

MASTER THESIS

zur Erlangung des akademischen Grades
„Master of Science in Engineering“
im Studiengang Erneuerbare Urbane Energiesysteme

Analyse und Bewertung des Energieeinsparpotenzials von HLK Systemen in Krankenanstalten

Ausgeführt von: Manuel Mitterndorfer, BSc.
Personenkennzeichen: 1010578029

BegutachterIn: Mag.^a Dr.ⁱⁿ Susanne Geissler

Wien, 13.09.2012

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht. Ich versichere, dass die abgegebene Version jener im Uploadtool entspricht.“

Ort, Datum

Unterschrift

Kurzfassung

Krankenhäuser weisen aufgrund ihrer Größe und der hygienischen und medizinischen Anforderungen einen sehr hohen Energieverbrauch für die Heizungs- Lüftungs- und Klimatechnik (HLK) auf. Aufgrund von medizinischer Notwendigkeit, Umstrukturierungsprozessen oder Schließungen kam es in der Vergangenheit zu Umbauten, Erweiterungen oder Zusammenlegungen in vielen Krankenhäusern. Dies führte speziell im HLK Bereich zu so genannten gewachsenen Strukturen in den einzelnen Krankenanstalten. Unter gewachsenen Strukturen versteht man ein über die Jahre hinweg ständig erweitertes bzw. umgebautes Anlagensystem. Diese laufenden Veränderungs- und Erweiterungsprozesse führten dazu, dass es für die Krankenhausbetreiber sehr schwierig ist den Überblick über den Energieverbrauch in den einzelnen Anwendungsbereichen der Krankenanstalten zu behalten. Viele Krankenhäuser wissen daher nur den Gesamtenergieverbrauch der Krankenanstalt und können diesen nicht zu einzelnen Verbrauchern oder Verbrauchergruppen zuordnen. Ziel der vorliegenden Masterthese ist es, mithilfe von drei untersuchten Wiener Krankenhäusern Methoden zu entwickeln, welche es ermöglichen, den spezifischen Energieverbrauch von spezifischen HLK Verbrauchergruppen in unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen zu quantifizieren. Mithilfe der erarbeiteten Methodik konnten folgende Verbrauchskennzahlen von HLK Verbrauchergruppen in den untersuchten Krankenhäusern errechnet werden (siehe Tabelle 1):

Tabelle 1 Bandbreite der spezifischen Energieverbrauchskennzahlen identifizierter HLK Verbrauchergruppen in den untersuchten Krankenhäusern

	Verbraucher	medizinischer Nutzungsbereich			
	[kWh/m ² a] kond. NGF	Stat. / Sonst.	Amb. / St. I	OP	Diag.
S - V	Ventilatoren	5,8 – 43,6	18,0 – 176,2	92,9 – 301,3	18,0 – 43,6
	Kältemaschinen	0 – 42,0	0 – 169,8	48,4 – 208,0	0
	Pumpen	3,5 – 23,4	3,6 - 94,7	18,4 – 116,0	3,6 – 23,4
	Dampfbefeuchter	0	0 – 26,6	109,6 – 195,2	0
W - V	Heizung	170,1 – 307,6			
	Warmwasser	44,4 – 60,6			
	Wabenbefeuchter	143,1			

Abkürzungen:

S-V.....Stromverbraucher

W-V.....Wärmeverbraucher

Kond. NGF.....konditionierte Nettogeschoßfläche

Stat. / Sonst.....Stations- und Sonstiger Bereich

Amb. / St. I.....Ambulanz und Station intensiv

OP.....Operationsbereich

Diag.....Diagnose Bereich

Durch diese spezifischen Energieverbrauchskennzahlen konnten Energieeffizienzmaßnahmen identifiziert, bewertet und auf den gesamten jeweiligen Krankenhauskomplex hochgerechnet werden. Es hat sich gezeigt, dass thermische Sanierungsmaßnahmen in den untersuchten Wiener Krankenanstalten zu Energieeinsparungen zwischen 9 und 55,5 % des HLK Gesamtwärmeverbrauchs führen. Der Einsatz von energieeffizienten HLK Stromverbrauchern (Ventilatoren, Kältemaschinen, Pumpen, Dampfbefeuchter) bringt Energieeinsparungen von bis zu 29,5 % des HLK Gesamtstromverbrauchs mit sich.

Neben den energetischen Einsparpotentialen wurden exemplarisch ökonomische Betrachtungen durchgeführt. Bei den thermischen Sanierungsvarianten stellte sich in allen Krankenhäusern eine Basissanierungsvariante als am kostengünstigsten heraus. Bei der ökonomischen Bewertung der HLK Verbraucher wurden Pumpen, Ventilatorantriebe und Kältemaschinen untersucht und bewertet. Es wurde immer ein neues Standardprodukt einem neuen hocheffizienten Produkt, hinsichtlich Investitionskosten und Energieverbrauch, gegenübergestellt und bewertet. Bei allen untersuchten Verbrauchergruppen kam es zu einer Amortisation des hocheffizienten Produktes innerhalb des gewählten Betrachtungszeitraumes.

Schlagwörter: Krankenhäuser, Energieverbrauch, Energieeffizienz, Sanierungsoptionen, Wirtschaftlichkeit

Abstract

Hospitals consume high levels of energy for heating, ventilation and air conditioning (HVAC) due to their size and operational constraints such as having to maintain hygienic standards. Over the years, medical developments, restructuring processes and closures have resulted in modifications, extensions or consolidations in many hospitals, which in turn altered and led to developed structures in the HVAC field. Developed structures are defined as permanent modifications of the HVAC system. These ongoing processes of change and expansion make it very difficult for hospital operators to keep track of the energy consumption of individual consumers or consumer groups within the hospital – only the total energy consumption is known. This thesis posits methods by which the specific level of HVAC energy consumption of different HVAC consumers in different medical application areas may be calculated. This formulation is based on an analysis of three hospitals in Vienna. Using the developed methodology, the specific indicators of HVAC consumer groups in the analyzed hospitals are calculated (Figure 1):

Figure 1 Range of the specific energy consumption indicators of various HVAC consumer groups in the analyzed hospitals

	Consumer	Medical application area			
	[kWh/m ² a] cond. NSA	Stat. / Other.	Amb. / St. I	OP	Diag.
E - C	Fans	5.8 – 43.6	18.0 – 176.2	92.9 – 301.3	18.0 – 43.6
	Chillers	0 – 42.0	0 – 169.8	48.4 – 208.0	0
	Pumps	3.5 – 23.4	3.6 – 94.7	18.4 – 116.0	3.6 – 23.4
	Steam humidifier	0	0 – 26.6	109.6 – 195.2	0
H - C	Heating	170.1 – 307.6			
	Hotwater	44.4 – 60.6			
	Humidifier	143.1			

Abbreviations:

E-C.....*electrical consumers*

H-C.....*heat consumers*

cond. NSA.....*conditioned net storey area*

Stat. / Other.....*station and other area*

Amb. / St. I.....*ambulance and intensive care unit*

OP.....*surgery*

Diag.....*diagnostic area*

Using the specific energy consumption figures, energy efficiency measures are identified and assessed. Measures relating to the thermal envelope create energy savings ranging from 9 to 55.5 % of the total HVAC heating requirement. Measures in the HVAC electricity

consumers (fans, chillers, pumps, steam humidifier) produce savings of up to 29.5% of the total HVAC power requirement.

Besides calculating the energy saving potential, considerations pertaining to economic efficiency were also made. In all considered hospitals, the basic thermal renovation alternative was the most cost effective. Pumps, fan motors and chillers were investigated and assessed for their efficiency. Throughout these comparisons, the investment costs and energy consumptions of new standard products were tested against those of high efficiency products. The results of the comparisons show that the highly efficient products are the most cost effective ones within the chosen analyses period.

Keywords: hospitals, energy consumption, energy efficiency, remediation options, economic efficiency

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei meiner Betreuerin der FH Technikum Wien Frau Mag.^a Dr.ⁱⁿ Susanne Geissler bedanken. Weiters möchte ich mich bei Herrn Ing. Mag. Georg Trnka und Herrn DI Dr. Günter Simader von der Österreichischen Energieagentur für ihre Unterstützung bedanken.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	10
1.1	Zielsetzung der Arbeit.....	10
1.2	Aufbau der Arbeit.....	11
2	Methodik.....	12
2.1	Methodik Otto Wagner Spital.....	13
2.2	Methodik Rudolfstiftung.....	16
2.3	Methodik Krankenhaus Hietzing.....	18
3	Status quo der Referenzgebäude.....	20
3.1	Otto Wagner Spital.....	20
3.1.1	Pavillon 11.....	22
3.1.2	Pavillon 13.....	23
3.1.3	Pavillon 15.....	26
3.1.4	Pavillon 21.....	27
3.1.5	Pavillon Kurhaus.....	29
3.1.6	Pavillon Felix.....	31
3.2	Krankenanstalt Rudolfstiftung.....	33
3.2.1	Hochbau.....	34
3.3	Krankenhaus Hietzing.....	37
3.3.1	Pavillon II.....	38
3.3.2	Schnittbildzentrum (SBZ).....	40
4	Ermittlung von spezifischen Energieverbrauchskennzahlen.....	43
4.1	Energieverbrauchskennzahlen Otto Wagner Spital.....	43
4.1.1	Ergebnisse.....	43
4.1.2	Hochrechnung auf das gesamte Otto Wagner Spital.....	46
4.2	Energieverbrauchskennzahlen Rudolfstiftung.....	49
4.2.1	Ergebnisse.....	50
4.2.2	Energieverbrauch Hochbau und Westverbau.....	52
4.3	Energieverbrauchskennzahlen Krankenhaus Hietzing.....	54
4.3.1	Ergebnisse.....	55
4.3.2	Hochrechnung auf das gesamte Krankenhaus Hietzing.....	57
4.4	Diskussion der Ergebnisse.....	59

5	Energieeinsparpotentiale	62
5.1	Gebäudehülle	62
5.2	HLK Verbraucher	64
5.2.1	Tausch von Anlagenkomponenten.....	64
5.2.2	Optimierung der Betriebszeiten.....	68
5.2.3	Sanierungspakete HLK Verbraucher.....	69
5.3	Energieeinsparpotentiale Otto Wagner Spital	69
5.3.1	Gebäudehülle	70
5.3.2	HLK Verbraucher	74
5.4	Energieeinsparpotentiale Rudolfstiftung.....	78
5.4.1	Gebäudehülle	79
5.4.2	HLK Verbraucher	83
5.5	Einsparpotentiale Krankenhaus Hietzing	87
5.5.1	Gebäudehülle	87
5.5.2	HLK Verbraucher	92
6	Ökonomische Bewertung der Sanierungs-optionen	97
6.1	Thermische Gebäudehülle	97
6.1.1	Otto Wagner Spital	98
6.1.2	Rudolfstiftung.....	99
6.1.3	Hietzing	100
6.2	HLK Verbraucher	102
6.2.1	Pumpen	102
6.2.2	Ventilatorantriebsmotoren.....	103
6.2.3	Kältemaschinen	105
7	Zusammenfassung	107
	Literaturverzeichnis	111
	Abbildungsverzeichnis	114
	Tabellenverzeichnis	117
	Anhang A: Küche des Otto Wagner Spitals	121
	Anhang B: Westverbau der Rudolfstiftung.....	127

1 Einleitung

Krankenhäuser aufgrund ihrer Größe und der hygienischen und medizinischen Anforderungen einen sehr hohen Energieverbrauch für die Heizungs- Lüftungs- und Klimatechnik (HLK) auf. Aufgrund von medizinischer Notwendigkeit, Umstrukturierungsprozessen oder Schließungen kam es in der Vergangenheit zu Umbauten, Erweiterungen oder Zusammenlegungen in vielen Krankenhäusern. Dies führte speziell im HLK Bereich zu so genannten gewachsenen Strukturen in den einzelnen Krankenanstalten. Unter gewachsenen Strukturen versteht man ein über die Jahre hinweg ständig erweitertes bzw. umgebautes Anlagensystem. Diese laufenden Veränderungs- und Erweiterungsprozesse führten dazu, dass es für die Krankenhausbetreiber sehr schwierig ist, den Überblick über den Energieverbrauch in den einzelnen Anwendungsbereichen der Krankenanstalten zu behalten. Viele Krankenhäuser wissen daher nur den Gesamtenergieverbrauch der Krankenanstalt und können diesen nicht zu einzelnen Verbrauchern oder Verbrauchergruppen zuordnen. Wenn weitgehend unbekannt ist, in welchen Bereichen der jeweiligen Krankenanstalt die Energie gebraucht wird, ist es nicht oder nur schwer möglich energetische Effizienzmaßnahmen zu identifizieren und damit verbundene Energieeinsparungen aufzuzeigen.

1.1 Zielsetzung der Arbeit

Anhand von drei, im Rahmen des EFRE Projekts „HEALTH“¹ von der österreichischen Energieagentur untersuchten Wiener Krankenanstalten, sollen Methoden erarbeitet werden um die eingangs dargestellte Problematik zu lösen. In Abhängigkeit von den Gegebenheiten in den untersuchten Krankenanstalten gilt es geeignete Methoden zu entwickeln, um den Energieverbrauch der HLK Verbrauchergruppen (Pumpen, Kältemaschinen, Heizung,...) anhand von einzelnen Referenzgebäuden im gesamten jeweiligen Krankenhaus zu quantifizieren. Dies soll durch die Errechnung von spezifischen Energieverbrauchskennzahlen für die jeweiligen Verbrauchergruppen in den unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen ermöglicht werden. Mittels dieser errechneten Verbrauchskennzahlen soll es schließlich möglich werden den Gesamtenergieverbrauch des HLK Systems jedes der untersuchten Krankenhäuser auf Verbrauchergruppen und medizinische Anwendungsbereiche aufzuteilen. Dadurch soll es in einem weiteren Schritt möglich werden, vorhandene Energieeinsparpotenziale in den untersuchten Gebäuden auf die gesamte Krankenanstalt hochzurechnen. Mithilfe der entwickelten Methodik soll die zentrale Fragestellung, wie groß der spezifische

¹ Siehe: „HEALTH - Länderübergreifende Informationsdrehzscheibe: Energie- und Ressourceneffizienz im Gesundheitswesen“. Weitere Informationen zum Projekt finden sich auf folgender Website: <http://www.healthprojekt.eu/>, 10. April 2012

Energieverbrauch von unterschiedlichen HLK Verbrauchergruppen in den unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen ist, beantwortet werden. Weiters soll dargestellt werden, wie groß das Einsparpotential (Energie, CO₂, Kosten) durch Einsatz energieeffizienter HLK Komponenten sowie thermische Gebäudesanierungsmaßnahmen ist.

1.2 Aufbau der Arbeit

In der vorliegenden Arbeit werden eingangs Methoden entwickelt mit welchen es möglich wird, spezifische Energieverbrauchskennzahlen für HLK Verbrauchergruppen in den untersuchten Krankenanstalten zu errechnen. Die Basis zur Umsetzung der erarbeiteten Methoden stellen einzelne Referenzgebäude der untersuchten Krankenanstalten dar. Für diese Referenzgebäude wurde der Status quo der HLK Verbrauchergruppen von der österreichischen Energieagentur im Rahmen des Projekts „HEALTH“ erhoben. Der Status quo der Referenzgebäude wird unter Kapitel 3 dargestellt. Im Anschluss werden mit den erarbeiteten Methoden und dem Status quo der Referenzgebäude spezifische Energieverbrauchskennzahlen der HLK Verbrauchergruppen errechnet. Mithilfe dieser Verbrauchskennzahlen wird es möglich den Stromverbrauch des HLK Systems auf einzelne Verbrauchergruppen und medizinische Anwendungsbereiche aufzuteilen. In Kapitel 5 werden eingangs mögliche Energieeffizienzmaßnahmen beschrieben. Aus diesen Maßnahmen lassen sich schließlich Maßnahmenpakete für die einzelnen Verbrauchergruppen in den untersuchten Krankenanstalten ableiten. Die Einsparpotentiale der definierten Maßnahmenpakete werden anschließend für die untersuchten Spitäler quantifiziert und hinsichtlich Primärenergie- und CO₂-Einsparung bewertet. Um neben den ökologischen Gesichtspunkten auch eine ökonomische Bewertung der Maßnahmen zu erlangen, werden abschließend exemplarische Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der einzelnen Maßnahmen durchgeführt.

2 Methodik

Aufgrund der Vielzahl an Gebäuden, in den drei im Zuge des Projekts „HEALTH“ untersuchten Krankenanstalten, wurden von der österreichischen Energieagentur nicht alle Gebäude im Rahmen von Energieaudits und Begehungen erfasst. Es wurden in jedem der drei untersuchten Wiener Krankenanstalten spezifische Gebäude als Referenzgebäude ausgewählt. Die Auswahl der Referenzgebäude erfolgte auf Basis der medizinischen Gebäudenutzung sowie der darin verbauten HLK Anlagentechnik. Durch diese ausgewählten Referenzgebäude sollte die differenzierte HLK Ausstattung und medizinische Nutzung der jeweils betrachteten Krankenanstalt bestmöglich abgebildet werden. Für diese Referenzgebäude wurden HLK Verbrauchergruppen identifiziert, der Energieverbrauch für die Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik durch Berechnungen und Energieaudits von der österreichischen Energieagentur im Rahmen des Projekts „HEALTH“ erfasst, und in die Energieträger Strom und Fernwärme unterteilt.

In der folgenden Arbeit sollen, basierend auf den errechneten Energieverbräuchen der Referenzgebäude, Energieverbrauchskennzahlen für die identifizierten HLK Verbrauchergruppen in den unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen der Krankenanstalten erarbeitet werden. Es wird zwischen Stromverbrauchskennzahlen und Wärmeverbrauchskennzahlen unterschieden. Mithilfe dieser Energieverbrauchskennzahlen soll es schließlich möglich werden, den gesamten Energieverbrauch der HLK Systeme in der jeweiligen Krankenanstalt zu errechnen und den entsprechenden Verbrauchergruppen und medizinischen Nutzungsbereichen zuzuordnen. Dies ermöglicht in weiterer Folge sowohl die Identifizierung als auch die Bewertung diverser Einsparpotentiale (Kosten, CO₂, Energie) im jeweiligen Spital.

Zur Berechnung der spezifischen Wärmeverbrauchskennzahlen (Warmwasser und Heizung) wird auf die errechneten Wärmeverbräuche der Referenzgebäude zurückgegriffen. Es wird berücksichtigt, inwieweit die thermische Performance der ausgewählten Referenzgebäude den Gesamtgebäudebestand im jeweiligen Krankenhaus repräsentiert.

Zur Berechnung der spezifischen Stromverbrauchskennzahlen einzelner HLK Verbrauchergruppen (Pumpen, Ventilatoren, etc.) in den unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen wird zunächst jedes der drei Krankenhäuser in Nutzungskategorien aufgeteilt. Nach Absprache mit den technischen Referatsleitern der Krankenanstalten hat es sich als sinnvoll herausgestellt, die konditionierte Nettogeschoßfläche der Krankenhäuser in die folgenden Nutzungskategorien einzuteilen:

- Bereich für Ambulanz und Intensivstation (Amb. / St I.)
- Operationsbereich (OP)
- Diagnostischer Bereich (Diag.)
- Stationsbereich und Sonstiger Bereich (St. / Sonst.)

Für die definierten Nutzungskategorien werden anschließend Stromverbrauchskennzahlen der identifizierten HLK Verbraucher in den Referenzgebäuden errechnet. Die Zuteilung der konditionierten Nettogeschoßfläche der jeweiligen Krankenanstalt erfolgt anhand des Kostenstellenkatalogs, welcher von der Ressourcen Management Agentur (RMA; 2012) bereitgestellt wird. Für jedes der untersuchten Spitäler existiert ein Kostenstellenkatalog, (siehe Tabelle 2) in dem alle vorhandenen Nettogeschoßflächen der jeweiligen Krankenanstalt erfasst sind.

Tabelle 2 Auszug aus dem Kostenstellenkatalog (RMA; 2012)

KSTNR	KST-Bezeichnung lang	Kategorie	Objekt	Raumbezeichnung	m2
714110	Inst. f. Drogenabhäng.	St	Pav. 1	Waschraum	9,23
715625	Wissenschaftl. Dokumentation Forschung	Sonst	Pav. 1	Büro	40,90
712505	Neurologie B	St I	Pav. 3	Krankenzimmer 4-Bett	46,90
713460	Psych. Abt.-Ambulanter Bereich	Amb	Pav. 4	Arztzimmer	8,49
712551	Ultraschall	Diag	Pav. 5	Untersuchungszimmer	18,20
712270	Orthop. OP - Saal	OP	Pav. Felix	Vorhalle	67,60

Begründet durch die unterschiedliche Anzahl an untersuchten Referenzgebäuden und durch den ungleichen Aufbau hinsichtlich des HLK Systems differiert die weitere Methodik zur Berechnung der Energieverbrauchskennzahlen in den einzelnen Spitätern. Aus diesem Grund wird im nächsten Abschnitt auf die methodische Vorgehensweise jedes einzelnen Krankenhauses eingegangen.

2.1 Methodik Otto Wagner Spital

Im Rahmen des Projekts „HEALTH“ wurden von der österreichischen Energieagentur sechs Pavillons des Otto Wagner Spitals (OWS) für eine detaillierte Untersuchung ausgewählt² (siehe Tabelle 3). Durch die Auswahl dieser spezifischen sechs Pavillons sollte erreicht werden, dass die differenzierte Ausstattung und Nutzung aller Pavillons der Krankenanstalt bestmöglich abgebildet werden kann.

² Außerdem wurde noch die Küche des Otto Wagner Spitals untersucht, welche aufgrund der spezifischen Nutzung jedoch nicht als Referenzgebäude anzusehen ist (siehe Anhang).

Tabelle 3 Ausgewählte Referenzgebäude des Otto Wagner Spitals

Nr.	Bezeichnung	Abteilung
1	Pavillon 11	Neurologische Abteilung
2	Pavillon 13	Internistische Abteilung
3	Pavillon 15	Geriatrische Abteilung
4	Pavillon 21	Psychiatrische Abteilung
5	Pavillon Kurhaus	Zentralröntgen, Zentrallabor, interne Lungenabteilung und Konsiliarambulanz
6	Pavillon Felix	Orthopädische Abteilung

Zur Berechnung der spezifischen Stromverbrauchskennwerte wird wie unter Kapitel 2 erläutert, das gesamte Otto Wagner Spital entsprechend des Kostenstellenkatalogs in die definierten Nutzungskategorien aufgeteilt. Die konditionierte Nettogeschoßfläche der untersuchten sechs Referenzgebäude kann diesen Nutzungskategorien wie folgt zugeordnet werden (siehe Tabelle 4):

Tabelle 4 Konditionierte Nettogeschoßfläche der Referenzpavillons nach Art der Nutzung

	Kategorie	Konditionierte Nettogeschoßfläche [m ²]	Anteil in [%]
Pavillon 11	St. / Sonst.	2.111,1	80,8%
	Amb. / St. I.	500,9	19,2%
Pavillon 13	St. / Sonst.	1.994,6	68,2%
	Amb. / St. I.	928,7	31,8%
Pavillon 15	St. / Sonst.	2.928,2	100%
Pavillon 21	St. / Sonst.	2.458,5	100%
Pavillon Kurhaus	Amb. / St. I.	121,6	4,0%
	Diag.	2.111,4	68,8%
	St. / Sonst.	834,4	27,2%
Pavillon Felix	St. / Sonst.	2.636,3	70,3%
	OP	1.111,3	29,7%

Wie in Tabelle 4 ersichtlich bestehen Pavillon 15 und Pavillon 21 ausschließlich aus der Nutzungskategorie Stationsbereich und Sonstiger Bereich. Nach Rücksprache mit dem technischen Referatsleitern hat sich herausgestellt, dass Pavillon 21 hinsichtlich

Stromverbrauch als Referenzpavillon für den Stationsbereich und den Sonstigen Bereich (St. / Sonst.) anzunehmen ist. Pavillon 15 ist aufgrund der sehr spezifischen Ausstattung hinsichtlich mechanischer Belüftung nicht als repräsentativ für den Stationsbereich und den Sonstigen Bereich im OWS anzusehen.

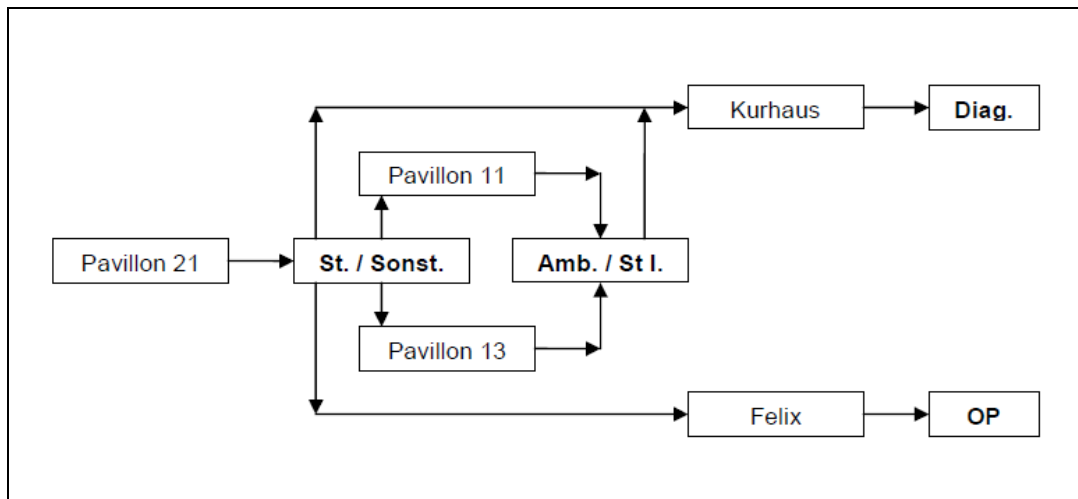


Abbildung 1 Vorgehensweise zur Bildung von Stromverbrauchskennzahlen im OWS

Ausgehend von den spezifischen Energiekennzahlen von Pavillon 21 für den Stationsbereich und den Sonstigen Bereich, konnten in weiterer Folge die Stromverbrauchskennzahlen für Ambulanz und Intensivstation – basierend auf Pavillon 11 und 13 - errechnet werden. Auf Basis der bereits errechneten Werte für St. / Sonst. und Amb. / St I. ergeben sich nun die Kennzahlen für den diagnostischen Bereich aus Pavillon Kurhaus und die Werte für den OP Bereich aus dem Pavillon Felix (siehe Abbildung 1). Mithilfe dieser Verbrauchskennzahlen für die in den Referenzgebäuden vorhandenen Verbrauchergruppen wird es nun möglich, den Gesamtstromverbrauch für das HLK System des Otto Wagner Spitals zu errechnen und auf die jeweiligen Nutzungskategorien aufzuteilen. Dies erfolgt anhand der konditionierten Gesamtfläche des OWS, welche entsprechend der in Kapitel 2 definierten Nutzungskategorien aufgeteilt wird und mit den errechneten Stromverbrauchskennzahlen der Verbraucher hochgerechnet wird.

Zur Erstellung von spezifischen Energiekennzahlen für den Wärmeverbrauch werden die errechneten Wärmeverbräuche der untersuchten Referenzgebäude des Otto Wagner Spitals herangezogen und entsprechend der konditionierten Nettogeschoßfläche errechnet. Hierbei erfolgt eine Unterscheidung zwischen Wärmeverbrauch zur Warmwasserbereitung und Wärmeverbrauch für Beheizung. Aufgrund der Tatsache, dass bereits einige Pavillons des Otto Wagner Spitals über eine Dämmung der obersten Geschoßdecke verfügen, wird bei der Bildung der Wärmeverbrauchskennzahlen - Heizung zwischen Gebäuden mit bzw. ohne Geschoßdeckendämmung unterschieden. Aus den Referenzpavillons 11 und 15 wird die spezifische Wärmeverbrauchskennzahl - Heizung für Pavillons mit gedämmter oberster Geschoßdecke gebildet und aus dem Referenzpavillon

21 die spezifische Wärmeverbrauchs-kennzahl - Heizung für Pavillons mit ungedämmter oberster Geschoßdecke³.

Da der Warmwasserwärmeverbrauch von der thermischen Qualität der Gebäudehülle weitgehend unabhängig ist wird ein Durchschnittswert der untersuchten Referenzgebäude herangezogen⁴. Mithilfe dieser Verbrauchskennzahlen wird es nun möglich den Wärmeverbrauch für das HLK System des gesamten Otto Wagner Spitals zu errechnen. Dies erfolgt anhand der errechneten Wärmeverbrauchs-kennzahlen und der konditionierten Gesamtfläche des OWS, welche aufgeteilt wird in jene Gebäude mit bzw. ohne Geschoßdeckendämmung.

2.2 Methodik Rudolfstiftung

Im Rahmen des Projekts „HEALTH“ wurde von der österreichischen Energieagentur eine detaillierte Analyse des Energieverbrauchs des Hauptgebäudes der Rudolfstiftung – den 17-geschoßigen Hochbau – durchgeführt. Der 17-geschoßige Hochbau stellt den Großteil der Rudolfstiftung dar. In der Rudolfstiftung werden – auf Wunsch der Direktion - lediglich der Hochbau und der Westverbau (siehe Anhang) untersucht. Für beide Gebäude wurde eine detaillierte Analyse des Status quo durchgeführt. In der Rudolfstiftung, wird im Gegensatz zu den anderen beiden Spitälern, nicht mit ermittelten Energieverbrauchszahlen auf andere Gebäude hochgerechnet, da die beiden untersuchten Gebäude bereits den Hauptteil der Rudolfstiftung repräsentieren. Ziel ist es, den errechneten Energieverbrauch den identifizierten Verbrauchergruppen in den jeweiligen medizinischen Nutzungsbereichen zuzuordnen, um in weiterer Folge – wie in den anderen beiden Spitälern – Einsparpotentiale identifizieren und bewerten zu können. Dies geschieht anhand von errechneten Energieverbrauchskennzahlen. Zur Bildung der Energieverbrauchskennzahlen soll der 17-geschoßige Hochbau als Referenzgebäude dienen.

Zur Berechnung der spezifischen Stromverbrauchskennwerte wird, wie unter Kapitel 2 erläutert, der Hochbau der Rudolfstiftung entsprechend des Kostenstellenkatalogs in die definierten Nutzungskategorien aufgeteilt. Die konditionierte Nettogeschoßfläche des Hochbaus kann diesen Nutzungskategorien wie folgt (Tabelle 5) zugeordnet werden:

³ Pavillon Felix fällt aufgrund seiner Errichtung im Jahre 2000 aus dem typischen Gebäudebestand heraus und wird nicht zur Bildung der Wärmeverbrauchs-kennzahlen herangezogen, ebenso wie Pavillon 13, welcher 2005 vollständig saniert wurde, wobei dieser im Zuge der Renovierung mit einer sehr spezifischen – im Vergleich mit den anderen Pavillons untypischen – Glasfassade ausgestattet wurde. Der Pavillon Kurhaus befindet sich in einem ständigen Umbauprozess. Die durch den Umbauprozess entstandene unregelmäßige Gebäudestruktur, ist mit einem sehr individuellen Heizbedarf verbunden. Er wird somit auch nicht zur Bildung der Energieverbrauchskennzahlen - Heizung herangezogen.

⁴ Mit Ausnahme von Pavillon Felix, da dieser aufgrund seiner Errichtung im Jahre 2000, im Bezug auf die vorhandene Anlagentechnik nicht repräsentativ ist.

Tabelle 5 Zuordnung der konditionierten Nettogeschosßfläche des Hochbaus zu den Nutzungskategorien

Kategorie	Konditionierte Nettogeschosßfläche [m ²]	Anteil in [%]
St. / Sonst.	25.546,7	71,2%
Amb. /St. I.	3.693,6	10,3%
OP	2.897,1	8,1%
Diag.	3.766,2	10,5%

Die Berechnung der spezifischen Stromverbrauchskennwerte der einzelnen Verbrauchergruppen in den unterschiedlichen Nutzungskategorien des Hochbaus der Rudolfstiftung basiert auf den unterschiedlichen Versorgungsbereichen der identifizierten Ventilatoren der Klimaanlage (Tabelle 6).

Tabelle 6 Versorgungsbereiche der Ventilatoren des Hochbaus und Anteil am gesamten Ventilatorenergieverbrauch (Trnka et. al; 2012, S.38 ff)

Nutzungskategorie	Ventilator	Anteil am gesamten Ventilatorenergieverbrauch
St. / Sonst. / Diag	Arnold Ost+West, Caliqua Ost	50,0 %
Amb. /St. I.	Bacon, Intensiv, Caliqua West	25,5 %
OP	Zenti	24,5 %

Ausgehend von der prozentuellen Gewichtung des Ventilatorenergieverbrauchs in der jeweiligen Nutzungskategorie am gesamten Ventilatorenergieverbrauch werden die Stromverbrauchskennwerte für die übrigen Verbrauchergruppen gebildet. Durch heranziehen der Flächen in der jeweiligen Nutzungskategorie kann für jede Verbrauchergruppe in jedem Nutzungsbereich eine Stromverbrauchskennzahl errechnet werden.

Zur Erstellung von spezifischen Energiekennzahlen für den Wärmeverbrauch wird der errechnete Wärmeverbrauch des untersuchten Hochbaus herangezogen und entsprechend der konditionierten Nettogeschosßfläche aufgeteilt. Hierbei erfolgt eine Unterscheidung zwischen Wärmeverbrauch zur Warmwasserbereitung, für Beheizung und für die Befeuchtung. Der Wärmeverbrauch für die Befeuchtung ist auf die in der Rudolfstiftung verbauten Wabenbefeuchter zurückzuführen. Die Luftbefeuchtung mittels Wabenbefeuchter bewirkt eine Abkühlung der Luft, welche in weiterer Folge durch Nachheizregister wieder erwärmt werden muss. Somit ist ein Teil des Wärmeverbrauchs der Luftbefeuchtung zuzuschreiben.

2.3 Methodik Krankenhaus Hietzing

Im Rahmen des Projekts „HEALTH“ wurde von der österreichischen Energieagentur für den Pavillon II und das Schnittbildzentrum (SBZ) der Krankenanstalt eine detaillierte Untersuchung durchgeführt. An dieser Stelle sei erwähnt, dass das Schnittbildzentrum aufgrund des Baujahres (1990) und der sehr spezifischen Anlagentechnik nicht repräsentativ für die übrigen typischen Pavillonbauten des Krankenhauses Hietzing ist. Deshalb wurde es für eine genaue Untersuchung ausgewählt. Es kann aufgrund dieser spezifischen Anlagentechnik jedoch nicht für die Bildung der Energieverbrauchskennzahlen des Krankenhauses Hietzing herangezogen werden. Zur Bildung der Energieverbrauchskennzahlen wird deshalb ausschließlich auf den untersuchten Pavillon II zurückgegriffen.

Zur Berechnung der spezifischen Stromverbrauchskennwerte wird, wie unter Kapitel 2 erläutert, das gesamte Krankenhaus Hietzing entsprechend des Kostenstellenkatalogs in die definierten Nutzungskategorien aufgeteilt. Die konditionierte Nettogeschossfläche des untersuchten Pavillons II kann diesen Nutzungskategorien wie folgt (Tabelle 7) zugeordnet werden:

Tabelle 7 Konditionierte Nettogeschossfläche des Pavillon II nach Art der Nutzung

	Kategorie	Nettogeschossfläche [m ²]	Anteil in [%]
Pavillon II	Amb. / St. I.	1.200,7	13,1 %
	Diag.	892,8	9,7 %
	St. / Sonst.	5.601,0	61,0 %
	OP	1.493,9	16,3 %

Die Berechnung der spezifischen Stromverbrauchskennwerte der einzelnen Verbraucherguppen in den unterschiedlichen Nutzungskategorien des Krankenhauses Hietzing basiert - wie in der Rudolfstiftung - auf den unterschiedlichen Versorgungsbereichen der identifizierten Ventilatoren der Klimaanlage, sowie der identifizierten Sanitärabluftventilatoren (Tabelle 8) im Pavillon II.

Tabelle 8 Versorgungsbereiche der Ventilatoren im Pavillon II und Anteil am gesamten Ventilatorenergieverbrauch (Trnka et. al; 2012, S.47ff)

Nutzungskategorie	Ventilator	Anteil am gesamten Ventilatorenergieverbrauch
St. / Sonst.	Sanitärabluftventilatoren, Klimaanlage HNO/GYN/Bettentrakt	37,1 %
Amb. /St. I. / Diag.	Teilklimaanlage Röntgen, Teilklimaanlage HNO/Ambulanz	13,4 %
OP	URO OP1, URO OP 2, Augen OP, GYN/HNO/OP	49,4 %

Ausgehend von der prozentuellen Gewichtung des Ventilatorenergieverbrauchs in der jeweiligen Nutzungskategorie am gesamten Ventilatorenergieverbrauch werden die Stromverbrauchskennwerte für die übrigen Verbrauchergruppen gebildet. Durch Heranziehen der Flächen in der jeweiligen Nutzungskategorie kann für jede Verbrauchergruppe in jedem Nutzungsbereich eine Stromverbrauchskennzahl errechnet werden. Mithilfe dieser Verbrauchskennzahlen wird es nun möglich den Gesamtstromverbrauch für das HLK System des Krankenhauses Hietzing zu errechnen. Dies erfolgt anhand der in Nutzungskategorien aufgeteilten konditionierten Gesamtfläche des Krankenhaus Hietzing und den errechneten Stromverbrauchskennzahlen der Verbraucher.

Zur Erstellung von spezifischen Energiekennzahlen für den Wärmeverbrauch wird der errechnete Wärmeverbrauch des untersuchten Pavillons II herangezogen und entsprechend der konditionierten Nettogeschoßfläche errechnet. Hierbei erfolgt eine Unterscheidung zwischen Wärmeverbrauch zur Warmwasserbereitung und Wärmeverbrauch für die Beheizung der Gebäude. Mithilfe dieser Verbrauchskennzahlen wird es nun möglich den Wärmeverbrauch für das HLK System des gesamten Krankenhauses Hietzing zu errechnen. Dies erfolgt anhand der aus Pavillon II errechneten Wärmeverbrauchskennzahlen und der konditionierten Gesamtfläche des Krankenhauses Hietzing.

Der Status quo der untersuchten Referenzgebäude stellt die Basis für die Umsetzung der beschriebenen Methoden und die Lösung der eingangs beschriebenen Problematik dar. Zu diesem Zweck wird der Status quo im folgenden Kapitel dargestellt.

3 Status quo der Referenzgebäude

Für die ausgewählten Referenzgebäude der jeweiligen Krankenanstalt wurde der Energieverbrauch für die Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik (HLK) durch Berechnungen und Energieaudits von der österreichischen Energieagentur im Rahmen des Projekts „HEALTH“ erfasst und in die Energieträger Strom und Fernwärme unterteilt. Die zugrunde liegende Berechnungsmethodik, sowie die genauen Anlagenbeschreibungen sind dem Report Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten (Trnka et. al; 2012) zu entnehmen.

Im nachfolgendem Kapitel werden sowohl die identifizierten Verbrauchergruppen als auch die Berechnungsergebnisse aus (Trnka et. al; 2012) und somit der Status quo (Anlagenbestand 2010/2011) sowie der derzeitige Energieverbrauch der HLK Komponenten von den ausgewählten Referenzobjekten dargestellt.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass der in Kapitel 3 dargestellte Status quo und die Anlagenbeschreibungen sowie Berechnungsergebnisse ausschließlich aus (Trnka et. al; 2012) stammen und deshalb nicht mehr separat zitiert werden.

3.1 Otto Wagner Spital

Das Sozialmedizinische Zentrum Baumgartner Höhe – Otto Wagner Spital mit Pflegezentrum nutzt eine Anlage, die vom österreichischen Architekten Otto Wagner in den Jahren 1904 bis 1907 als Pavillon-System errichtet wurde. Das Otto Wagner Spital mit Pflegezentrum wurde in seiner heutigen Form am 1. August 2000 durch die Zusammenlegung von den folgenden fünf, bis dahin selbständigen Einrichtungen gegründet:

- i. Förderpflegeheim (jetzt Sozialpädagogisches Zentrum) – Baumgartner Höhe
- ii. Neurologisches Krankenhaus der Stadt Wien, Maria Theresien-Schlössl
- iii. Pflegeheim Sanatoriumstrasse
- iv. Psychiatrisches Krankenhaus – Baumgartner Höhe
- v. Pulmologisches Zentrum – Baumgartner Höhe

Die in diesen Anstalten vorhandenen Abteilungen sind unverändert bestehen geblieben, jedoch zu Fachbereichen bzw. Zentren zusammengefasst worden. Der eine Teil dieser Zentren stellt die Krankenanstalt Otto Wagner Spital dar, der andere Teil hat den Charakter eines Pflegezentrums. Folgend den erhobenen Daten umfasst das Otto Wagner Spital derzeit 50 Gebäude mit einer Nettogeschoßfläche von 146.393 m² in denen 1.302 Betten untergebracht sind.

