogen auf die Bruttogrundfläche). Die blaue Markierung stellt den Heizwärmebedarf unter Berücksichtigung der Basisannahmen dar. Die für die jeweiligen Parameter angegebenen Werte auf der Achsenbezeichnung der y-Achse sind immer von links nach rechts zu lesen, der erste Wert bedingt den niedrigsten Heizwärmebedarf und der zweite Wert den höchsten Heizwärmebedarf.....	55
Abbildung 44: Sensitivitätsanalyse mit Berechnung gemäß Energieausweis (bezogen auf die Bruttogrundfläche). Die blaue Markierung stellt den Heizwärmebedarf unter Berücksichtigung der Basisannahmen dar. Die für die jeweiligen Parameter angegebenen Werte auf der Achsenbezeichnung der y-Achse sind immer von links nach rechts zu lesen, der erste Wert bedingt den niedrigsten Heizwärmebedarf und der zweite Wert den höchsten Heizwärmebedarf.....	55
Abbildung 45: Sensitivitätsanalyse mit Berechnung gemäß Energieausweis (bezogen auf die Energiebezugsfläche). Die blaue Markierung stellt den Heizwärmebedarf unter Berücksichtigung der Basisannahmen dar. Die für die jeweiligen Parameter angegebenen Werte auf der Achsenbezeichnung der y-Achse sind immer von links nach rechts zu lesen, der erste Wert bedingt den niedrigsten Heizwärmebedarf und der zweite Wert den höchsten Heizwärmebedarf.....	56
Abbildung 46: Vergleich der Außentemperaturen in den beiden Berechnungsmodellen	57
Abbildung 47: Beispiele für unterschiedliche Laibungen - Pavillon 4 (links), Pavillon 22 (rechts) (Quelle: LANG Consulting)	59
Abbildung 48: Thermische Grundwassernutzung laut Erdwärmepotenzialkataster der Stadt Wien ...	59
Abbildung 49: Eignung für thermische Erdwärmesonden bis 100 m laut Erdwärmepotenzialkataster der Stadt Wien.....	60
Abbildung 50: Verlegung von Ringgrabenkollektoren (©Formenvielfalt)	61
Abbildung 51: Ansicht eines Musterpavillons mit Kennzeichnung der Bauteile der thermischen Hülle (Quelle: Plan von KAV zur Verfügung gestellt, verändert durch Schöberl & Pöll GmbH)	65
Abbildung 52: Elektr. Leistungsaufnahme Lüftungsanlage und Nutzungsintensität – Büro-/Universität – Baseline-Sanierung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)	70
Abbildung 53: Elektr. Leistungsaufnahme Lüftungsanlage und Nutzungsintensität – Sondernutzung – Baseline-Sanierung	71
Abbildung 54: Elektr. Leistungsaufnahme Lüftungsanlage und Nutzungsintensität – Medizin – Baseline-Sanierung	72

Abbildung 55: 3D-Modell Büroraum	74
Abbildung 56: Beleuchtungsstärke Büroraum	74
Abbildung 57: Simulierte Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für Büronutzung.....	75
Abbildung 58: 3D-Modell Seminarraum L.....	75
Abbildung 59: Beleuchtungsstärke Seminarraum L	76
Abbildung 60: Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für Universitätsnutzung.....	76
Abbildung 61: Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für Wohnnutzung	77
Abbildung 62: Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für medizinische Nutzung.....	78
Abbildung 63: Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für Sondernutzung.....	78
Abbildung 64: Ansicht Gang	79
Abbildung 65: Beleuchtungsstärke Gang	79
Abbildung 66: Beleuchtungsintensität im Jahresverlauf für Allgemeinflächen	80
Abbildung 67: Vergleich des Isothermenverlaufs im Bereich der aufgesetzten Attika bei der Variante ohne Flankendämmung (links) und der optimierten Variante mit Flankendämmung (rechts).....	86
Abbildung 68: Verringerung der Transmissionswärmeverluste bei Optimierung von Wärmebrücken im Bereich der Attika und der Bodenplatte	87
Abbildung 69: Pavillon 22, Ebene 1 - Schematische Darstellung Lüftungskonzept	91
Abbildung 70: Pavillon 22, Ebene 3 - schematische Darstellung Verteilung von Zuluft und Abluft in abgehängter Gang-Zwischendecke	91
Abbildung 71: Elektrische Leistungsaufnahme Lüftungsanlage und Nutzungsintensität – Büro/Universität – Plus-Energie-Sanierung.....	92
Abbildung 72: Elektrische Leistungsaufnahme Lüftungsanlage und Nutzungsintensität – Wohnen – Plus-Energie-Sanierung	93
Abbildung 73: Elektr. Leistungsaufnahme Lüftungsanlage und Nutzungsintensität – Sondernutzung – Plus-Energie-Sanierung	94
Abbildung 74: Elektrische Leistungsaufnahme Lüftungsanlage und Nutzungsintensität – Medizin – Plus-Energie-Sanierung	95
Abbildung 75: Darstellung der hinsichtlich der Beleuchtung simulierten Räume, Erdgeschoß Pavillon 18 (Plus-Energie-Sanierung)	96
Abbildung 76: Musterpavillon Büro- und Universitätsnutzung - Pavillon 18 (Foto: LANG Consulting)	99
Abbildung 77: Nutzenergiebedarf und Verteilverluste - Pavillon 18, Büro- und Universitätsnutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH).....	99
Abbildung 78: Musterpavillon Wohnnutzung - Pavillon 15 (Foto: LANG Consulting).....	100
Abbildung 79: Nutzenergiebedarf und Verteilverluste - Pavillon 15, Wohnnutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)	100
Abbildung 80: Musterpavillon Sondernutzung - Pavillon 24 (Foto: LANG Consulting)	101
Abbildung 81: Nutzenergiebedarf und Verteilverluste - Pavillon 14, Sondernutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH).....	101
Abbildung 82: Musterpavillon medizinische Nutzung - Karlshaus (Foto: LANG Consulting)	102
Abbildung 83: Nutzenergiebedarf und Verteilverluste - Karlshaus, medizinische Nutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH).....	102

Abbildung 84: Mögliche Flächennutzung für Photovoltaik am Dach des Pavillon 16. Anteil der PV-Modulfläche an der gesamten Dachfläche: 38% (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)	104
Abbildung 85: Mögliche Flächennutzung für Photovoltaik am Dach des Pavillon 17. Anteil der PV-Modulfläche an der gesamten Dachfläche: 60% (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)	104
Abbildung 86: Mögliche Flächennutzung für Photovoltaik am Dach des Pavillon 4. Anteil der PV-Modulfläche an der gesamten Dachfläche: 38% (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)	105
Abbildung 87: Mögliche Flächennutzung für Photovoltaik am Dach des Pavillon 10. Anteil der PV-Modulfläche an der gesamten Dachfläche: 39% (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)	105
Abbildung 88: Mögliche Flächennutzung für Photovoltaik am Dach des Theaters. Anteil der PV-Modulfläche an der gesamten Dachfläche: 35% (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)	106
Abbildung 89: Mögliche Flächennutzung für Photovoltaik am Dach der Direktion Anteil der PV-Modulfläche an der gesamten Dachfläche: 37% (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)	106
Abbildung 90: Altes und „neues“ Kesselhaus, Heißdampfaustritt (Foto: LANG consulting).....	107
Abbildung 91: Endenergiebilanz Zone West (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH).....	111
Abbildung 92: Endenergiebilanz Kernzone West (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)	113
Abbildung 93: Endenergiebilanz Kernzone (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH).....	114
Abbildung 94: Endenergiebilanz Kernzone Ost (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)	116
Abbildung 95: Endenergiebilanz Zone Ost (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH).....	117
Abbildung 96: Endenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt, inklusive Nutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)	119
Abbildung 97: Endenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt, ohne Nutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)	119
Abbildung 98: Primärenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt mit allen untersuchten Geothermie-Systemen, inklusive Nutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)	123
Abbildung 99: Primärenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt mit allen untersuchten Geothermie-Systemen, ohne Nutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH).....	124
Abbildung 100: Primärenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt, inklusive Nutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH).....	125
Abbildung 101: Primärenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt, ohne Nutzung (Quelle: Schöberl & Pöll GmbH)	125
Abbildung 102: Ermittelte Mehrkosten für energetische Verbesserungen je Quadratmeter Bruttogrundfläche gegenüber einer Sanierung ohne energetische Verbesserungsmaßnahmen (Baseline-Sanierung), unterteilt nach Kostengruppen gemäß ÖNORM 1801-Teil 1 (Quelle: LANG consulting)	128
Abbildung 103: Gegenüberstellung der Investitionskosten je Sanierungsvariante (Quelle: LANG consulting)	130
Abbildung 104: Gegenüberstellung der jährlichen Kosten für die vier Sanierungsvarianten auf 40 Jahre bei einer Laufzeit der Bankdarlehen von 15 Jahren (Quelle: LANG consulting).....	132
Abbildung 105: Jährliche Kosten (Energie plus energetische Investitionskosten) für die Variante der Plus-Energie-Sanierung abzüglich des Photovoltaik-Ertrags (Summe Eigenverbrauch und Einnahmen aus Netzeinspeisung) (Quelle: LANG consulting)	132