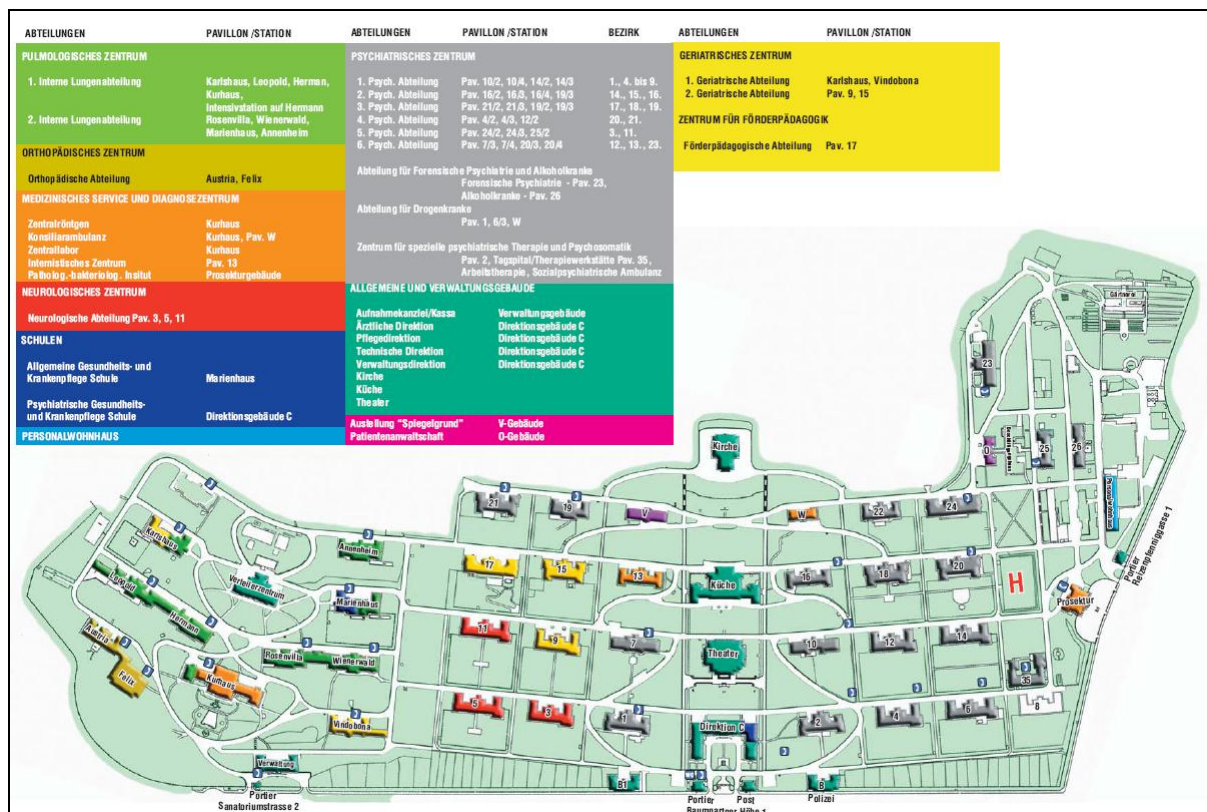


Abbildung 2 Lageplan des Otto Wagner Spitals mit Pflegezentrum

Im Rahmen des Projekts „HEALTH“ wurden von der österreichischen Energieagentur sechs Pavillons des Otto Wagner Spitals für eine detaillierte Untersuchung ausgewählt⁵ (siehe Tabelle 3). Durch die Auswahl dieser spezifischen sechs Pavillons sollte erreicht werden, dass die sehr differenzierte Ausstattung und Nutzung der Pavillons der Krankenanstalt bestmöglich abgebildet wird.

Im folgenden Teil werden die untersuchten sechs Pavillons dargestellt. Ebenso wird der berechnete, durchschnittliche Energieverbrauch der identifizierten HLK Verbrauchergruppen (Pumpen, Ventilatoren, Warmwasser, Heizung, etc.) ausgewiesen und in die Energieträger Strom und Fernwärme unterteilt.

⁵ Außerdem wurde noch die Küche des Otto Wagner Spitals untersucht, welche aber nicht als Referenzgebäude anzusehen ist (siehe Anhang).

3.1.1 Pavillon 11



Abbildung 3 Pavillon 11

Im Jahr 2001 wurde Pavillon 11 mit einem neuen HLK System ausgestattet. Seitdem wird das Gebäude über Radiatorenheizungen, Fußbodenheizungen und eine zentrale Klimaanlage konditioniert. Die zentrale Klimaanlage ist mit einem Heizregister, sowie einem Kreislaufverbund-Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung ausgestattet. Für die Warmwasserbereitstellung sind im Gebäude zwei Warmwasserspeicher (Baujahr 2001) installiert. Von diesen Warmwasserspeichern ist immer nur einer in Betrieb, der andere dient der Versorgungssicherheit.

Für die Berechnung des Energieverbrauchs für Heizung- und Warmwasser von Pavillon 11 wurde das Softwaretool „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH herangezogen. Für die Außenbauteile wurden die folgenden U-Werte (Tabelle 9) angesetzt:

Tabelle 9 Außenbauteile Pavillon 11

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand	1,5
Oberste Geschoßdecke	0,2
Fenster/Türen	2,5
Innenwand zu unbeheizt	1,7
Kellerdecke	1,2
Kellerwand	1,7
Boden erdberührt	1,4

Auf Basis der Grundriss- und Schnittpläne des Gebäudes, der obigen U-Werte und der erhobenen Anlagendaten der Heizungs- und Warmwasserinstallationen (Wärmebereitstellung, Rohrleitungsdämmung, benötigte Temperaturniveaus etc.) wurde unter Zuhilfenahme des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“, für das Gebäude ein Heizwärmebedarf von 652.566 kWh/a und ein Warmwasserwärmebedarf von 74.964 kWh/a berechnet. Da die Beheizung und Warmwasserbereitung über Fernwärme gewährleistet wird, kann der Berechnung folgend Pavillon 11 ein Energieverbrauch von

654.854 kWh Fernwärme pro Jahr für die Beheizung des Gebäudes und ein Energieverbrauch von 119.312 kWh Fernwärme pro Jahr für die Warmwasserbereitung zugerechnet werden.

Für die in Pavillon 11 identifizierten Pumpen zur Heizungs- und Warmwasserversorgung wurde ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 13.867 kWh/a berechnet.

Einen weiteren großen Stromverbraucher des HLK Systems stellen die riemengetriebenen Zu- und Abluftventilatoren der zentralen Klimaanlage (Baujahr 2001) dar. Für den Zu- und Abluftventilator der zentralen Klimaanlage wurde ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 36.764 kWh/a berechnet.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass der derzeitige durchschnittliche klimabereinigte Energieverbrauch der HLK Komponenten in Pavillon 11 durch 774.166 kWh Fernwärme und 50.630 kWh Strom pro Jahr abgedeckt wird. Die Aufteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser und Heizung, sowie die Aufgliederung des Stromverbrauchs auf Pumpen und Ventilatoren wird durch die folgende Tabelle 10 verdeutlicht:

Tabelle 10 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten in Pavillon 11

Fernwärme		Strom	
Heizung	Warmwasser	Ventilatoren	Pumpen
654.854 [kWh/a]	119.312 [kWh/a]	36.764 [kWh/a]	13.867 [kWh/a]
84,6 [%]	15,4 [%]	72,6 [%]	27,4 [%]

3.1.2 Pavillon 13



Abbildung 4 Pavillon 13

Im Zuge der Renovierungsarbeiten 2005 wurde auch das gesamte HLK System erneuert. Das Gebäude wird derzeit mithilfe von Radiatoren, zwei Klimaanlage sowie einer Kältemaschine konditioniert. Eine dieser zwei Klimaanlage dient zur Konditionierung der Nass- und Nebenräume und ist mit einem Vor- und einem Nachheizregister ausgestattet. Die zweite Klimaanlage dient zur Konditionierung der Behandlungsräume und wurde

daher, zusätzlich zu Vor- und Nachheizregister, noch mit einem Kühlregister und einem Dampfbefeuchter ausgeführt. Beide Klimaanlage sind mit Kreuzstromwärmetauschern zur Wärmerückgewinnung ausgestattet. Für die Warmwasserbereitstellung sind im Gebäude zwei Warmwasserspeicher (Baujahr 2004) installiert. Von diesen zwei Warmwasserspeichern ist immer nur einer in Betrieb, der zweite dient der Versorgungssicherheit.

Die im Garten aufgestellte Kältemaschine (Abbildung 5) bedient einen Kaltwasserspeicher, das Kühlregister der Klimaanlage zur Konditionierung der Behandlungsräume, sowie 15 im Gebäude installierte Fan Coils zur dezentralen Raumkühlung.



Abbildung 5 Kältemaschine des Pavillon 13

Die Berechnung des Energieverbrauchs für Heizung- und Warmwasser des Pavillons wurde mithilfe des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH durchgeführt. Die folgenden U-Werte (Tabelle 11) wurden für die Außenbauteile angesetzt:

Tabelle 11 Außenbauteile Pavillon 13

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand	1,5
Oberste Geschosdecke	0,2
Fenster/Türen	2,5
Glasfassade	1,5
Innenwand zu unbeheizt	1,7
Kellerdecke	1,2
Kellerwand	1,7
Boden erdberührt	1,4

Auf Basis der Grundriss- und Schnittpläne des Gebäudes, der obigen U-Werte und der erhobenen Anlagendaten der Heizungs- und Warmwasserinstallationen (Wärmebereitstellung, Rohrleitungsdämmung, benötigte Temperaturniveaus etc.) wurde unter Zuhilfenahme des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ für das Gebäude ein Heizwärmebedarf von 654.569 kWh/a und ein Warmwasserwärmebedarf von 84.468 kWh/a berechnet. Da die Beheizung und Warmwasserbereitung über Fernwärme gewährleistet wird, kann der Berechnung folgend Pavillon 13 ein Energieverbrauch von

658.413 kWh Fernwärme pro Jahr für die Beheizung des Gebäudes und ein Energieverbrauch von 134.076 kWh Fernwärme pro Jahr für die Warmwasserbereitung zugeschrieben werden.

Für die in Pavillon 13 identifizierten Pumpen, welche den Transport des Heizmediums bzw. Kühlmediums gewährleisten, wurde ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 21.544 kWh/a berechnet.

Einen weiteren großen Stromverbraucher des HLK Systems in Pavillon 13 stellen die riemengetriebenen Zu- und Abluftventilatoren der zwei Klimaanlage, sowie der in der Klimaanlage zur Konditionierung der Behandlungsräume installierte Dampfbefeuchter dar. Die Zu- und Abluftventilatoren der Klimaanlage 1 dienen zur Konditionierung der Nass- und Nebenräume. Für die Zu- und Abluftventilatoren von Klimaanlage 1 wurde ein Stromverbrauch von 79.685 kWh/a berechnet.

Für die Zu- und Abluftventilatoren der Klimaanlage 2, welche zur Konditionierung der Behandlungsräume dient, wurde ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 4.234 kWh/a berechnet.

Wie bereits erwähnt, ist Klimaanlage 2 zusätzlich mit einem elektrisch betriebenen Dampfbefeuchter ausgestattet. Für diesen Dampfbefeuchter wurde ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 24.672 kWh/a berechnet.

Für die vorhandene Kältemaschine wurde ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 18.853 kWh/a berechnet.

Den 15 zusätzlich installierten Fan Coils, die zur zusätzlichen Kühlung einzelner Räume des Gebäudes eingesetzt werden, kann ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 1.620 kWh/a zugeschrieben werden. Der Energieverbrauch der Fan Coils wird in nachstehender Tabelle 12 der Verbrauchergruppe Ventilatoren zugerechnet.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass der derzeitige durchschnittliche klimabereinigte Energieverbrauch der HLK Komponenten in Pavillon 13 über 792.489 kWh Fernwärme und 150.608 kWh Strom pro Jahr abgedeckt wird.

Die Aufteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser und Heizung, sowie die Aufgliederung des Stromverbrauchs auf Pumpen, Ventilatoren, Kältemaschine und Dampfbefeuchter wird durch die folgende Tabelle 12 verdeutlicht:

Tabelle 12 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten in Pavillon 13

Fernwärme		Strom			
Heizung	Warmwasser	Ventilatoren	Befeuchter	Pumpen	Kältemaschinen
658.413 [kWh/a]	134.076 [kWh/a]	85.539 [kWh/a]	24.672 [kWh/a]	21.544 [kWh/a]	18.853 [kWh/a]
83,1 [%]	16,9 [%]	56,8 [%]	16,4 [%]	14,3 [%]	12,5 [%]

3.1.3 Pavillon 15



Abbildung 6 Pavillon 15

Das HLK System wurde 1994/95 installiert. Die Konditionierung des Gebäudes erfolgt über Fußbodenheizungen und zwei Klimaanlage. Die zwei installierten Klimaanlage (Baujahr 1995) wurden mit jeweils einem Heizregister, sowie einem Kreuzstromwärmetauscher zur Wärmerückgewinnung ausgeführt. Für die Warmwasserbereitstellung sind im Gebäude zwei Warmwasserspeicher (Baujahr 1994) installiert. Von diesen Warmwasserspeichern ist immer nur einer in Betrieb, der andere dient der Versorgungssicherheit.

Die Berechnung des Energieverbrauchs für Heizung- und Warmwasser wurde mithilfe des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH durchgeführt. Für die Außenbauteile wurden die folgenden U-Werte (Tabelle 13) angesetzt:

Tabelle 13 Außenbauteile Pavillon 15

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand	1,5
Oberste Geschoßdecke	0,2
Fenster/Türen	2,5
Innenwand zu unbeheizt	1,7
Kellerdecke	0,4
Kellerwand	1,7
Boden erdberührt	1,4

Auf Basis der Grundriss- und Schnittpläne des Gebäudes, der obigen U-Werte und der erhobenen Anlagendaten der Heizungs- und Warmwasserinstallationen (Wärmebereitstellung, Rohrleitungsdämmung, benötigte Temperaturniveaus etc.) wurde unter Zuhilfenahme des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ für das Gebäude ein Heizwärmebedarf von 641.442 kWh/a und ein Warmwasserwärmebedarf von 92.350 kWh/a berechnet. Da die Beheizung und Bereitung von Warmwasser über Fernwärme gewährleistet wird, kann Pavillon 15 ein Energieverbrauch von 643.458 kWh Fernwärme pro Jahr für die Beheizung des Gebäudes und ein Energieverbrauch von 147.023 kWh Fernwärme pro Jahr für die Warmwasserbereitung zugeschrieben werden.

Für die im Pavillon 15 identifizierten Pumpen, welche die Heizungs- und Warmwasserversorgung gewährleisten, wurde ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 16.564 kWh/a berechnet.

Den größten Stromverbraucher des HLK Systems in Pavillon 15 stellen die riemengetriebenen Zu- und Abluftventilatoren der im Jahr 1995 installierten Klimaanlage dar. Da sich die von den Klimaanlage konditionierten Bereiche des Gebäudes eigentlich nur hinsichtlich ihrer Lage unterscheiden, werden diese zwei Klimaanlage mit dem Zusatz Ost und West voneinander unterschieden. Für die Zu- und Abluftventilatoren der Klimaanlage Ost wurde ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 49.271 kWh/a, und für die Zu- und Abluftventilatoren der Klimaanlage West ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 39.501 kWh/a berechnet. Zusätzlich konnten in Pavillon 15 noch zwei kleinere Abluftventilatoren identifiziert werden. Für diese Abluftventilatoren wurde ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 3.951 kWh/a berechnet.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass der derzeitige durchschnittliche klimabereinigte Energieverbrauch der HLK Komponenten in Pavillon 15 durch 790.481 kWh Fernwärme und 109.286 kWh Strom pro Jahr abgedeckt wird. Die Zuteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser und Heizung, sowie die Zuteilung des Stromverbrauchs auf Pumpen und Ventilatoren wird durch folgende Tabelle 14 verdeutlicht:

Tabelle 14 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten in Pavillon 15

Fernwärme		Strom	
Heizung	Warmwasser	Ventilatoren	Pumpen
643.458 [kWh/a]	147.023 [kWh/a]	92.723 [kWh/a]	16.564 [kWh/a]
81,4 [%]	18,6 [%]	84,8 [%]	15,2 [%]

3.1.4 Pavillon 21



Abbildung 7 Pavillon 21

Das HLK System des Pavillons wurde 1991 installiert. Das Gebäude wird über Radiatoren konditioniert und neben der Fensterlüftung noch mit einigen Zu- und Abluftventilatoren belüftet. Für die Warmwasserbereitstellung sind im Gebäude zwei Warmwasserspeicher (Baujahr 1991) vorhanden. Von diesen Warmwasserspeichern ist jedoch immer nur einer in Betrieb, der andere dient der Versorgungssicherheit.

Die Berechnung des Energieverbrauchs für Heizung- und Warmwasser wurde mithilfe des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH durchgeführt. Für die Außenbauteile wurden die folgenden U-Werte (Tabelle 15) angesetzt:

Tabelle 15 Außenbauteile Pavillon 21

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand	1,5
Oberste Geschoßdecke	1,2
Fenster/Türen	2,5
Innenwand zu unbeheizt	1,7
Kellerdecke	1,2
Kellerwand	1,7
Boden erdberührt	1,4

Auf Basis der Grundriss- und Schnittpläne des Gebäudes, der obigen U-Werte sowie der erhobenen Anlagendaten der Heizungs- und Warmwasserinstallationen (Wärmebereitstellung, Rohrleitungsdämmung, benötigte Temperaturniveaus etc.) wurde unter Zuhilfenahme des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ für das Gebäude ein Heizwärmebedarf von 753.999 kWh/a und ein Warmwasserwärmebedarf von 69.368 kWh/a berechnet. Da die Beheizung und Bereitung von Warmwasser des Pavillons über Fernwärme gewährleistet wird, kann Pavillon 15 ein Energieverbrauch von 756.181 kWh Fernwärme pro Jahr für die Beheizung des Gebäudes und ein Energieverbrauch von 110.768 kWh Fernwärme pro Jahr für die Warmwasserbereitung zugeschrieben werden.

Für die im Pavillon 21 identifizierten Pumpen, welche die Heizungs- und Warmwasserversorgung gewährleisten, wurde ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 8.580 kWh/a berechnet.

Zusätzlich zur Fensterlüftung wird in Pavillon 21 noch über einen kontinuierlich laufenden Dachventilator Zuluft in das Gebäude eingebracht. Für die Gewährleistung der Entlüftung der Nassräume wurden vier Abluftventilatoren identifiziert. Weiters wurden für die Entlüftung des USV Raums und der Sauerstoffzentrale zwei Abluftventilatoren erhoben. Insgesamt wurde für die Zu- und Abluftventilatoren in Pavillon 21 ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 14.325 kWh/a berechnet.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass der derzeitige durchschnittliche klimabereinigte Energieverbrauch der HLK Komponenten in Pavillon 21 durch

866.949 kWh Fernwärme und 22.905 kWh Strom pro Jahr abgedeckt wird. Die Zuteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser und Heizung, sowie die Zuteilung des Stromverbrauchs auf Pumpen und Ventilatoren wird durch folgende Tabelle 16 verdeutlicht:

Tabelle 16 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten in Pavillon 21

Fernwärme		Strom	
Heizung	Warmwasser	Ventilatoren	Pumpen
756.181 [kWh/a]	110.768 [kWh/a]	14.325 [kWh/a]	8.580 [kWh/a]
87,2 [%]	12,8 [%]	62,5 [%]	37,5 [%]

3.1.5 Pavillon Kurhaus



Abbildung 8 Pavillon Kurhaus

Das HLK System sowie das gesamte Gebäude befinden sich in einem ständigen Umbauprozess. Grundsätzlich wird das Gebäude über Radiatoren beheizt, neben der Fensterlüftung mit einigen Zu- und Abluftventilatoren belüftet und mit mehreren Splitklimageräten gekühlt.

Für die Warmwasserbereitstellung sind im Gebäude zwei Warmwasserspeicher (Baujahr 1990) installiert. Von diesen Warmwasserspeichern ist immer nur einer in Betrieb, der andere dient der Versorgungssicherheit.

Die Berechnung des Energieverbrauchs für Heizung- und Warmwasser wurde mithilfe des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH durchgeführt. Für die Außenbauteile wurden die folgenden U-Werte (Tabelle 17) angesetzt:

Tabelle 17 Außenbauteile Kurhaus

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand	1,5
Oberste Geschoßdecke	1,2
Fenster/Türen	2,5
Innenwand zu unbeheizt	1,7
Kellerdecke	1,2
Kellerwand	1,7
Boden erdberührt	1,4

Auf Basis der Grundriss- und Schnittpläne des Gebäudes, der obigen U-Werte sowie der erhobenen Anlagendaten der Heizungs- und Warmwasserinstallationen (Wärmebereitstellung, Rohrleitungsdämmung, benötigte Temperaturniveaus etc.) wurde unter Zuhilfenahme des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ für das Gebäude ein Heizwärmebedarf von 1.261.823 kWh/a und ein Warmwasserwärmebedarf von 107.576 kWh/a berechnet. Da die Beheizung und Bereitung von Warmwasser über Fernwärme gewährleistet wird, kann dem Kurhaus ein Energieverbrauch von 1.263.112 kWh Fernwärme pro Jahr für die Beheizung des Gebäudes und ein Energieverbrauch von 170.123 kWh Fernwärme pro Jahr für die Warmwasserbereitung zugeschrieben werden.

Für die im Pavillon Kurhaus identifizierten Pumpen, welche die Heizungs- und Warmwasserversorgung gewährleisten, wurde ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 26.277 kWh/a berechnet.

Einen weiteren wichtigen Stromverbraucher des HLK Systems stellen die dezentralen, riemengetriebenen Zu- und Abluftventilatoren dar. Basierend auf den Erhebungen konnte für die Zu- und Abluftventilatoren im Kurhaus ein Stromverbrauch von 61.773 kWh/a berechnet werden.

Die Kältebereitstellung wird durch mehrere Splitklimaanlagen gewährleistet. Diese sind folgend den Angaben des technischen Personals nur in der Sommerperiode in Betrieb. Für die im Kurhaus identifizierten Splitklimageräte konnte ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 42.437 kWh/a berechnet werden. Für die eingesetzten Fan Coils wurde ein Stromverbrauch von 3.218 kWh/a berechnet. Dieser Stromverbrauch wird in der folgenden Tabelle 18 der Verbrauchergruppe Ventilatoren zugerechnet.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass der derzeitige durchschnittliche klimabereinigte Energieverbrauch der HLK Komponenten in Pavillon Kurhaus durch 1.433.235 kWh Fernwärme und 133.706 kWh Strom pro Jahr abgedeckt wird. Die Zuteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser und Heizung, sowie die Zuteilung des Stromverbrauchs auf Pumpen, Ventilatoren und Splitklimageräte wird durch die folgende Tabelle 18 verdeutlicht:

Tabelle 18 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten in Pavillon Kurhaus

Fernwärme		Strom		
Heizung	Warmwasser	Ventilatoren	Kältemaschinen	Pumpen
1.263.112 [kWh/a]	170.123 [kWh/a]	64.992 [kWh/a]	42.437 [kWh/a]	26.277 [kWh/a]
88,1 [%]	11,9 [%]	48,6 [%]	31,7 [%]	19,7 [%]

3.1.6 Pavillon Felix



Abbildung 9 Pavillon Felix

Das Gebäude wird mithilfe von Radiatoren, Fußbodenheizungen, vier OP-Klimaanlagen, drei Klimaanlagen für die Bereiche Chirurgie, Orthopädie und Sterilisation, einer Klimaanlage für die Technikzentrale, vier zusätzlichen Abluftventilatoren, zwei Großkältemaschinen und zwei Splitklimageräten konditioniert. Für die Warmwasserbereitstellung sind im Gebäude zwei Wärmetauscherkompaktanlagen und zwei Warmwasserspeicher (Baujahr 2000) installiert, von denen immer nur einer in Betrieb ist, der andere dient der Versorgungssicherheit.

Die vier OP-Klimaanlagen sind jeweils mit Vor- und Nachheizregister, Kühlregister, zwei Dampfbefeuchtern und einem Rotationswärmetauscher zur Wärme- und Feuchterückgewinnung ausgeführt. Die Klimaanlagen für die Bereiche Chirurgie, Orthopädie und Sterilisation sind im Unterschied zu den OP-Klimaanlagen jeweils nur mit einem Heizregister und Dampfbefeuchtern ausgestattet. Die Klimaanlage der Technikzentrale beinhaltet lediglich ein Heizregister – es sind keine Elemente zur Befeuchtung oder Kühlung installiert – wobei die Wärmerückgewinnung durch einen Plattenwärmetauscher gewährleistet wird.

Für die Bedienung der Kühlregister der Klimaanlagen sind in Pavillon Felix zwei Großkältemaschinen installiert. Des Weiteren befinden sich zwei Splitklimageräte zur zusätzlichen Klimatisierung einzelner Räume im Gebäude. Durch diese Splitklimageräte wird jeweils ein Fan Coil bedient.



Abbildung 10 Kältemaschinenraum

Die Berechnung des Energieverbrauchs für Heizung- und Warmwasser wurde mithilfe des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH durchgeführt. Für die Außenbauteile wurden die folgenden U-Werte (Tabelle 19) herangezogen:

Tabelle 19 Außenbauteile Pavillon Felix

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand	0,5
Oberste Geschoßdecke	0,3
Kellerwand	0,45
Fenster/Türen	1,9
Boden erdberührt	1,4

Auf Basis der Grundriss- und Schnittpläne des Gebäudes, der obigen U-Werte sowie der erhobenen Anlagendaten der Heizungs- und Warmwasserinstallationen (Wärmebereitstellung, Rohrleitungsämmung, benötigte Temperaturniveaus etc.) wurde unter Zuhilfenahme des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ für das Gebäude ein Heizwärmebedarf von 549.154 kWh/a und ein Warmwasserwärmebedarf von 107.668 kWh/a berechnet. Da die Beheizung und Bereitung von Warmwasser über Fernwärme gewährleistet wird, kann der Berechnung folgend Pavillon Felix ein Energieverbrauch von 552.720 kWh Fernwärme pro Jahr für die Beheizung des Gebäudes und ein Energieverbrauch von 170.698 kWh Fernwärme pro Jahr für die Warmwasserbereitung zugeschrieben werden.

Für die im Pavillon Felix identifizierten Pumpen, welche den Transport des Heizmediums bzw. Kühlmediums gewährleisten, wurde ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 31.869 kWh/a berechnet.

Als weitere große Stromverbraucher des HLK Systems sind im Pavillon Felix die riemengetriebenen Zu- und Abluftventilatoren der vier OP-Klimaanlagen, der drei Klimaanlagen für Chirurgie, Orthopädie und Sterilisation und der Klimaanlage Technikzentrale anzuführen. Außerdem wurden noch vier zusätzliche Abluftventilatoren

identifiziert. Insgesamt wurde für die identifizierten Zu- und Abluftventilatoren des Pavillon Felix ein durchschnittlicher Gesamtstromverbrauch von 349.920 kWh/a berechnet.

Einige der Klimaanlage sind mit elektrisch betriebenen Dampfbefeuchtern ausgestattet. Für die identifizierten Dampfbefeuchter des Pavillon Felix konnte ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 216.944 kWh/a berechnet werden.

Für die in Pavillon Felix identifizierten Großkältemaschinen und den zwei zusätzlich installierten Splitklimagesäten zur Kälteerzeugung wurde ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 53.794 kWh/a berechnet.

Für die zwei Fan Coils der zwei Splitklimagesäte wurde ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 216 kWh/a berechnet. Dieser Stromverbrauch wird in folgender Tabelle 20 der Verbrauchergruppe Ventilatoren zugerechnet.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass der derzeitige durchschnittliche klimabereinigte Energieverbrauch der HLK Komponenten in Pavillon Felix durch 723.418 kWh Fernwärme und 652.743 kWh Strom pro Jahr abgedeckt wird. Die Zuteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser und Heizung, sowie die Zuteilung des Stromverbrauchs auf Pumpen, Ventilatoren, Kältemaschinen und Dampfbefeuchter wird durch die folgende Tabelle 20 verdeutlicht:

Tabelle 20 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten in Pavillon Felix

Fernwärme		Strom			
Heizung	Warmwasser	Ventilatoren	Befeuchter	Kältemaschinen	Pumpen
552.720	170.698	350.136	216.944	53.794	31.869
[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
76,4 [%]	23,6 [%]	53,6 [%]	33,2 [%]	8,2 [%]	4,9 [%]

3.2 Krankenanstalt Rudolfstiftung

Im Oktober 1864 wurde die von Kaiser Franz Joseph I gestiftete Rudolfstiftung fertig gestellt. Der Bau umfasste damals 860 Betten und sieben Abteilungen und wurde Anfang 1865 in Betrieb genommen. Im Jahr 1884 verfügte die Rudolfstiftung bereits über acht Abteilungen und beschäftigte 143 Personen. Aufgrund des medizinischen Fortschritts und der stark gestiegenen Patientenzahlen wurde ein Neubau der Rudolfstiftung veranlasst. Im Jahr 1977 wurde der 17-geschoßige Hochbau der Rudolfstiftung (Abbildung 11) eröffnet. Im Dezember 1998 wurde das Mautner Markhofsche Kinderspital in die Rudolfstiftung integriert und wird seitdem als interne Abteilung für Kinder- und Jugendheilkunde mit 24 Betten geführt. Im September 2002 erfolgte die Eingliederung der Semmelweis Frauenklinik als Department der Geburtshilflichen und Gynäkologischen Abteilung.

Im Rahmen des Projekts „HEALTH“ wurde von der österreichischen Energieagentur eine detaillierte Analyse des Energieverbrauchs des 17-geschoßigen Hochbaus, welcher das

Hauptgebäude der Rudolfstiftung ist, durchgeführt⁶. Dieser Hochbau dient als Referenzgebäude zur Bildung der Energieverbrauchszahlen in der Rudolfstiftung.

Im folgenden Teil wird der untersuchte 17-geschoßige Hochbau dargestellt, sowie der berechnete Energieverbrauch der identifizierten HLK Verbrauchergruppen (Pumpen, Ventilatoren, Warmwasser, Heizung, etc.) ausgewiesen und in die Energieträger Strom und Fernwärme unterteilt.

3.2.1 Hochbau



Abbildung 11 17-geschoßiger Hochbau der Rudolfstiftung

Die Konditionierung des Gebäudes wird über sieben Klimazentralen, Radiatorenheizungen sowie fünf Großkältemaschinen gewährleistet.

Die Klimazentralen Caliqua West und Caliqua Ost versorgen das Kellergeschoß des Hochbaus. Die beiden Anlagen sind jeweils mit zwei Vorheiz-, einem Nachheiz- und einem Kühlregister ausgestattet. Zur Befeuchtung werden Wabenbefeuchter eingesetzt. Die Zu- und Abluftventilatoren der beiden Klimazentralen werden über einen Frequenzumrichter geregelt.

Die Klimazentrale Bacon versorgt die Ambulanzen im Erdgeschoß. Die Klimazentrale ist mit zwei Vorheiz-, einem Nachheiz- und einem Kühlregister ausgestattet. Zur Befeuchtung werden ebenfalls Wabenbefeuchter eingesetzt.

Die Klimazentrale Zenti versorgt den OP Bereich im Hochbau. Die Klimaanlage ist mit einem Vorheizregister und 21 Nachbehandlungsboxen für die einzelnen OP-Säle ausgeführt. Die 21 Nachbehandlungsboxen sind jeweils mit einem Kühlregister, einem Vor- und Nachheizregister und einem Wabenbefeuchter ausgestattet. Die Klimazentrale Zenti ist mit einem Verbundwärmetauschersystem zur Wärmerückgewinnung ausgestattet.

⁶ Ebenso wurde der Westverbau der Rudolfstiftung (siehe Anhang) untersucht, welcher allerdings nicht als Referenzgebäude anzusehen ist.

Die Klimazentralen Arnold West und Arnold Ost konditionieren die übrigen Stockwerke des Hochbaus. Die Klimazentralen sind mit zwei Vorheiz-, einem Nachheiz- und einem Kühlregister ausgestattet. Zur Befeuchtung werden ebenfalls Wabenbefeuchter eingesetzt. Die beiden Anlagen sind jeweils mit einem Verbundwärmetauschersystem zur Wärmerückgewinnung ausgestattet.

Ende Februar 2010 wurde eine zusätzliche Klimaanlage für die Intensivstation (Klimaanlage Intensiv) fertig gestellt. Die Klimaanlage ist mit einem Vorheiz-, einem Nachheiz- und einem Kühlregister ausgestattet. Zur Befeuchtung werden Wabenbefeuchter eingesetzt. Das System ist mit einem Kreuzstromwärmetauscher zur Wärmerückgewinnung ausgestattet. Die Regelung der Zu- und Abluftventilatoren erfolgt über Frequenzumrichter.

Für die Warmwasserbereitstellung ist das Gebäude in fünf Zonen aufgeteilt, wobei jede Zone mit einem Warmwasserspeicher ausgestattet ist. Zur Versorgungssicherheit ist zusätzlich für alle fünf Zonen noch ein weiterer Speicher installiert.

Für die Bedienung der Kühlregister dieser sieben Klimazentralen sind im Hochbau fünf Großkältemaschinen installiert (Abbildung 12).



Abbildung 12 Eine von fünf Großkältemaschinen

Die Berechnung des Heiz- und Warmwasserwärmebedarfs des Hochbaus wurde mithilfe des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH durchgeführt. Für die Außenbauteile des Hochbaus wurden die folgenden U-Werte (Tabelle 21) angesetzt:

Tabelle 21 Außenbauteile Hochbau

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand (Nord-, Ost- und West-Fassade)	1,0
Außenwand (Süd-Fassade)	1,4
Oberste Geschoßdecke	0,55
Kellerwand	1,2
Fenster (Nord-, Ost- und West-Fassade)	2,7
Fenster (Süd-Fassade)	1,9
Türen	2,5
Kellerdecke	1,35

Auf Basis der Grundriss- und Schnittpläne des Gebäudes, der obigen U-Werte sowie der erhobenen Anlagendaten der Heizungs- und Warmwasserinstallationen (Wärmebereitstellung, Rohrleitungs-dämmung, benötigte Temperaturniveaus etc.) wurde, unter Zuhilfenahme des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“, für das Gebäude ein Heizwärmebedarf von 5.289.182 kWh/a und ein Warmwasserwärmebedarf von 1.137.486 kWh/a berechnet. Da die Beheizung und Bereitung von Warmwasser über Fernwärme gewährleistet wird, kann der Berechnung folgend dem Hochbau ein Energieverbrauch von 6.107.398 kWh Fernwärme pro Jahr für die Beheizung und ein Energieverbrauch von 2.174.439 kWh Fernwärme pro Jahr für die Warmwasserbereitung zugeschrieben werden.

Für die im Hochbau identifizierten Pumpen, welche den Transport des Heizmediums bzw. Kühlmediums gewährleisten, wurde ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 1.372.827 kWh/a berechnet.

Als weitere große Stromverbraucher des HLK Systems im Hochbau sind die Zu- und Abluftventilatoren der sieben Klimazentralen anzuführen. Diese werden – mit Ausnahme von Klimazentrale Zenti – über Frequenzumrichter angesteuert. Die Zuluftventilatoren der Klimazentrale Zenti werden im Gegensatz zu den Ventilatoren der anderen Klimazentralen über die Schaufelstellung geregelt. Für die im Hochbau identifizierten Zu- und Abluftventilatoren der sieben Klimazentralen wurde ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 2.554.386 kWh/a berechnet.

Wie bereits erwähnt, sind alle Klimaanlage des Hauptgebäudes mit Wabenbefeuchter ausgestattet. Die durch die entsprechende isenthalpe Luftbefeuchtung hervorgerufene Temperaturabnahme der Zuluft muss in weiterer Folge durch die Nachheizregister ausgeglichen werden. Der daraus resultierende zusätzliche Fernwärmebedarf wurde mit 5.138.660 kWh/a berechnet und in nachstehender Tabelle 22 der Verbrauchergruppe Befeuchter zugeordnet.

Die im Hochbau vorhandenen fünf Großkältemaschinen bedienen die Kühlregister der sieben Klimazentralen. Für diese fünf Großkältemaschinen wurde ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 2.461.062 kWh/a berechnet.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass der derzeitige durchschnittliche klimabereinigte Energieverbrauch der HLK Komponenten im Hochbau der Rudolfstiftung durch 13.420.497 kWh Fernwärme und 6.388.275 kWh Strom pro Jahr abgedeckt wird. Die Zuteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser, Heizung und Befeuchter sowie die Zuteilung des Stromverbrauchs auf Pumpen, Ventilatoren und Großkältemaschinen wird durch die folgende Tabelle 22 verdeutlicht:

Tabelle 22 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten im Hochbau der Rudolfstiftung

Fernwärme			Strom		
Heizung	Befeuchter	Warmwasser	Ventilatoren	Kältemaschinen	Pumpen
6.107.398 [kWh/a]	5.138.660 [kWh/a]	2.174.439 [kWh/a]	2.554.386 [kWh/a]	2.461.062 [kWh/a]	1.372.827 [kWh/a]
45,5 [%]	38,3 [%]	16,2 [%]	40,0 [%]	38,5 [%]	21,5 [%]

3.3 Krankenhaus Hietzing

Das Krankenhaus Hietzing mit Neurologischem Zentrum Rosenhügel gilt als eines der ältesten Spitäler der Stadt Wien. 1913 wurde die Krankenanstalt in Betrieb genommen und umfasste damals acht Abteilungen und drei Institute. Heute erstreckt sich das Krankenhaus Hietzing mit Neurologischem Zentrum Rosenhügel und seinen 13 Pavillons über ein Areal von 153.780 m² und gliedert sich in 18 bettenführende Abteilungen und 7 Institute auf.



Abbildung 13 Lageplan des Krankenhaus Hietzing

Im Rahmen des Projekts „HEALTH“ wurde von der österreichischen Energieagentur für den Pavillon II und das Schnittbildzentrum (SBZ) der Krankenanstalt eine detaillierte Untersuchung durchgeführt. Da sich in diesen Gebäuden eine sehr große Anzahl an Klimaanlage und medizinischen Geräten befindet, konnte durch die genaue Analyse ein guter Überblick über alle technischen Ausstattungskomponenten sowie deren Nutzung im Krankenhaus Hietzing gewonnen werden.

Im folgenden Teil werden die untersuchten Gebäude, der Pavillon II und das Schnittbildzentrum dargestellt, sowie der berechnete Energieverbrauch der identifizierten HLK Verbrauchergruppen ausgewiesen.

3.3.1 Pavillon II



Abbildung 14 Pavillon II

Das HLK System des Gebäudes ist mit dem Gebäude gewachsen, wodurch sich die Systemkomponenten auf den gesamten Pavillon verteilen. Grundsätzlich wird das Gebäude über Radiatoren, Fußbodenheizung, sieben Klimaanlage, fünf Kältemaschinen und vier Sanitärabluftventilatoren konditioniert. Für die Warmwasserbereitstellung sind im Gebäude zwei Warmwasserspeicher (Baujahr 1991) installiert, von denen beide in Betrieb sind.

Von den identifizierten sieben Klimaanlage sind vier Anlagen mit jeweils einem Vorheiz-, einem Nachheiz-, einem Kühlregister und einem Dampfbefeuchter ausgestattet. Bei diesen Anlagen handelt es sich um die Klimaanlage für die Bereiche OP-Urologie, OP-HNO/Gynäkologie sowie OP-Augenabteilung. Die Klimaanlage für die Bereiche OP-Urologie und OP-HNO/Gynäkologie sind zur Wärme- sowie Feuchterückgewinnung mit Rotationswärmetauschern, die Klimaanlage des Bereichs OP-Augenabteilung ist mit einem Wärmetauscherverbundsystem zur Wärmerückgewinnung ausgestattet.

Die drei übrigen Klimaanlage sind im Unterschied zu den OP-Klimaanlagen lediglich mit einem Heizregister ausgerüstet. Diese Anlagen versorgen die Bereiche Röntgen, HNO-Ambulanz sowie den Bettentrakt Gynäkologie/HNO. Von diesen drei ist nur die Anlage für

den Bettentrakt Gynäkologie/HNO mit einem Wärmerückgewinnungssystem (Kreuzstromwärmetauscher) ausgestattet.

Für die Bedienung der Kühlregister der OP-Klimaanlagen kommen in Pavillon II fünf Kältemaschinen zum Einsatz.

Die Berechnung des Energieverbrauchs für Heizung- und Warmwasser wurde mithilfe des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH durchgeführt. Für die Außenbauteile wurden die folgenden U-Werte (Tabelle 23) angesetzt:

Tabelle 23 Außenbauteile Pavillon II

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand	1,5
Oberste Geschoßdecke	1,2
Fenster/Türen	2,5
Kellerwand	1,7
Boden erdberührt	1,4
Innenwand zu unbeheizt	1,7

Auf Basis der Grundriss- und Schnittpläne des Gebäudes, der obigen U-Werte sowie der erhobenen Anlagendaten der Heizungs- und Warmwasserinstallationen (Wärmebereitstellung, Rohrleitungsdämmung, benötigte Temperaturniveaus etc.) wurde, unter Zuhilfenahme des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“, für das Gebäude ein Heizwärmebedarf von 2.663.671 kWh/a und ein Warmwasserwärmebedarf von 259.838 kWh/a berechnet. Da die Beheizung und Bereitung von Warmwasser über Fernwärme gewährleistet wird, kann Pavillon II ein Energieverbrauch von 2.669.775 kWh Fernwärme pro Jahr für die Beheizung des Gebäudes und ein Energieverbrauch von 407.514 kWh Fernwärme pro Jahr für die Warmwasserbereitung zugeschrieben werden.

Für die im Pavillon II identifizierten Pumpen, welche den Transport des Heizmediums bzw. Kühlmediums gewährleisten, wurde ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 55.547 kWh/a berechnet.

Als weitere große Stromverbraucher des HLK Systems in Pavillon II sind die riemengetriebenen Zu- und Abluftventilatoren der vier OP-Klimaanlagen, der drei Klimaanlagen für die Bereiche Zentralröntgen, HNO-Ambulanz und HNO/Gynäkologie Bettentrakt, sowie vier Sanitärabluftventilatoren identifiziert worden. Alle OP-Anlagen werden bedarfsgesteuert über Frequenzumrichter geregelt.

Insgesamt konnte für die in Pavillon II installierten Zu- und Abluftventilatoren ein durchschnittlicher Gesamtstromverbrauch von 280.794 kWh/a berechnet werden.

Wie bereits erwähnt, sind die vier OP-Klimaanlagen auch mit elektrisch betriebenen Dampfbefeuchtern ausgestattet. Für die im Pavillon II identifizierten Dampfbefeuchter konnte ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 163.734 kWh/a berechnet werden.