Abbildung 106: Mögliche Mehrfachwirkungen (Quelle: CEU)	134
Abbildung 107: Ergebnisse der LCCBA. Vergleich der Nettokosten für vier Sanierungsvarianten und drei Betrachtungszeiträume (Quelle: CEU)	141
Abbildung 108: Ergebnisse der LCCBA. Vergleich der Nettokosten für vier Sanierungsvarianten, drei Betrachtungszeiträume und drei verschiedene Diskontraten (3 %, 7 %, 10 %) (Quelle: CEU)	142
Abbildung 109: Endenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt, ohne Nutzung	147
Abbildung 110: Primärenergiebilanz Otto-Wagner-Areal Gesamt, ohne Nutzung.....	147
Abbildung 111: Gegenüberstellung der jährlichen Kosten für die vier Sanierungsvarianten auf 40 Jahre bei einer Laufzeit der Bankdarlehen von 15 Jahren (Quelle: LANG consulting).....	148

6.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleichbare internationale Projekte (Quelle: „Central European University (CEU)“)	18
Tabelle 2: Beurteilungsmatrix Zone West	21
Tabelle 3: Beurteilungsmatrix Kernzone West	23
Tabelle 4: Beurteilungsmatrix Kernzone	24
Tabelle 5: Beurteilungsmatrix Kernzone Ost	26
Tabelle 6: Beurteilungsmatrix Zone Ost	28
Tabelle 7: Zuteilung der Pavillons zu den unterschiedlichen Zonen	35
Tabelle 8: Ergebnis für die konditionierte Bruttogrundflächen der Zonen am Otto-Wagner Areal	35
Tabelle 9: Übersicht über die Flächen und jeweiligen Nutzungen am Otto-Wagner Areal, Zone West	41
Tabelle 10: Übersicht über die Flächen und jeweiligen Nutzungen am Otto-Wagner Areal, Kernzone West	41
Tabelle 11: Übersicht über die Flächen und jeweiligen Nutzungen am Otto-Wagner Areal, Kernzone	42
Tabelle 12: Übersicht über die Flächen und jeweiligen Nutzungen am Otto-Wagner Areal, Kernzone Ost	42
Tabelle 13: Übersicht über die Flächen und jeweiligen Nutzungen am Otto-Wagner Areal, Zone Ost	43
Tabelle 14: Legende zur Farbcodierung der jeweiligen Nutzungen des Otto-Wagner-Areals	43
Tabelle 15: Legende zu Abbildung 33 und resultierende Bewohner*innen-Zahl für Pavillon 15	45
Tabelle 16: Basisannahmen für Sensitivitätsanalyse der zwei gewählten Berechnungsmethoden	53
Tabelle 17: Vergleich der Ergebnisse des Heizwärmebedarfs am Standortklima entsprechend der zwei gewählten Berechnungsmethoden	53
Tabelle 18: Vergleich der Ergebnisse des Heizwärmebedarfs am Standortklima entsprechend der zwei gewählten Berechnungsmethoden bei Anpassung der Außentemperatur im Passivhaus-Projektierungspaket an den Energieausweis	57
Tabelle 19: Übersicht der Bauteile der thermischen Hülle und Annahme der U-Werte für die Berechnung des Baseline-Heizwärmebedarfs	66
Tabelle 20: Heizwärmebedarf der repräsentativen Musterpavillons (Baseline-Sanierung)	67
Tabelle 21: Warmwasser-Wärmebedarf der repräsentativen Musterpavillons	68
Tabelle 22: Kühlenergiebedarf der repräsentativen Musterpavillons	69
Tabelle 23: Verteilverluste des Kühlsystems der repräsentativen Musterpavillons (Baseline-Sanierung)	69
Tabelle 24: Elektrischer Lüftungsenergiebedarf der repräsentativen Musterpavillons	72
Tabelle 25: Simulationsergebnisse elektrische Leistungsaufnahme – Baseline-Sanierung	73
Tabelle 26: Vergleich zwischen simulierter Beleuchtungszeit und Literaturwerten	73
Tabelle 27: Baseline-Sanierung: Beleuchtungsenergiebedarf der Mustergebäude	80
Tabelle 28: Beleuchtungsenergiebedarf der repräsentativen Musterpavillons	81
Tabelle 29: Nutzungsbezogener Energiebedarf der repräsentativen Musterpavillons	83
Tabelle 30: Übersicht der Bauteile der thermischen Hülle und Annahmen der U-Werte für die Berechnung des Heizwärmebedarfs der Plus-Energie-Sanierung	85
Tabelle 31: Analyse der linearen Wärmebrücke im Bereich der aufgesetzten Attika	85