Für die fünf im Pavillon II installierten Kältemaschinen wurde ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 105.831 kWh/a berechnet.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass unter den angeführten Prämissen der derzeitige durchschnittliche Energieverbrauch der HLK Komponenten in Pavillon II über 3.077.289 kWh Fernwärme und 605.907 kWh Strom pro Jahr abgedeckt wird. Die Zuteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser und Heizung, sowie die Zuteilung des Stromverbrauchs auf Pumpen, Ventilatoren, Kältemaschinen und Dampfbefeuchter wird durch die folgende Tabelle 24 verdeutlicht:

Tabelle 24 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten in Pavillon II

Fernwärme		Strom			
Heizung	Warmwasser	Ventilatoren	Befeuchter	Kältemaschinen	Pumpen
2.669.775	407.514	280.794	163.734	105.831	55.547
[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
86,8 [%]	13,2 [%]	46,3 [%]	27,0 [%]	17,5 [%]	9,2 [%]

3.3.2 Schnittbildzentrum (SBZ)



Abbildung 15 Schnittbildzentrum

Das Schnittbildzentrum (SBZ) des Krankenhauses Hietzing ist ein 1990 errichteter Zubau an Pavillon II. Das Gebäude wird derzeit mithilfe von Radiatoren, drei Klimaanlage sowie sieben Kältemaschinen konditioniert. Eine dieser drei Klimaanlage dient zur Konditionierung der Bereiche Computertomographie (CT) und Magnetresonanz (MR). Diese Anlage ist mit einem Heizregister, einem Kühlregister, zwei Dampfbefeuchtern und einem Free Cooling System ausgeführt. Die zweite Klimaanlage dient zur Konditionierung des Erdgeschoßes und ist mit einem Vor- und Nachheizregister, einem Kühlregister und zwei Dampfbefeuchtern ausgestattet. Die dritte Klimaanlage dient zur Konditionierung des Kellergeschoßes und ist lediglich mit einem Vor- und Nachheizregister ausgeführt. Bei allen drei Anlagen werden Rotationswärmetauscher zur Wärme- sowie

Feuchterückgewinnung eingesetzt. Für die Warmwasserbereitstellung ist im Gebäude ein Warmwasserspeicher (Baujahr 1991) installiert.

Drei der sieben im SBZ installierten Kältemaschinen bedienen das Kühlregister der Klimaanlage für die Bereiche Computertomographie (CT) und Magnetresonanz (MR). Die anderen vier Kältemaschinen bedienen das Kühlregister der Klimaanlage für das Erdgeschoß.



Abbildung 16 Blick auf die Kältemaschinen

Die Berechnung des Energieverbrauchs für Heizung- und Warmwasser des Gebäudes wurde mithilfe des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH durchgeführt. Für die Außenbauteile wurden die folgenden U-Werte (Tabelle 25) angesetzt:

Tabelle 25 Außenbauteile SBZ

Bauteil	U-Wert [W/m²K]
Außenwand	0,5
Oberste Geschoßdecke	0,3
Fenster	1,9
Türen	2,5
Innenwand zu unbeheizt	0,5
Kellerdecke	0,6
Kellerwand	0,5
Boden erdberührt	0,6

Auf Basis der Grundriss- und Schnittpläne des Gebäudes, der obigen U-Werte und der erhobenen Anlagendaten der Heizungs- und Warmwasserinstallationen (Wärmebereitstellung, Rohrleitungsdämmung, benötigte Temperaturniveaus etc.) wurde, unter Zuhilfenahme des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“, für das Gebäude ein Heizwärmebedarf von 138.832 kWh/a und ein Warmwasserwärmebedarf von 48.926 kWh/a berechnet. Da die Beheizung und Bereitstellung von Warmwasser über Fernwärme gewährleistet wird, kann der Berechnung folgend im SBZ ein Energieverbrauch von 139.240 kWh Fernwärme pro Jahr für die Beheizung des Gebäudes

und ein Energieverbrauch von 79.012 kWh Fernwärme pro Jahr für die Warmwasserbereitung zugeschrieben werden.

Für die im SBZ identifizierten Pumpen, welche den Transport des Heizmediums bzw. Kühlmediums gewährleisten, wurde ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 42.346 kWh/a berechnet.

Einen weiteren großen Stromverbraucher des HLK Systems im SBZ stellen die riemengetriebenen Zu- und Abluftventilatoren der drei Klimaanlage, sowie die vier installierten Dampfbefeuchter dar.

Die Zu- und Abluftventilatoren der Klimaanlage zur Konditionierung des CT- und MR-Bereichs werden über einen Frequenzumrichter geregelt. Insgesamt konnte für die im SBZ installierten Zu- und Abluftventilatoren ein durchschnittlicher Gesamtstromverbrauch von 163.528 kWh/a berechnet werden.

Wie bereits erwähnt, sind zwei der drei Klimaanlage mit insgesamt vier elektrisch betriebenen Dampfbefeuchtern ausgestattet. Für die im SBZ identifizierten Dampfbefeuchter konnte ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 99.290 kWh/a berechnet werden.

Für die sieben im SBZ installierten Kältemaschinen wurde ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 79.214 kWh/a berechnet.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass unter den angeführten Prämissen der derzeitige durchschnittliche klimabereinigte Energieverbrauch der HLK Komponenten im SBZ über 218.252 kWh Fernwärme und 384.378 kWh Strom pro Jahr abgedeckt wird. Die Zuteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser und Heizung, sowie die Zuteilung des Stromverbrauchs auf Pumpen, Ventilatoren, Kältemaschinen und Dampfbefeuchter wird durch die folgende Tabelle 26 verdeutlicht:

Tabelle 26 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten im SBZ

Fernwärme		Strom			
Heizung	Warmwasser	Ventilatoren	Befeuchter	Kältemaschinen	Pumpen
139.240	79.012	163.528	99.290	79.214	42.346
[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
63,8 [%]	36,2 [%]	42,5 [%]	25,8 [%]	20,6 [%]	11,0 [%]

4 Ermittlung von spezifischen Energieverbrauchskennzahlen

Auf Basis der unter Kapitel 2 beschriebenen Methodik und des unter Kapitel 3 beschriebenen Status quo der untersuchten Referenzgebäude werden im folgenden spezifische Energieverbrauchskennzahlen der verschiedenen HLK Verbrauchergruppen in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen der jeweiligen Krankenanstalt erarbeitet. Mit Hilfe dieser spezifischen Kennzahlen soll es möglich werden, den gesamten Energieverbrauch des HLK Systems in den jeweiligen Krankenhäusern darzustellen und auf Verbraucher bzw. medizinische Anwendungsbereiche aufzuteilen, was wiederum die Hochrechnung und Bewertung einzelner Effizienzmaßnahmen ermöglicht. Anschließend wird der, mit Hilfe der ermittelten Energieverbrauchskennzahlen theoretisch berechnete Gesamtenergieverbrauch für die HLK Verbrauchergruppen mit dem tatsächlich gemessenen, klimabereinigten Gesamtenergieverbrauch der Krankenhäuser verglichen. Dieser Vergleich soll als Plausibilitätsprüfung der errechneten Energieverbrauchskennzahlen dienen.

In weiterer Folge soll das mögliche Energieeinsparpotential einzelner Energieeffizienzmaßnahmen in den untersuchten Referenzgebäuden quantifiziert werden. Darauf aufbauend soll es schließlich möglich werden, das Energieeinsparpotential und damit verbundene CO₂-Einsparungen auf das gesamte jeweilige Krankenhaus hochzurechnen.

4.1 Energieverbrauchskennzahlen Otto Wagner Spital

Um folgend mögliche Energie- und CO₂-Einsparungen für das gesamte Otto Wagner Spital berechnen zu können ist es nötig, den derzeitigen Energieverbrauch der untersuchten sechs Pavillons auf die übrigen genutzten Gebäude des Otto Wagner Spitals hochzurechnen. Zu diesem Zweck werden anhand der beschriebenen Methodik in Kapitel 2.1 spezifische Wärme- und Stromverbrauchskennzahlen für die identifizierten HLK Verbrauchergruppen in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen des Otto Wagner Spitals errechnet.

4.1.1 Ergebnisse

Zur Illustration der erarbeiteten Methodik wird folgend die spezifische Stromverbrauchskennzahl für die Verbrauchergruppe Ventilatoren in den unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen errechnet.

Für den Stationsbereich und den Sonstigen Bereich dient Pavillon 21 als Referenzgebäude. Die Verbrauchskennzahl für die Verbrauchergruppe Ventilatoren im Stations- und Sonstigen Bereich wird wie folgt errechnet (siehe Formel 1):

Formel 1 Berechnung des Verbrauchskennwertes für Ventilatoren im Stations- und Sonstigen Bereich des OWS

$$\text{Stat./ Sonst.}_{\text{Vent.}} = \frac{\text{Vent. EV}_{\text{Pav.21}}}{A_{\text{Pav.21}}} = \frac{14.325}{2.458,5} = \underline{\underline{5,8 \text{ [kWh/m}^2\text{a]}}}$$

Da nun die Verbrauchskennzahl für den Stations- und Sonstigen Bereich bekannt ist können die Stromverbrauchskennzahlen für Ambulanz und Intensivstation - resultierend aus Pavillon 11 und 13 - errechnet werden. Es lässt sich sowohl für Pavillon 13 als auch für Pavillon 11 eine Verbrauchskennzahl für Ambulanz und Intensivstation errechnen. Um einen repräsentativen Verbrauchswert für Ambulanz und Intensivstation zu erhalten werden die Kennzahlen aus Pavillon 11 und 13 entsprechend der jeweiligen Ambulanz- und Intensivstationsfläche gemittelt (siehe Formel 2):

Formel 2 Berechnung des Verbrauchskennwertes für Ventilatoren im Bereich für Ambulanz und Intensivstation im OWS

$$\begin{aligned} \text{Amb./ StI.}_{\text{Vent.}} &= \frac{\text{Vent. EV}_{\text{Pav.13}} - \text{St./ Sonst.} \times A_{\text{St./ SonstPav.13}} + \text{Vent. EV}_{\text{Pav.11}} - \text{St./ Sonst.} \times A_{\text{St./ SonstPav.11}}}{A_{\text{Amb./ StI. Pav.13}} + A_{\text{Amb./ StI. Pav.11}}} = \\ &= \frac{85.539 - 5,8 \times 1.994,6 + 36.764 - 5,8 \times 2.111,1}{928,7 + 500,9} = \underline{\underline{68,9 \text{ [kWh/m}^2\text{a]}}} \end{aligned}$$

Auf Basis der bereits errechneten Werte für St. / Sonst. und Amb. / St I. ergeben sich nun die Kennzahlen für den diagnostischen Bereich aus Pavillon Kurhaus (siehe Formel 3) und die Werte für den OP Bereich aus dem Referenzpavillon Felix (siehe Formel 4):

Formel 3 Berechnung des Verbrauchskennwertes für Ventilatoren im diagnostischen Bereich des OWS

$$\begin{aligned} \text{Diagn.}_{\text{Vent.}} &= \frac{\text{Vent. EV}_{\text{Kurhaus}} - \text{St./ Sonst.} \times A_{\text{St./ SonstKurhaus}} - \text{Amb./ StI.} \times A_{\text{Amb./ StI. Kurhaus}}}{A_{\text{Diagn. Kurhaus}}} = \\ &= \frac{64.992 - 5,8 \times 834,4 - 68,9 \times 121,6}{2.111,4} = \underline{\underline{24,5 \text{ [kWh/m}^2\text{a]}}} \end{aligned}$$

Formel 4 Berechnung des Verbrauchskennwertes für Ventilatoren im OP Bereich des OWS

$$\text{OP}_{\text{Vent.}} = \frac{\text{Vent. EV}_{\text{Felix}} - \text{St./ Sonst.} \times A_{\text{St./ SonstFelix}}}{A_{\text{OPFelix}}} = \frac{350.136 - 5,8 \times 2.636,3}{1.111,3} = \underline{\underline{301,3 \text{ [kWh/m}^2\text{a]}}}$$

Abkürzungen:

Vent. EV.....Ventilatorenergieverbrauch

A.....Fläche

Stat./Sonst. Vent.....spezifischer Ventilatorenergieverbrauch im Bereich St./Sonst.

Amb./StI. Vent.....spezifischer Ventilatorenergieverbrauch im Bereich Amb./St.I

Diagn.Vent.....spezifischer Ventilatorenergieverbrauch im Bereich Diagnose

OPVent.....spezifischer Ventilatorenergieverbrauch im OP Bereich

Auf Basis dieser Methodik und der berechneten, durchschnittlichen Energieverbräuche der HLK Verbrauchergruppen der untersuchten sechs Referenzpavillons konnten für die definierten Nutzungskategorien die folgenden spezifischen Energiekennzahlen für typische Pavillons im Otto Wagner Spital berechnet werden (Tabelle 27):

Tabelle 27 Kennzahlen Stromverbrauch in kWh/m²a pro Nutzungskategorie und Verbrauchergruppe im Otto Wagner Spital

Kennzahlen	Ventilatoren	Dampfbefeuchter	Kältemaschinen	Pumpen
	kWh/m ² a (konditionierte Nettogeschoßfläche)			
St. / Sonst.	5,8	0,0 ⁷	0,0	3,5
Amb. / St I	68,8	26,6	20,3	14,7
OP	301,3	195,2	48,4	20,4
Diag.	24,5	0,0	18,9	10,2

Durch diese Kennzahlen ist gut ersichtlich, inwieweit der Strombedarf des HLK Systems mit der Nutzung der Gebäude korrespondiert. Der höchste Strombedarf pro m²a konnte eindeutig dem OP Bereich zugeordnet werden, an den auch die höchsten gesetzlichen Anforderungen an eine qualitativ hochwertige Luftkonditionierung gestellt werden.⁸

Das Raumklima in den Bereichen der Intensivpflege, sowie in den Untersuchungs- und Behandlungsräume und der Ambulanz werden ebenfalls durch Vollklimasysteme – inkl. Luftbefeuchtung und Kühlung – bereitgestellt. Da für diese Bereiche jedoch eine geringere Luftwechselrate gefordert wird und eine höhere Toleranzschwelle der Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur zulässig ist, reduziert sich der für diese Bereiche angesetzte Strombedarf entsprechend.

Der diagnostische Bereich des Otto Wagner Spitals wird im Sommer Großteils durch Splitklimageräte gekühlt, um die Abwärme der diagnostischen Geräte in den Untersuchungs- und Laborräumen abzuführen. Eine kontrollierte Luftbefeuchtung wird durch diese Splitklimageräte jedoch nicht gewährleistet.

Für den Stationsbereich sowie für die sonstigen Bereiche (Verwaltung, etc.) wurde auf Basis der untersuchten Pavillons ein Grundverbrauch für Ventilatoren und Pumpen berechnet. Dieser Grundverbrauch ist für diese Nutzungsbereiche relativ gering, da die Be- und Entlüftung im OWS in diesen Bereichen Großteils über Fensterlüftung erfolgt.

⁷In dem betrachteten Referenzgebäude wurde in diesem Bereich kein entsprechender Verbraucher identifiziert.

⁸Vgl.: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM H 6020 Lüftungstechnische Anlagen für medizinisch genutzte Räume – Projektierung, Errichtung, Betrieb, Instandhaltung, technische und hygienische Kontrollen, Wien, 2007

Zur Erstellung von spezifischen Energiekennzahlen für den Wärmeverbrauch (Tabelle 28) wurde auf die unter Kapitel 2.1 beschriebene Methodik zurückgegriffen. Es wird hierbei zwischen Wärmeverbrauch zur Warmwasserbereitung und dem Wärmeverbrauch zur Beheizung der Gebäude unterschieden. Auf Basis der beschriebenen Methodik und der berechneten durchschnittlichen Wärmeverbräuche der untersuchten sechs Referenzpavillons konnten für den Wärmeverbrauch die folgenden spezifischen Energiekennzahlen für typische Pavillons im Otto Wagner Spital berechnet werden (Tabelle 28):

Tabelle 28 Kennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m²a für Heizung und Warmwasser für typische Pavillons im OWS

Kennzahlen FW-Verbrauch	Heizung	Warmwasser
	kWh/m ² a (konditionierte Nettogeschoßfläche)	
Gebäude mit oberste Geschoßdecke gedämmt	234,3	48,7
Gebäude mit oberste Geschoßdecke ungedämmt	307,6	

Durch diese Kennzahlen ist sehr gut ersichtlich inwieweit die Dämmung der obersten Geschoßdecke einen Einfluss auf den Wärmeverbrauch zur Beheizung eines typischen Pavillons des OWS hat.

4.1.2 Hochrechnung auf das gesamte Otto Wagner Spital

Um den gesamten Energieverbrauch (Wärme und Strom) des HLK Systems im OWS darzustellen werden die in Kapitel 4.1.1 errechneten Verbrauchskennzahlen nun auf das gesamte Spital hochgerechnet. Diese Hochrechnung ist erforderlich, um anschließend Einsparpotentiale (Energie und CO₂) für das gesamte OWS berechnen zu können.

Um den Stromverbrauch der unterschiedlichen Verbrauchergruppen (Pumpen, Ventilatoren, etc.) in den einzelnen Nutzungskategorien (Stationsbereich, OP, etc.) im gesamten OWS zu errechnen, wird die verbleibende konditionierte Nettogeschoßfläche⁹ des gesamten Otto Wagner Spitals laut Kostenstellenkatalog in die unter Kapitel 2 definierten Nutzungskategorien unterteilt (siehe Tabelle 29).

⁹ Die verbleibende konditionierte Nettogeschoßfläche ist die gesamte Fläche des OWS ohne die Flächen der Referenzgebäude (Pavillon 11,13,15,21, Kurhaus und Felix) und der Küche (da für dieses Objekt aufgrund der sehr spezifischen Nutzung im Rahmen des Projekts „HEALTH“ von der österreichischen Energieagentur ebenfalls eine detaillierte Analyse durchgeführt und ein Energieverbrauch berechnet wurde, welcher zur Hochrechnung herangezogen wird – siehe Anhang).

Tabelle 29 Verbleibende konditionierte Nettogeschosßfläche des OWS nach Nutzungskategorie

Nutzungskategorie	Konditionierte Nettogeschosßfläche [m²]
St. / Sonst.	87.748
Amb. /St. I.	5.105
OP	618
Diag.	3.038

Diese Flächen werden nun mit den unter Kapitel 4.1.1 errechneten spezifischen Stromverbrauchskennwerten (Tabelle 27) hochgerechnet.

Um den Wärmeverbrauch der Verbrauchergruppen Warmwasser und Heizung im gesamten Otto Wagner Spital zu berechnen wird ebenfalls die verbleibende Nettogeschosßfläche⁹ laut Kostenstellenkatalog herangezogen. Zur Berechnung des Wärmeverbrauchs für die Beheizung wird die verbleibende Nettogeschosßfläche zum einen in jene Gebäude eingeteilt, welche über eine gedämmte oberste Geschosßdecke verfügen und zum anderen in jene Gebäude, welche über keine Dämmung der obersten Geschosßdecke verfügen (siehe Tabelle 30).

Tabelle 30 Verbleibende konditionierte Nettogeschosßfläche des OWS nach Dämmstandard

	Konditionierte Nettogeschosßfläche [m²]
Gebäude mit oberste Geschosßdecke gedämmt	20.870
Gebäude mit oberste Geschosßdecke ungedämmt	75.638

Diese Flächen werden mit jenen unter Kapitel 4.1.1 errechneten spezifischen Wärmeverbrauchskennwerten (Tabelle 28), entsprechend des Dämmstandards, hochgerechnet. Zur Berechnung des Wärmeverbrauchs für die Warmwasserbereitung wird die verbleibende Nettogeschosßfläche mit der errechneten Verbrauchskennzahl für Warmwasser hochgerechnet.

Zur Berechnung des Gesamtwärme- und des Gesamtstromverbrauchs des HLK Systems im OWS wird für die Referenzpavillons der unter Kapitel 3.1 ausgewiesene Energieverbrauch, und für die Küche (siehe Anhang) der im Rahmen des Projekts „HEALTH“ berechnete Energieverbrauch heran gezogen.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass, unter den angeführten Prämissen, der derzeitige durchschnittliche, klimabereinigte Energieverbrauch der HLK - Komponenten im Otto Wagner Spital über 39.363 MWh Fernwärme und 3.535 MWh Strom pro Jahr abgedeckt wird. Die Zuteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser und Heizung, sowie die Zuteilung des Stromverbrauchs auf Pumpen, Ventilatoren, Dampfbefeuchter und Kältemaschinen wird durch das folgende Energieflussdiagramm (Abbildung 17) verdeutlicht:

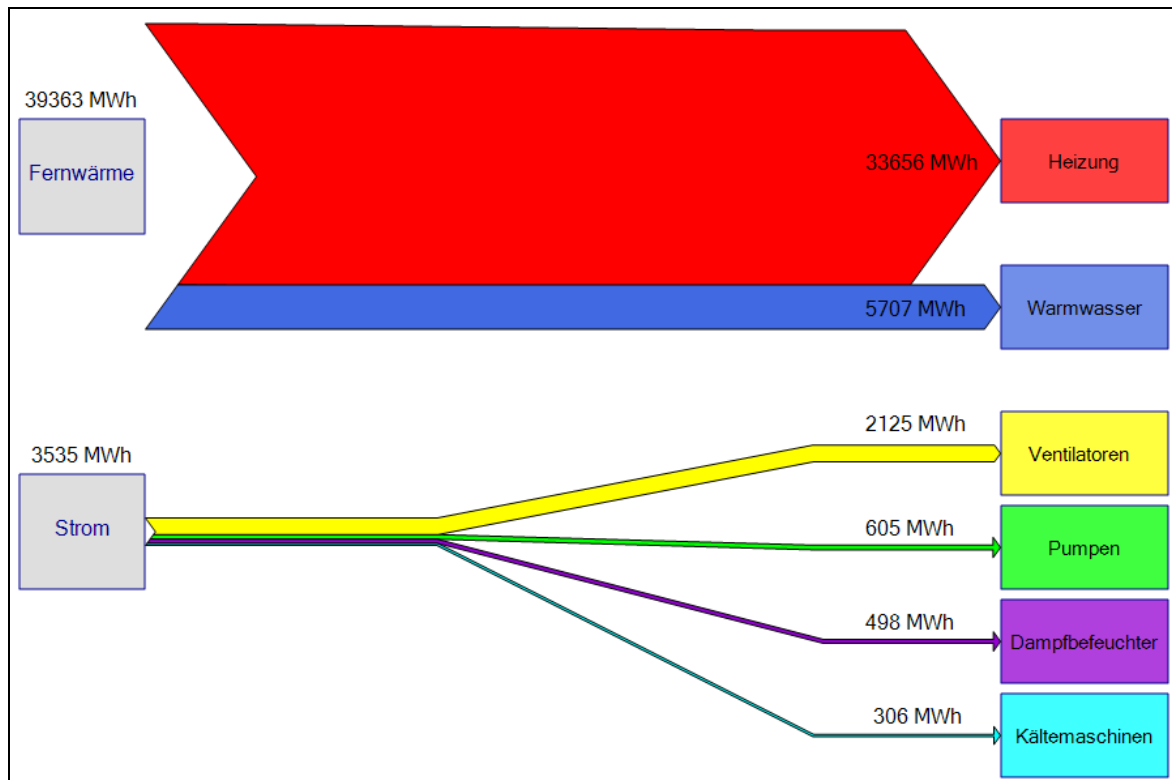


Abbildung 17 Aufteilung des Energieverbrauchs auf die Verbraucherguppen des OWS

Vergleicht man nun den mithilfe der ermittelten Energieverbrauchskennzahlen theoretisch errechneten Energieverbrauch mit den tatsächlich gemessenen klimabereinigten Energieverbrauchskennwerten (RMA; 2012) des Otto Wagner Spitals, so stellt man fest, dass der HLK Strombedarf 34,3 % des Gesamtstrombedarfs ausmacht.

Der theoretisch berechnete Fernwärmeverbrauch des Krankenhauses unterschreitet den tatsächlichen klimabereinigten Fernwärmeverbrauch um 20 % (siehe Abbildung 18).

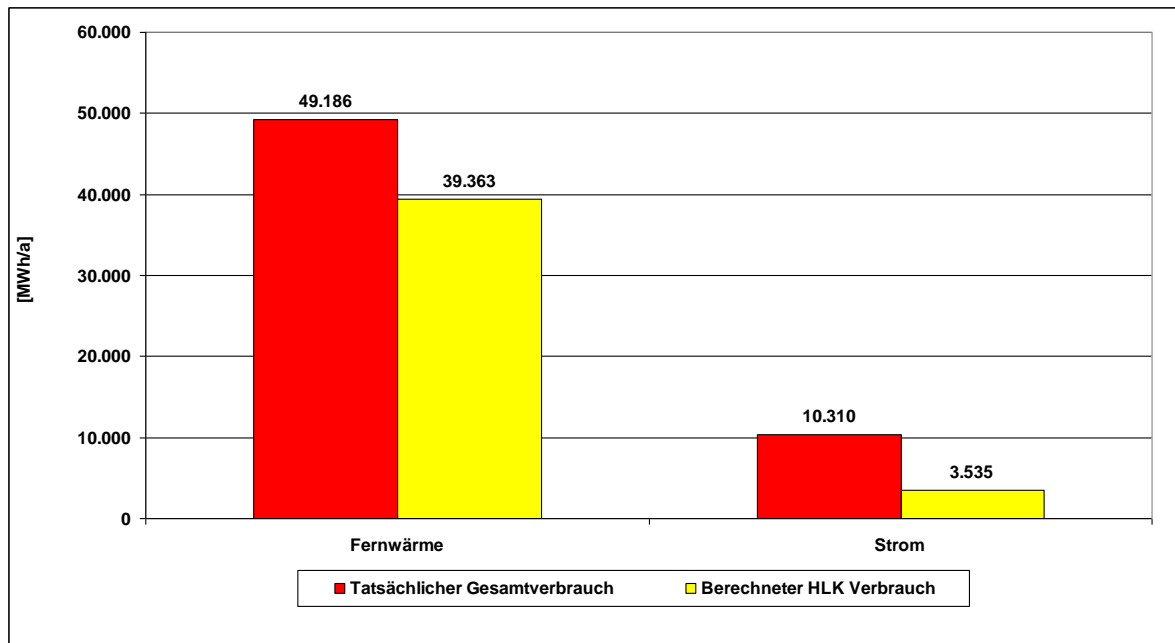


Abbildung 18 Vergleich der tatsächlichen Verbrauchswerte mit den errechneten HLK Verbrauchswerten im Otto Wagner Spital

Die Unterschreitung des tatsächlichen Fernwärmeverbrauchs kann dadurch erklärt werden, dass die tatsächliche Nutzung der Gebäude im Otto Wagner Spital nicht dem, in der Norm zugrunde liegendem Nutzungsprofil¹⁰ entspricht. Beispielsweise eine höhere tatsächliche Raumtemperatur als in der Norm veranschlagt, würde die errechnete Abweichung erklären. Ebenso würde aus einer höheren tatsächlichen Luftwechselrate und einem dadurch erhöhtem Lüftungswärmeverlust ein Mehrverbrauch an Fernwärme resultieren. Außerdem finden die Wärmeverluste der Fernwärmeleitungen von der Übergabestation zu den einzelnen Pavillons des Otto Wagner Spitals im verwendeten Modell keine Berücksichtigung, genauso wie der Fernwärme Verbrauch für die Dampferzeugung in der Küche im Modell nicht berücksichtigt werden konnte.

Der Anteil des HLK – Strombedarfs am Gesamtstrombedarf wurde mit 34,3 % errechnet. Die restlichen 65,7 % des Gesamtstrombedarfs teilen sich auf die übrigen Stromverbraucher (Beleuchtung, medizinische Geräte, Sterilisation, etc.) im OWS auf.

4.2 Energieverbrauchskennzahlen Rudolfstiftung

In der Rudolfstiftung wurde sowohl für den Hochbau als auch für den Westverbau (siehe Anhang) eine detaillierte Analyse des Status quo, im Zuge des Projekts „HEALTH“ von der österreichischen Energieagentur, durchgeführt. Um eine gewisse Vergleichbarkeit

¹⁰Siehe: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-5 Wärmeschutz im Hochbau, Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile, Wien, 2011

hinsichtlich des Energieverbrauchs mit den anderen beiden Spitälern zu ermöglichen, werden im Folgenden spezifische Energieverbrauchskennzahlen anhand des untersuchten Hochbaus erarbeitet, da dieser das Hauptgebäude der Rudolfstiftung bildet. Darüber hinaus können anhand der ermittelten Energiekennzahlen spezifische Energie- und CO₂-Einsparpotentiale in den unterschiedlichen Nutzungskategorien bzw. Verbraucherguppen quantifiziert werden.

Nach Rücksprache mit dem technischen Direktor, sollen lediglich der Hochbau und der Westverbau der Rudolfstiftung betrachtet werden. Da für beide Gebäude eine detaillierte Analyse von der österreichischen Energieagentur durchgeführt wurde, wird im Gegensatz zu den anderen beiden Spitälern nicht mit den ermittelten Energieverbrauchskennzahlen auf den Energieverbrauch anderer Gebäude der Rudolfstiftung hochgerechnet.

4.2.1 Ergebnisse

Zur Berechnung der Stromverbrauchskennzahlen der unterschiedlichen Verbraucher in den unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen des Hochbaus, wird auf die unter Kapitel 2.2 beschriebene Methodik zurückgegriffen. Diese Stromverbrauchskennzahlen des Hochbaus werden entsprechend des Energieverbrauchs der Ventilatoren der identifizierten Klimaanlage berechnet. Ausgehend von der prozentuellen Gewichtung des Ventilatorenergieverbrauchs in der jeweiligen Nutzungskategorie am gesamten Ventilatorenergieverbrauch, werden die Stromverbrauchskennwerte für die übrigen Verbraucherguppen gebildet. Durch heranziehen der Flächen in der jeweiligen Nutzungskategorie kann für jede Verbraucherguppe in jedem Nutzungsbereich eine Stromverbrauchskennzahl errechnet werden. Zur Illustration der erarbeiteten Methodik wird folgend die spezifische Stromverbrauchskennzahl für die Verbraucherguppe Pumpen in den unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen errechnet (siehe Tabelle 31 und Formel 5).

Tabelle 31 Berechnung der Stromverbrauchskennzahlen für die Verbraucherguppe Pumpen im Hochbau der Rudolfstiftung

Gesamtenergieverb. Pumpen [kWh/a]	Nutzungskat.	Gewichtung [%]	Energieverb. Nutzungskat. [kWh/a]	Fläche Nutzungskat. [m ²]	Kennzahlen [kWh/m ² a]
1.372.827	St./Sonst./Diag	50,0	686.413,5	29.312,9	23,4
	Amb./St. I.	25,5	350.070,9	3.693,6	94,7
	OP	24,5	336.342,6	2.897,1	116,0

Formel 5 Berechnung des Verbrauchskennwertes für Pumpen im OP Bereich der Rudolfstiftung

$$OP_{Pumpen} = \frac{\text{Gesamtenergieverb.}_{Pumpen} \times \text{Gewichtung}}{A_{OP}} = \frac{1.372.827 \times 0,245}{2.897,1} = \underline{\underline{116,0 \text{ [kWh/m}^2\text{a]}}}$$

Abkürzungen:

Gesamtenergieverb.....Gesamtenergieverbrauch

Nutzungskat.....Nutzungskategorie

Energieverb. Nutzungskat.....Energieverbrauch in der jeweiligen Nutzungskategorie

Fläche Nutzungskat.....Fläche der jeweiligen Nutzungskategorie

Auf Basis der beschriebenen Methodik und der berechneten, durchschnittlichen Energieverbräuche der HLK Verbrauchergruppen des untersuchten Hochbaus konnten für die definierten Nutzungskategorien die folgenden spezifischen Energiekennzahlen berechnet werden (Tabelle 32):

Tabelle 32 Kennzahlen Stromverbrauch in kWh/m²a pro Nutzungskategorie und Verbrauchergruppe im Hochbau der Rudolfstiftung

Kennzahlen	Ventilatoren	Kältemaschinen	Pumpen
	kWh/m ² a (konditionierte Nettogeschosßfläche)		
St. / Sonst.	43,6	42,0	23,4
Amb. / St I	176,2	169,8	94,7
OP	215,9	208,0	116,0
Diag.	43,6	42,0	23,4

Durch die errechneten Kennzahlen ist gut ersichtlich, inwieweit der Strombedarf des HLK Systems mit der Nutzung des Gebäudes korrespondiert. An dieser Stelle sei jedoch darauf hingewiesen, dass kein direkter Vergleich mit den berechneten Energiekennzahlen des Stromverbrauchs des HLK Systems des Otto Wagner Spitals oder des Krankenhauses Hietzing möglich ist, da das gesamte Hauptgebäude der Rudolfstiftung über Klimaanlage konditioniert wird. Im Otto Wagner Spital und im Krankenhaus Hietzing wird jedoch der Luftwechsel im Stationsbereich und im Bereich für Sonstiges zum größten Teil durch Fensterlüftung gewährleistet.

Der höchste Strombedarf pro m²a konnte – wie schon im Otto Wagner Spital – eindeutig dem OP Bereich zugeordnet werden, an den auch die höchsten gesetzlichen Anforderungen an eine qualitativ hochwertige Luftkonditionierung gestellt werden.¹¹

Die Luftkonditionierung der Bereiche der Intensivpflege, der Untersuchungs- und Behandlungsräume, der Ambulanz, der Stationsbereich sowie der Sonstige Bereich (Verwaltung, Service etc.) werden in der Rudolfstiftung ebenfalls durch Vollklimasysteme –

¹¹Vgl.: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM H 6020 Lüftungstechnische Anlagen für medizinisch genutzte Räume – Projektierung, Errichtung, Betrieb, Instandhaltung, technische und hygienische Kontrollen, Wien, 2007

inkl. Luftbefeuchtung und Kühlung – bereitgestellt. Da für diese Bereiche jedoch eine geringere Luftwechselrate gefordert wird und eine höhere Toleranzschwelle der Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur zulässig ist, reduziert sich der für diese Bereiche angesetzte Strombedarf entsprechend.

Zur Erstellung von spezifischen Energiekennzahlen für den Wärmeverbrauch wurde auf die unter Kapitel 2.2 beschriebene Methodik zurückgegriffen. Auf Basis dieser Methodik und der berechneten durchschnittlichen Wärmeverbräuche des Hochbaus, können für den Wärmeverbrauch spezifische Energiekennzahlen für den Hochbau berechnet werden. Zu diesem Zweck wird der errechnete Wärmeverbrauch für Befeuchtung¹², Heizung und Warmwasserbereitung im Hochbau (13.421 MWh/a) auf die entsprechende konditionierte Nettogeschoßfläche lt. Kostenstellenkatalog (35.903,6 m²) aufgeteilt (Tabelle 33).

Tabelle 33 Kennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m²a für Heizung, Befeuchtung und Warmwasser für den Hochbau der Rudolfstiftung

Kennzahlen FW-Verbrauch	Heizung	Warmwasser	Befeuchtung
	kWh/m ² a (konditionierte Nettogeschoßfläche)		
Hochbau der Rudolfstiftung	170,1	60,6	143,1

Ebenso wie bei den Energieverbrauchswerten des HLK Strombedarfs sei darauf hingewiesen, dass die spezifischen Energiekennzahlen des Hochbaus für den Fernwärmeverbrauch nicht mit jenen des Otto Wagner Spitals und des Krankenhauses Hietzing vergleichbar sind. Aufgrund des Baujahres des Hochbaus unterscheidet sich die thermische Performance deutlich von den Pavillonbauten in den zwei anderen Spitälern.

4.2.2 Energieverbrauch Hochbau und Westverbau

Der Energieverbrauch der betrachteten Gebäudeteile der Krankenanstalt Rudolfstiftung setzt sich zusammen aus dem in Kapitel 3.2.1 ausgewiesenen Energieverbrauch des Hochbaus und dem Energieverbrauch des Westverbaus (siehe Anhang). Da für beide Gebäude eine detaillierte Analyse von der österreichischen Energieagentur im Rahmen des Projekts „HEALTH“ durchgeführt wurde, ist keine Hochrechnung der Verbrauchskennzahlen auf andere Gebäude notwendig.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass unter den angeführten Prämissen der derzeitige durchschnittliche klimabereinigte Energieverbrauch der HLK Komponenten im Hochbau und Westverbau über 14.404 MWh Fernwärme und 6.957 MWh Strom pro Jahr abgedeckt wird. Die Zuteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser, Befeuchtung und Heizung, sowie die Zuteilung des Stromverbrauchs auf

¹² Der Wärmeverbrauch für die Befeuchtung resultiert aus den in der Rudolfstiftung verbauten Wabenbefeuchtern. Durch die Befeuchtung mittels Wabenbefeuchter kommt es zu einer Abkühlung der Luft, welche in weiterer Folge wieder erwärmt werden muss. Aus diesem Grund ist ein Teil des Wärmeverbrauchs der Luftbefeuchtung zuzuschreiben.

Pumpen, Ventilatoren und Kältemaschinen wird durch das folgende Energieflussdiagramm (Abbildung 19) verdeutlicht:

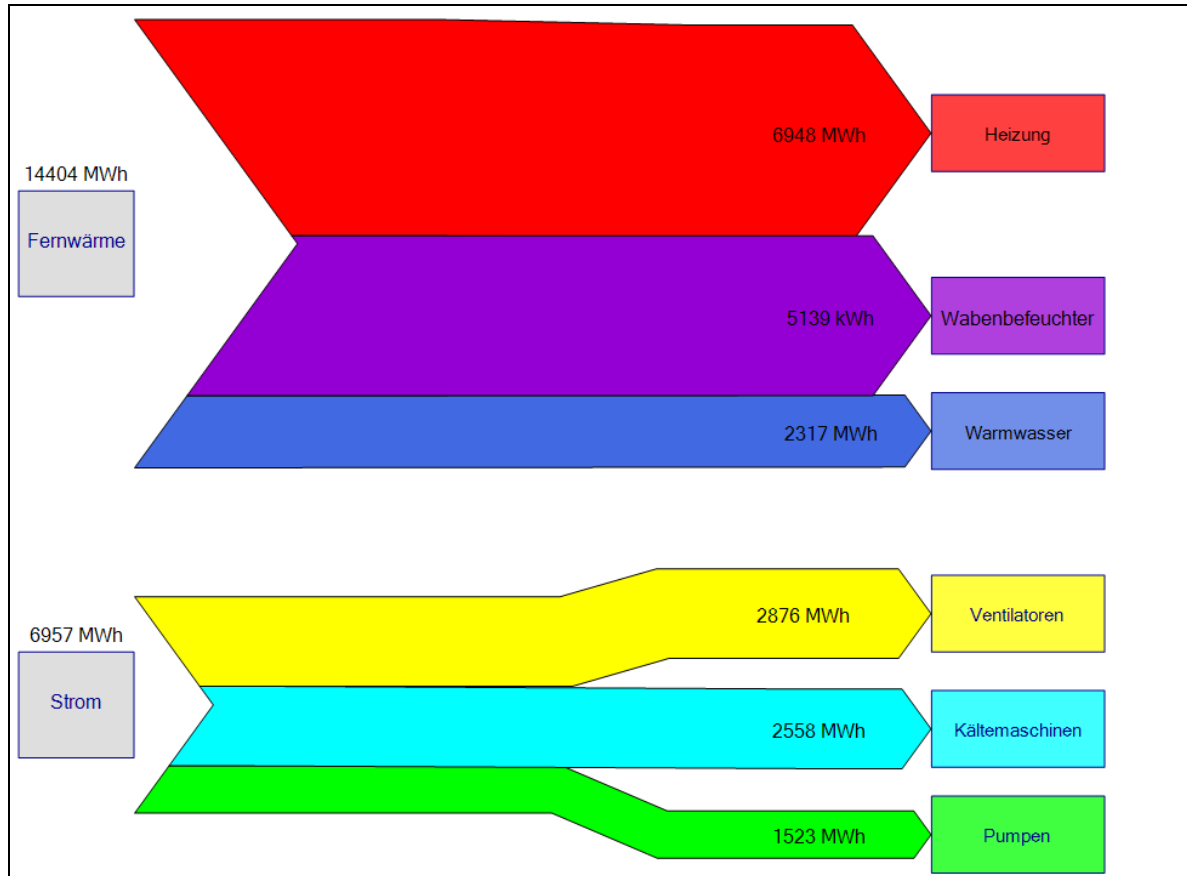


Abbildung 19 Aufteilung des Energieverbrauchs auf die Verbrauchergruppen der Krankenanstalt Rudolfstiftung (Hochbau und Westverbau)

Vergleicht man nun den theoretisch errechneten Energieverbrauch mit den tatsächlichen klimabereinigten Verbrauchswerten (RMA; 2012) der betrachteten Gebäude (siehe Abbildung 20), so stellt man fest, dass der HLK Strombedarf 50,1 % des Gesamtstrombedarfs ausmacht. Der, im Vergleich zum Otto Wagner Spital, hohe Anteil des HLK Strombedarfs am Gesamtstrombedarf kann auf die vollständige Konditionierung der Rudolfstiftung mittels Klimaanlage zurückgeführt werden.

Der theoretisch berechnete Fernwärmeverbrauch unterschreitet den tatsächlichen klimabereinigten Fernwärmeverbrauch des Krankenhauses um 34,8 % (siehe Abbildung 20).

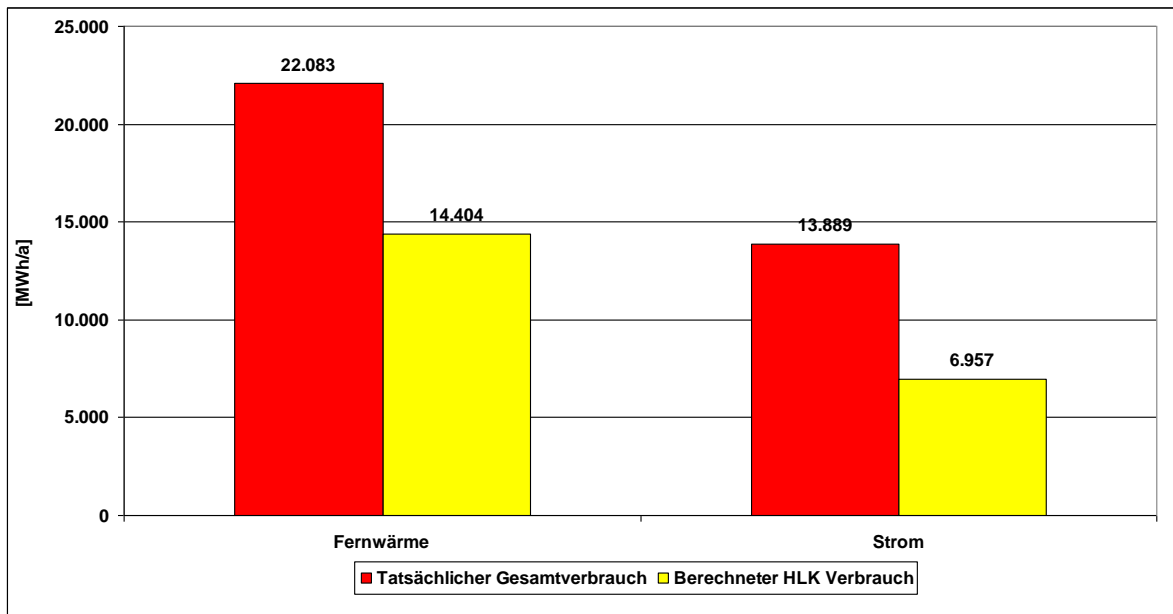


Abbildung 20 Vergleich der tatsächlichen Verbrauchswerte mit den errechneten HLK Verbrauchswerten in der Krankenanstalt Rudolfstiftung (Hochbau und Westverbau)

Die Unterschreitung des tatsächlichen Fernwärmeverbrauchs kann dadurch erklärt werden, dass die tatsächliche Nutzung der betrachteten Gebäude der Rudolfstiftung nicht dem der Norm zugrunde liegendem Nutzungsprofil¹³ entspricht. Beispielsweise würde eine höhere tatsächliche Raumtemperatur als in der Norm veranschlagt die errechnete Abweichung erklären. Ebenso würde aus einer höheren tatsächlichen Luftwechselrate und einem dadurch erhöhten Lüftungswärmeverlust ein Mehrverbrauch an Fernwärme resultieren. Außerdem finden die Wärmeverluste der Fernwärmeleitungen von der Übergabestation zu den einzelnen Gebäudeteilen im verwendeten Modell keine Berücksichtigung.

Der Anteil des HLK Strombedarfs am Gesamtstrombedarf wurde mit 50,1 % errechnet. Die restlichen 49,9 % des Gesamtstrombedarfs teilen sich auf die übrigen Stromverbraucher (Beleuchtung, medizinische Geräte, Sterilisation, etc.) im Hochbau und Westverbau auf.

4.3 Energieverbrauchskennzahlen Krankenhaus Hietzing

Um mögliche Energie- und CO₂-Einsparungen für das gesamte Krankenhaus Hietzing berechnen zu können ist es nötig, den derzeitigen Energieverbrauch (Ist-Zustand) des untersuchten Pavillons II auf die übrigen derzeit benutzten Gebäude des Krankenhauses hochzurechnen. Zu diesem Zweck werden im Folgenden spezifische

¹³Siehe: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-5 Wärmeschutz im Hochbau, Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile, Wien, 2011

Energieverbrauchskennzahlen für die verwendeten HLK Verbrauchergruppen in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen des Krankenhauses Hietzing errechnet.

4.3.1 Ergebnisse

Zur Berechnung der Stromverbrauchskennzahlen der unterschiedlichen Verbraucher in den unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen des Krankenhauses Hietzing bedient man sich der unter Kapitel 2.3 beschriebenen Methodik. Diese spezifischen Stromverbrauchskennzahlen des Pavillon II werden entsprechend des Energieverbrauchs der identifizierten Ventilatoren berechnet. Ausgehend von der prozentuellen Gewichtung des Ventilatorenergieverbrauchs in der jeweiligen Nutzungskategorie am gesamten Ventilatorenergieverbrauch werden die Stromverbrauchskennwerte für die übrigen Verbrauchergruppen gebildet. Durch heranziehen der Flächen in den jeweiligen Nutzungskategorien kann für jede Verbrauchergruppe in jedem Nutzungsbereich eine Stromverbrauchskennzahl errechnet werden. Zur Illustration der erarbeiteten Methodik wird folgend die spezifische Stromverbrauchskennzahl für die Verbrauchergruppe Pumpen in den unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen errechnet (siehe Tabelle 34 und Formel 6).

Tabelle 34 Berechnung der Stromverbrauchskennzahlen für die Verbrauchergruppe Pumpen in typischen Pavillons des KH Hietzing

Gesamtenergieverb. Pumpen [kWh/a]	Nutzungskat.	Gewichtung [%]	Energieverb. Nutzungskat. [kWh/a]	Fläche Nutzungskat. [m ²]	Kennzahlen [kWh/m ² a]
55.547	St./Sonst.	37,1	20.607,9	5.601,0	3,7
	Amb./St.I./Diag.	13,4	7.443,3	2.093,5	3,6
	OP	49,4	27.440,2	1.493,9	18,4

Formel 6 Berechnung des Verbrauchskennwertes für Pumpen im OP Bereich des KH Hietzing

$$OP_{Pumpen} = \frac{\text{Gesamtenergieverb.}_{Pumpen} \times \text{Gewichtung}}{A_{OP}} = \frac{55.547 \times 0,494}{1.493,9} = \underline{\underline{18,4 \text{ [kWh/m}^2\text{a]}}}$$

Abkürzungen:

Gesamtenergieverb.....Gesamtenergieverbrauch

Nutzungskat.....Nutzungskategorie

Energieverb. Nutzungskat.....Energieverbrauch in der jeweiligen Nutzungskategorie

Fläche Nutzungskat.....Fläche der jeweiligen Nutzungskategorie

Auf Basis der beschriebenen Methodik und der berechneten, durchschnittlichen Energieverbräuche der HLK Verbrauchergruppen des untersuchten Referenzpavillons II konnten für die definierten Nutzungskategorien die folgenden spezifischen Energiekennzahlen für typische Pavillons des Krankenhauses Hietzing berechnet werden (Tabelle 35):

Tabelle 35 Kennzahlen Stromverbrauch in kWh/m²a pro Nutzungskategorie und Verbrauchergruppe im Krankenhaus Hietzing

Kennzahlen	Ventilatoren	Dampfbefeuchter	Kältemaschinen	Pumpen
	kWh/m ² a (konditionierte Nettogeschoßfläche)			
St. / Sonst.	18,6	0,0	0,0	3,7
Amb. / St I	18,0	0,0	0,0	3,6
OP	92,9	109,6	70,8	18,4
Diag.	18,0	0,0	0,0	3,6

Durch diese Kennzahlen ist gut ersichtlich, inwieweit der Strombedarf des HLK Systems mit der Nutzung des Gebäudes korrespondiert. Der höchste Strombedarf pro m²a konnte wie schon im Otto Wagner Spital und der Rudolfstiftung, eindeutig dem OP Bereich zugeordnet werden, an den auch die höchsten gesetzlichen Anforderungen an eine qualitativ hochwertige Luftkonditionierung gestellt werden.¹⁴

Für die Bereiche der Intensivpflege, der Untersuchungs- und Behandlungsräume, der Ambulanz, sowie der diagnostische Bereich, der Stationsbereich und die Sonstigen Bereiche (Verwaltung etc.) wurde auf Basis des untersuchten Pavillons II ein Grundverbrauch für Ventilatoren und Pumpen berechnet. Dieser Grundverbrauch ist für diese Nutzungsbereiche relativ gering, da die Be- und Entlüftung im Krankenhaus Hietzing in diesen Bereichen Großteils über Fensterlüftung erfolgt.

Zur Erstellung von spezifischen Energiekennzahlen für den Wärmeverbrauch von Heizung und Warmwasser wurde auf die unter Kapitel 2.3 beschriebene Methodik zurückgegriffen. Auf Basis dieser Methodik und der berechneten durchschnittlichen Wärmeverbräuche des untersuchten Referenzpavillons II, konnten für den Wärmeverbrauch die folgenden spezifischen Energiekennzahlen für typische Pavillons im Krankenhaus Hietzing berechnet werden (Tabelle 36):

Tabelle 36 Kennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m²a für Heizung und Warmwasser für typische Pavillons im Krankenhaus Hietzing

Kennzahlen FW-Verbrauch	Heizung	Warmwasser
	kWh/m ² a (konditionierte Nettogeschoßfläche)	
Pavillon II	290,6	44,4

¹⁴Vgl.: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM H 6020 Lüftungstechnische Anlagen für medizinisch genutzte Räume – Projektierung, Errichtung, Betrieb, Instandhaltung, technische und hygienische Kontrollen, Wien, 2007

4.3.2 Hochrechnung auf das gesamte Krankenhaus Hietzing

Um den Energieverbrauch der unterschiedlichen Verbrauchergruppen (Pumpen, Ventilatoren, etc.) in den einzelnen Nutzungskategorien (Stationsbereich, OP, etc.) im gesamten Krankenhaus Hietzing zu errechnen, wird die verbleibende konditionierte Nettogeschoßfläche (ohne Fläche der untersuchten Referenzgebäude SBZ und Pavillon II) laut Kostenstellenkatalog in die unter Kapitel 2 definierten Nutzungskategorien unterteilt. Diese Flächen (Tabelle 37) werden mit den errechneten spezifischen Energieverbrauchskennwerten (Tabelle 35 und Tabelle 36) hochgerechnet. Für die Referenzgebäude (SBZ und Pavillon II) wird der unter Kapitel 3.3 ausgewiesene Energieverbrauch herangezogen.

Die konditionierte Nettogeschoßfläche des gesamten Krankenhauses Hietzing, abzüglich der konditionierten Nettogeschoßfläche der untersuchten Referenzgebäude (SBZ und Pavillon II), wurde mit 69.131,2 m² berechnet. Diese Fläche teilt sich anhand des Kostenstellenkatalogs wie folgt auf die unter Kapitel 2 definierten Nutzungskategorien auf (Tabelle 37):

Tabelle 37 Konditionierte Nettogeschoßfläche des Krankenhauses Hietzing abzüglich der Nettogeschoßfläche der Referenzgebäude

Nutzungskategorie	Konditionierte Nettogeschoßfläche [m²]
St. / Sonst.	52.838,8
Amb. /St. I.	7.156,8
OP	1.781,9
Diag.	7.353,7

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass unter den angeführten Prämissen der derzeitige durchschnittliche klimabereinigte Energieverbrauch der HLK Komponenten in den Gebäuden des Krankenhauses Hietzing über 26.448 MWh Fernwärme und 3.002 MWh Strom pro Jahr abgedeckt wird. Die Zuteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser und Heizung, sowie die Zuteilung des Stromverbrauchs auf Pumpen, Ventilatoren, Kältemaschinen und Dampfbefeuchter wird durch das folgende Energieflussdiagramm (Abbildung 21) verdeutlicht:

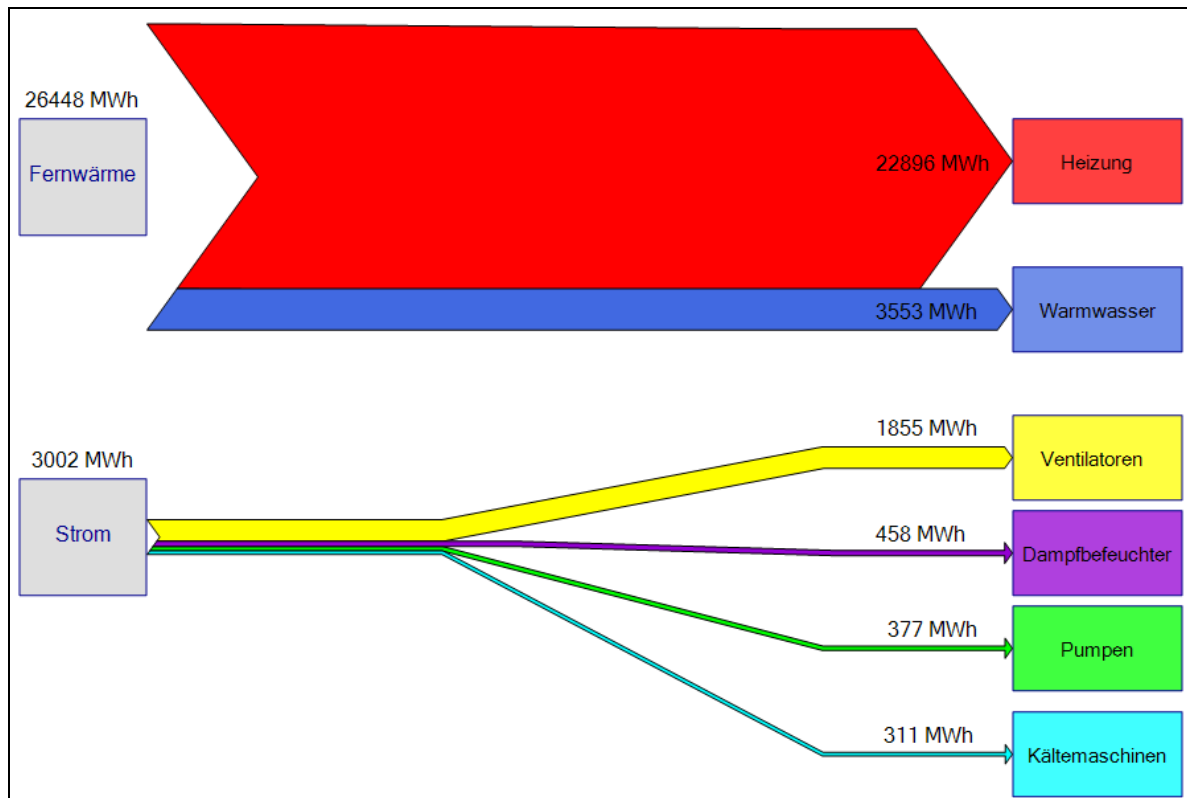


Abbildung 21 Aufteilung des Energieverbrauchs auf die Verbraucherguppen im KH Hietzing

Vergleicht man nun den theoretisch errechneten Energieverbrauch mit den tatsächlichen klimabereinigten Verbrauchswerten (RMA; 2012) (siehe Abbildung 22), so stellt man fest, dass der HLK Strombedarf 34,2 % des Gesamtstrombedarfs ausmacht.

Der theoretisch berechnete Fernwärmeverbrauch des Krankenhauses überschreitet den tatsächlichen klimabereinigten Fernwärmeverbrauch um 53,6 % (siehe Abbildung 22).

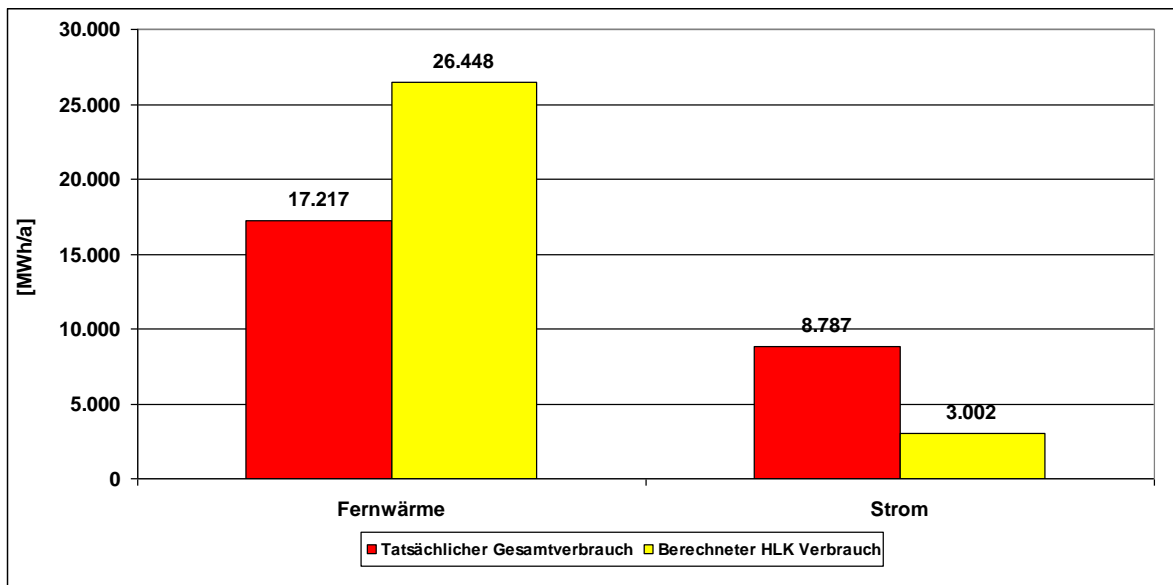


Abbildung 22 Vergleich der tatsächlichen Verbrauchswerte mit den errechneten HLK Verbrauchswerten im Krankenhaus Hietzing

Im Gegensatz zu den anderen beiden Spitälern wird im Krankenhaus Hietzing ein Mehrverbrauch an Fernwärme berechnet. Dies könnte zur Ursache haben, dass der Fernwärmeverbrauch des Krankenhauses Hietzing nicht gemessen wird, sondern anhand eines hausinternen Aufteilungs – Schlüssels zwischen dem Geriatriezentrum und dem Krankenhaus Hietzing ermittelt wird (RMA; 2012). Weiters ist es durchaus möglich, dass der Anteil der leerstehenden Gebäudeteile tatsächlich größer ist, als im aktuellen Kostenstellenkatalog ausgewiesen wird, da geplant ist, das Krankenhaus bis 2020 neu zu errichten und daher derzeit eine kontinuierliche Schließung von nicht mehr benötigten Pavillons durchgeführt wird.

Der Anteil des HLK Strombedarfs am Gesamtstrombedarf wurde mit 34,2 % errechnet. Die restlichen 65,8 % des Gesamtstrombedarfs teilen sich auf die übrigen Stromverbraucher (Beleuchtung, medizinische Geräte, Sterilisation, etc.) im KH Hietzing auf.

4.4 Diskussion der Ergebnisse

Mithilfe der errechneten Energieverbrauchskennzahlen wurde es möglich, den Energieverbrauch des HLK Systems auf die Verbraucherguppen und die medizinischen Anwendungsbereiche aufzuteilen. Dies ermöglicht in weiterer Folge die Identifizierung und Quantifizierung von möglichen Energieeffizienzmaßnahmen. Der Vorteil der erarbeiteten Methodik ist, dass mithilfe von nur einzelnen untersuchten Referenzgebäuden auf mehrere Gebäude hochgerechnet werden kann. Dies birgt jedoch auch das Risiko, dass die Qualität der Hochrechnung zum einen sehr stark von der Auswahl der Referenzgebäude und zum anderen von der Genauigkeit, in welcher die Referenzgebäude erfasst wurden, abhängt. Die sorgfältige Auswahl und Erfassung der Referenzgebäude stellt somit die

entscheidende Grundlage für die Errechnung von spezifischen Energieverbrauchskennzahlen, anhand der beschriebenen und angewendeten Methoden, dar. Bei der Auswahl der Referenzgebäude ist insbesondere darauf zu achten, dass alle spezifischen Anwendungsbereiche durch mindestens ein erfasstes Referenzobjekt oder eine Referenzanlage abgedeckt werden. Die Genauigkeit der beschriebenen Methoden steigt mit der Anzahl an erfassten Objekten bzw. Anlagen. Um die erarbeiteten Energieverbrauchskennzahlen auf das gesamte jeweilige Krankenhaus hochzurechnen, hat man sich der ausgewiesenen Flächen des Kostenstellenkatalogs bedient. Der Kostenstellenkatalog und die richtige Zuteilung der Flächen in die definierten Nutzungskategorien stellt somit ebenso eine entscheidende Grundlage für eine qualitativ hochwertige Hochrechnung dar.

Es hat sich gezeigt, dass der Stromverbrauch der HLK Systeme in den jeweiligen Krankenhäusern zwischen 34,2 % im KH Hietzing und 50,1 % im Hochbau und Westverbau der Rudolfstiftung liegt (OWS 34,3 %). Dieses Ergebnis deutet klar darauf hin, dass mit steigendem Klimatisierungsgrad der Anteil des HLK Stromverbrauchs ansteigt. Der Stromverbrauch der übrigen Verbraucher in den Krankenhäusern (Beleuchtung, medizinische Geräte, Sterilisation, etc.) liegt je nach Ausstattung und Nutzung zwischen 49,9 und 65,8 %.

Der Vergleich des errechneten Fernwärmeverbrauchs mit dem tatsächlichen hat im OWS und in der Rudolfstiftung ergeben, dass der errechnete Verbrauch (34,8 % bzw. 20 %) unter dem tatsächlichen Verbrauch liegt. Dem können mehrere Ursachen zugrunde liegen. Der errechnete Fernwärmeverbrauch basiert auf den in der Norm implementierten Nutzungsprofilen¹⁵ für Krankenhäuser. Im Fall OWS und Rudolfstiftung kann die Ursache für den Mehrverbrauch an Fernwärme beispielsweise an höheren Innentemperaturen oder höheren Luftwechselraten, als in der Norm veranschlagt liegen. Im Krankenhaus Hietzing wird im Unterschied zu den anderen beiden Krankenhäusern weniger Fernwärme verbraucht als berechnet wurde. Der Grund hierfür kann unter anderem darin gesehen werden, dass im Krankenhaus Hietzing der tatsächliche Fernwärmeverbrauch durch einen hausinternen Berechnungsschlüssel zwischen Krankenhaus Hietzing und Geriatriezentrum Hietzing aufgeteilt wird (RMA; 2012) und somit nicht separat gemessen wird. Folglich ist ein Monitoring des tatsächlichen Verbrauchs im KH Hietzing unumgänglich, um die Abweichungen des berechneten Verbrauchs zum tatsächlichen Verbrauch genau zu untersuchen.

Abschließend sei nochmals darauf hingewiesen, dass die errechneten Energieverbrauchskennzahlen sehr stark vom jeweiligen Krankenhaus und dessen Nutzung und Gebäudestruktur abhängen. Die Unterschiede der errechneten Kennzahlen in

¹⁵Siehe: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-5 Wärmeschutz im Hochbau, Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile, Wien, 2011

den drei betrachteten Krankenhäusern zeigen dies deutlich und sind auf die sehr spezifische Nutzung und Ausstattung der jeweiligen Krankenanstalt zurückzuführen. Auf Basis der errechneten Verbräuche der identifizierten Verbrauchergruppen werden im folgenden Kapitel Energieeinsparpotentiale identifiziert und anschließend nach ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten bewertet.

5 Energieeinsparpotentiale

Im folgenden Kapitel werden mögliche Energieeffizienzmaßnahmen in den untersuchten Referenzobjekten identifiziert, welche anschließend sowohl ökologisch, anhand von Primärenergie- und CO₂-Einsparungen, als auch ökonomisch bewertet werden. Hierbei wird unterschieden zwischen thermischen Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle und Energieeffizienzmaßnahmen für die identifizierten HLK Verbrauchergruppen. Die Hochrechnung des Energie- und CO₂-Einsparpotentials auf die Gesamtfläche der drei Krankenhäuser erfolgt, ebenso wie in Kapitel 4, anhand von spezifischen Energieverbrauchskennzahlen. Die in Kapitel 4 ermittelten Kennzahlen werden entsprechend der jeweiligen Effizienzmaßnahme neu berechnet, um eine Hochrechnung des Einsparpotentials auf die gesamten drei untersuchten Spitäler zu ermöglichen.

5.1 Gebäudehülle

Da die Beheizung der Gebäude einen erheblichen Teil des Wärmeverbrauchs in den betrachteten Krankenhäusern ausmacht, gilt es ein besonderes Augenmerk auf die Wärmeverluste über die Gebäudehülle zu legen. Durch Dämmung der opaken Gebäudehülle, sowie durch Austausch von Fenstern und Türen mit schlechten thermischen Eigenschaften, lässt sich der Energieaufwand für die Beheizung der Gebäude sehr stark reduzieren.

Der Energieverlust über die Gebäudehülle, also durch Außenwände, Fenster, Dach und Boden bzw. Keller kann durch folgende Maßnahmen deutlich reduziert werden (Pfeiffer; 2008, S.39):

- Energetisch sinnvoller Wärmeschutz
- Vermeidung von Wärmebrücken
- Luftdichte Ausführung der Gebäudehülle
- Angemessener Feuchteschutz

Beim baulichen Wärmeschutz unterscheidet man zwischen winterlichem und sommerlichem Wärmeschutz. Der winterliche Wärmeschutz beinhaltet vor allem die Vermeidung von feuchtebedingten Bauschäden und die Begrenzung der Transmissionswärmeverluste. Der sommerliche Wärmeschutz bezweckt eine Begrenzung der Aufheizung von Räumen durch Sonneneinstrahlung, welche einen erhöhten Kühlenergiebedarf mit sich bringt. Der Wärmeschutz eines Raumes, d.h. der Wärmeverlust im Winter und die raumklimatische Belastung im Sommer ist abhängig von folgenden Faktoren (Pfeiffer; 2008, S.40):

- Wärmedurchgangskoeffizient der Bauteile
- Wirksame Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile
- Erhöhter Wärmeschutz im Bereich von Wärmebrücken
- Gesamtenergiedurchlassgrad, sowie Größe und Orientierung von Verglasungen
- Luftdichtheit von Bauteilen
- Feuchteschutz

Wie eingangs erwähnt, hängt der Energieverbrauch für die Beheizung eines Gebäudes neben den Lüftungswärmeverlusten maßgeblich von den Transmissionswärmeverlusten ab. Der Transmissionswärmeverlust ist jene Wärme, die durch die Hüllfläche eines Gebäudes infolge eines Temperaturunterschiedes nach außen entweicht. Wie hoch diese Transmissionswärmeverluste sind, hängt wesentlich vom Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) der Bauteile in der Gebäudeaußenhülle ab. Je geringer der U-Wert, desto besser ist die Dämmqualität des Bauteils. Der Wärmedurchgangskoeffizient sagt aus, wie viel Watt pro Quadratmeter Bauteilfläche und Temperaturunterschied in Kelvin (W/m^2K) als Verlust zwischen innen und außen anfallen. Somit stellt der U-Wert die ausschlaggebende wärmeschutztechnische Eigenschaft von Außenbauteilen dar (Pfeiffer; 2008, S.22).

Aufgrund der auftretenden Temperaturschwankungen (Tag – Nacht bzw. Innen – Außen) stellen sich instationäre Temperatur- und Wärmestromverhältnisse in Bauteilen ein, so dass auch die Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile einen Einfluss auf den erforderlichen Heizwärmebedarf eines Gebäudes hat (Schramek; 2011, S.596).

Wärmebrücken sind lokal begrenzte Bereiche in der Gebäudehülle, die einen wesentlich größeren Wärmedurchgangskoeffizient aufweisen als die benachbarten Bauteile. An diesen Stellen kommt es zu einem stark erhöhten Wärmeverlust. Daraus resultiert an diesen Stellen eine vergleichsweise niedrige raumseitige Oberflächentemperatur, aufgrund welcher es an diesen Schwachstellen zu Tauwasserbildung kommen kann, welche zu Kondensationsschäden und Schimmelpilzbildung führt. Durch erhöhten Wärmeschutz an diesen Stellen wird die Innenoberflächentemperatur erhöht und Kondensationsschäden können vermieden werden (Pfeiffer; 2008, S.40).

Die luftdichte Ausführung der Gebäudehülle ist eine Grundvoraussetzung für energieeffizientes Bauen und den Schutz der Bausubstanz. Luftdichtheit bedeutet, den unkontrollierten Luftwechsel, der aufgrund von Druckdifferenzen zwischen Gebäudeinnenraum und Außenraum entsteht, möglichst zu vermeiden. Im Allgemeinen führt mangelnde Luftdichtheit zu erhöhten Wärmeverlusten und damit zu einem erhöhtem Energieverbrauch (Pfeiffer; 2008, S.40).

Durch geeigneten Feuchteschutz können vor allem die Einwirkung von Tauwasser aus der Raumluft, sowie die Einwirkung von Schlagregen auf die Baukonstruktion und somit eine Minderung des Wärmeschutzes, Schimmelpilzbildung und Korrosion unterbunden werden (Pfeiffer; 2008, S.40).

Auf Basis dieser Grundlagen werden in jedem der drei untersuchten Krankenhäuser Sanierungspakete betreffend der Gebäudehülle definiert und anschließend hinsichtlich Energieeinsparungen und Kosteneinsparungen bewertet. Da sich die drei untersuchten Krankenhäuser hinsichtlich des Zustands der thermischen Gebäudehülle unterscheiden, werden in den nachfolgenden Kapiteln individuelle Sanierungspakete für jedes der drei Krankenhäuser definiert.

5.2 HLK Verbraucher

Wie aus den Darstellungen des Status quo in Kapitel 3 hervorgeht, nimmt der Anteil des Stromverbrauchs am HLK Gesamtenergieverbrauch in den neueren Gebäuden (siehe Schnittbildzentrum und Pavillon Felix) stark zu. Dies ist zum einen auf die bessere thermische Qualität der Gebäudehülle und steigende innere Lasten, welche zu einem verringerten Heizenergiebedarf führen, und zum anderen auf den zunehmenden Grad der Klimatisierung zurückzuführen. D.h. zukünftig werden stromseitige Energieeinsparmaßnahmen zunehmend an Bedeutung gewinnen. Im folgenden Kapitel werden Maßnahmen vorgestellt, welche zur Senkung des Strombedarfs für HLK in den untersuchten Krankenanstalten führen, wobei der Fokus auf den Austausch der identifizierten Komponenten gelegt wird. Anhand der identifizierten Energieeffizienzmaßnahmen werden Maßnahmenpakete für die jeweiligen HLK Verbrauchergruppen definiert. Das mögliche Energieeinsparpotential durch diese Maßnahmenpakete wird anschließend für jedes der drei untersuchten Krankenhäuser berechnet und anhand von ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten bewertet.

5.2.1 Tausch von Anlagenkomponenten

Wie eingangs erwähnt, soll der Austausch von veralteten und dadurch oftmals ineffizienten Anlagenkomponenten untersucht und die möglichen Energieeinsparungen quantifiziert und den einzelnen Verbrauchern zugeordnet werden.

Motoren

Wie in (Trnka et. al; 2012, S.6ff) beschrieben, basiert die Berechnung des derzeitigen Energieverbrauchs für Ventilatoren- und Pumpenantriebe auf den von der österreichischen Energieagentur im Rahmen des Projekts „HEALTH“ aufgenommenen Motorleistungen und deren Baujahre.

[kW]	> 28 Jahre*	eff 3* 18 bis 28 Jahre	IE1 8 bis 18 Jahre	IE2 0 bis 8 Jahre	IE3 NEU
0,75	63,73%	66,52%	72,10%	79,60%	82,50%
1,1	67,50%	70,00%	75,00%	81,40%	84,10%
1,5	70,36%	72,64%	77,20%	82,80%	85,30%
2,2	73,61%	75,64%	79,70%	84,30%	86,70%
3	75,95%	77,80%	81,50%	85,50%	87,70%
4	78,03%	79,72%	83,10%	86,60%	88,60%
5,5	80,11%	81,64%	84,70%	87,70%	89,60%
7,5	81,80%	83,20%	86,00%	88,70%	90,40%
11	83,88%	85,12%	87,60%	89,80%	91,40%
15	85,31%	86,44%	88,70%	90,60%	92,10%
18,5	86,09%	87,16%	89,30%	91,20%	92,60%
22	86,87%	87,88%	89,90%	91,60%	93,00%
30	88,04%	88,96%	90,80%	92,30%	93,60%
37	88,69%	89,56%	91,30%	92,70%	93,90%
45	89,21%	90,04%	91,70%	93,10%	94,20%
55	89,86%	90,64%	92,20%	93,50%	94,60%
75	90,51%	91,24%	92,70%	94,00%	95,00%
90	90,90%	91,60%	93,00%	94,20%	95,20%
110	91,29%	91,96%	93,30%	94,50%	95,40%
132	91,68%	92,32%	93,60%	94,70%	95,60%

Abbildung 23 Effizienz von Elektromotoren in Abhängigkeit des Baujahres und der Leistung (Hoffmann und Kulterer; 2009, S.26)

Wie in Abbildung 23 ersichtlich, ergibt sich durch den Ersatz von alten Antriebsmotoren durch neue IE3 Motoren eine erhebliche Wirkungsgradsteigerung und somit eine deutliche Energieeinsparung.

Pumpen

Zur Umwälzung des Wassers im Heizungskreislauf ist mindestens eine Heizungspumpe erforderlich. Alte Heizungspumpen und neue Standardpumpen lassen sich nur auf eine bestimmte Leistungsstufe einstellen. Auf dieser Stufe arbeitet die Pumpe durchgehend mit gleichbleibender Leistung. Eine Anpassung der Leistung an eine Veränderung der Durchflussmengen ist durch diese Pumpen nicht gegeben. Hocheffiziente Pumpen hingegen passen sich an die geänderten Betriebsbedingungen selbstständig an. Neben dieser stufenlosen und automatischen Anpassung, trägt auch der energieeffiziente Motor zu hohen Energieeinsparungen bei. Hocheffizienzpumpen verfügen über einen elektronisch geregelten Synchronmotor (EC Motor), welcher einen wesentlich höheren Wirkungsgrad als herkömmliche Pumpenmotoren erreicht (Oberhuber; 2009, S.2ff). Durch

den Austausch einer Bestandspumpe gegen eine hocheffiziente Pumpe kann die erforderliche elektrische Leistung um bis zu zwei Drittel reduziert werden. Dies ist sowohl auf den erhöhten Wirkungsgrad der hocheffizienten Pumpen als auch auf das Faktum, dass die Bestandspumpen üblicherweise stark überdimensioniert sind, zurückzuführen (Nipkow und Michel; 2011, S.2).

Kältemaschinen

Die Kälteversorgung in den untersuchten Wiener Krankenhäusern erfolgt entweder über zentrale Großkältemaschinen oder kleine Splitklimageräte. Sowohl bei den Großkältemaschinen als auch bei den Splitklimageräten handelt es sich um elektrisch angetriebene sowie luftgekühlte Kompressionskältemaschinen. Die Großkältemaschinen speisen die produzierte Kälte in der Regel in ein zentrales Kaltwassernetz ein, wohingegen die Splitklimageräte direkt am Ort des Kältebedarfs installiert werden. Der Vorteil der Splitklimageräte liegt in den relativ niedrigen Investitionskosten. Daher werden diese häufig für die Nachrüstung von einzelnen Räumen herangezogen. Allerdings weisen Splitklimageräte aufgrund ihrer geringen Anlagengröße einen schlechteren Jahreswirkungsgrad als Großkältemaschinen auf (Beier; 2009, S.41). Weiters ist die schlechtere Versorgungssicherheit im Vergleich zu einem Anlagenverbundsystem zu berücksichtigen. Nicht zuletzt ist auch noch auf den höheren Wartungsaufwand bei einer Vielzahl von kleinen Splitklimageräten im Vergleich zu wenigen zentralen Großkältemaschinen hinzuweisen. Jede Optimierung im Bereich der Kälteerzeugung beginnt bei den Verursachern des Kühlbedarfs. Zuerst sollten daher immer bauliche Maßnahmen zur Erhöhung des sommerlichen Wärmeschutzes (siehe Kapitel 5.1), sowie Senkung der internen Lasten in betracht gezogen werden, um den Kühlbedarf zu reduzieren. Typische Kälteverbraucher in den untersuchten Krankenhäusern sind beispielsweise Operationssäle. Die zu kühlenden Luftmengen sind im Krankenhausbereich durch vorgeschriebene Anforderungen an Luftwechselraten bzw. Frischluftzufuhr festgelegt, um die entsprechenden hygienischen Bedingungen zu gewährleisten¹⁶. Viele Anlagen werden auf einer konstanten Betriebsstufe betrieben. Durch Sensoren kann der Betriebszustand den sich ständig ändernden Faktoren (Temperatur, Luftfeuchte, etc.) angepasst werden und dadurch bei der Luftkonditionierung ein hoher Anteil des Energieverbrauchs des Kälteerzeugers eingespart werden (Hinterndorfer et. al; 2010, S.19).

Je geringer die geforderte Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Innentemperatur, desto weniger Energie wird für die Kühlung benötigt. Grundsätzlich sollte die Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Innentemperatur von 6°C nicht überschritten werden, da ansonsten die Behaglichkeit der Raumnutzer stark abnimmt (Hinterndorfer et. al; 2010, S.19).

¹⁶Vgl.: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM H 6020 Lüftungstechnische Anlagen für medizinisch genutzte Räume – Projektierung, Errichtung, Betrieb, Instandhaltung, technische und hygienische Kontrollen, Wien, 2007

Ein weiterer wichtiger Punkt für den optimalen Betrieb des Kälteerzeugers ist die regelmäßige Reinigung und Wartung der Wärmetauscher. Durch schlecht gewartete Wärmetauscher kann der Energieverbrauch aufgrund von Verlusten um bis zu 15% ansteigen (Hinterndorfer et. al; 2010, S.21). Grundsätzlich ist der Einsatz von energieeffizienten Kältemaschinen zu empfehlen, welcher im Folgenden untersucht wird. Wie in (Trnka et. al; 2012, S.6ff) beschrieben, basiert die Berechnung des derzeitigen Energieverbrauchs für die Kälteerzeugung auf den in den Referenzgebäuden identifizierten Kältemaschinen. Hierbei wurde unterschieden zwischen Kältemaschinen mit einer Kälteleistung über 12 kW und Kältemaschinen mit einer Kälteleistung unter 12 kW. Anhand von zwei unterschiedlichen Lastprofilen (siehe (Trnka et. al; 2012, S.7ff) wurde der Energieverbrauch entsprechend der Kälteleistung berechnet. Wobei die Bewertung der Effizienz der Kältemaschinen mit einer Kälteleistung unter 12 kW anhand des, so genannten, EER Wertes (Energy Efficiency Ratio) und der Maschinen mit einer Kälteleistung über 12 kW anhand des ESEER (European Seasonal Energy Efficiency Ratio) Wertes durchgeführt wurde. Abhängig vom Baujahr wurden in (Trnka et. al; 2012) die folgenden EER bzw. ESEER für die Bewertung des Status quo der Kältemaschinen herangezogen (Tabelle 38):

Tabelle 38 Effizienz Bewertung des Kältemaschinenbestandes (Trnka et. al; 2012)

	Kälteleistung >12 kW ESEER	Kälteleistung <12 kW EER
Altbestand	3	2,5
Bestand	4	2,9

An dieser Stelle sei erwähnt, dass in Krankenhäusern aufgrund der Gefahr von schädlichen Mikroorganismen (z.B. Legionellen) der Einsatz von nassen Rückkühlern folgend der ÖNORM H 6020¹⁷ nicht empfohlen wird, deshalb wird ausschließlich auf Kältemaschinen mit trockener Rückkühlung eingegangen.

In weiterer Folge werden die möglichen Einsparpotentiale durch den Austausch von Kältemaschinen quantifiziert. Für die Bewertung der Effizienz von hocheffizienten Kältemaschinen werden die folgenden Werte (Tabelle 39) herangezogen:

¹⁷Vgl.: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM H 6020 Lüftungstechnische Anlagen für medizinisch genutzte Räume – Projektierung, Errichtung, Betrieb, Instandhaltung, technische und hygienische Kontrollen, Wien, 2007

Tabelle 39 Effizienz Bewertung hocheffizienter Kältemaschinen (Krawinkler; 2008, S.7) (Scheffel; 2011, S.72)

	Kälteleistung >12 kW ESEER	Kälteleistung <12 kW EER
Hocheffizienz Kältemaschine	5	3,75

Wie in Tabelle 39 ersichtlich, ist durch den Ersatz einer Bestandsanlage durch eine hocheffiziente Kälteanlage ein hohes Energieeinsparpotential vorhanden. Besonders große Energieeinsparungen sind beim Tausch einer Altbestandsmaschine gegen eine hocheffiziente Kältemaschine möglich.

Dampfbefeuchter

Die Art der Luftbefeuchtung hat auf den benötigten Endenergiebedarf für die Luftbefeuchtung keinen Einfluss (Trnka et. al; 2012, S.9) (Gerstbauer; 2010, S.70). Der Energiebedarf für die Luftbefeuchtung kann zum einen durch das Ausnutzen des in der Norm vorgegebenen Toleranzbandes reduziert werden. Dies würde zu einer Reduktion der Betriebsstunden führen. Zum anderen können primärenergetische Energieeinsparungen erzielt werden indem die Luftbefeuchtung durch einen Energieträger mit möglichst geringem Primärenergieinhalt bewerkstelligt wird. Der Austausch eines strombasierten Befeuchters gegen einen KWK (Kraft-Wärme-Kopplung) fernwärmebasierten Befeuchter würde somit eine primärenergetische Einsparung mit sich bringen. Weiters kann eine Energieeinsparung durch Reduktion der Betriebszeit im Allgemeinen, beispielsweise in den Nachtstunden, erzielt werden.

5.2.2 Optimierung der Betriebszeiten

Wie bei allen Energieeinsparmaßnahmen gilt es zuerst den Bedarf zu reduzieren und in weiterer Folge den verbleibenden Bedarf möglichst energieeffizient zu decken. Unter der Optimierung der Betriebszeiten versteht man die Reduktion der Laufzeiten einzelner Komponenten (Pumpen, Ventilatoren, etc.) auf jene Zeiten, in denen eine tatsächliche Anforderung besteht. In vielen Bereichen der Krankenhäuser laufen die Versorgungssystem 24 Stunden. Dies ist teilweise auf medizinische bzw. hygienische Anforderungen zurückzuführen. Jedoch wurden ebenfalls Komponenten identifiziert, welche aufgrund mangelnder Regelungstechnik 24 Stunden laufen, obwohl beispielsweise 16 Stunden ausreichend wären. In (Radgen und Schmid, 2002, S.78) wird das Energieeinsparpotential durch Optimierung der Betriebszeiten von Lüftungsanlagen zwischen 10 und 50 % quantifiziert. Jedoch ist jede Optimierung der Betriebszeiten sehr anlagenspezifisch und kann stark differieren. Aus diesem Grund ist die Maßnahme zur Betriebszeitenoptimierung nicht für eine allgemeine Hochrechnung geeignet und muss von Anlage zu Anlage sehr spezifisch bewertet werden.

5.2.3 Sanierungspakete HLK Verbraucher

Basierend auf den bisher beschriebenen Grundlagen konnten die folgenden Sanierungspakete zur Energieeinsparung der identifizierten HLK Verbrauchergruppen in den untersuchten Krankenhäusern definiert werden:

- Sanierungspaket Pumpen: Beinhaltet den Austausch von Pumpen bzw. Pumpenmotoren. Bei Trockenläuferpumpen werden die bestehenden Pumpentriebe gegen IE3 Motoren getauscht. Bei Nassläuferpumpen werden jene Pumpen, welche aufgrund von konstanten Betriebsbedingungen keine Drehzahlregelung erfordern, gegen neue Standardpumpen ersetzt. Jene Pumpen, die aufgrund von variablen Betriebsbedingungen eine Drehzahlregelung erfordern, werden gegen hocheffiziente drehzahlgeregelte Pumpen ausgetauscht.
- Sanierungspaket Ventilatoren: Beinhaltet den Austausch der bestehenden Ventilatorantriebsmotoren gegen IE3 Motoren.
- Sanierungspaket Kältemaschinen: Das Sanierungspaket für die Verbrauchergruppe Kältemaschinen umfasst zwei Sanierungsvarianten. Die Variante 1 stellt die Standardvariante dar und beinhaltet den Austausch der vorhandenen Altgeräte gegen neue Standardgeräte. Die Variante 2 stellt die hocheffiziente Sanierungsvariante dar. Diese beinhaltet den Austausch der vorhandenen Kältemaschinen gegen hocheffiziente Geräte. Bei beiden Varianten werden die im Kapitel 5.2.1 angeführten ESEER bzw. EER Werte herangezogen.