Tabelle 32: Analyse der linearen Wärmebrücke im Bereich der Innenwandanschlüsse an die Bodenplatte	86
Tabelle 33: Analyse der linearen Wärmebrücke für verschiedene Varianten des Fenstereinbaus	87
Tabelle 34: Heizwärmebedarf der repräsentativen Musterpavillons (Plus-Energie-Sanierung).....	88
Tabelle 35: Verteilverluste repräsentativer Musterpavillons	88
Tabelle 36: Warmwasser-Wärmebedarf der repräsentativen Musterpavillons (Plus-Energie-Sanierung)	89
Tabelle 37: Kühlenergiebedarf der repräsentativen Musterpavillons (Plus-Energie-Sanierung)	90
Tabelle 38: Verteilverluste des Kühlsystems der repräsentativen Musterpavillons (Plus-Energie-Sanierung)	90
Tabelle 39: Übersicht über Volumenstrom und elektrische Leistung der Lüftungsanlagen – Plus-Energie-Sanierung	95
Tabelle 40: Elektrischer Lüftungsenergiebedarf der repräsentativen Musterpavillons	95
Tabelle 41: Simulationsergebnisse elektrische Leistungsaufnahme – Plus-Energie-Sanierung.....	96
Tabelle 42: Beleuchtungsenergiebedarf der repräsentativen Musterpavillons, Plus-Energie-Sanierung	97
Tabelle 43: Nutzungsbezogener Energiebedarf der Sondernutzung der repräsentativen Musterpavillons.....	98
Tabelle 44: Jahresertrag durch Photovoltaik	103
Tabelle 45: Geeignete Pavillons für die Wärmeversorgung über Tiefenbohrungen	109
Tabelle 46: Geeignete Pavillons für die Wärmeversorgung über Ringgrabenkollektoren	109
Tabelle 47: Übersicht über die Endenergiebilanz der Zone West in kWh/a	111
Tabelle 48: Übersicht über die Endenergiebilanz der Kernzone West in kWh/a.....	112
Tabelle 49: Übersicht über die Endenergiebilanz der Kernzone in kWh/a	114
Tabelle 50: Übersicht über die Endenergiebilanz der Kernzone Ost in kWh/a.....	115
Tabelle 51: Übersicht über die Endenergiebilanz der Zone Ost in kWh/a	117
Tabelle 52: Übersicht über die Endenergiebilanz des Gesamtareals in kWh/a	118
Tabelle 53: Übersicht über die Primärenergiebilanz des Gesamtareals in kWh/a.....	123
Tabelle 54: Übersicht über die Primärenergiebilanz des Gesamtareals in kWh/a.....	124
Tabelle 55: Zuordnung der Komponenten und Leistungen in Kostenkategorien	127
Tabelle 56: Ermittelte Mehrkosten in €/m ² _{BGF} gegenüber einer Sanierung ohne energetische Verbesserungsmaßnahmen (Baseline-Sanierung) unterteilt nach Kostengruppen gemäß ÖNORM 1801-Teil 1. Die ermittelten energetischen Mehrkosten von Einzelmaßnahmen wurden immer auf die Bruttogrundfläche des gesamten Otto-Wagner-Areals umgelegt.....	128
Tabelle 57: Auflistung der Investitionskosten je nach Variante.....	130
Tabelle 58: Annahmen für die Berechnung der Lebenszykluskosten nach Barwertmethode	131
Tabelle 59: Vergleich des Endenergiebedarfs je nach Sanierungsvariante in kWh/m ² a.....	131
Tabelle 60: Erderwärmungspotenzial der verwendeten Materialien	144

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

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

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