Die definierten Sanierungspakete für die HLK Verbrauchergruppen Pumpen, Ventilatoren und Kältemaschinen werden folgend in jedem der untersuchten Referenzgebäude anhand der in (Trnka et. al; 2012, S.6ff) beschriebenen Berechnungsmodelle bewertet. Um die möglichen Energieeinsparpotentiale der jeweiligen Maßnahme für das jeweils gesamte Krankenhaus quantifizieren zu können, werden anhand der beschriebenen Methodik unter Kapitel 2 Energieverbrauchskennzahlen entsprechend des jeweiligen Sanierungspaketes berechnet. Anhand dieser Verbrauchskennzahlen kann das Energieeinsparpotential der jeweiligen Verbrauchergruppe auf das gesamte jeweilige Spital hochgerechnet werden.

5.3 Energieeinsparpotentiale Otto Wagner Spital

Folgend werden spezifische Energieeffizienzmaßnahmen für die Optimierung der Gebäudehülle, sowie für die Optimierung unterschiedlicher HLK Verbrauchergruppen im Otto Wagner Spital vorgestellt und damit verbundene Energie- und CO₂-Einsparungen berechnet. Die Berechnung der theoretischen Energieeinsparungen in den Referenzgebäuden erfolgt auf Basis der in (Trnka et. al; 2012, S.6ff) beschriebenen Berechnungsmodelle. Die in Kapitel 4.1.1 ermittelten Kennzahlen werden entsprechend der betreffenden Effizienzmaßnahmen neu berechnet, um eine Hochrechnung des Energie- und CO₂-Einsparpotentials auf das gesamte Otto Wagner Spital zu ermöglichen.

5.3.1 Gebäudehülle

Wie unter Kapitel 3.1 dargestellt wurden für den Status quo der untersuchten typischen Pavillons des Otto Wagner Spitals die folgenden durchschnittlichen U-Werte für die Außenbauteile herangezogen (Tabelle 40):

Tabelle 40 U-Werte der Außenbauteile der typischen Pavillons des Otto Wagner Spitals

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand	1,5
Oberste Geschoßdecke	1,2
Fenster/Türen	2,5
Innenwand zu unbeheizt	1,7
Kellerdecke	1,2
Kellerwand	1,7
Boden erdberührt	1,4

Für das OWS werden folgend drei verschiedene Sanierungsvarianten der Gebäudehülle untersucht, durch die der derzeitige Energieeinsatz für die Beheizung der Gebäude erheblich reduziert werden kann:

Sanierungsvariante 1 stellt eine Basisvariante der thermischen Sanierung dar. Diese Variante beinhaltet eine Dämmung der obersten Geschoßdecke – wie bereits bei einigen Pavillons durchgeführt – eine Dämmung der Innenwände zu unbeheizten Räumen sowie eine Dämmung der Kellerdecke. Die Maßnahmen der Sanierungsvariante 1 wurden so gewählt, dass davon ausgegangen werden kann, dass durch die vorgeschlagenen Maßnahmen das Erscheinungsbild des Pavillons nicht verändert wird und dadurch dem Denkmalschutz der Gebäude bestmöglich Rechnung getragen wird. Folgend den Anforderungen der OIB Richtlinie 6 sind nach einer thermischen Sanierung der Bauteile die in Tabelle 41 angeführten U-Werte zu erreichen.

Tabelle 41 Verwendete U-Werte der Sanierungsvariante 1 (OIB RL 6; 2011, S.7)

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Oberste Geschoßdecke	0,2
Innenwand zu unbeheizt	0,6
Kellerdecke	0,4

Bei der Sanierungsvariante 2 wird zusätzlich zu den Maßnahmen der thermischen Basissanierung (Sanierungsvariante 1) noch ein Austausch der Fenster und Türen vorgeschlagen. Folgend den Anforderungen der OIB Richtlinie 6 sind nach durchgeführter

Sanierung von Fenstern und Türen U-Werte von max. 1,7 W/m²K zu erreichen (OIB RL 6; 2011, S.7). Da dieser Wert nicht mehr dem heutigen Stand der Technik entspricht und davon ausgegangen werden kann, dass heutige Standardfenster bzw. Türen einen maximalen U-Wert von 1,2 W/m²K erreichen, wird folgend dieser Wert für die Berechnung herangezogen (Simader et. al; 2011, S.21).

In Sanierungsvariante 3 (Maximalvariante) wird zusätzlich zu den Maßnahmen der thermischen Basissanierung nicht nur ein Austausch der Fenster und Türen vorgeschlagen, sondern auch eine Dämmung der Außenwand. Folgend den Anforderungen der OIB Richtlinie 6 ist im Fall einer thermischen Sanierung der Außenwand ein maximaler U-Wert von 0,35 W/m²K zu erreichen (OIB RL 6; 2011, S.7).

Bei dieser Sanierungsvariante (Maximalvariante) ist jedoch darauf hinzuweisen, dass durch die zusätzliche Dämmung der Außenwand und die sehr dichten Fenster, bei nicht mechanisch belüfteten Räumen, eine regelmäßige Belüftung durch das Personal gewährleistet werden muss, um den geforderte Luftaustausch in Krankenhäusern zu gewährleisten und etwaiger Schimmelbildung entgegenzuwirken. Außerdem entspricht eine Dämmung der Außenwand möglicherweise nicht den Anforderungen des Denkmalschutzes.

Ergebnisse

Zur Berechnung der durchschnittlichen Energieverbrauchseinsparung¹⁸ für die Beheizung der Gebäude wurde – wie bereits für den Status quo – das Softwaretool „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH eingesetzt.

Die in Kapitel 4.1.1 ermittelten Energieverbrauchskennzahlen für den Fernwärmeverbrauch der typischen Pavillonbauten des Otto Wagner Spitals sind nun entsprechend der jeweiligen Sanierungsvariante neu zu berechnen. Anhand der unter Kapitel 2.1 beschriebenen Methodik und auf Basis der in den Referenzgebäuden umgesetzten Sanierungsvarianten wurden die folgenden Energieverbrauchskennzahlen für die Beheizung der typischen Pavillonbauten ermittelt (Tabelle 42):

¹⁸ Es handelt sich hierbei um den klimabereinigten Endenergieverbrauch basierend auf den Klimamodellen und Nutzungsprofilen der ÖNORM B 8110-5. Siehe: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-5 Wärmeschutz im Hochbau, Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile, Wien, 2010

Tabelle 42 Spezifische Energiekennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m²a für die Beheizung typischer Pavillons im Otto Wagner Spital entsprechend der Sanierungsvarianten

Kennzahlen FW-Verbrauch	Heizung
	kWh/m ² a (konditionierte Nettogeschoßfläche)
Bestand	307,6
	234,3 (OG gedämmt)
Sanierungsvariante 1	227,7
Sanierungsvariante 2	206,6
Sanierungsvariante 3	124,3

Abhängig von der umgesetzten Sanierungsvariante ergeben sich hinsichtlich des benötigten Endenergiebedarfs für die Beheizung der Gebäude des gesamten Otto Wagner Spitals die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 24):

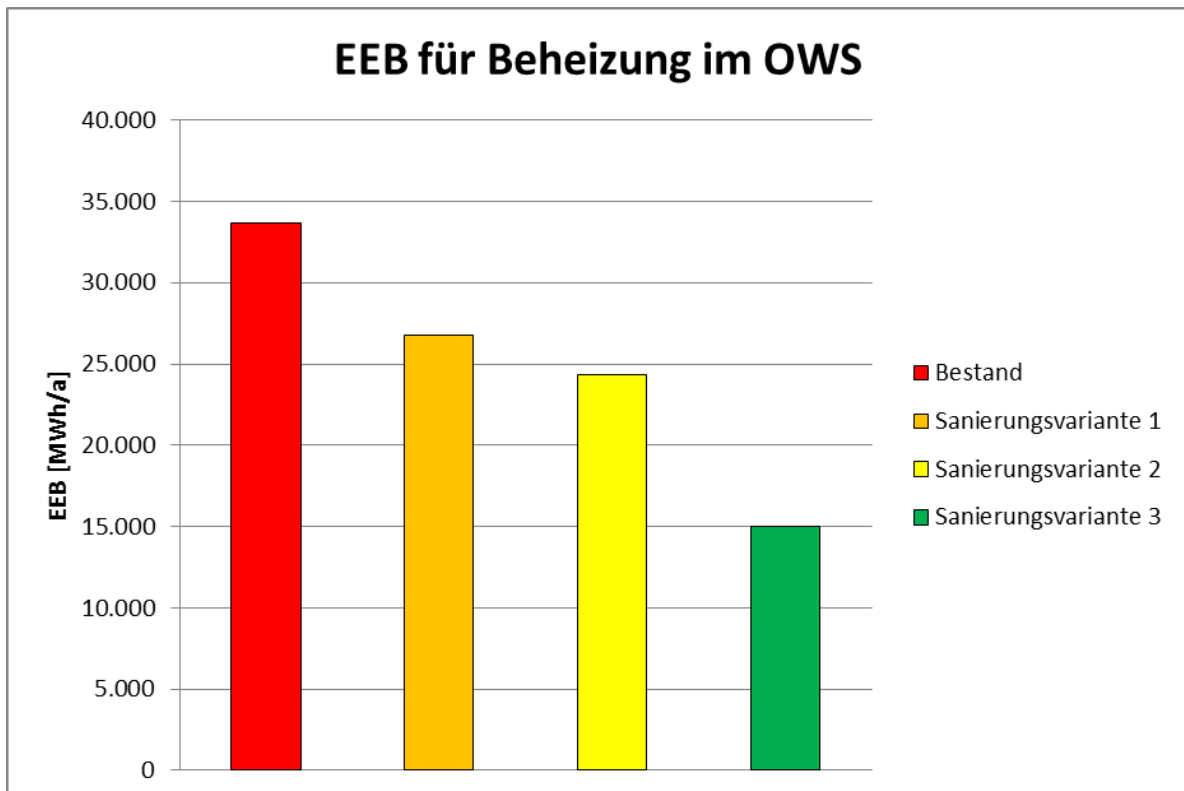


Abbildung 24 Endenergiebedarf für die Beheizung des Gebäudebestandes des OWS entsprechend Sanierungsvarianten

Die größten Endenergieeinsparungen für die Beheizung der Gebäude im OWS sind durch Sanierungsvariante 3 möglich. Durch diese können jährlich 18.671 MWh an Endenergie eingespart werden, dies entspricht einer prozentuellen Einsparung von 55,5 %. 9.305 MWh oder 27,6 % an eingesparter Endenergie können durch Sanierungsvariante 2 erzielt werden. Die Basissanierungsvariante 1 würde zu einer jährlichen Endenergieeinsparung von 20,4 % oder 6.853 MWh führen.

5.3.1.1.1 Ergebnisse ökologisch

Die ökologische Bewertung der berechneten thermischen Sanierungsvarianten im Otto Wagner Spital erfolgt auf Basis der in (Trnka et. al; 2012, S. 8ff) ausgewiesenen CO₂ - Äquivalenten sowie den aus (Zach; 2011, S.7) hervorgehenden Primärenergiefaktoren für die Fernwärme Wien (Tabelle 43).

Tabelle 43 Verwendete CO₂ – Äquivalente und Primärenergiefaktoren für die Fernwärme Wien (Trnka et. al; 2012, S.8ff) (Zach; 2011, S.7)

	CO ₂ – Äquivalente [g/kWh]	Primärenergiefaktor [-]
Fernwärme Wien	94	1

Abhängig von der umgesetzten Sanierungsvariante ergeben sich hinsichtlich des eingesparten Primärenergiebedarfs und der eingesparten CO₂-Äquivalente für die Beheizung der Gebäude des gesamten Otto Wagner Spitals die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 25):

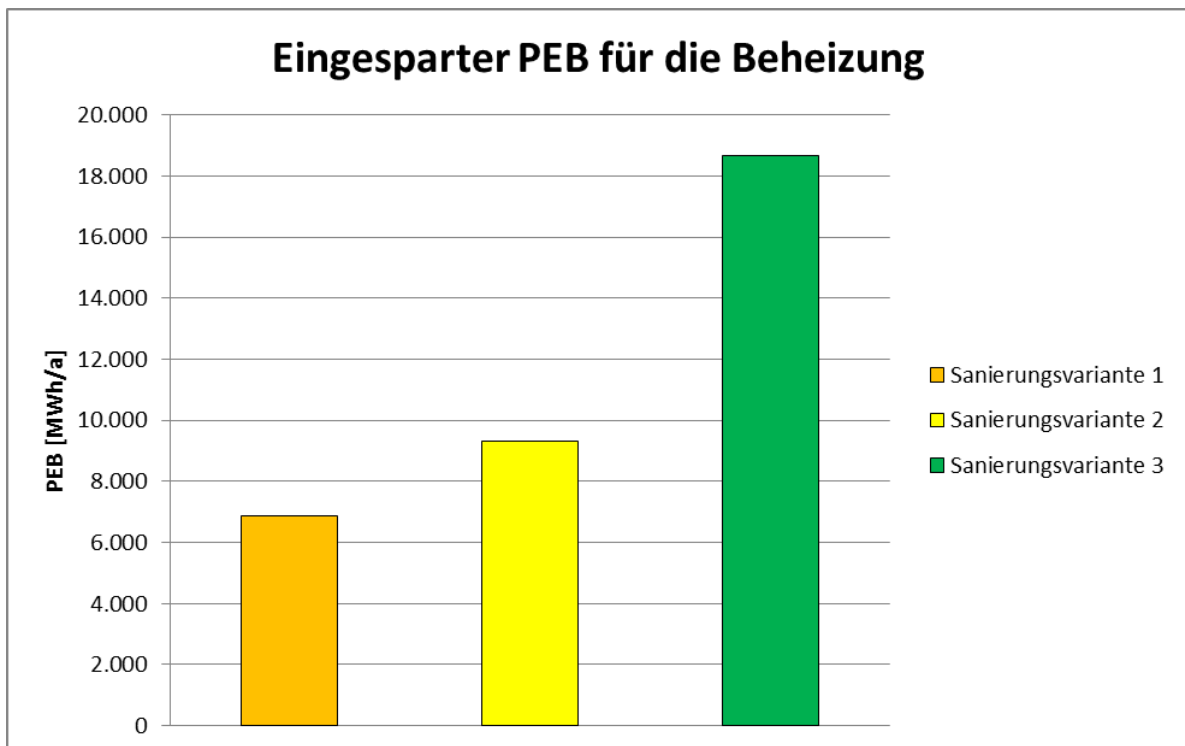


Abbildung 25 Eingesparter Primärenergiebedarf der Sanierungsvarianten bei der Beheizung der Gebäude im OWS

Durch die Sanierungsvariante 3 können 18.671 MWh Primärenergie pro Jahr für die Beheizung der Gebäude im OWS eingespart werden. Dies entspricht 55,5 % des derzeitigen Primärenergiebedarfs und führt zu einer CO₂-Einsparung von 1.792 Tonnen pro Jahr. Die Sanierungsvariante 2 würde zu 9.305 MWh jährlich eingesparter Primärenergie führen. Dies entspricht 27,6 % des derzeitigen Primärenergiebedarfs und

führt zu einer CO₂-Einsparung von 893 Tonnen pro Jahr. Die Basissanierungsvariante bringt 6.853 MWh Primärenergieeinsparung mit sich, was wiederum eine Einsparung von 20,4 % des derzeitigen Primärenergieverbrauchs und jährlich 658 Tonnen CO₂-Einsparung bedeutet (siehe Abbildung 26).

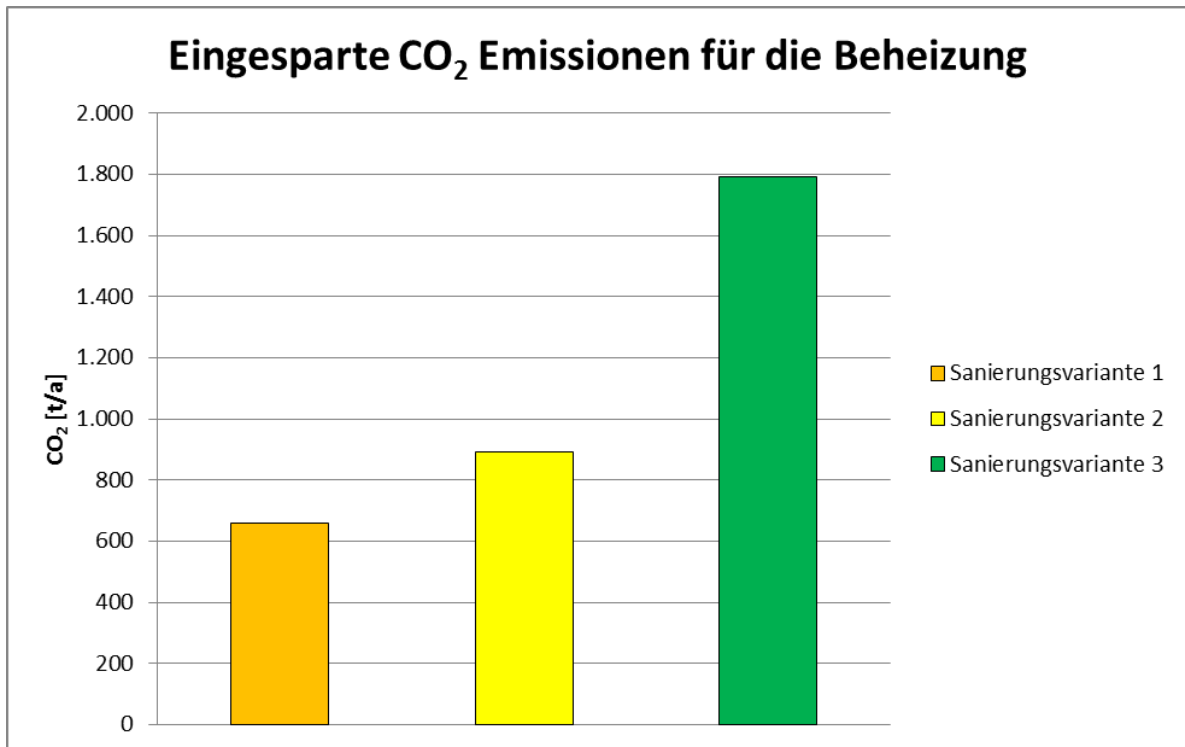


Abbildung 26 Eingesparte CO₂-Emissionen der Sanierungsvarianten bei der Beheizung der Gebäude im OWS

5.3.2 HLK Verbraucher

Bei den Energieeinsparpotentialen der HLK Verbraucher wird auf den Austausch der im Rahmen des Status quo erhobenen und identifizierten Verbrauchergruppen (Pumpen, Kältemaschinen, etc.) durch hocheffiziente Komponenten eingegangen. Die möglichen Energie und CO₂-Einsparpotentialen werden quantifiziert und in weiterer Folge sowohl ökologisch als auch ökonomisch bewertet. Hinsichtlich Austauschoptionen der identifizierten Anlagenkomponenten werden die unter Kapitel 5.2.3 definierten Sanierungspakete herangezogen, welche die folgenden Verbrauchergruppen umfassen:

- Pumpen
- Ventilatoren
- Kältemaschinen

Ergebnisse

Zur Berechnung der durchschnittlichen Energieverbrauchseinsparung für den Stromverbrauch des HLK Systems der typischen Gebäude des OWS wurde – wie bereits

für den Status quo – auf die in (Trnka et. al; 2012, S.6ff) beschriebenen Berechnungsmodelle zurückgegriffen.

Die in Kapitel 4.1.1 ermittelten Energieverbrauchskennzahlen für den HLK Stromverbrauch der typischen Pavillonbauten des Otto Wagner Spitals sind nun entsprechend des jeweiligen Sanierungspaketes neu zu berechnen. Anhand der unter Kapitel 2.1 beschriebenen Methodik und auf Basis der in den Referenzgebäuden umgesetzten Sanierungspakete wurden die folgenden Stromverbrauchskennzahlen der jeweiligen Verbrauchergruppen errechnet.

Für die Verbrauchergruppe Pumpen lassen sich entsprechend des definierten Sanierungspaketes (siehe Kapitel 5.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 44):

Tabelle 44 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Pumpen im OWS

Verbrauchergruppe	Nutzungskategorie	Bestand [kWh/m ² a]	Sanierung [kWh/m ² a]
Pumpen	St. / Sonst.	3,5	2,6
	Amb. /St. I.	14,7	14,5
	OP	20,4	13,6
	Diag.	10,2	5,4

Die größten spezifischen Energieeinsparungen der Verbrauchergruppe Pumpen im OWS können mit 47 % in der Nutzungskategorie Diagnose erzielt werden. Absolut kann in der Nutzungskategorie OP mit 6,8 kWh/m²a die höchste Energieeinsparung erzielt werden. Für die Verbrauchergruppe Ventilatoren lassen sich entsprechend des definierten Sanierungspaketes (siehe Kapitel 5.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 45):

Tabelle 45 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Ventilatoren im OWS

Verbrauchergruppe	Nutzungskategorie	Bestand [kWh/m ² a]	Sanierung [kWh/m ² a]
Ventilatoren	St. / Sonst.	5,8	4,7
	Amb. /St. I.	68,8	67,3
	OP	301,3	286,7
	Diag.	24,5	19,5

Die größten spezifischen Energieeinsparungen der Verbrauchergruppe Ventilatoren können mit 20 % - ebenso wie bei den Pumpen - in der Nutzungskategorie Diagnose erzielt werden. Absolut kann ebenso in der Nutzungskategorie Diagnose mit 14,6 kWh/m²a die höchste Energieeinsparung erzielt werden.

Für die Verbrauchergruppe Kältemaschinen lassen sich entsprechend der definierten Sanierungspakete (siehe Kapitel 5.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 46):

Tabelle 46 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Kältemaschinen im OWS

Verbrauchergruppe	Nutzungskategorie	Bestand [kWh/m ² a]	Sanierung 1 [kWh/m ² a]	Sanierung 2 [kWh/m ² a]
Kältemaschinen	Amb. /St. I.	20,3	15,2	12,2
	OP	48,4	36,5	29,1
	Diag.	18,9	16,3	12,8

Die größten spezifischen Energieeinsparungen der Verbrauchergruppe Kältemaschinen können mit 40 % durch die Sanierungsvariante 2 in der Nutzungskategorie Ambulanz und Station intensiv erzielt werden. Absolut kann durch die Sanierung 2 in der Nutzungskategorie OP mit 19,3 kWh/m²a die höchste Energieeinsparung erzielt werden.

Die höchsten Einsparpotentiale der Verbrauchergruppen Pumpen, Ventilatoren und Kältemaschinen konnten in den Nutzungskategorien OP und Diagnose Bereich quantifiziert werden. Dies ist dadurch begründet, dass der Diagnose Bereich im verwendeten Modell durch den Pavillon Kurhaus repräsentiert wird. Die Anlagentechnik des Pavillon Kurhaus wurde 1990 erneuert und stellt somit die älteste Anlagentechnik der betrachteten Referenzgebäude dar. Die hohen Einsparpotentiale im OP Bereich sind auf den allgemein hohen Energieverbrauch in diesem Bereich zur qualitativ hochwertigen Luftkonditionierung, entsprechend der gesetzlichen Anforderungen, zurückzuführen.

Abhängig von der umgesetzten Sanierungsvariante ergeben sich hinsichtlich des Endenergiebedarfs für die identifizierten Verbrauchergruppen des gesamten Otto Wagner Spitals die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 27):

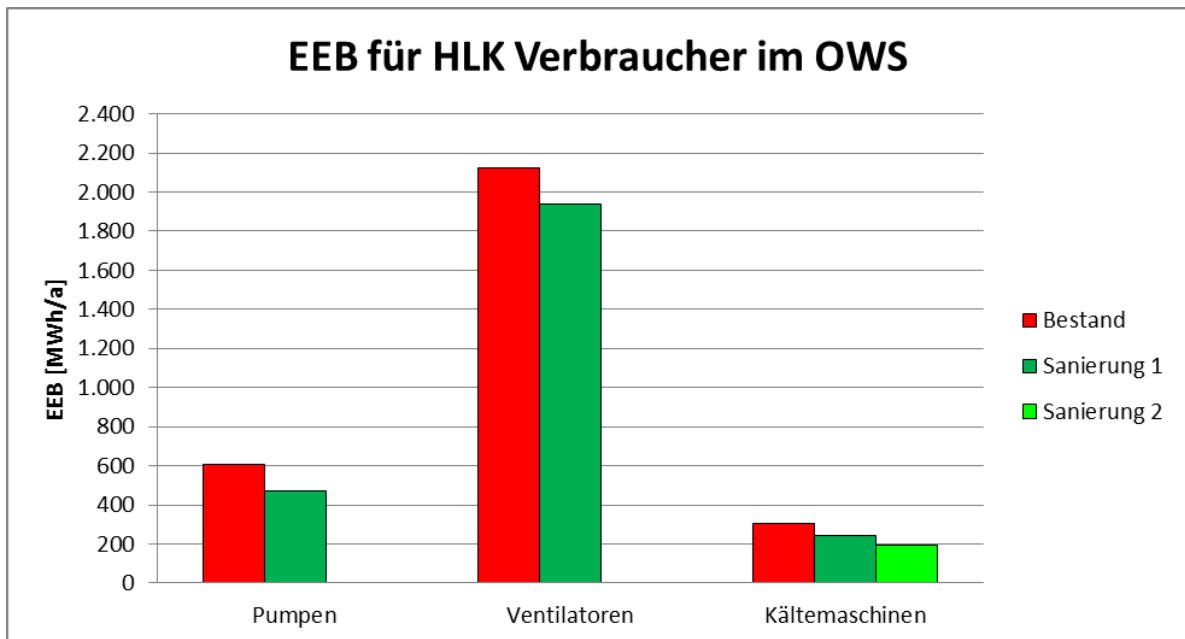


Abbildung 27 Endenergiebedarf für HLK Verbraucher im OWS vor und nach der Sanierung

Die – absolut – größten Endenergieeinsparungen der HLK Verbrauchergruppen sind mit jährlich 188 MWh durch das Sanierungspaket der Verbrauchergruppe Ventilatoren gegeben. Prozentuell am meisten Endenergieeinsparungen können, mit jährlich 37,5 % (115 MWh), durch die Sanierungsvariante 2 der Verbrauchergruppe Kältemaschinen erzielt werden. Durch die Maßnahmen in der Verbrauchergruppe Pumpen ist eine jährliche Endenergieeinsparung von 135 MWh oder 22,3 % möglich. Die Basissanierungsvariante 1 der Kältemaschinen würde zu einer jährlichen Endenergieeinsparung von 66 MWh führen.

5.3.2.1.1 Ergebnisse ökologisch

Die ökologische Bewertung der berechneten Sanierungspakete im Otto Wagner Spital erfolgt auf Basis der in (OIB RL 6; 2011, S.6) ausgewiesenen CO₂-Äquivalenten und Primärenergiefaktoren für Strom (Tabelle 47).

Tabelle 47 Verwendete CO₂ – Äquivalente und Primärenergiefaktoren für Strom (OIB RL 6; 2011, S.6)

	CO ₂ – Äquivalente [g/kWh]	Primärenergiefaktor [-]
Strom	417	2,62

Abhängig vom umgesetzten Sanierungspaket in der jeweiligen Verbrauchergruppe ergeben sich hinsichtlich des eingesparten Primärenergiebedarfs und der eingesparten CO₂-Äquivalente für den HLK Strombedarf des gesamten Otto Wagner Spitals die folgenden Szenarien.

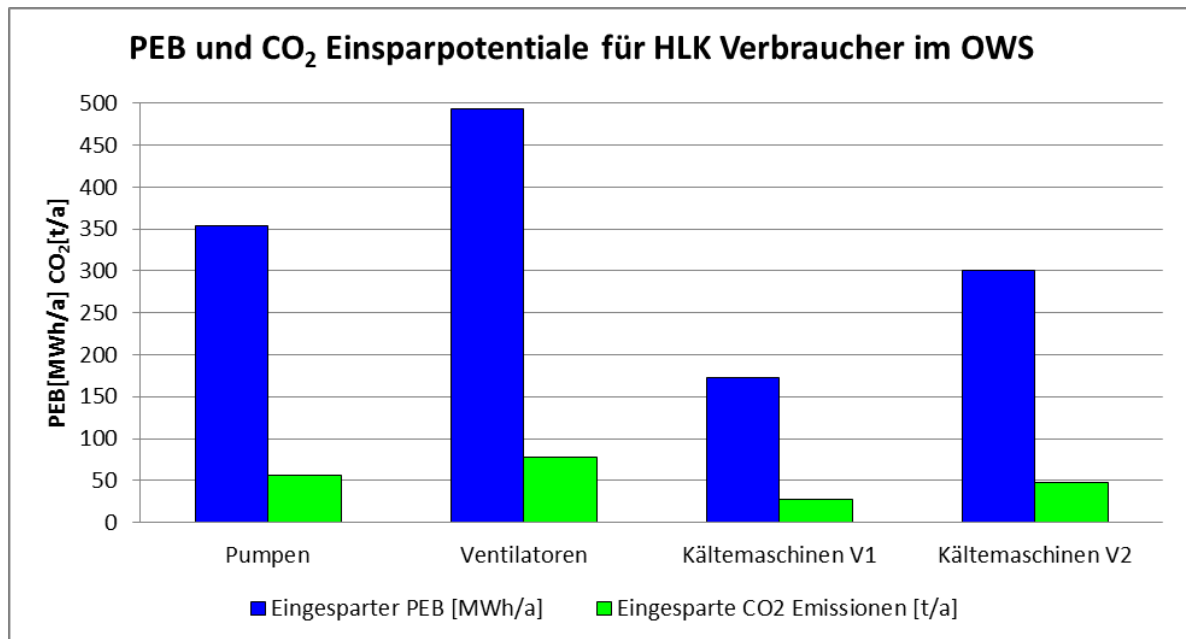


Abbildung 28 Primärenergiebedarf- und CO₂-Einsparung der Sanierungsvarianten unterschiedlicher Verbraucher im OWS

Durch die Umsetzung der unter Kapitel 5.2.3 definierten Sanierungspakete in den einzelnen Verbrauchergruppen können unterschiedlich hohe Primärenergiebedarf- und CO₂-Einsparungen erzielt werden. Die höchsten Einsparpotentiale wurden für die Verbrauchergruppe Ventilatoren errechnet. Durch die Maßnahme in dieser Verbrauchergruppe können jährlich 493 MWh Primärenergie und 78 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden. Die Maßnahme in der Verbrauchergruppe Pumpen bringt eine jährliche Primärenergieeinsparung von 354 MWh, dies entspricht 56 Tonnen an eingesparten CO₂-Emissionen. Durch den Austausch der bestehenden Kältemaschinen durch Standardgeräte (Sanierungspaket 1) können 172 MWh an Primärenergie und 27 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden. Werden die bestehenden Kältemaschinen gegen hocheffiziente Geräte ersetzt (Sanierungspaket 2) sind jährliche Primärenergieeinsparungen von 300 MWh und CO₂-Einsparungen von 48 Tonnen möglich.

5.4 Energieeinsparpotentiale Rudolfstiftung

Folgend werden spezifische Energieeffizienzmaßnahmen für die Optimierung der Gebäudehülle sowie für die Optimierung der verschiedenen HLK Verbrauchergruppen in den untersuchten Gebäuden der Rudolfstiftung (Hochbau und Westverbau) vorgestellt und damit verbundene Energie- und CO₂-Einsparungen für die Krankenanstalt Rudolfstiftung berechnet. Die Berechnung der theoretischen Energieeinsparungen in dem Referenzgebäude erfolgt auf Basis der in (Trnka et. al; 2012, S.7 ff) beschriebenen

Berechnungsmodelle. Die zu erwartenden Energie- und CO₂-Einsparungen werden anschließend ausgewiesen.

5.4.1 Gebäudehülle

Wie unter Kapitel 3.2.1 dargestellt, wurden für den Ist-Bestand des untersuchten Hochbaus der Rudolfstiftung die folgenden durchschnittlichen U-Werte für die Außenbauteile herangezogen (Tabelle 48):

Tabelle 48 Außenbauteile Hochbau

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand (Nord-, Ost- und West-Fassade)	1,0
Außenwand (Süd-Fassade)	1,4
Oberste Geschoßdecke	0,55
Kellerwand	1,2
Fenster (Nord-, Ost- und West-Fassade)	2,7
Fenster (Süd-Fassade)	1,9
Türen	2,5
Kellerdecke	1,35

Aufgrund der baulichen Situation des Hochbaus ist die Beanspruchung durch Windbelastungen und Temperaturunterschiede sehr hoch. Diese hohen Beanspruchungen führten in den letzten Jahren immer wieder zu technischen Problemen, wie beispielsweise zum Ablösen von Fassadenelementen oder Wassereintritten in den Innenraum. Ebenso kam es aufgrund der hohen Temperaturen und des Wassereintritts in die Fassade zu einer Verminderung der Dämmwirkung der angebrachten Wärmedämmelemente (Kling; 2002, S. 8ff). Weiters ist die ökonomische Nutzungsdauer der Fassade bereits weit überschritten. In Anbetracht dieser Zustände werden im Folgenden Sanierungsvarianten der Fassade des Hochbaus untersucht. Hierbei wird der Einsatz einer Standardfassade sowohl ökonomisch als auch ökologisch dem Einsatz einer hocheffizient ausgeführten Fassade gegenübergestellt.

Die Sanierungsvariante 1 stellt eine Standardvariante dar, für welche die folgenden U-Werte für die Außenbauteile herangezogen werden (Tabelle 49). Es finden die Mindestanforderungen an Bauteile folgend der OIB Richtlinie 6 Berücksichtigung.

Tabelle 49 Außenbauteile Hochbau Sanierungsvariante 1

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand	0,35
Oberste Geschoßdecke	0,20
Fenster	1,20
Türen	1,20
Kellerdecke	0,40

Die Sanierungsvariante 2 stellt eine hocheffiziente Fassadensanierung dar. Für diese Variante 2 werden die folgenden U-Werte für die Außenbauteile des Hochbaus herangezogen (Tabelle 50):

Tabelle 50 Außenbauteile Hochbau Sanierungsvariante 2

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand	0,20
Oberste Geschoßdecke	0,20
Fenster	0,90
Türen	0,90
Kellerdecke	0,40

Ergebnisse

Zur Berechnung der durchschnittlichen Energieverbrauchseinsparung¹⁹ für die Beheizung des Hochbaus wurde – wie bereits für den Status quo – das Softwaretool „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH eingesetzt.

Der in Kapitel 3.2.1 ausgewiesene Energieverbrauch für den Hochbau wird nun entsprechend der Sanierungsvarianten neu berechnet. Anhand der unter Kapitel 2.2 beschriebenen Methodik und auf Basis der in dem Referenzgebäude umgesetzten Sanierungsvarianten wurden die folgenden Energieverbrauchskennzahlen für die Beheizung ermittelt (Tabelle 51):

¹⁹ Es handelt sich hierbei um den klimabereinigten Endenergieverbrauch basierend auf den Klimamodellen und Nutzungsprofilen der ÖNORM B 8110-5. Siehe: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-5 Wärmeschutz im Hochbau, Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile, Wien, 2010

Tabelle 51 Spezifische Energiekennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m²a für die Beheizung des Hochbaus der Rudolfstiftung

Kennzahlen FW-Verbrauch	Heizung
	kWh/m ² a (konditionierte Nettogeschoßfläche)
Bestand	170,1
Sanierungsvariante 1	108,2
Sanierungsvariante 2	100,8

Abhängig von der umgesetzten Sanierungsvariante ergeben sich hinsichtlich des Endenergiebedarfs für die Beheizung des Hochbaus und Westverbaus der Rudolfstiftung die folgenden (Abbildung 29) Szenarien:

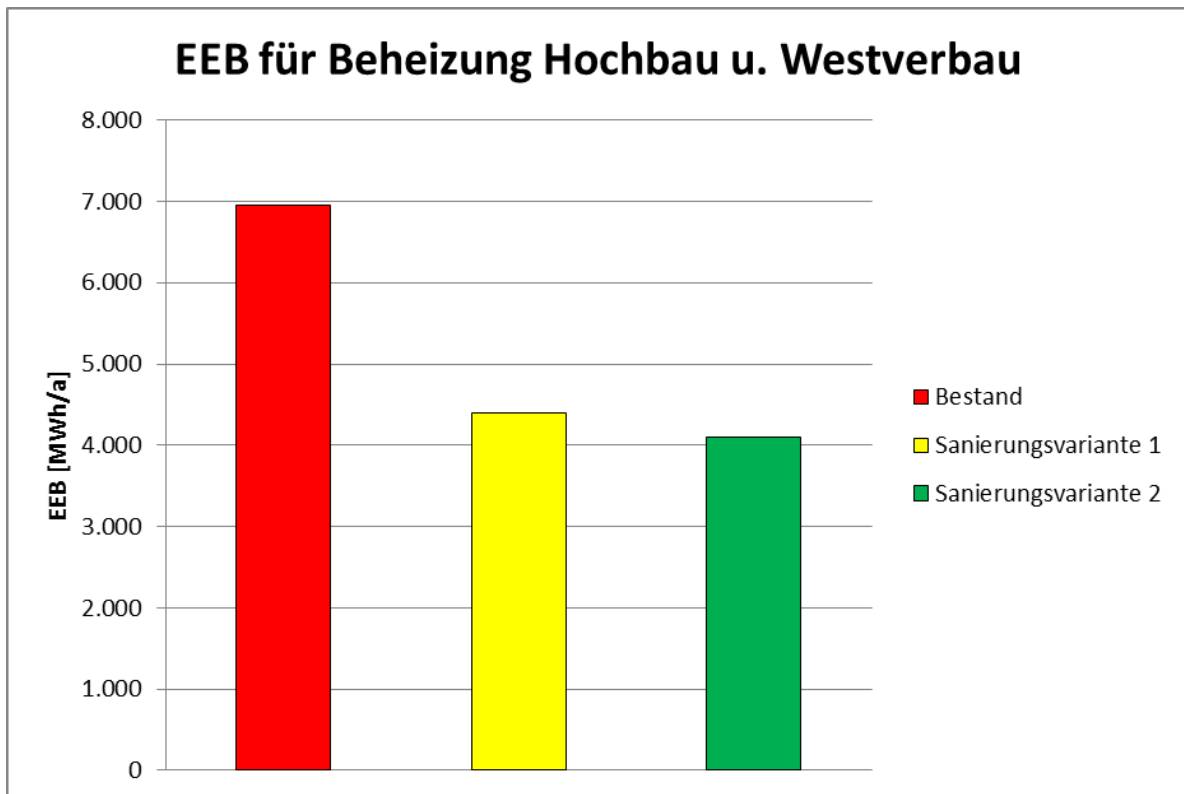


Abbildung 29 Endenergiebedarf für die Beheizung des Hochbaus und des Westverbaus der Rudolfstiftung entsprechend Sanierungsvarianten

Durch die Sanierungsvariante 2 des Hochbaus und des Westverbaus können jährlich 2.851 MWh an Endenergie eingespart werden, dies entspricht 41,0 % des derzeitigen Endenergiebedarfs für die Beheizung des Hochbaus und des Westverbaus. Die Basissanierungsvariante 1 würde eine jährliche Endenergieeinsparung von 2.553 MWh oder 36,7 % an eingesparter Endenergie mit sich bringen.

5.4.1.1.1 Ergebnisse ökologisch

Die ökologische Bewertung der berechneten thermischen Sanierungsvarianten in der Krankenanstalt Rudolfstiftung erfolgt auf Basis der in (Trnka et. al; 2012, S.8ff) ausgewiesenen CO₂-Äquivalenten sowie den aus (Zach; 2011, S.7) hervorgehenden Primärenergiefaktoren für die Fernwärme Wien (Tabelle 52).

Tabelle 52 Verwendete CO₂ – Äquivalente und Primärenergiefaktoren für die Fernwärme Wien (Trnka et. al; 2012, S.8ff) (Zach; 2011, S.7)

	CO ₂ – Äquivalente [g/kWh]	Primärenergiefaktor [-]
Fernwärme Wien	94	1

Abhängig von der umgesetzten Sanierungsvariante ergeben sich hinsichtlich des eingesparten Primärenergiebedarfs und der eingesparten CO₂-Äquivalente für die Beheizung des Hochbaus und des Westverbaus die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 30):

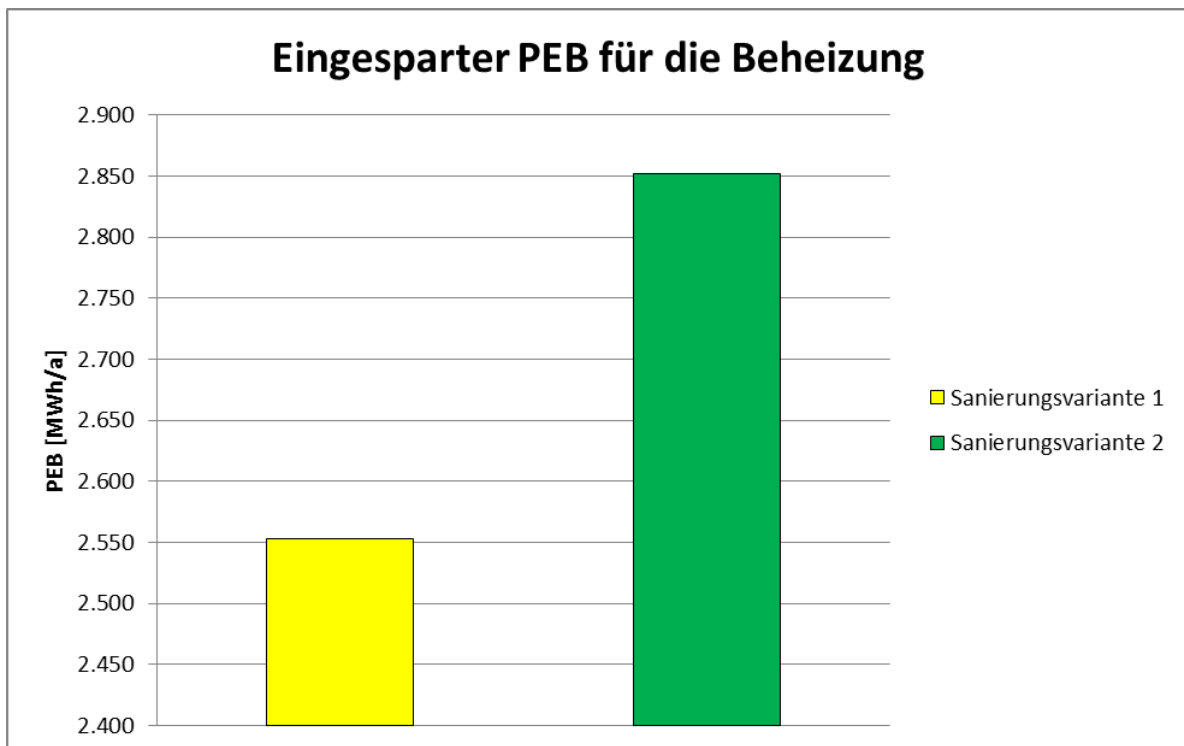


Abbildung 30 Eingesparter Primärenergiebedarf der Sanierungsvarianten für die Beheizung des Hochbaus und des Westverbaus

Durch die Sanierungsvariante 2 können 2.851 MWh Primärenergie pro Jahr für die Beheizung des Hochbaus und des Westverbaus eingespart werden. Dies entspricht 41,0 % des derzeitigen Primärenergiebedarfs und führt zu einer CO₂-Einsparung von 274 Tonnen pro Jahr. Die Sanierungsvariante 1 würde zu 2.553 MWh jährlich eingesparter

Primärenergie führen. Dies entspricht 36,7 % des derzeitigen Primärenergiebedarfs und führt zu einer CO₂-Einsparung von 245 Tonnen pro Jahr.

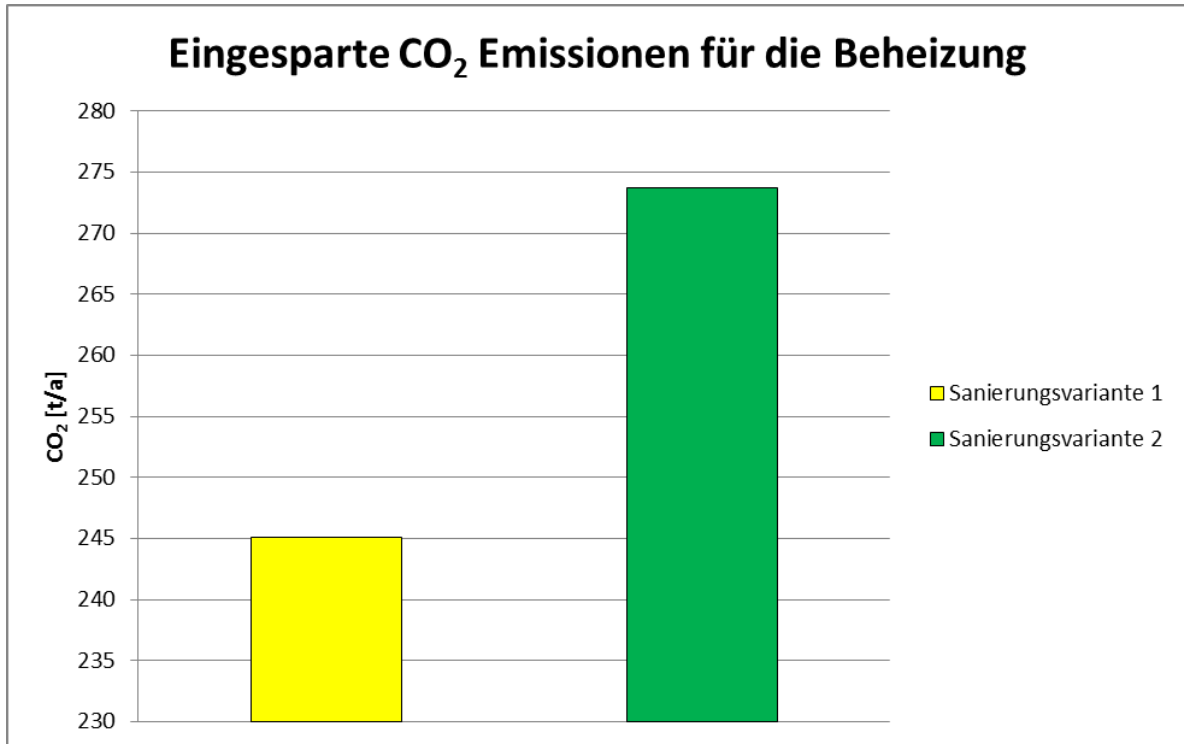


Abbildung 31 Eingesparte CO₂ Emissionen der Sanierungsvarianten für die Beheizung des Hochbaus und des Westverbau

5.4.2 HLK Verbraucher

Bei den Energieeinsparpotentialen der HLK Verbraucher wird auf den Austausch der im Rahmen des Status quo erhobenen und identifizierten Verbrauchergruppen (Pumpen, Kältemaschinen, etc.) durch hocheffiziente Komponenten eingegangen. Die möglichen Energie und CO₂-Einsparpotentialen werden quantifiziert und in weiterer Folge sowohl ökologisch als auch ökonomisch bewertet. Hinsichtlich Austauschoptionen der identifizierten Anlagenkomponenten werden die unter Kapitel 5.2.3 definierten Sanierungspakete herangezogen, welche die folgenden Verbrauchergruppen umfassen:

- Pumpen
- Ventilatoren
- Kältemaschinen

Ergebnisse

Zur Berechnung der durchschnittlichen Energieverbrauchseinsparung für den Stromverbrauch des HLK Systems im Hochbau und Westverbau der Rudolfstiftung wurde – wie bereits für den Status quo – auf die in (Trnka et. al; 2012, S.6ff) beschriebenen Berechnungsmodelle zurückgegriffen.

Die in Kapitel 4.2.1 ermittelten Energieverbrauchskennzahlen für den HLK Stromverbrauch werden folgend des jeweiligen Sanierungspaketes neu berechnet. Anhand der unter Kapitel 2.2 beschriebenen Methodik und auf Basis der im Hochbau umgesetzten Sanierungspakete wurden die folgenden Stromverbrauchskennzahlen der jeweiligen Verbrauchergruppen im Hochbau der Rudolfstiftung errechnet.

Für die Verbrauchergruppe Pumpen lassen sich entsprechend des definierten Sanierungspaketes (siehe Kapitel 5.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 53):

Tabelle 53 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Pumpen im Hochbau der Rudolfstiftung

Verbrauchergruppe	Nutzungskategorie	Bestand [kWh/m ² a]	Sanierung [kWh/m ² a]
Pumpen	St. / Sonst.	23,4	21,7
	Amb. /St. I.	94,7	87,5
	OP	116,0	107,2
	Diag.	23,4	21,7

Die größten spezifischen Energieeinsparungen der Verbrauchergruppe Pumpen können mit 8 % in der Nutzungskategorie Ambulanz und Station intensiv erzielt werden. Absolut kann in der Nutzungskategorie OP mit 8,8 kWh/m²a die höchste Energieeinsparung erzielt werden.

Für die Verbrauchergruppe Ventilatoren lassen sich entsprechend des definierten Sanierungspaketes (siehe Kapitel 5.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 54):

Tabelle 54 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Ventilatoren im Hochbau der Rudolfstiftung

Verbrauchergruppe	Nutzungskategorie	Bestand [kWh/m ² a]	Sanierung [kWh/m ² a]
Ventilatoren	St. / Sonst.	43,6	41,1
	Amb. /St. I.	176,2	165,8
	OP	215,9	206,1
	Diag.	43,6	41,1

Die größten spezifischen Energieeinsparungen der Verbrauchergruppe Ventilatoren können mit 6 % in der Nutzungskategorie Ambulanz und Station intensiv erzielt werden. Auch absolut kann in dieser Nutzungskategorie mit 10,4 kWh/m²a die höchste Energieeinsparung erzielt werden.

Für die Verbrauchergruppe Kältemaschinen lassen sich entsprechend der definierten Sanierungspakete (siehe Kapitel 5.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 55):

Tabelle 55 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Kältemaschinen im Hochbau der Rudolfstiftung

Verbrauchergruppe	Nutzungskategorie	Bestand [kWh/m ² a]	Sanierung 1 [kWh/m ² a]	Sanierung 2 [kWh/m ² a]
Kältemaschinen	St. / Sonst.	42,0	31,5	25,2
	Amb. /St. I.	169,8	127,3	101,9
	OP	208,0	156,0	124,8
	Diag.	42,0	31,5	25,2

Die größten absoluten Energieeinsparungen der Verbrauchergruppe Kältemaschinen können mit 83,2 kWh/m²a durch die Sanierung 2 in der Nutzungskategorie OP erzielt werden.

Die hohen Einsparpotentiale in OP, Ambulanz und Intensivstationsbereich sind auf den allgemein hohen Energieverbrauch in diesen Bereichen zur qualitativ hochwertigen Luftkonditionierung entsprechend der gesetzlichen Anforderungen zurückzuführen.

Abhängig von der umgesetzten Sanierungsvariante ergeben sich hinsichtlich des Endenergiebedarfs für die identifizierten Verbrauchergruppen des Hochbaus und des Westverbaus der Rudolfstiftung die folgenden Szenarien:

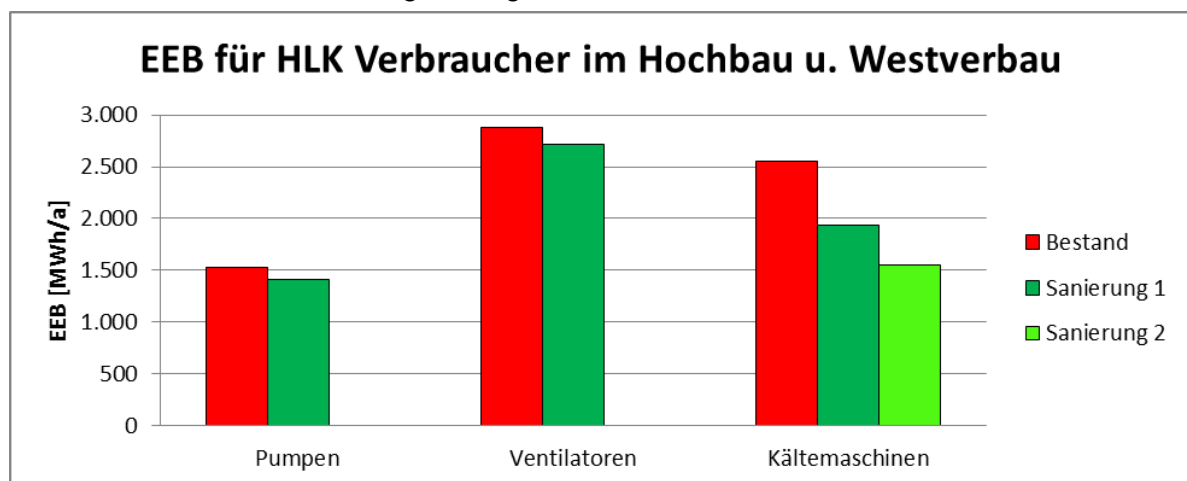


Abbildung 32 Endenergiebedarf für HLK Verbraucher im Hochbau und Westverbau vor und nach der Sanierung

Aufgrund des hohen Klimatisierungsgrades in der Rudolfstiftung sind die größten Endenergieeinsparungen der HLK Verbrauchergruppen durch das Sanierungspaket 2 der Kältemaschinen zu erreichen. Jährlich können dadurch 1.007 MWh an Endenergie

eingespart werden. Die Basissanierungsvariante 1 der Kältemaschinen würde zu einer jährlichen Endenergieeinsparung von 619 MWh führen. Durch die Sanierung entsprechend dem definierten Sanierungspaket der Verbrauchergruppe Ventilatoren können 156 MWh an Endenergie eingespart werden, gefolgt von der Sanierung der Verbrauchergruppe Pumpen mit möglichen jährlichen Endenergieeinsparungen von 111 MWh.

5.4.2.1.1 Ergebnisse ökologisch

Die ökologische Bewertung der berechneten Sanierungspakete im Hochbau und Westverbau der Rudolfstiftung erfolgt auf Basis der in (OIB RL 6; 2011, S.6) ausgewiesenen CO₂-Äquivalenten und Primärenergiefaktoren für Strom (Tabelle 56).

Tabelle 56 Verwendete CO₂ – Äquivalente und Primärenergiefaktoren für Strom (OIB RL 6; 2011, S.6)

	CO ₂ – Äquivalente [g/kWh]	Primärenergiefaktor [-]
Strom	417	2,62

Abhängig vom umgesetzten Sanierungspaket in der jeweiligen Verbrauchergruppe ergeben sich hinsichtlich des eingesparten Primärenergiebedarfs und der eingesparten CO₂-Äquivalente für den HLK Strombedarf des Hochbaus und des Westverbaus die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 33):

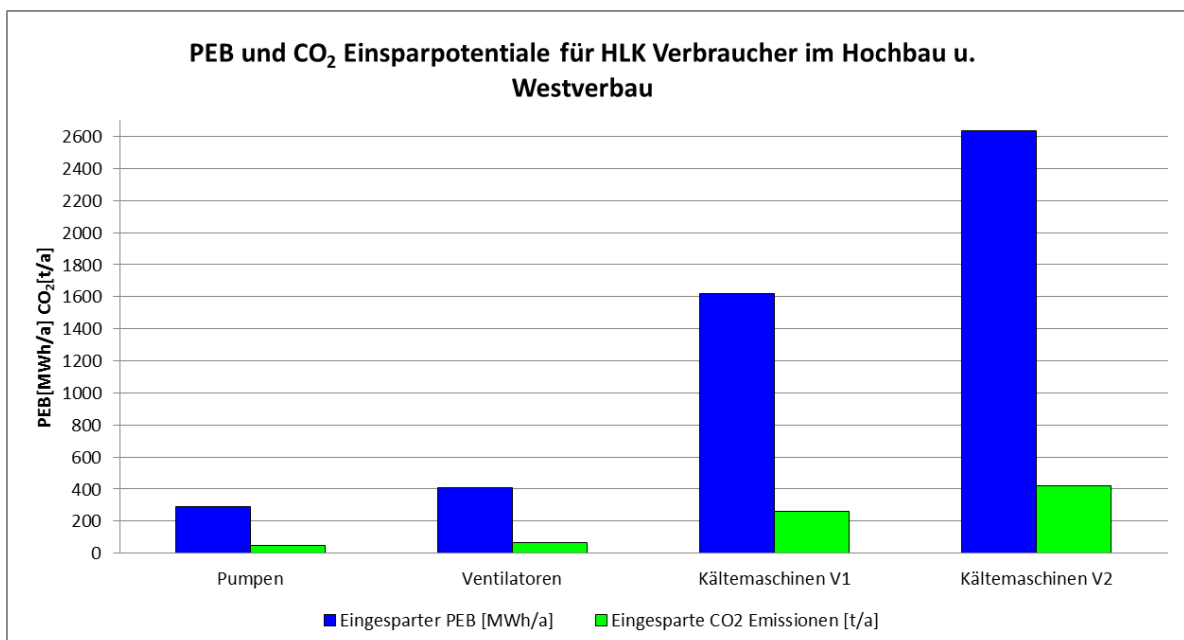


Abbildung 33 Primärenergiebedarf- und CO₂-Einsparung der Sanierungsvarianten unterschiedlicher Verbraucher im Hochbau und Westverbau

Durch die Umsetzung der unter Kapitel 5.2.3 definierten Sanierungspakete in den einzelnen Verbrauchergruppen können unterschiedlich hohe Primärenergiebedarf- und CO₂-Einsparungen erzielt werden. Die höchsten Einsparpotentiale wurden für die

Verbrauchergruppe Kältemaschinen errechnet. Durch den Austausch der bestehenden Kältemaschinen durch Standardgeräte (Sanierungspaket 1) können 1.622 MWh an Primärenergie und 258 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden. Werden die bestehenden Kältemaschinen gegen hocheffiziente Geräte ersetzt (Sanierungspaket 2) sind jährliche Primärenergieeinsparungen von 2.638 MWh und CO₂-Einsparungen von 420 Tonnen möglich. Durch das vorgeschlagene Sanierungspaket in der Verbrauchergruppe Ventilatoren können jährlich 409 MWh Primärenergie und 65 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden. Durch das vorgeschlagene Sanierungspaket in der Verbrauchergruppe Pumpen kann eine jährliche Primärenergiebedarfseinsparung von 292 MWh erreicht werden, dies entspricht 46 Tonnen an eingesparten CO₂-Emissionen.

5.5 Einsparpotentiale Krankenhaus Hietzing

Folgend werden spezifische Energieeffizienzmaßnahmen für die Optimierung der Gebäudehülle sowie für die Optimierung der verschiedenen HLK Verbrauchergruppen im Krankenhaus Hietzing vorgestellt und damit verbundene Energie- und CO₂-Einsparungen für das gesamte Krankenhaus berechnet. Die Berechnung der theoretischen Energieeinsparungen in dem Referenzgebäude Pavillon II erfolgt auf Basis der in (Trnka et. al; 2012, S. 6 ff) beschriebenen Berechnungsmodelle. Die in Kapitel 4.3.1 ermittelten Kennzahlen werden entsprechend der betreffenden Effizienzmaßnahmen neu berechnet, um eine Hochrechnung des Energie- und CO₂-Einsparpotentials auf das gesamte Krankenhaus Hietzing zu ermöglichen.

5.5.1 Gebäudehülle

Wie unter Kapitel 3.3 dargestellt, wurden für den Status quo des untersuchten Referenz Pavillons II die folgenden durchschnittlichen U-Werte für die Außenbauteile herangezogen (Tabelle 57):

Tabelle 57 Typische U-Werte der Außenbauteile des Pavillon II des KH Hietzing

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand	1,5
Oberste Geschoßdecke	1,2
Fenster/Türen	2,5
Innenwand zu unbeheizt	1,7
Kellerwand	1,7
Boden erdberührt	1,4

Für das Krankenhaus Hietzing werden folgend drei verschiedene Sanierungsvarianten – wie schon im Otto Wagner Spital - der Gebäudehülle untersucht, durch die der derzeitige Energieeinsatz für die Beheizung der Gebäude erheblich reduziert werden kann:

Sanierungsvariante 1 stellt eine Basisvariante der thermischen Sanierung dar. Diese Variante beinhaltet eine Dämmung der obersten Geschoßdecke sowie eine Dämmung der Innerwände zu unbeheizten Räumen. Die Maßnahmen der Sanierungsvariante 1 wurden so gewählt, dass davon ausgegangen werden kann, dass das Erscheinungsbild des Pavillons nicht verändert wird und dadurch dem Denkmalschutz der Gebäude bestmöglich Rechnung getragen wird. Folgend den Anforderungen der OIB Richtlinie 6 sind nach einer thermischen Sanierung der Bauteile die in Tabelle 58 angeführten U-Werte zu erreichen.

Tabelle 58 U-Werte der adaptierten Bauteile folgend Sanierungsvariante 1 (OIB RL 6; 2011, S.7)

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Oberste Geschoßdecke	0,2
Innenwand zu unbeheizt	0,6

Durch die Sanierungsvariante 2 wird zusätzlich zu den Maßnahmen der thermischen Basissanierung (Sanierungsvariante 1) noch ein Austausch der Fenster und Türen vorgeschlagen. Folgend den Anforderungen der OIB Richtlinie 6 sind nach durchgeführter Sanierung von Fenstern und Türen U-Werte von max. 1,7 W/m²K zu erreichen (OIB RL 6; 2011, S.7). Da dieser Wert nicht mehr dem heutigen Stand der Technik entspricht und davon ausgegangen werden kann, dass heutige Standardfenster bzw. Türen einen maximalen U-Wert von 1,2 W/m²K erreichen, wird folgend dieser Wert für die Berechnung herangezogen (Simader et. al; 2011, S.21).

In Sanierungsvariante 3 (Maximalvariante) wird zusätzlich zu den Maßnahmen der thermischen Basissanierung nicht nur ein Austausch der Fenster und Türen vorgeschlagen, sondern auch eine Dämmung der Außenwand. Folgend den Anforderungen der OIB Richtlinie 6 sind im Fall einer thermischen Sanierung der Außenwand ein maximaler U-Wert von 0,35 W/m²K zu erreichen (OIB RL 6; 2011, S.7).

Bei dieser Sanierungsvariante (Maximalvariante) ist jedoch darauf hinzuweisen, dass durch die zusätzliche Dämmung der Außenwand und die sehr dichten Fenster bei nicht mechanisch belüfteten Räumen eine regelmäßige Belüftung durch das Personal gewährleistet werden muss, um den geforderte Luftaustausch in Krankenhäusern zu gewährleisten und etwaiger Schimmelbildung entgegenzuwirken. Außerdem entspricht eine Dämmung der Außenwand möglicherweise nicht den Anforderungen des Denkmalschutzes.

Ergebnisse

Zur Berechnung der durchschnittlichen Energieverbrauchseinsparung²⁰ für die Beheizung der Gebäude wurde – wie bereits für den Status quo - das Softwaretool „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH eingesetzt.

Die in Kapitel 4.3.1 ermittelten Energieverbrauchskennzahlen für den Fernwärmeverbrauch der typischen Pavillonbauten des Krankenhauses Hietzing sind nun entsprechend der jeweiligen Sanierungsvariante neu zu berechnen. Anhand der unter Kapitel 2.3 beschriebenen Methodik und auf Basis der in dem Referenzgebäude umgesetzten Sanierungsvarianten wurden die folgenden Energieverbrauchskennzahlen für die Beheizung ermittelt (Tabelle 59):

Tabelle 59 Spezifische Energiekennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m²a für die Beheizung typischer Pavillons im KH Hietzing entsprechend Sanierungsvariante

Kennzahlen FW-Verbrauch	Heizung
	kWh/m ² a (konditionierte Nettogeschoßfläche)
Bestand	290,6
Sanierungsvariante 1	264,3
Sanierungsvariante 2	244,3
Sanierungsvariante 3	174,2

Abhängig von der umgesetzten Sanierungsvariante ergeben sich hinsichtlich des Endenergiebedarfs für die Beheizung der Gebäude des gesamten Krankenhauses Hietzing die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 34):

²⁰ Es handelt sich hierbei um den klimabereinigten Endenergieverbrauch basierend auf den Klimamodellen und Nutzungsprofilen der ÖNORM B 8110-5. Siehe: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-5 Wärmeschutz im Hochbau, Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile, Wien, 2010

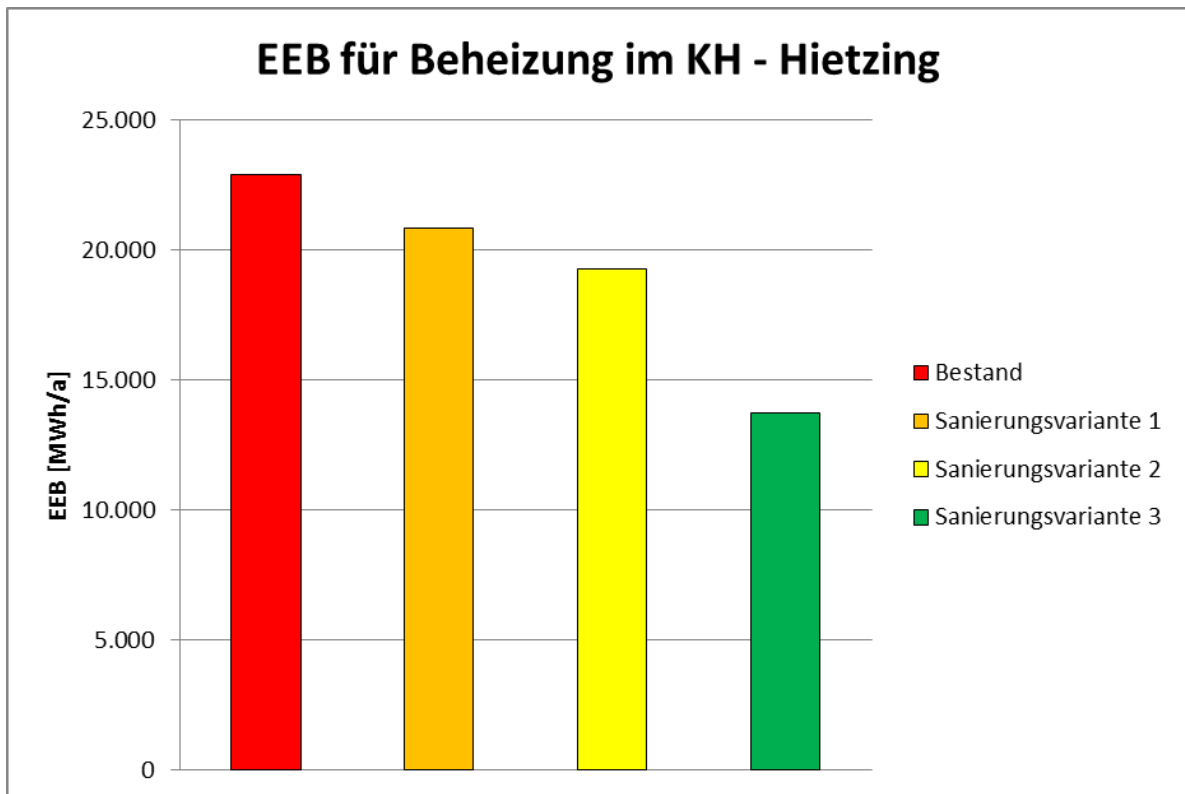


Abbildung 34 Endenergiebedarf für die Beheizung des Gebäudebestandes im KH Hietzing entsprechend Sanierungsvarianten

Die größten Einsparungen für die Beheizung der Gebäude im KH Hietzing sind durch Sanierungsvariante 3 möglich. Durch diese können jährlich 9.138 MWh an Endenergie eingespart werden, dies entspricht einer prozentuellen Einsparung von 39,9 %. 3.640 MWh oder 15,9 % an eingesparter Endenergie können durch Sanierungsvariante 2 erzielt werden. Die Basissanierungsvariante 1 würde zu einer jährlichen Endenergieeinsparung von 9,0 % oder 2.060 MWh führen.

5.5.1.1.1 Ergebnisse ökologisch

Die ökologische Bewertung der berechneten thermischen Sanierungsvarianten im Krankenhaus Hietzing erfolgt auf Basis der in (Trnka et. al; 2012, S. 8ff) ausgewiesenen CO₂-Äquivalenten sowie den aus (Zach; 2011, S.7) hervorgehenden Primärenergiefaktoren für die Fernwärme Wien (Tabelle 60).

Tabelle 60 Verwendete CO₂ – Äquivalente und Primärenergiefaktoren für die Fernwärme Wien (Trnka et. al; 2012, S.8ff) (Zach; 2011, S.7)

	CO ₂ – Äquivalente [g/kWh]	Primärenergiefaktor [-]
Fernwärme Wien	94	1

Abhängig von der umgesetzten Sanierungsvariante ergeben sich hinsichtlich des eingesparten Primärenergiebedarfs und der eingesparten CO₂-Äquivalente für die Beheizung der Gebäude des gesamten Krankenhauses Hietzing die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 35):

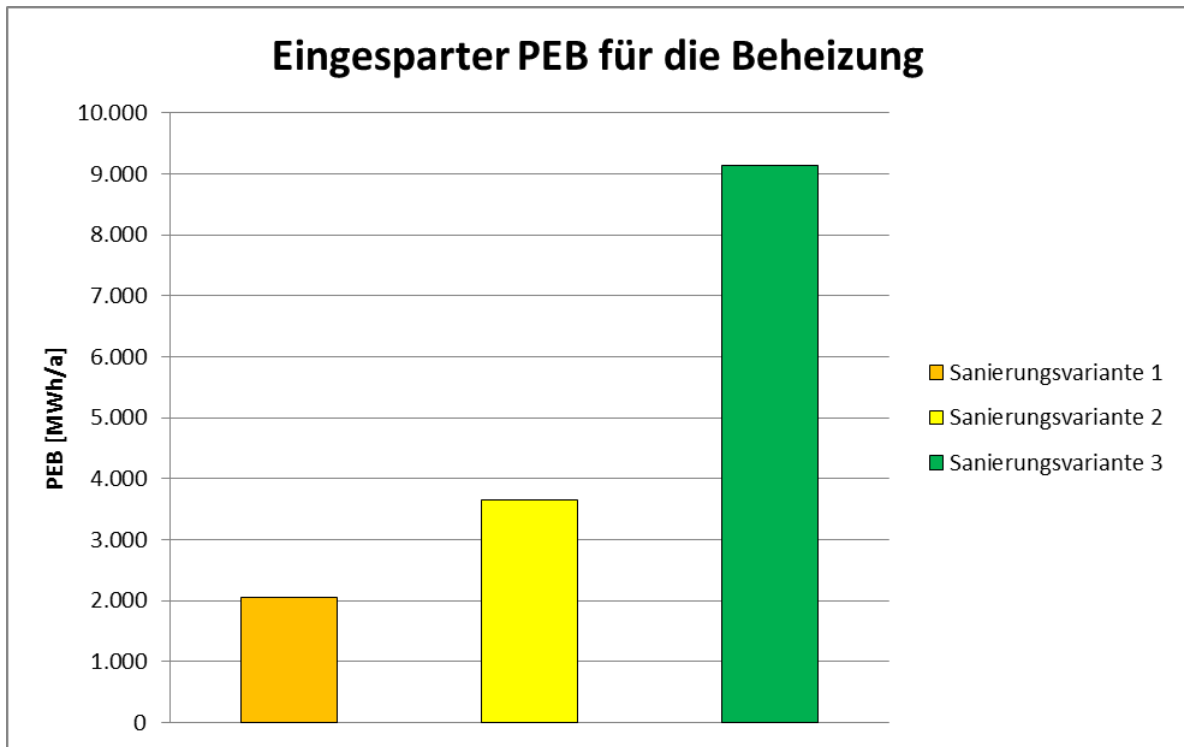


Abbildung 35 Eingesparter Primärenergiebedarf der Sanierungsvarianten für die Beheizung der Gebäude im KH Hietzing

Durch die Sanierungsvariante 3 können 9.138 MWh Primärenergie pro Jahr für die Beheizung der Gebäude im Krankenhaus Hietzing eingespart werden. Dies entspricht 39,9 % des derzeitigen Primärenergiebedarfs und führt zu einer CO₂-Einsparung von 877 Tonnen pro Jahr. Die Sanierungsvariante 2 würde zu 3.640 MWh jährlich eingesparter Primärenergie führen. Dies entspricht 15,9 % des derzeitigen Primärenergiebedarfs und führt zu einer CO₂-Einsparung von 349 Tonnen pro Jahr. Die Basissanierungsvariante bringt 2.060 MWh Primärenergieeinsparung mit sich, was wiederum eine Einsparung von 9,0 % des derzeitigen Primärenergieverbrauchs und einer jährlichen CO₂-Einsparung von 198 Tonnen entspricht.

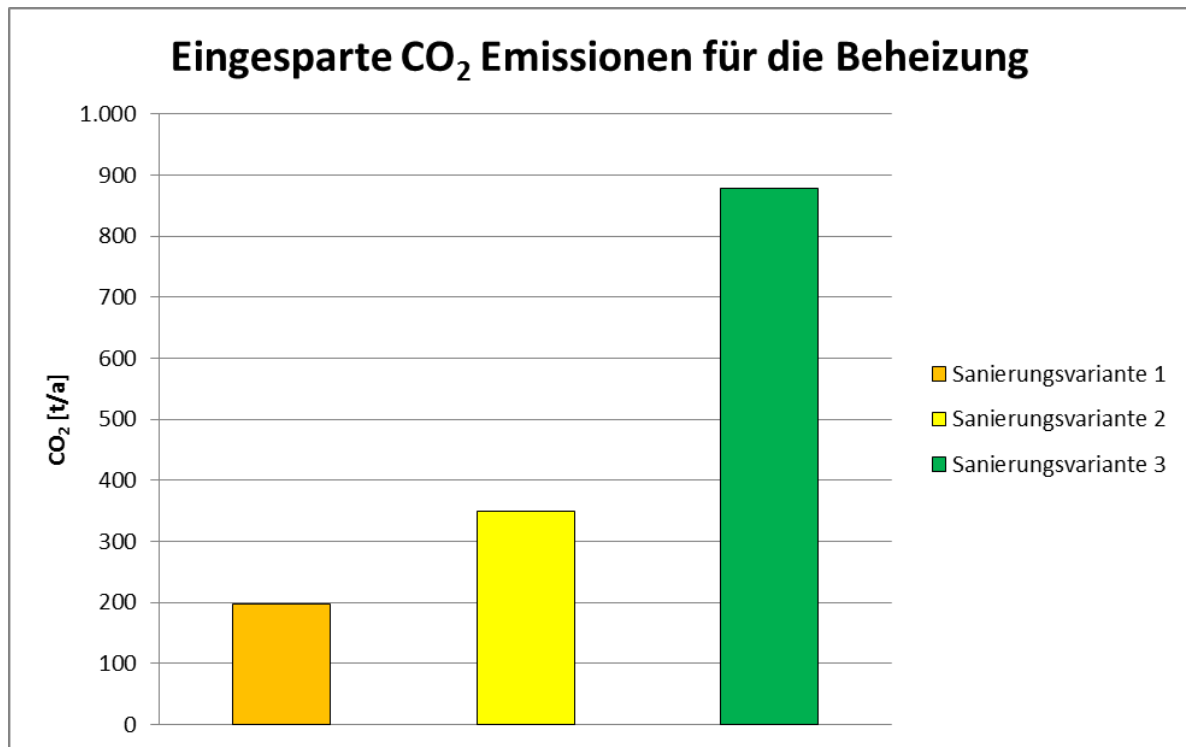


Abbildung 36 Eingesparter Primärenergiebedarf der Sanierungsvarianten für die Beheizung Gebäude im KH Hietzing

5.5.2 HLK Verbraucher

Bei den Energieeinsparpotentialen der HLK Verbraucher wird auf den Austausch der im Rahmen des Status quo erhobenen und identifizierten Verbrauchergruppen (Pumpen, Kältemaschinen, etc.) durch hocheffiziente Komponenten eingegangen. Die möglichen Energie und CO₂-Einsparpotentialen werden quantifiziert und in weiterer Folge sowohl ökologisch als auch ökonomisch bewertet. Hinsichtlich Austauschoptionen der identifizierten Anlagenkomponenten werden die unter Kapitel 5.2.3 definierten Sanierungspakete herangezogen, welche die folgenden Verbrauchergruppen umfassen:

- Pumpen
- Ventilatoren
- Kältemaschinen

Ergebnisse

Zur Berechnung der durchschnittlichen Energieverbrauchseinsparung für den Stromverbrauch des HLK Systems der typischen Gebäude des Krankenhauses Hietzing wurde – wie bereits für den Status quo – auf die in (Trnka et. al; 2012, S.6ff) beschriebenen Berechnungsmodelle zurückgegriffen.

Die in Kapitel 4.3.1 ermittelten Energieverbrauchskennzahlen für den HLK Stromverbrauch der typischen Pavillonbauten des Krankenhauses Hietzing sind nun entsprechend des

jeweiligen Sanierungspaketes neu zu berechnen. Anhand der unter Kapitel 2.3 beschriebenen Methodik und auf Basis der in den Referenzgebäuden umgesetzten Sanierungspakete wurden die folgenden Stromverbrauchskennzahlen der jeweiligen Verbrauchergruppen errechnet.

Für die Verbrauchergruppe Pumpen lassen sich entsprechend des definierten Sanierungspaketes (siehe Kapitel 5.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 61):

Tabelle 61 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Pumpen im Krankenhaus Hietzing

Verbrauchergruppe	Nutzungskategorie	Bestand [kWh/m ² a]	Sanierung [kWh/m ² a]
Pumpen	St. / Sonst.	3,7	2,6
	Amb. /St. I.	3,6	2,5
	OP	18,4	12,7
	Diag.	3,6	2,5

Die größten spezifischen Energieeinsparungen der Verbrauchergruppe Pumpen können mit 31 % in der Nutzungskategorie OP erzielt werden. Absolut kann ebenso in der Nutzungskategorie OP mit 5,7 kWh/m²a die größte Energieeinsparung erzielt werden.

Für die Verbrauchergruppe Ventilatoren lassen sich entsprechend des definierten Sanierungspaketes (siehe Kapitel 5.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 62):

Tabelle 62 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Ventilatoren im Krankenhaus Hietzing

Verbrauchergruppe	Nutzungskategorie	Bestand [kWh/m ² a]	Sanierung [kWh/m ² a]
Ventilatoren	St. / Sonst.	18,6	16,7
	Amb. /St. I.	18,0	15,3
	OP	92,9	86,6
	Diag.	18,0	15,3

Die größten spezifischen Energieeinsparungen der Verbrauchergruppe Ventilatoren können mit 15 % in den Nutzungskategorien Diagnose, Ambulanz und Station intensiv erzielt werden. Absolut kann in der Nutzungskategorie OP mit 6,3 kWh/m²a die höchste Energieeinsparung erzielt werden.

Für die Verbrauchergruppe Kältemaschinen lassen sich entsprechend der definierten Sanierungspakete (siehe Kapitel 5.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 63):

Tabelle 63 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Kältemaschinen im Krankenhaus Hietzing

Verbrauchergruppe	Nutzungskategorie	Bestand [kWh/m ² a]	Sanierung 1 [kWh/m ² a]	Sanierung 2 [kWh/m ² a]
Kältemaschinen	OP	70,84	53,13	42,51

Die hohen Einsparpotentiale der Verbrauchergruppen Pumpen, Ventilatoren und Kältemaschinen in der Nutzungskategorie OP sind begründet durch den allgemein hohen Energieverbrauch in dieser Nutzungskategorie. Dieser ist auf die hohen gesetzlichen Anforderungen an eine qualitativ hochwertige Luftkonditionierung in diesem Bereich zurückzuführen.

Abhängig von der umgesetzten Sanierungsvariante ergeben sich hinsichtlich des Endenergiebedarfs für die identifizierten Verbrauchergruppen des gesamten Krankenhauses Hietzing die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 37):

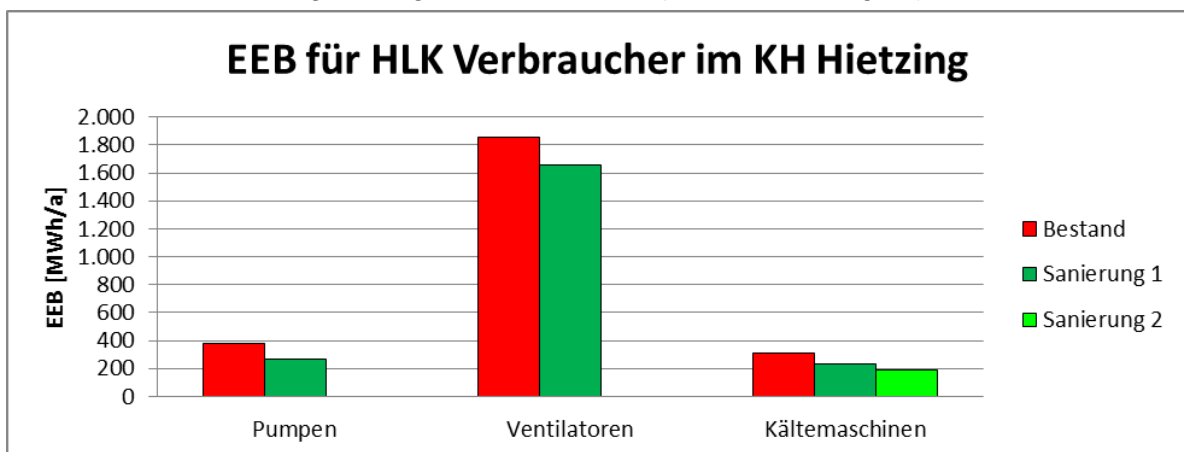


Abbildung 37 Endenergiebedarf für HLK Verbraucher im KH Hietzing vor und nach der Sanierung

Die - absolut - größten Endenergieeinsparungen der HLK Verbrauchergruppen sind mit jährlich 195 MWh durch das Sanierungspaket der Verbrauchergruppe Ventilatoren zu erreichen. Prozentuell am meisten Endenergieeinsparungen können mit jährlich 40 % (124 MWh) durch die Sanierungsvariante 2 der Verbrauchergruppe Kältemaschinen erzielt werden. Durch die Sanierungsvariante in der Verbrauchergruppe Pumpen ist eine jährliche Endenergieeinsparung von 109 MWh oder 29 % möglich. Die Basissanierungsvariante 1 der Kältemaschinen würde zu einer jährlichen Endenergieeinsparung von 78 MWh führen.

5.5.2.1.1 Ergebnisse ökologisch

Die ökologische Bewertung der berechneten Sanierungspakete im Krankenhaus Hietzing erfolgt auf Basis der in (OIB RL 6; 2011, S.6) ausgewiesenen CO₂ - Äquivalenten und Primärenergiefaktoren für Strom (Tabelle 64).

Tabelle 64 Verwendete CO₂-Äquivalente und Primärenergiefaktoren für Strom (OIB RL 6; 2011, S.6)

	CO ₂ – Äquivalente [g/kWh]	Primärenergiefaktor [-]
Strom	417	2,62

Abhängig vom umgesetzten Sanierungspaket in der jeweiligen Verbrauchergruppe ergeben sich hinsichtlich des eingesparten Primärenergiebedarfs und der eingesparten CO₂ - Äquivalente für den HLK Strombedarf des gesamten Krankenhauses Hietzing die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 38):

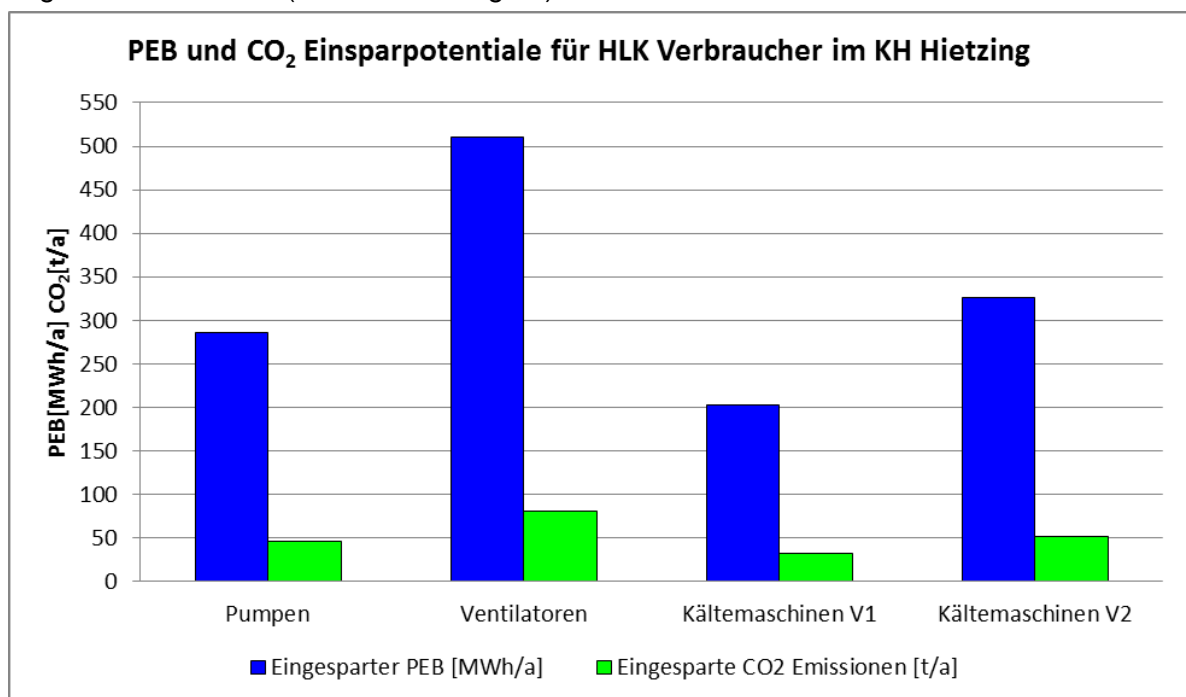


Abbildung 38 Primärenergiebedarf- und CO₂-Einsparung der Sanierungsvarianten unterschiedlicher Verbraucher im KH Hietzing

Durch die Umsetzung der unter Kapitel 5.2.3 definierten Sanierungspakete in den einzelnen Verbrauchergruppen können unterschiedlich hohe Primärenergiebedarf- und CO₂-Einsparungen erzielt werden. Die höchsten Einsarpotentiale wurden für die Verbrauchergruppe Ventilatoren errechnet. Durch die Maßnahme in dieser Verbrauchergruppe können jährlich 511 MWh Primärenergie und 81 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden. Die Sanierungsvariante in der Verbrauchergruppe Pumpen bringt eine jährliche Primärenergiebedarfseinsparung von 287 MWh, dies entspricht 46 Tonnen an eingesparten CO₂-Emissionen pro Jahr. Durch den Austausch der bestehenden Kältemaschinen durch Standardgeräte (Sanierungspaket 1) können 203 MWh an Primärenergie und 32 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden. Werden die bestehenden Kältemaschinen gegen hocheffiziente Geräte ersetzt (Sanierungspaket 2)

sind jährliche Primärenergieeinsparungen von 326 MWh und CO₂-Einsparungen von 52 Tonnen möglich.

6 Ökonomische Bewertung der Sanierungsoptionen

Im folgenden Abschnitt sollen die zuvor energetisch bewerteten Sanierungsvarianten nun exemplarisch ökonomisch bewertet werden. Die ökonomische Bewertung der einzelnen Sanierungsoptionen soll neben der energetischen Bewertung als Entscheidungsgrundlage zur Auswahl der unterschiedlichen betrachteten Energieeffizienzmaßnahmen für die Krankenhausbetreiber dienen. Die Bewertung wird anhand der ÖNORM M7140²¹ durchgeführt. Die ÖNORM M7140 legt eine dynamische Rechenmethode fest, anhand welcher die Wirtschaftlichkeit von verschiedenen Energiesystemen dargestellt werden kann. Grundlage dieser Methode ist die Zinseszinsrechnung. Ausgehend von den auf einen bestimmten Zeitpunkt bezogenen Kosten, die auf drei Gruppen – kapitalgebundene, verbrauchgebundene und betriebsgebundene Kosten – aufgeteilt sind, werden die durchschnittlichen Jahreskosten (Annuitäten) berechnet (ÖNORM M 7140; 2004, S.3).

Die angesetzten Investitionskostensätze stammen zum einen aus Kostenvoranschlägen von Firmen und zum anderen aus einschlägigen Studien, wobei ein Mittelwert der eingeholten Angebote herangezogen wurde.

Da jedes der Krankenhäuser über Sondertarife für den Strom- und Fernwärmebezug verfügt – diese jedoch nicht veröffentlicht werden dürfen – hat man sich nach Rücksprache mit den technischen Direktionen auf die folgenden (siehe Tabelle 65) Energiepreise zur ökonomischen Bewertung geeinigt.

Tabelle 65 Energiepreise zur ökonomischen Bewertung

Energieträger	Energiepreis exkl. Ust. [ct/kWh]
Fernwärme	7,28
Strom	15,56

6.1 Thermische Gebäudehülle

Folgend wird für jedes der drei Krankenhäuser ein repräsentatives Gebäude ausgewählt und anhand diesem die ökonomische Bewertung durchgeführt.

Die Inputdaten für die Durchführung der betriebswirtschaftlichen Berechnung der thermischen Gebäudehülle werden der ÖNORM M7140 Beiblatt 5 – Richtwerte für Eingaben (ÖNORM M 7140; 2004) entnommen.

²¹ÖNORM M7140 – Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach der erweiterten Annuitätenmethode, Ausgabe 2004

6.1.1 Otto Wagner Spital

Im Otto Wagner Spital wurden drei mögliche Sanierungsvarianten definiert und unter Kapitel 5.3.1 energetisch bewertet. Die ökonomische Bewertung der drei Sanierungsvarianten soll anhand des Referenzpavillons 21 durchgeführt werden, da dieser hinsichtlich Gebäudekubatur und Baustandard den typischen Pavillon des OWS repräsentiert.

Die Investitionskosten der thermischen Sanierungsvarianten des Pavillons 21 und der Energieverbrauch für die Beheizung sind in Tabelle 66 dargestellt.

Tabelle 66 Investitionskosten und jährlicher Energieverbrauch zur Beheizung der thermischen Sanierungsvarianten des Pavillon 21 im OWS²²

Sanierungsvariante	Investitionskosten [€]	Energieverbrauch zur Beheizung [kWh/a]
Bestand	-	756.181
1	161.160	602.622
2	336.540	549.797
3	631.550	317.209

Innerhalb des gewählten Betrachtungszeitraums von 30 Jahren stellte sich die Sanierungsvariante 1 (Basisvariante), mit mittleren jährlichen Gesamtkosten von 76.527 €, als am kostengünstigsten heraus (siehe Abbildung 39). Geht man vereinfacht davon aus, dass für den Ist-Bestand nur die jährlichen verbrauchsgebundenen Kosten anfallen, würde sich die Basisvariante trotzdem nach 19,6 Jahren amortisieren. Dies ist auf die deutlich geringeren verbrauchsgebundenen Kosten der Sanierungsvariante 1 im Gegensatz zum Ist-Bestand zurückzuführen. Weiters zeigt die ökonomische Bewertung, dass die Sanierungsvariante 3 in jedem Fall der Sanierungsvariante 2 vorzuziehen ist. Aufgrund der deutlich geringeren verbrauchsgebundenen Kosten amortisiert sich Sanierungsvariante 3 nach 25,4 Jahren gegenüber Sanierungsvariante 2.

²² Quelle Investitionskostensätze: (Simader et. al; 2011, S.21)

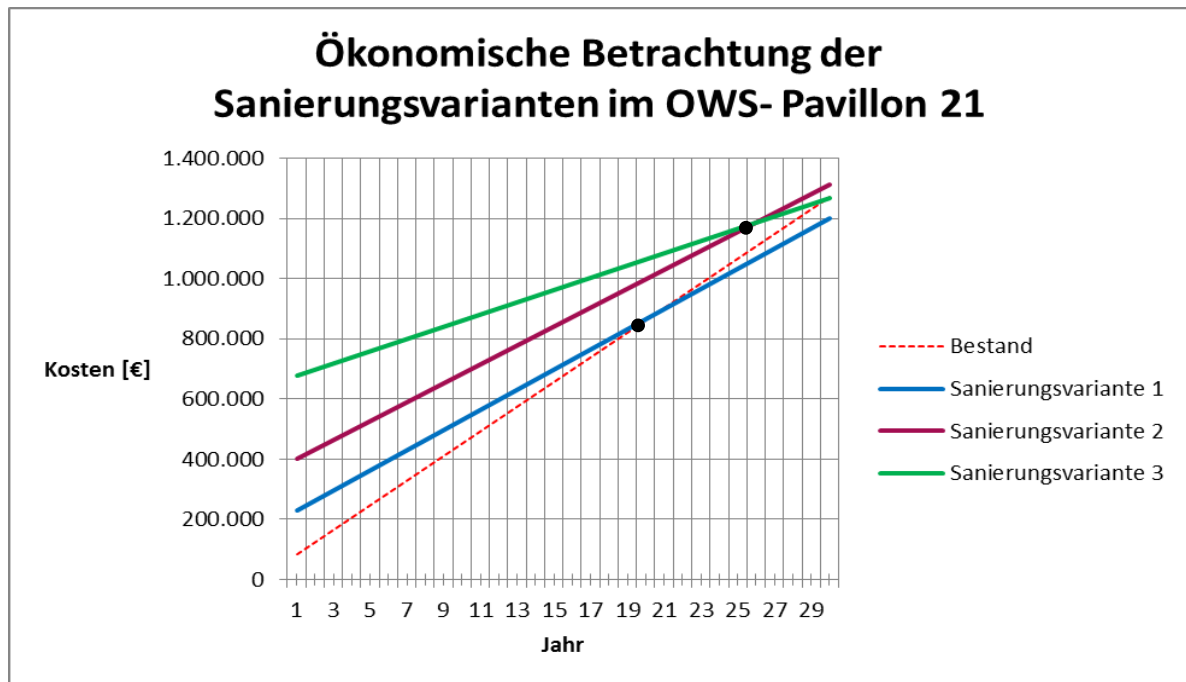


Abbildung 39 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Sanierungsvarianten im Pavillon 21 des OWS

6.1.2 Rudolfstiftung

In der Krankenanstalt Rudolfstiftung wurden zwei mögliche Sanierungsvarianten der Gebäudehülle definiert und unter Kapitel 5.4.1 energetisch bewertet. Die ökonomische Bewertung der zwei Sanierungsvarianten wird im Unterschied zur energetischen Bewertung nur anhand des Hochbaus der Rudolfstiftung durchgeführt, da dieser das Hauptgebäude der Krankenanstalt darstellt. Die Investitionskosten der thermischen Sanierungsvarianten des Hochbaus und der Energieverbrauch für die Beheizung können Tabelle 67 entnommen werden.

Tabelle 67 Investitionskosten und jährlicher Energieverbrauch zur Beheizung der thermischen Sanierungsvarianten des Hochbaus der Rudolfstiftung²³

Sanierungsvariante	Investitionskosten [€]	Energieverbrauch zur Beheizung [kWh/a]
Bestand	-	6.107.398
1	8.765.964	3.886.524
2	9.328.923	3.618.868

²³ Quelle Investitionskostensätze: ALU-Sommer GmbH, GIG Holding GmbH, und MA-TEC Stahl und Alubau GmbH

Geht man vereinfacht davon aus, dass für den Ist-Bestand nur die jährlichen verbrauchsgebundenen Kosten anfallen, würde sich innerhalb des gewählten Betrachtungszeitraums von 30 Jahren keine der beiden Sanierungsvarianten amortisieren. Jedoch wird aufgrund der in (Kling; 2002, S.8ff) beschriebenen technischen Mängel der bestehenden Fassade des Hochbaus dringend zur Umsetzung einer Sanierungsvariante geraten. Es kommt zu keiner Amortisation der hocheffizienten Sanierungsvariante gegenüber der Standardvariante (siehe Abbildung 40). Dies ist auf die annähernd gleichen verbrauchsgebundenen Kosten der beiden Varianten und der höheren Investitionskosten der Variante 2 zurückzuführen. Als kostengünstigste Sanierungsvariante stellte sich somit die Sanierungsvariante 1 mit mittleren jährlichen Gesamtkosten von 1.073.439 € heraus.

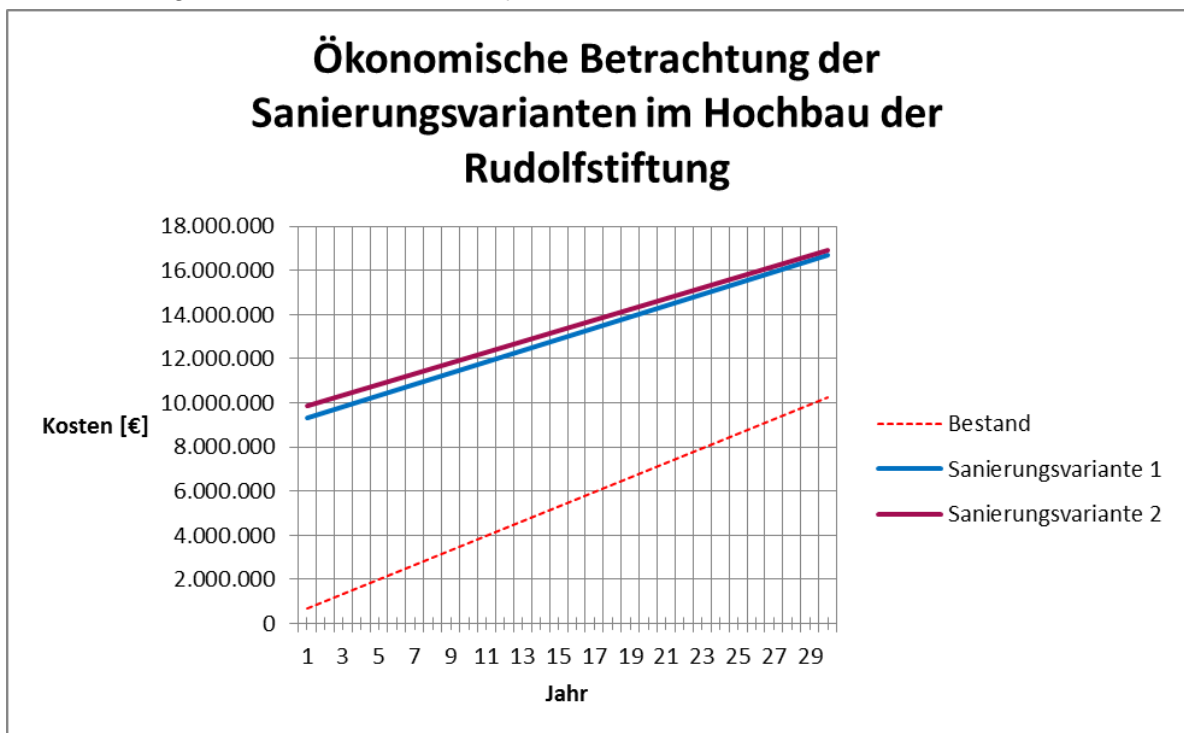


Abbildung 40 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Sanierungsvarianten im Hochbau der Rudolfstiftung

6.1.3 Hietzing

Im Krankenhaus Hietzing wurden drei mögliche Sanierungsvarianten der Gebäudehülle definiert und unter Kapitel 5.5.1 energetisch bewertet. Die ökonomische Bewertung der drei Sanierungsvarianten wird anhand des Referenzpavillons II durchgeführt, da dieser, hinsichtlich Gebäudekubatur und Baustandard, den typischen Pavillon des Krankenhauses Hietzing repräsentiert.

Die Investitionskosten der thermischen Sanierungsvarianten des Pavillons II und der Energieverbrauch für die Beheizung sind in Tabelle 68 dargestellt.

Tabelle 68 Investitionskosten und jährlicher Energieverbrauch zur Beheizung der thermischen Sanierungsvarianten des Pavillon II im Krankenhaus Hietzing²⁴

Sanierungsvariante	Investitionskosten [€]	Energieverbrauch zur Beheizung [kWh/a]
Bestand	-	2.669.775
1	270.597	2.428.924
2	889.287	2.244.743
3	1.517.884	1.600.685

Innerhalb des gewählten Betrachtungszeitraums von 30 Jahren stellt sich – ebenso wie im OWS – die Sanierungsvariante 1 (Basisvariante), mit mittleren jährlichen Gesamtkosten von 280.005 €, als am kostengünstigsten heraus (siehe Abbildung 41). Geht man vereinfacht davon aus, dass für den Ist-Bestand nur die jährlichen verbrauchsgebundenen Kosten anfallen, würde sich die Basisvariante trotzdem nach 21,5 Jahren amortisieren. Dies ist auf die deutlich geringeren verbrauchsgebundenen Kosten der Sanierungsvariante 1 im Gegensatz zum Ist-Bestand zurückzuführen. Ebenso wie im OWS zeigt die ökonomische Bewertung, dass die Sanierungsvariante 3 in jedem Fall der Sanierungsvariante 2 vorzuziehen ist. Aufgrund der deutlich geringeren verbrauchsgebundenen Kosten amortisiert sich Sanierungsvariante 3 nach 17,9 Jahren gegenüber Sanierungsvariante 2.

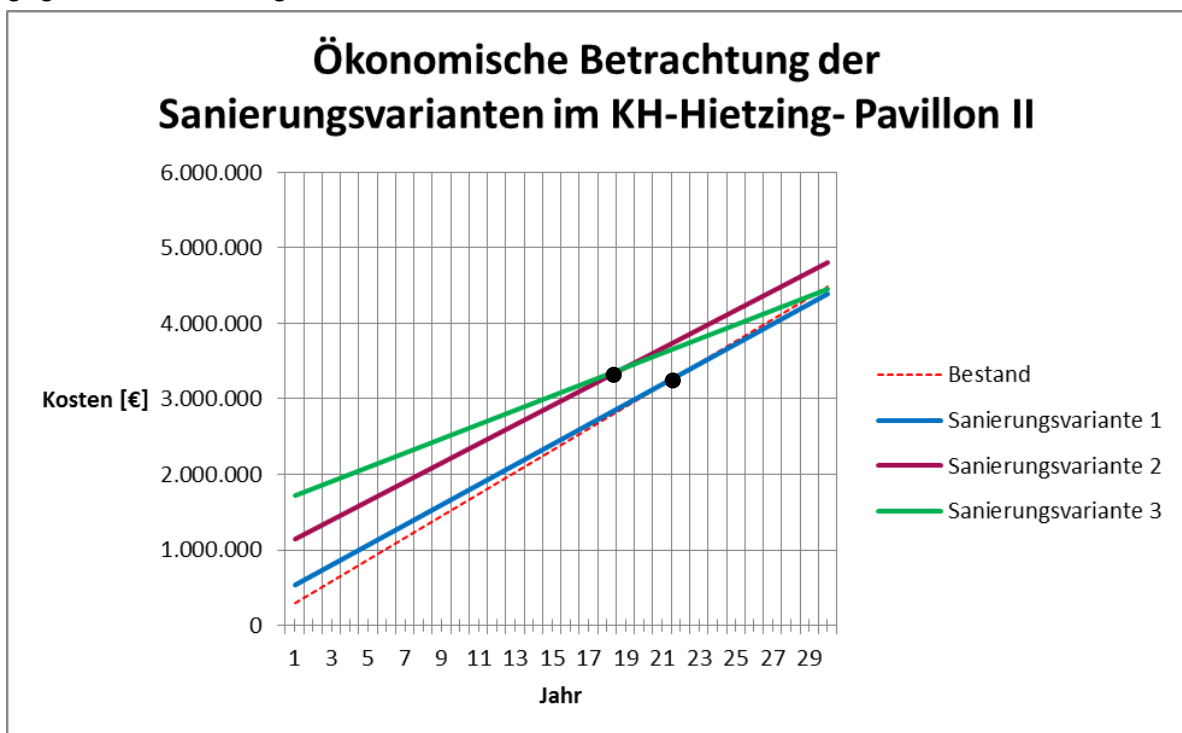


Abbildung 41 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Sanierungsvarianten im Pavillon II des KH-Hietzing

²⁴ Quelle Investitionskostensätze: (Simader et. al; 2011, S.21)

6.2 HLK Verbraucher

Die ökonomische Bewertung der einzelnen Sanierungsvarianten betreffend der HLK Verbraucher erfolgt anhand von einzelnen repräsentativen Verbrauchern. Folgend werden für unterschiedliche Verbrauchergruppen repräsentative Geräte ausgewählt und anhand dieser die ökonomische Bewertung durchgeführt. Ebenso wie bei der Gebäudehülle erfolgt die Bewertung anhand der ÖNORM M7140.

6.2.1 Pumpen

Die wirtschaftliche Bewertung der Verbrauchergruppe Pumpen erfolgt anhand von zwei typischen, in den Referenzgebäuden identifizierten Leistungsbereichen. Der Betriebspunkt im Leistungsbereich A wurde mit einem Volumenstrom von 19 m³/h und einer Förderhöhe von 5 Metern, der Betriebspunkt im Leistungsbereich B mit einem Volumenstrom von 4 m³/h und einer Förderhöhe von 3 Metern definiert. Für jeden Leistungsbereich wurde eine hocheffiziente drehzahlgeregelte Pumpe und eine starre Standardpumpe ausgewählt. Anschließend wird die Standardpumpe der hocheffizienten Pumpe hinsichtlich Energieverbrauch und Investitionskosten gegenübergestellt (siehe Tabelle 69). Diese Gegenüberstellung soll als Grundlage für die Pumpenauswahl der Krankenhausbetreiber dienen.

Tabelle 69 Investitionskosten und Energieverbrauch für Heizungsumwälzpumpen²⁵

Leistungsbereich	Performance	Investitionskosten [€]	Energieverbrauch [kWh/a]
A	Standard	1.473,81	3.182
	Hocheffizient	2.624,60	1.440
B	Standard	382,40	621
	Hocheffizient	811,6	224

Die Inputdaten zur Durchführung der betriebswirtschaftlichen Vergleichsrechnung wurden aus der ÖNORM M7140 Beiblatt 5 – Richtwerte für Eingaben (ÖNORM M 7140; 2004) entnommen und führen zu folgendem Ergebnis (siehe Abbildung 42):

²⁵ Quelle Investitionskostensätze: Grundfos Pumpen Vertrieb Ges.m.b.H, KSB Österreich GmbH und Wilo Pumpen Österreich GmbH

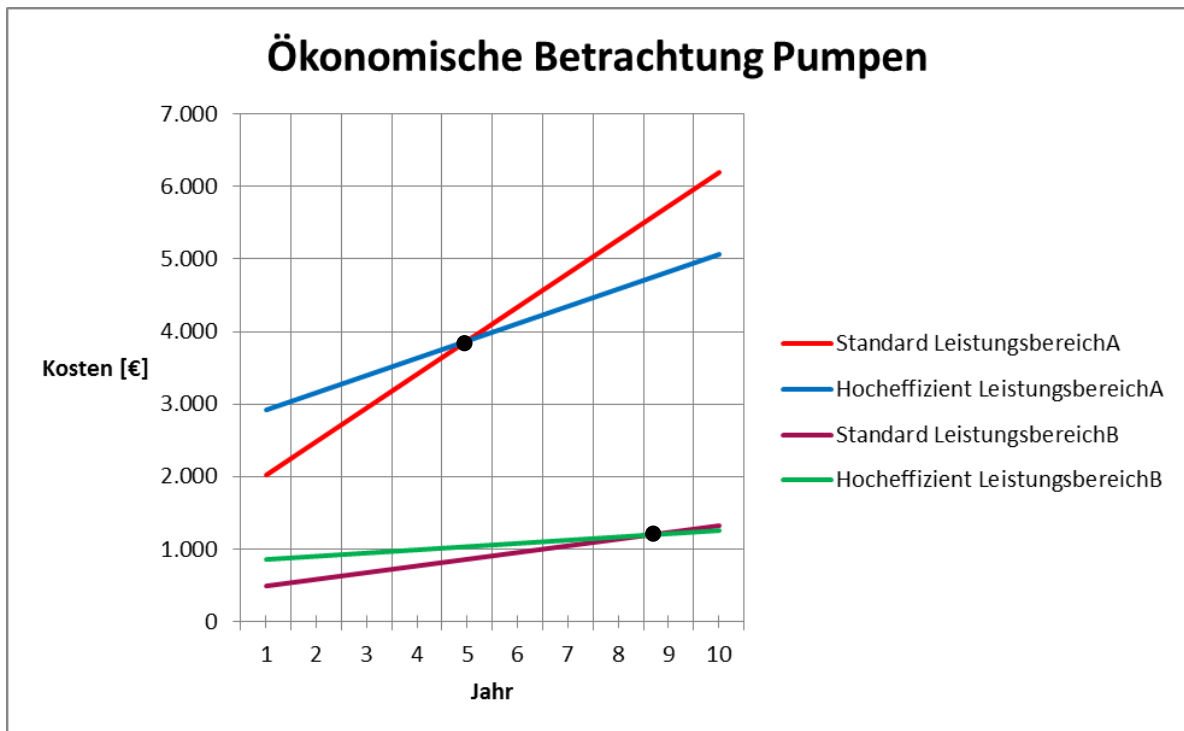


Abbildung 42 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Verbrauchergruppe Pumpen

Im Leistungsbereich A stellt sich innerhalb des gewählten Betrachtungszeitraums von 10 Jahren die hocheffiziente Pumpe als am kostengünstigsten heraus (siehe Abbildung 42). Mit mittleren jährlichen Gesamtkosten von 654 € amortisiert sich das hocheffiziente Modell nach 4,9 Jahren.

Im Leistungsbereich B stellt sich ebenso die hocheffiziente Pumpe als am kostengünstigsten heraus. Mit mittleren jährlichen Gesamtkosten von 162 € amortisiert sich in diesem Leistungsbereich das hocheffiziente Modell nach 8,7 Jahren.

6.2.2 Ventilatorantriebsmotoren

Die wirtschaftliche Bewertung der Verbrauchergruppe Ventilatoren erfolgt anhand von zwei typischen, in den Referenzgebäuden identifizierten Leistungsbereichen (A und B). Für jeden Leistungsbereich wurde ein IE2 Antriebsmotor und ein IE3 Motor ausgewählt. Anschließend wird der IE2 Motor hinsichtlich Energieverbrauch und Investitionskosten dem IE3 gegenübergestellt (siehe Tabelle 70). Diese Gegenüberstellung soll als Grundlage für die Motorauswahl der Krankenhausbetreiber dienen.

Tabelle 70 Investitionskosten und Energieverbrauch für Ventilatorantriebe²⁶

Leistungsbereich	Performance	Investitionskosten [€]	Energieverbrauch [kWh/a]
A	IE2 (2,2 kW)	196	17.146
	IE3 (2,2 kW)	216	16.671
B	IE2 (0,75 kW)	116	6.190
	IE3 (0,75 kW)	129	5.973

Die Inputdaten zur Durchführung der betriebswirtschaftlichen Vergleichsrechnung wurden aus der ÖNORM M7140 Beiblatt 5 – Richtwerte für Eingaben (ÖNORM M 7140; 2004) entnommen und führen zu folgendem Ergebnis (siehe Abbildung 43):

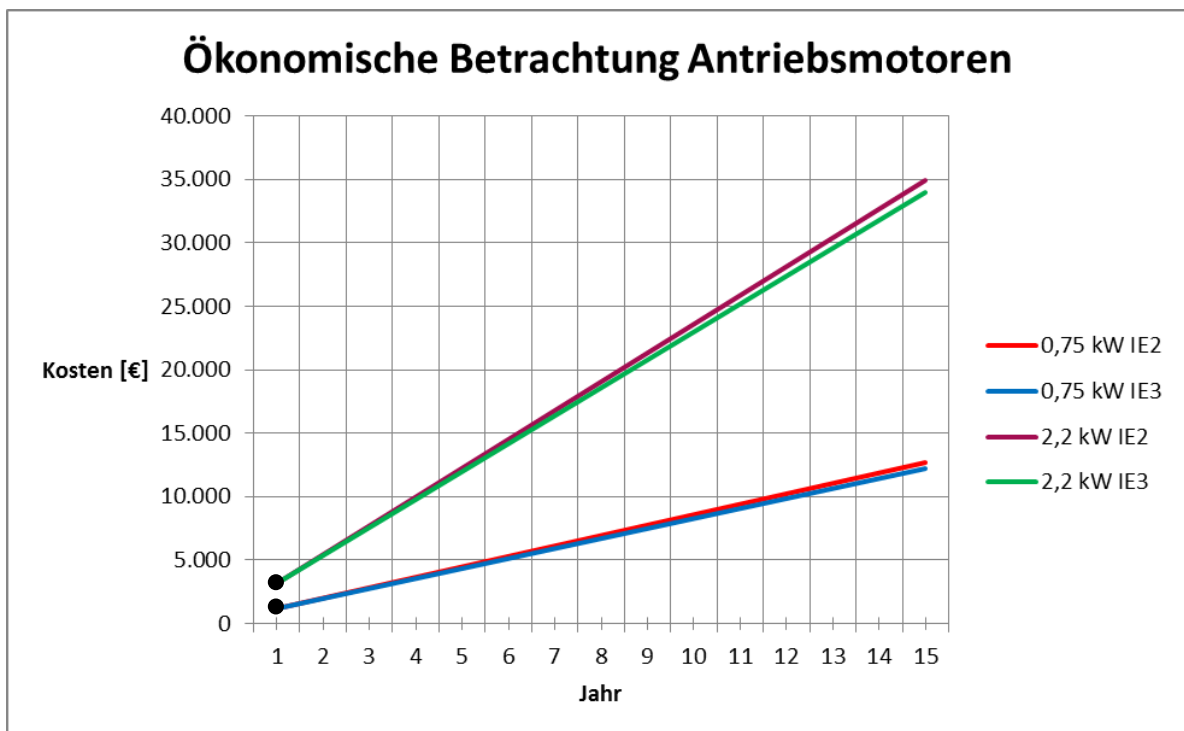


Abbildung 43 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Ventilatorantriebsmotoren

Wie in Tabelle 70 ersichtlich, unterscheiden sich die Investitionskosten für einen IE2 Motor kaum von den eines hocheffizienten IE3 Motors. Aufgrund des höheren Wirkungsgrades fallen jedoch beim IE3 Motor geringere verbrauchsgebundene Kosten an. Dieses Faktum führt dazu, dass sich der IE3 Motor sowohl im Leistungsbereich A als auch im Leistungsbereich B bereits innerhalb des ersten Jahres amortisiert.

²⁶ Quelle Investitionskostensätze: ATB Austria Antriebstechnik AG, Lenze Antriebstechnik GmbH und Watt Drive Antriebstechnik GmbH

6.2.3 Kältemaschinen

Die wirtschaftliche Bewertung der Verbrauchergruppe Kältemaschinen erfolgt anhand von drei typischen, in den Referenzgebäuden identifizierten Kälteleistungsbereichen. Für jeden Leistungsbereich wurde eine Standard Kältemaschine und eine hocheffiziente Kältemaschine ausgewählt. Anschließend wurde die Standardmaschine der hocheffizienten Maschine, hinsichtlich Energieverbrauch und Investitionskosten, gegenübergestellt (siehe Tabelle 72). Diese Gegenüberstellung soll als Grundlage für die Auswahl der Kältemaschinen dienen.

Tabelle 71 Investitionskosten und Energieverbrauch für Kältemaschinen²⁷

Leistungsbereich	Performance	Investitionskosten [€]	Energieverbrauch [kWh/a]
10 kW	Standard	4.193	3.438
	Hocheffizient	4.629	2.659
50 kW	Standard	15.957	14.580
	Hocheffizient	18.549	11.664
100 kW	Standard	24.744	29.160
	Hocheffizient	30.278	23.328

Die Inputdaten zur Durchführung der betriebswirtschaftlichen Vergleichsrechnung wurden aus der ÖNORM M7140 Beiblatt 5 – Richtwerte für Eingaben (ÖNORM M 7140; 2004) entnommen und führen zu folgendem Ergebnis (siehe Abbildung 44):

²⁷ Quelle Investitionskostensätze: Alphatec Klimatechnik GmbH, Cofely Kältetechnik GmbH und Daikin Airconditioning Central Europe HandelsGmbH

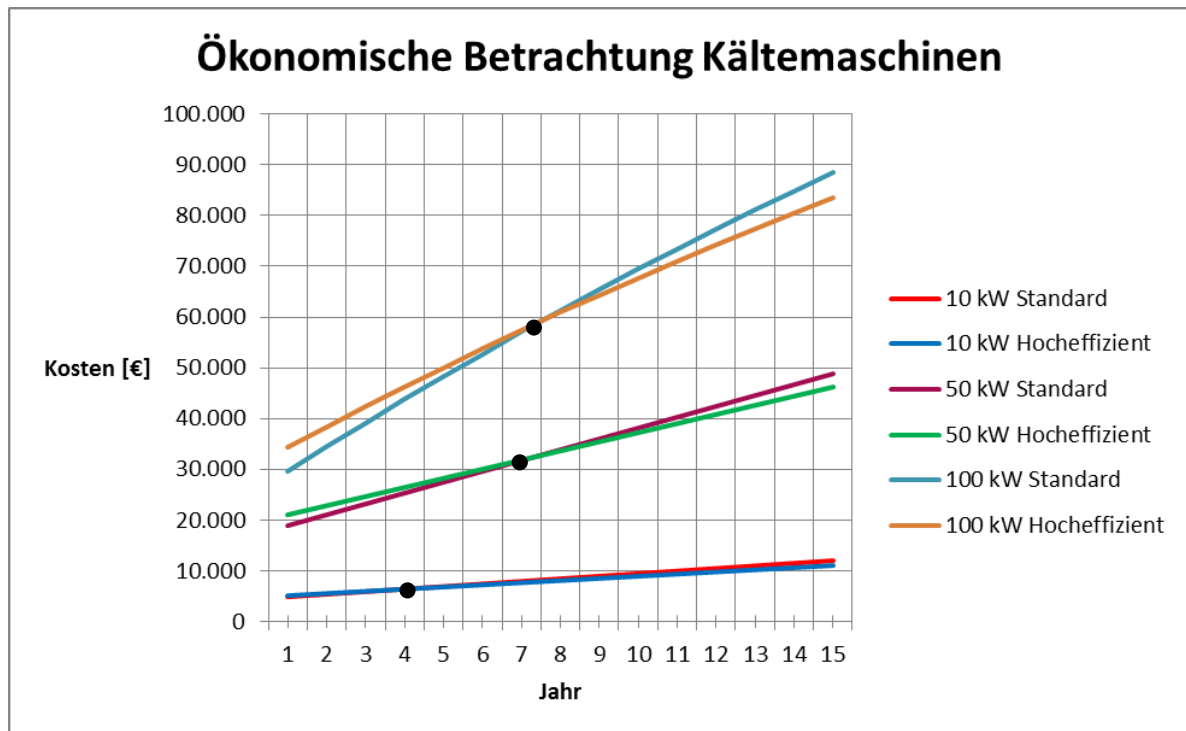


Abbildung 44 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Verbrauchergruppe Kältemaschinen

In allen gewählten Kälteleistungsbereichen stellt sich innerhalb des gewählten Betrachtungszeitraums von 15 Jahren die hocheffiziente Kältemaschine als am kostengünstigsten heraus (siehe Abbildung 44). Mit mittleren jährlichen Gesamtkosten von 1.053 € kommt es im Leistungsbereich von 10 kW zu einer Amortisation nach 4,1 Jahren. Im Bereich von 50 kW Kälteleistung kommt es nach 6,9 Jahren zu einer Amortisation der hocheffizienten Maschine, wobei in diesem Leistungsbereich mit mittleren jährlichen Gesamtkosten von 4.415 € zu rechnen ist. Mit mittleren jährlichen Gesamtkosten von 8.036 € kommt es im Leistungsbereich von 100 kW zu einer Amortisation nach 7,4 Jahren. Bei der Verbrauchergruppe Kältemaschinen stellte sich heraus, dass sich die Amortisationszeit mit sinkender Kälteleistung verringert. D.h. vor allem bei kleineren Leistungsbereichen ist der Einsatz einer hocheffizienten Kältemaschine zu empfehlen.

7 Zusammenfassung

Wie groß ist der spezifische Energieverbrauch von HLK Verbrauchergruppen in den unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen und wie groß ist das Einsparpotential durch Austausch von Komponenten und thermische Gebäudesanierung? Dies ist die Eingangs aufgeworfene zentrale Fragestellung der vorliegenden Masterthese. Die Grundlage zur Beantwortung dieser Fragen sind repräsentative Referenzobjekte in drei Wiener Krankenanstalten. Der Status quo dieser Referenzgebäude wurde im Rahmen des Projekts „HEALTH“ von der österreichischen Energieagentur erhoben und ist in Kapitel 3 dargestellt. Im Rahmen dieser Masterthese wurden Methoden entwickelt (siehe Kapitel 2), welche es ermöglichen, den spezifischen Energieverbrauch von HLK Verbrauchergruppen in den betrachteten Krankenhäusern zu quantifizieren und in weiterer Folge Einsparpotentiale aufzuzeigen. Mithilfe der erarbeiteten Methodik und den untersuchten Referenzgebäuden als Grundlage, konnten die folgenden spezifischen Stromverbrauchskennzahlen der identifizierten HLK Verbrauchergruppen errechnet werden (siehe Tabelle 72):

Tabelle 72 Bandbreite des Status quo spezifischer Stromverbrauchskennzahlen identifizierter HLK Verbrauchergruppen in den untersuchten Krankenhäusern

Verbraucher [kWh/m ² a] kond. NGF	medizinischer Nutzungsbereich			
	Stat. / Sonst.	Amb. / St. I	OP	Diag.
Ventilatoren	5,8 – 43,6	18,0 – 176,2	92,9 – 301,3	18,0 – 43,6
Kältemaschinen	0 – 42,0	0 – 169,8	48,4 – 208,0	0
Pumpen	3,5 – 23,4	3,6 - 94,7	18,4 – 116,0	3,6 – 23,4
Dampfbefeuchter	0	0 – 26,6	109,6 – 195,2	0

In Tabelle 72 sind jeweils die Minimal- bzw. Maximalwerte der identifizierten Verbrauchergruppen der untersuchten drei Krankenhäuser dargestellt. An dieser Bandbreite ist zu sehen, dass die errechneten spezifischen Energiekennzahlen je nach Nutzung und Krankenhaus stark voneinander abweichen können. In allen definierten Nutzungsbereichen der untersuchten Krankenhäuser stellte sich die Verbrauchergruppe Ventilatoren als am energieintensivsten heraus. Im Stations- und sonstigen Bereich ist die Verbrauchergruppe Kältemaschinen nach den Ventilatoren die zweitenergieintensivste Verbrauchergruppe. Pumpen und Dampfbefeuchter stellen in diesem Nutzungsbereich jene Verbrauchergruppe dar, für die am wenigsten spezifischer Energiebedarf benötigt wird. Im Nutzungsbereich Ambulanz und Station intensiv ist die Reihenfolge der Verbrauchergruppen hinsichtlich spezifischen Energiebedarfs ebenso wie im Stations- und Sonstigen Bereich. Im OP Bereich ist die Verbrauchergruppe Kältemaschinen nach den Ventilatoren die Verbrauchergruppe mit dem zweithöchsten Energieverbrauch, gefolgt von der Verbrauchergruppe Dampfbefeuchter und schließlich den Pumpen. Im Diagnose Bereich wurden in den untersuchten Krankenhäusern weder Kältemaschinen noch

Dampfbefeuchter identifiziert. Aus diesem Grund stellt die Verbrauchergruppe Pumpen nach den Ventilatoren jene Verbrauchergruppe mit dem zweithöchsten Energiebedarf dar. Allgemein konnte der Nutzungsbereich OP als am energieintensivsten identifiziert werden. Dies ist bedingt durch die höchsten gesetzlichen Anforderungen an eine qualitativ hochwertige Luftkonditionierung in diesem Bereich.

Mithilfe der unter Kapitel 2 beschriebenen Methoden und den untersuchten Referenzgebäuden als Grundlage, konnten die folgenden spezifischen Wärmeverbrauchs-kennzahlen der identifizierten HLK Verbrauchergruppen errechnet werden (siehe Tabelle 73):

Tabelle 73 Status quo der spezifischen Wärmeverbrauchs-kennzahlen identifizierter HLK Verbrauchergruppen in den untersuchten Krankenhäusern

Verbraucher	Krankenhaus		
	OWS	Rudolfstiftung	Hietzing
[kWh/m ² a] kond. NGF			
Heizung	234,3 – 307,6	170,1	290,6
Warmwasser	48,7	60,6	44,4
Wabenbefeuchter	0	143,1	0

Mithilfe der errechneten Energieverbrauchs-kennzahlen wurde der HLK Gesamtenergieverbrauch der untersuchten Krankenanstalten berechnet. Dies ermöglichte in weiterer Folge die Identifizierung und Quantifizierung von Energieeffizienzmaßnahmen in den unterschiedlichen Verbrauchergruppen. Die möglichen Primärenergie- und CO₂-Einsparpotentiale der Verbrauchergruppen auf Basis der in Kapitel 5 definierten Sanierungspakete sind in folgender Tabelle 74 dargestellt:

Tabelle 74 Primärenergie- und CO₂ Einsparpotential der Sanierungsmaßnahmen in den untersuchten Krankenanstalten

KH	Maßnahme		Einsparpotential	
			PEB [MWh/a]	CO ₂ [t/a]
OWS	Gebäudehülle	Variante 1	6.853	658
		Variante 2	9.305	893
		Variante 3	18.671	1.792
	HLK Verbraucher	Pumpen	354	56
		Kältemaschinen 1	172	27
		Kältemaschinen 2	300	48
		Ventilatoren	493	78
Rudolfstiftung	Gebäudehülle	Variante 1	2.553	245
		Variante 2	2.851	274
	HLK Verbraucher	Pumpen	292	46
		Kältemaschinen 1	1.622	258
		Kältemaschinen 2	2.638	420
		Ventilatoren	409	65
Hietzing	Gebäudehülle	Variante 1	2.060	198
		Variante 2	3.640	349
		Variante 3	9.138	877
	HLK Verbraucher	Pumpen	287	46
		Kältemaschinen 1	203	32
		Kältemaschinen 2	326	52
		Ventilatoren	511	81

Die größten Einsparpotentiale können im OWS und KH Hietzing durch die thermische Sanierung der Gebäudehülle erreicht werden. Bedingt durch das neuere Baujahr (im Vergleich zu OWS und KH Hietzing) und durch den hohen Klimatisierungsgrad des Hochbaus sind in der Rudolfstiftung die größten Einsparungen bei der Verbraucherguppe Kältemaschinen möglich. Allgemein stellte sich heraus, dass Maßnahmen hinsichtlich der thermischen Gebäudehülle Energieeinsparungen zwischen 9 und 55,5 % des HLK Gesamtwärmeverbrauchs mit sich bringen. Maßnahmen bei den HLK Stromverbrauchern (Ventilatoren, Kältemaschinen, Pumpen, Dampfbefeuchter) können Einsparungen von bis zu 29,5 % des HLK Gesamtstrombedarfs mit sich bringen.

Neben den energetischen Einsparpotentialen wurden exemplarische ökonomische Betrachtungen durchgeführt (siehe Kapitel 6). Bei den thermischen Sanierungsvarianten stellte sich im OWS und im KH Hietzing im gewählten Betrachtungszeitraum die Sanierungsvariante 1 als am kostengünstigsten heraus. In der Rudolfstiftung stellte sich ebenso die Basissanierungsvariante als am kostengünstigsten heraus.

Bei der ökonomischen Bewertung der HLK Verbraucher wurden Pumpen, Ventilatorantriebe und Kältemaschinen untersucht und bewertet. Es wurde immer ein neues Standardprodukt einem neuen hocheffizienten Produkt, hinsichtlich Investitionskosten und Energieverbrauch, gegenübergestellt und bewertet. Bei allen untersuchten Verbrauchergruppen kam es zu einer Amortisation des hocheffizienten Produktes innerhalb des gewählten Betrachtungszeitraumes.

Abschließend sei nochmals darauf hingewiesen, dass der spezifische Energieverbrauch der identifizierten Verbrauchergruppen sehr stark von der Gebäudestruktur und der medizinischen Anwendung im jeweiligen Krankenhaus abhängt. Dies gilt sowohl für die Wärmeverbrauchs- als auch die Stromverbrauchskennzahlen und die errechneten Einsparpotentiale. Es ist daher nur bedingt möglich mit den, in dieser Arbeit erarbeiteten Kennzahlen auf andere Krankenhäuser zu schließen.

Literaturverzeichnis

- (Beier; 2009) Beier C.: Analyse des Energieverbrauchs und exemplarische Best-practice-Lösungen für relevante Verbrauchssektoren in Krankenhäusern, Abschlussbericht, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen, 2009
- (Gerstbauer; 2010) Gerstbauer C.: Erstellung eines Leitfadens zum Optimieren lufttechnischer Anlagen in produzierenden Betrieben, Diplomarbeit, Pinkafeld, Juli 2010
- (Hinterndorfer et. al; 2010) Hinterndorfer M., Laaber M., Sattler P.: Energieeffiziente Klimatisierung, Broschüre im Auftrag der MA 27, Wien, 2010
- (Hoffmann und Kulterer; 2009) Hoffmann M. Kulterer K.: Leitfaden für Pumpenaudits, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2009
- (Kling; 2002) Kling W.: Wirtschaftlichkeitsberechnung zum Austausch der Fassade in der KA Rudolfstiftung, Diplomarbeit, Wien, Oktober 2002
- (Krawinkler; 2008) Krawinkler R.: Methodenvorschlag Kühlung bei Nicht-wohngebäuden, Bericht, Österreichische Energie-agentur, Wien, 2008
- (Nipkow und Michel; 2011) Nipkow J., Michel A.: Circulation pumps: recommendations, TIG – Topten International Group, Paris, 2011
- (Oberhuber; 2009) Oberhuber B.: Heizungspumpen – Stoppt die Stromfresser, Energie Tirol, Innsbruck, 2009

- (OIB RL 6; 2011) Österreichisches Institut für Bautechnik, Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz, Wien, Oktober 2011
- (ÖNORM M 7140; 2004) Österreichisches Normungsinstitut, ÖNORM M 7140 - Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach der erweiterten Annuitätenmethode, Wien, 2004
- (Österreichische Energieagentur, 2012) Österreichische Energieagentur, Wien, 2012
- (Pfeiffer; 2008) Pfeiffer M.: Energetische Gebäudemodernisierung, Institut für Bauforschung e.V., Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2008
- (Radgen und Schmid, 2002) Radgen P., Schmid Ch.: Market study for Improving Energy Efficiency for Fans, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2002
- (RMA; 2012) RMA-Ressourcenmanagementagentur, Wien, 2012
- (Scheffel; 2011) Scheffel S.: Erarbeitung von Energieeffizienzmaßnahmen für HLK Systeme in Krankenanstalten, Diplomarbeit, Wien, 2011
- (Schramek; 2011) Schramek E. R.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, Oldenbourg Industrieverlag, München, 2011
- (Trnka et. al; 2012) Trnka G., Mitterndorfer M., Simader G., Barth T.: Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten, Österreichische Energieagentur – Final Report, Wien, 2012

(Simader et. al; 2011)

Amtmann M., Barth T., Mader S., Mitterndorfer M., Simader G.: Kosten – Nutzen – Analyse von energetischen Gebäudesanierungen in Österreich, Österreichische Energieagentur, Wien, Dezember 2011

(Zach; 2011)

Zach F.: Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissionen der Fernwärmeerzeugung der Fernwärme Wien GmbH, Österreichische Energieagentur, Wien, September 2011

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Vorgehensweise zur Bildung von Stromverbrauchskennzahlen im OWS.....	15
Abbildung 2 Lageplan des Otto Wagner Spitals mit Pflegezentrum	21
Abbildung 3 Pavillon 11	22
Abbildung 4 Pavillon 13.....	23
Abbildung 5 Kältemaschine des Pavillon 13	24
Abbildung 6 Pavillon 15.....	26
Abbildung 7 Pavillon 21	27
Abbildung 8 Pavillon Kurhaus	29
Abbildung 9 Pavillon Felix	31
Abbildung 10 Kältemaschinenraum	32
Abbildung 11 17-geschoßiger Hochbau der Rudolfstiftung	34
Abbildung 12 Eine von fünf Großkältemaschinen	35
Abbildung 13 Lageplan des Krankenhaus Hietzing	37
Abbildung 14 Pavillon II.....	38
Abbildung 15 Schnittbildzentrum	40
Abbildung 16 Blick auf die Kältemaschinen	41
Abbildung 17 Aufteilung des Energieverbrauchs auf die Verbrauchergruppen des OWS ..	48
Abbildung 18 Vergleich der tatsächlichen Verbrauchswerte mit den errechneten HLK Verbrauchswerten im Otto Wagner Spital	49
Abbildung 19 Aufteilung des Energieverbrauchs auf die Verbrauchergruppen der Krankenanstalt Rudolfstiftung (Hochbau und Westverbau)	53
Abbildung 20 Vergleich der tatsächlichen Verbrauchswerte mit den errechneten HLK Verbrauchswerten in der Krankenanstalt Rudolfstiftung (Hochbau und Westverbau)	54
Abbildung 21 Aufteilung des Energieverbrauchs auf die Verbrauchergruppen im KH Hietzing.....	58
Abbildung 22 Vergleich der tatsächlichen Verbrauchswerte mit den errechneten HLK Verbrauchswerten im Krankenhaus Hietzing.....	59
Abbildung 23 Effizienz von Elektromotoren in Abhängigkeit des Baujahres und der Leistung (Hoffmann und Kulterer; 2009, S.26)	65
Abbildung 24 Endenergiebedarf für die Beheizung des Gebäudebestandes des OWS entsprechend Sanierungsvarianten.....	72
Abbildung 25 Eingesparter Primärenergiebedarf der Sanierungsvarianten bei der Beheizung der Gebäude im OWS	73
Abbildung 26 Eingesparte CO ₂ -Emissionen der Sanierungsvarianten bei der Beheizung der Gebäude im OWS.....	74
Abbildung 27 Endenergiebedarf für HLK Verbraucher im OWS vor und nach der Sanierung	77

Abbildung 28 Primärenergiebedarf- und CO ₂ -Einsparung der Sanierungsvarianten unterschiedlicher Verbraucher im OWS	78
Abbildung 29 Endenergiebedarf für die Beheizung des Hochbaus und des Westverbaus der Rudolfstiftung entsprechend Sanierungsvarianten	81
Abbildung 30 Eingesparter Primärenergiebedarf der Sanierungsvarianten für die Beheizung des Hochbaus und des Westverbaus	82
Abbildung 31 Eingesparte CO ₂ Emissionen der Sanierungsvarianten für die Beheizung des Hochbaus und des Westverbaus.....	83
Abbildung 32 Endenergiebedarf für HLK Verbraucher im Hochbau und Westverbau vor und nach der Sanierung.....	85
Abbildung 33 Primärenergiebedarf- und CO ₂ -Einsparung der Sanierungsvarianten unterschiedlicher Verbraucher im Hochbau und Westverbau	86
Abbildung 34 Endenergiebedarf für die Beheizung des Gebäudebestandes im KH Hietzing entsprechend Sanierungsvarianten.....	90
Abbildung 35 Eingesparter Primärenergiebedarf der Sanierungsvarianten für die Beheizung der Gebäude im KH Hietzing	91
Abbildung 36 Eingesparter Primärenergiebedarf der Sanierungsvarianten für die Beheizung Gebäude im KH Hietzing	92
Abbildung 37 Endenergiebedarf für HLK Verbraucher im KH Hietzing vor und nach der Sanierung	94
Abbildung 38 Primärenergiebedarf- und CO ₂ -Einsparung der Sanierungsvarianten unterschiedlicher Verbraucher im KH Hietzing	95
Abbildung 39 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Sanierungsvarianten im Pavillon 21 des OWS	99
Abbildung 40 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Sanierungsvarianten im Hochbau der Rudolfstiftung.....	100
Abbildung 41 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Sanierungsvarianten im Pavillon II des KH-Hietzing.....	101
Abbildung 42 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Verbrauchergruppe Pumpen.....	103
Abbildung 43 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Ventilatorantriebsmotoren.....	104
Abbildung 44 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Verbrauchergruppe Kältemaschinen....	106
Abbildung 45 Küche des OWS (Foto: Österreichische Energieagentur, 2012)	121
Abbildung 46 Energieflussdiagramm der HLK Komponenten in der Küche des OWS (Österreichische Energieagentur, 2012).....	125
Abbildung 47: Durchschnittlicher Energieverbrauch [kWh/a] und CO ₂ -Äquivalent [t/a] der OWS Küche (Österreichische Energieagentur, 2012)	126
Abbildung 48 Westverbau der Rudolfstiftung (Foto: RMA, 2012).....	127
Abbildung 49 Großkältemaschine mit einer Kälteleistung von 531 kW (Foto: Österreichische Energieagentur, 2012)	131
Abbildung 50 Free Cooling System des Westverbaus (Foto: Österreichische Energieagentur, 2012)	131

Abbildung 51 Energieflussdiagramm der HLK Komponenten im Westverbau der Rudolfstiftung (Österreichische Energieagentur, 2012)	132
Abbildung 52 Durchschnittlicher Energieverbrauch [kWh/a] und CO ₂ -Äquivalent [t/a] des Westverbaus der Rudolfstiftung (Österreichische Energieagentur, 2012).....	133

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Bandbreite der spezifischen Energieverbrauchskennzahlen identifizierter HLK Verbrauchergruppen in den untersuchten Krankenhäusern	3
Tabelle 2 Auszug aus dem Kostenstellenkatalog (RMA; 2012)	13
Tabelle 3 Ausgewählte Referenzgebäude des Otto Wagner Spitals.....	14
Tabelle 4 Konditionierte Nettogeschosßfläche der Referenzpavillons nach Art der Nutzung	14
Tabelle 5 Zuordnung der konditionierten Nettogeschosßfläche des Hochbaus zu den Nutzungskategorien	17
Tabelle 6 Versorgungsbereiche der Ventilatoren des Hochbaus und Anteil am gesamten Ventilatorenergieverbrauch (Trnka et. al; 2012, S.38 ff)	17
Tabelle 7 Konditionierte Nettogeschosßfläche des Pavillon II nach Art der Nutzung	18
Tabelle 8 Versorgungsbereiche der Ventilatoren im Pavillon II und Anteil am gesamten Ventilatorenergieverbrauch (Trnka et. al; 2012, S.47ff)	18
Tabelle 9 Außenbauteile Pavillon 11	22
Tabelle 10 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten in Pavillon 11	23
Tabelle 11 Außenbauteile Pavillon 13	24
Tabelle 12 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten in Pavillon 13	25
Tabelle 13 Außenbauteile Pavillon 15	26
Tabelle 14 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten in Pavillon 15	27
Tabelle 15 Außenbauteile Pavillon 21	28
Tabelle 16 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten in Pavillon 21	29
Tabelle 17 Außenbauteile Kurhaus	30
Tabelle 18 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten in Pavillon Kurhaus	31
Tabelle 19 Außenbauteile Pavillon Felix.....	32
Tabelle 20 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten in Pavillon Felix.....	33
Tabelle 21 Außenbauteile Hochbau	36
Tabelle 22 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten im Hochbau der Rudolfstiftung	37
Tabelle 23 Außenbauteile Pavillon II	39
Tabelle 24 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten in Pavillon II	40
Tabelle 25 Außenbauteile SBZ.....	41
Tabelle 26 Aufteilung des Energieverbrauchs der HLK Komponenten im SBZ.....	42
Tabelle 27 Kennzahlen Stromverbrauch in kWh/m ² a pro Nutzungskategorie und Verbrauchergruppe im Otto Wagner Spital.....	45
Tabelle 28 Kennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m ² a für Heizung und Warmwasser für typische Pavillons im OWS	46

Tabelle 29 Verbleibende konditionierte Nettogeschoßfläche des OWS nach Nutzungskategorie	47
Tabelle 30 Verbleibende konditionierte Nettogeschoßfläche des OWS nach Dämmstandard	47
Tabelle 31 Berechnung der Stromverbrauchskennzahlen für die Verbrauchergruppe Pumpen im Hochbau der Rudolfstiftung	50
Tabelle 32 Kennzahlen Stromverbrauch in kWh/m ² a pro Nutzungskategorie und Verbrauchergruppe im Hochbau der Rudolfstiftung	51
Tabelle 33 Kennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m ² a für Heizung, Befeuchtung und Warmwasser für den Hochbau der Rudolfstiftung	52
Tabelle 34 Berechnung der Stromverbrauchskennzahlen für die Verbrauchergruppe Pumpen in typischen Pavillons des KH Hietzing	55
Tabelle 35 Kennzahlen Stromverbrauch in kWh/m ² a pro Nutzungskategorie und Verbrauchergruppe im Krankenhaus Hietzing	56
Tabelle 36 Kennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m ² a für Heizung und Warmwasser für typische Pavillons im Krankenhaus Hietzing	56
Tabelle 37 Konditionierte Nettogeschoßfläche des Krankenhauses Hietzing abzüglich der Nettogeschoßfläche der Referenzgebäude	57
Tabelle 38 Effizienz Bewertung des Kältemaschinenbestandes (Trnka et. al; 2012)	67
Tabelle 39 Effizienz Bewertung hocheffizienter Kältemaschinen (Krawinkler; 2008, S.7) (Scheffel; 2011, S.72)	68
Tabelle 40 U-Werte der Außenbauteile der typischen Pavillons des Otto Wagner Spitals.	70
Tabelle 41 Verwendete U-Werte der Sanierungsvariante 1 (OIB RL 6; 2011, S.7)	70
Tabelle 42 Spezifische Energiekennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m ² a für die Beheizung typischer Pavillons im Otto Wagner Spital entsprechend der Sanierungsvarianten	72
Tabelle 43 Verwendete CO ₂ – Äquivalente und Primärenergiefaktoren für die Fernwärme Wien (Trnka et. al; 2012, S.8ff) (Zach; 2011, S.7)	73
Tabelle 44 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Pumpen im OWS	75
Tabelle 45 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Ventilatoren im OWS	75
Tabelle 46 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Kältemaschinen im OWS	76
Tabelle 47 Verwendete CO ₂ – Äquivalente und Primärenergiefaktoren für Strom (OIB RL 6; 2011, S.6)	77
Tabelle 48 Außenbauteile Hochbau	79
Tabelle 49 Außenbauteile Hochbau Sanierungsvariante 1	80
Tabelle 50 Außenbauteile Hochbau Sanierungsvariante 2	80
Tabelle 51 Spezifische Energiekennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m ² a für die Beheizung des Hochbaus der Rudolfstiftung	81
Tabelle 52 Verwendete CO ₂ – Äquivalente und Primärenergiefaktoren für die Fernwärme Wien (Trnka et. al; 2012, S.8ff) (Zach; 2011, S.7)	82
Tabelle 53 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Pumpen im Hochbau der Rudolfstiftung	84

Tabelle 54 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Ventilatoren im Hochbau der Rudolfstiftung	84
Tabelle 55 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Kältemaschinen im Hochbau der Rudolfstiftung	85
Tabelle 56 Verwendete CO ₂ – Äquivalente und Primärenergiefaktoren für Strom (OIB RL 6; 2011, S.6)	86
Tabelle 57 Typische U-Werte der Außenbauteile des Pavillon II des KH Hietzing	87
Tabelle 58 U-Werte der adaptierten Bauteile folgend Sanierungsvariante 1 (OIB RL 6; 2011, S.7)	88
Tabelle 59 Spezifische Energiekennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m ² a für die Beheizung typischer Pavillons im KH Hietzing entsprechend Sanierungsvariante	89
Tabelle 60 Verwendete CO ₂ – Äquivalente und Primärenergiefaktoren für die Fernwärme Wien (Trnka et. al; 2012, S.8ff) (Zach; 2011, S.7)	90
Tabelle 61 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Pumpen im Krankenhaus Hietzing	93
Tabelle 62 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Ventilatoren im Krankenhaus Hietzing	93
Tabelle 63 Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Kältemaschinen im Krankenhaus Hietzing	94
Tabelle 64 Verwendete CO ₂ –Äquivalente und Primärenergiefaktoren für Strom (OIB RL 6; 2011, S.6)	95
Tabelle 65 Energiepreise zur ökonomischen Bewertung	97
Tabelle 66 Investitionskosten und jährlicher Energieverbrauch zur Beheizung der thermischen Sanierungsvarianten des Pavillon 21 im OWS	98
Tabelle 67 Investitionskosten und jährlicher Energieverbrauch zur Beheizung der thermischen Sanierungsvarianten des Hochbaus der Rudolfstiftung	99
Tabelle 68 Investitionskosten und jährlicher Energieverbrauch zur Beheizung der thermischen Sanierungsvarianten des Pavillon II im Krankenhaus Hietzing	101
Tabelle 69 Investitionskosten und Energieverbrauch für Heizungsumwälzpumpen	102
Tabelle 70 Investitionskosten und Energieverbrauch für Ventilatorantriebe	104
Tabelle 71 Investitionskosten und Energieverbrauch für Kältemaschinen	105
Tabelle 72 Bandbreite des Status quo spezifischer Stromverbrauchskennzahlen identifizierter HLK Verbrauchergruppen in den untersuchten Krankenhäusern	107
Tabelle 73 Status quo der spezifischen Wärmeverbrauchskennzahlen identifizierter HLK Verbrauchergruppen in den untersuchten Krankenhäusern	108
Tabelle 74 Primärenergie- und CO ₂ Einsparpotential der Sanierungsmaßnahmen in den untersuchten Krankenanstalten	109
Tabelle 75 Außenbauteile Küche des OWS (Österreichische Energieagentur, 2012)	122
Tabelle 76 Erhobene Pumpen in der Küche des OWS (Österreichische Energieagentur, 2012)	122
Tabelle 77 Außenbauteile Westverbau (Österreichische Energieagentur, 2012)	127

Tabelle 78 Erhobene Pumpen im Westverbau (Österreichische Energieagentur, 2012)..	128
Tabelle 79 Identifizierte Großkältemaschine und Mult-Splitklimageräte im Westverbau (Österreichische Energieagentur, 2012).....	131

Sowohl Anhang A als auch Anhang B wurde im Rahmen des Projekts „HEALTH“ von der österreichischen Energieagentur (Österreichische Energieagentur, 2012) erarbeitet.

Anhang A: Küche des Otto Wagner Spitals



Abbildung 45 Küche des OWS (Foto: Österreichische Energieagentur, 2012)

Die konditionierte Bruttogrundfläche der Küche (Abbildung 45) des Otto Wagner Spitals wurde mit 3.762,4 m² berechnet.

Das Gebäude wird derzeit mithilfe von Radiatoren, fünf Lüftungsanlagen sowie 11 dezentralen Abluftventilatoren konditioniert. Eine dieser fünf Lüftungsanlagen dient zur Konditionierung der Hauptküche und ist mit einem Heizregister ausgestattet. Die Zuluftanlage der Hauptküche ist mit zwei Abluftanlagen, gekoppelt über welche die Wärmerückgewinnung mittels eines Kreislaufverbundwärmetauschers sichergestellt wird. Die vierte Lüftungsanlage ist die Zu- und Abluftanlage der Küchennebenflächen, diese Lüftungsanlage ist mit einem Heizregister ausgeführt. Die Wärmerückgewinnung erfolgt über einen Kreuzstromwärmetauscher. Die fünfte Lüftungsanlage ist die Zu- und Abluftanlage der Technikzentrale. Diese Anlage ist lediglich mit einem Heizregister ausgestattet und verfügt über keine Wärmerückgewinnung. Für die Warmwasserbereitstellung sind vier Warmwasserspeicher (Baujahr 2005) mit einem jeweiligen Volumen von 2000 l installiert. Von diesen vier Warmwasserspeichern sind immer nur zwei in Betrieb, die anderen dienen der Versorgungssicherheit.

Die Berechnung des Energieverbrauchs für Heizung- und Warmwasser wurde mithilfe des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH durchgeführt. Für die Außenbauteile wurden die folgenden U-Werte angesetzt:

Tabelle 75 Außenbauteile Küche des OWS (Österreichische Energieagentur, 2012)

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand	1,5
Oberste Geschoßdecke	0,20
Fenster	2,5
Türen	2,5
Kellerdecke	0,55

Auf Basis der Grundriss- und Schnittpläne des Gebäudes, der obigen U-Werte (Tabelle 75) sowie der erhobenen Anlagendaten der Heizungs- und Warmwasserinstallationen (Wärmebereitstellung, Rohrleitungsdämmung, benötigte Temperaturniveaus etc.) wurde, unter Zuhilfenahme des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“, für das Gebäude ein Heizwärmebedarf von 959.366 kWh/a und ein Warmwasserwärmebedarf von 96.128 kWh/a berechnet. Da die Beheizung und Bereitung von Warmwasser über Fernwärme gewährleistet wird, kann dem Westverbau ein Energieverbrauch von 970.915 kWh Fernwärme pro Jahr für die Beheizung des Gebäudes und ein Energieverbrauch von 154.951 kWh Fernwärme pro Jahr für die Warmwasserbereitung zugeschrieben werden.

Um die Heizungs- und Warmwasserversorgung zu gewährleisten, wurden in der Küche die folgenden Pumpen (Tabelle 76) identifiziert.

Tabelle 76 Erhobene Pumpen in der Küche des OWS (Österreichische Energieagentur, 2012)

Verwendung	Typ	Leistungsbezug [W]	Regelung
Hauptpumpe	TPE 80-180/2	3.000 W	Drehzahl geregelt
Radiatorenheizung	Grundfos UPE 32-120	550 W	Drehzahl geregelt
Radiatorenheizung	Grundfos TPE 32-120	435 W	Drehzahl geregelt
Radiatorenheizung	Grundfos TPE 40-120	550 W	Drehzahl geregelt
Torluftschleier	Grundfos TPE 32-120	435 W	Drehzahl geregelt
Torluftschleier	Grundfos TPE 32-120	435 W	Drehzahl geregelt

Hochtemperatur WW 1	Biral Red Line LX 503	250 W	Zweistufig, läuft auf 2. Stufe
Hochtemperatur WW 2	Biral Blue Line W 403	225 W	Zweistufig, läuft auf 2. Stufe
Hochtemperatur WW 3	Biral Red Line LX 503	170 W	Zweistufig, läuft auf 2. Stufe
Hochtemperatur WW 4	Biral Blue Line W 403	330 W	Zweistufig, läuft auf 2. Stufe
Normales WW 1	Biral Red Line LX 504	230 W	Zweistufig, läuft auf 2. Stufe
Normales WW 2	Biral Blue Line W 403	225 W	Zweistufig, läuft auf 2. Stufe
Normales WW 3	Biral Red Line LX 504	350 W	Zweistufig, läuft auf 2. Stufe
Normales WW 4	Biral Blue Line W 403	330 W	Zweistufig, läuft auf 2. Stufe
Zirkulationspumpe	KSB Riotherm G32-12E	200 W	Einstufig
Heizregister Hauptküche	Grundfos TPE 40-180	1.100 W	Drehzahl geregelt
Wärmerückgewinnung	Grundfos TPE 40-180	1.100 W	Drehzahl geregelt
Wärmerückgewinnung	Grundfos TPE 40-180	1.100 W	Drehzahl geregelt
Heizregister Küchenebenflächen	Grundfos TPE 40-120	550 W	Drehzahl geregelt
Heizregister Technikzentrale	Grundfos UPE 25-60	100 W	Drehzahl geregelt

Aufbauend auf den im Bericht „Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten“²⁸ vorgestellten Berechnungsgrundlagen wurde für die installierten Pumpen ein Stromverbrauch von 61.366,7 kWh/a berechnet.

Einen wichtigen Stromverbraucher des HLK Systems stellen die riemengetriebenen Zu- und Abluftventilatoren der fünf Lüftungsanlagen (Baujahr 2005) sowie die identifizierten dezentralen Abluftventilatoren dar.

28 Siehe: Trnka G. et. al.: Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten, Österreichische Energieagentur - Final Report, Wien, 2012

Der Zuluftventilator (30 kW_{el}) zur Konditionierung der Hauptküche ist in der Lage ein Luftvolumen von bis zu 38.000 m³/h umzuwälzen und wird drehzahl geregelt betrieben. Die beiden Abluftventilatoren (11 kW_{el}) sind in der Lage ein jeweiliges Luftvolumen von 19.000 m³/h abzuführen und werden ebenfalls über einen Frequenzumformer gesteuert. Folgend den Angaben des technischen Personals, laufen alle diese drei Ventilatoren pro Tag 12 Stunden im so genannten Tagbetrieb und 12 Stunden im Nachtbetrieb, wo lediglich die Hälfte des Volumenstroms des Tagbetriebs gefördert wird. Aufgrund der Angaben des technischen Personals sowie anhand der abgelesenen Einstellungs- und Verbrauchswerten bei der Begehung, konnte ein durchschnittlicher Leistungsbezug der Ventilatoren zur Konditionierung der Hauptküche angesetzt und damit ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 187.874,9 kWh/a berechnet werden.

Der Zu- (30 kW_{el}) und Abluftventilator (22 kW_{el}) der Küchenebenenflächen sind in der Lage einen jeweiligen Volumenstrom von 36.140 m³/h zu fördern und werden über einen Frequenzumformer gesteuert. Folgend den Angaben des technischen Personals, laufen beide Ventilatoren pro Tag 12 Stunden. Aufgrund der Angaben des technischen Personals sowie anhand der abgelesenen Einstellungs- und Verbrauchswerten bei der Begehung, konnte ein durchschnittlicher Leistungsbezug der Ventilatoren zur Konditionierung der Küchenebenenflächen angesetzt und damit ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 64.083,5 kWh/a berechnet werden.

Der Zu- (5,9 kW_{el}) und Abluftventilator (5,9 kW_{el}) der Technikzentrale sind in der Lage ein jeweiliges Luftvolumen von 9.300 m³/h zu fördern und sind folgend den Angaben des technischen Personals 24 Stunden pro Tag in Betrieb. Aufgrund der Angaben des technischen Personals sowie anhand der abgelesenen Einstellungs- und Verbrauchswerten bei der Begehung, konnte ein durchschnittlicher Leistungsbezug der Ventilatoren zur Konditionierung der Technikzentrale angesetzt und damit ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 87.402,5 kWh/a berechnet werden.

Zusätzlich zu den installierten Zu- und Abluftventilatoren der fünf Lüftungsanlagen wurden elf Abluftventilatoren über diversen Krankenhausbereichen dezentral installiert. Insgesamt sind diese Abluftventilatoren in der Lage ein Luftvolumen von 12.210 m³/h abzuführen. Aufgrund der Angaben des technischen Personals sowie anhand der abgelesenen Einstellungs- und Verbrauchswerten bei der Begehung wurde ein durchschnittlicher Leistungsbezug dieser dezentralen Abluftventilatoren angesetzt und darauf aufbauend ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 18.211,4 kWh/a berechnet.

Die Aufteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser und Heizung, sowie die Aufteilung des Stromverbrauchs auf Pumpen und Ventilatoren wird durch das folgende Energieflussdiagramm (Abbildung 46) verdeutlicht.

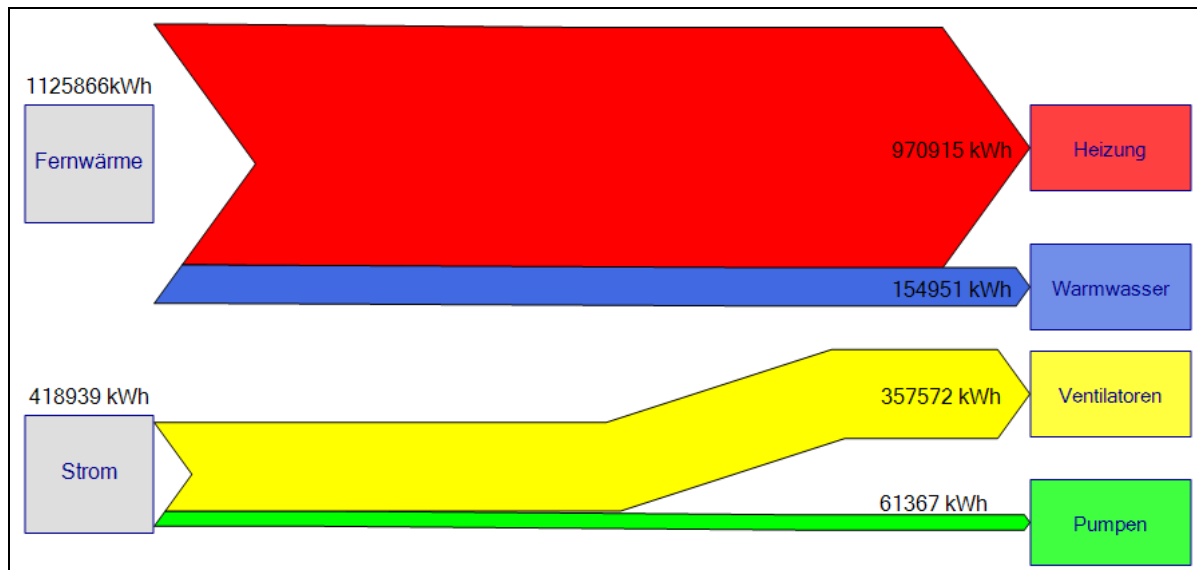


Abbildung 46 Energieflussdiagramm der HLK Komponenten in der Küche des OWS
(Österreichische Energieagentur, 2012)

Das Energieflussdiagramm zeigt auf, dass der größte Energieverbrauch des HLK Systems durch die Beheizung des Gebäudes bedingt ist. Für die Warmwasserbereitung werden 13,8 % der durch Fernwärme bereitgestellten Energie eingesetzt. Der Stromverbrauch des HLK Systems geht wiederum wesentlich auf den Energieverbrauch der Ventilatoren (85,4 %) zurück. 14,6 % des Stromverbrauchs des HLK Systems fällt durch die vorhandenen Pumpen an.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass unter den angeführten Prämissen der derzeitige durchschnittliche klimabereinigte Energieverbrauch der HLK Komponenten in der Küche des OWS (Abbildung 47) mit 1.125.866 kWh Fernwärme und 418.939,0 kWh Strom angesetzt werden kann. Dieser Energieverbrauch geht mit einem CO₂-Äquivalent von insgesamt 105,8 t für Fernwärme und 83,0 t für Strom pro Jahr einher.

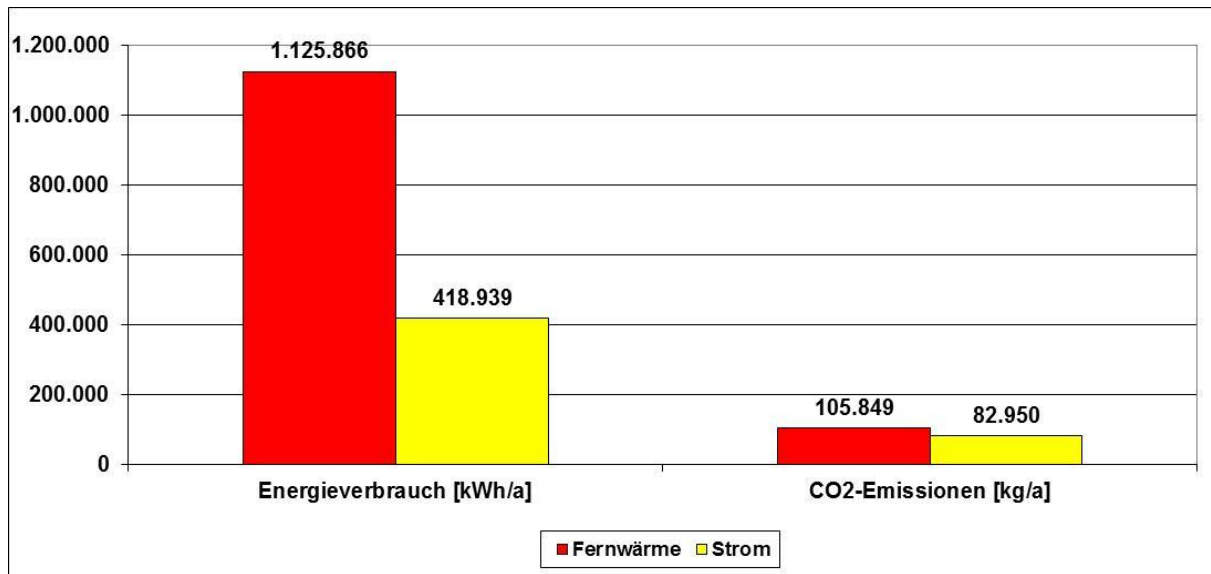


Abbildung 47: Durchschnittlicher Energieverbrauch [kWh/a] und CO2-Äquivalent [t/a] der OWS Küche (Österreichische Energieagentur, 2012)

Der berechnete durchschnittliche Energieverbrauch des HLK Systems der OWS Küche entspricht 2,3 % des gemessenen durchschnittlichen klimabereinigten Fernwärmeverbrauchs und 4,1 % des durchschnittlichen Stromverbrauchs des gesamten Otto Wagner Spitals.

Anhang B: Westverbau der Rudolfstiftung



Abbildung 48 Westverbau der Rudolfstiftung (Foto: RMA, 2012)

Die konditionierte Bruttogrundfläche des Westverbaus der Rudolfstiftung (Abbildung 48) wurde mit 3.342 m² berechnet. Das Gebäude beinhaltet mehrere Werkstätten sowie die Küche der Krankenanstalt.

Das Gebäude wird derzeit mithilfe von Radiatoren, vier Klimaanlage sowie einer Großkältemaschine und sechs Splitklimageräten konditioniert. Eine dieser vier Klimaanlage dient zur Konditionierung der Küche und ist mit einem Heiz- und einem Kühlregister ausgestattet. Die zweite Klimaanlage dient zur Konditionierung des Speisesaals und ist ebenfalls mit einem Heiz- und einem Kühlregister ausgestattet. Die dritte Klimaanlage dient zur Konditionierung der Garderobe und ist ebenfalls mit einem Heiz- und einem Kühlregister ausgestattet. Die vierte Klimaanlage dient zur Konditionierung der Apotheke. Diese Klimaanlage verfügt ebenso über ein Heiz- und ein Kühlregister sowie einem Kreislaufverbund Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung. Für die Warmwasserbereitstellung ist ein Warmwasserspeicher (Baujahr 2000) mit einem Volumen von 3000 l installiert.

Die Berechnung des Energieverbrauchs für Heizung- und Warmwasser wurde mithilfe des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH durchgeführt. Für die Außenbauteile wurden die folgenden U-Werte angesetzt:

Tabelle 77 Außenbauteile Westverbau (Österreichische Energieagentur, 2012)

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand	1,0
Oberste Geschoßdecke	0,55
Fenster	2,7
Türen	2,5
Wand zu unbeheizt	1,0
Kellerdecke	1,35

Auf Basis der Grundriss- und Schnittpläne des Gebäudes, der obigen U-Werte (Tabelle 77) sowie der erhobenen Anlagendaten der Heizungs- und Warmwasserinstallationen (Wärmebereitstellung, Rohrleitungsdämmung, benötigte Temperaturniveaus etc.) wurde, unter Zuhilfenahme des Softwaretools „Gebäudeprofi PLUS“, für das Gebäude ein Heizwärmebedarf von 829.950 kWh/a und ein Warmwasserwärmebedarf von 85.387 kWh/a berechnet. Da die Beheizung und Bereitung von Warmwasser über Fernwärme gewährleistet wird, kann dem Westverbau ein Energieverbrauch von 840.874 kWh Fernwärme pro Jahr für die Beheizung des Gebäudes und ein Energieverbrauch von 142.484 kWh Fernwärme pro Jahr für die Warmwasserbereitung zugeschrieben werden.

Um die Heizungs- und Warmwasserversorgung zu gewährleisten, wurden im Westverbau die folgenden Pumpen (Tabelle 78) identifiziert:

Tabelle 78 Erhobene Pumpen im Westverbau (Österreichische Energieagentur, 2012)

Kategorie	Verwendung	Leistungsbezug [W]	Regelung
Heizung	Radiatorenpumpe	370 W	Einstufig
Warmwasserbereitung	Speicherladepumpe	680 W	Einstufig
	Zwischenkreispumpe	635 W	Einstufig
	Zirkulationspumpe	320 W	Einstufig
Klimaanlagen	Heizregisterpumpe Küche	720 W	Einstufig
	Heizregisterpumpe Fleischkeller	100 W	Einstufig
	Heizregisterpumpe Speisesaal	70 W	Einstufig
	Kühlregisterpumpe Speisesaal	70 W	Einstufig
	Heizregisterpumpe Garderobe	48 W	Einstufig
	Kühlregisterpumpe Garderobe	48 W	Einstufig
	Heizregisterpumpe Apotheke	140 W	Dreistufig, auf Stufe 2

	Kühlregisterpumpe Apotheke	370 W	Einstufig
	Wärmerückgewinnungspumpe	1.100 W	Einstufig
	Rückkühlpumpe	15.000 W	Drehzahlge- regelt
	Kälteverteilerpumpe	3.000 W	Einstufig
	Free-Cooling-Pumpe	4.000 W	Einstufig
	Kältehauptpumpe	7.500 W	Drehzahlge- regelt

Aufbauend auf den im Bericht „Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten“²⁹ vorgestellten Berechnungsgrundlagen wurde für die installierten Pumpen ein Stromverbrauch von 150.157,5 kWh/a berechnet.

Einen wichtigen Stromverbraucher des HLK Systems stellen die dezentralen, riemengetriebenen Zu- und Abluftventilatoren der vier Klimaanlage dar.

Der Zuluftventilator der Klimaanlage zur Konditionierung der Küche ist in der Lage, ein Luftvolumen von bis zu 60.000 m³/h umzuwälzen, und kann auf zwei Leistungsstufen (13,7/11,4 kW_{el}) betrieben werden. Der Zuluftventilator zur Konditionierung des Fleischkellers ist in der Lage ein Luftvolumen von bis zu 5.000 m³/h umzuwälzen, und kann ebenfalls auf zwei Leistungsstufen (1,7/0,6 kW_{el}) betrieben werden. Folgend den Angaben des technischen Personals, laufen beide Zuluftventilatoren pro Tag 18 Stunden auf der maximalen Leistungsstufe. Der gemeinsame Abluftventilator von Küche und Fleischkeller ist in der Lage ein Luftvolumen von bis zu 65.000 m³/h umzuwälzen, und kann auf einer Leistungsstufe (9,1 kW_{el}) betrieben werden. Folgend den Angaben des technischen Personals, läuft dieser Abluftventilator pro Tag 18 Stunden. Aufgrund der Angaben des technischen Personals sowie anhand der abgelesenen Einstellungs- und Verbrauchswerten bei der Begehung, konnte ein durchschnittlicher Leistungsbezug der Ventilatoren zur Konditionierung von Küche und Fleischkeller angesetzt, und damit ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 141.850,02 kWh/a berechnet werden.

Die Zu- und Abluftventilatoren der Klimaanlage zur Konditionierung des Speisesaals sind in der Lage ein Luftvolumen von bis zu 7.200 m³/h umzuwälzen, und können auf zwei Leistungsstufen (2,5/0,7 kW_{el} bzw. 1,5/0,4 kW_{el}) betrieben werden. Folgend den Angaben des technischen Personals werden beide Ventilatoren 24 Stunden pro Tag auf der maximalen Leistungsstufe betrieben, aufgrund dieser Angaben und den abgelesenen

²⁹ Siehe: Trnka G. et. al.: Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten, Österreichische Energieagentur - Final Report, Wien, 2012

Einstellungs- und Verbrauchswerten bei der Begehung, konnte ein durchschnittlicher Leistungsbezug der Ventilatoren zur Konditionierung des Speisesaals angesetzt, und damit ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 32.918,2 kWh/a berechnet werden.

Der Zuluftventilator der Klimaanlage zur Konditionierung der Garderobe ist in der Lage ein Luftvolumen von bis zu 5.000 m³/h umzuwälzen, und kann auf zwei Leistungsstufen (2,5/0,5 kW_{el}) betrieben werden. Die Abluft wird über drei Dachventilatoren mit einer jeweiligen Leistung von 440 W abgezogen. Folgend den Angaben des technischen Personals werden alle vier Ventilatoren 24 Stunden pro Tag auf der maximalen Leistungsstufe betrieben. Aufgrund dieser Angaben und den abgelesenen Einstellungs- und Verbrauchswerten bei der Begehung, konnte ein durchschnittlicher Leistungsbezug der Ventilatoren zur Konditionierung der Garderobe angesetzt, und damit ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 28.515,1 kWh/a berechnet werden.

Die Zu- und Abluftventilatoren der Klimaanlage zur Konditionierung der Apotheke sind in der Lage ein Luftvolumen von bis zu 16.000 m³/h umzuwälzen, und werden über einen Frequenzumrichter drehzahl geregelt. Folgend den Angaben des technischen Personals und den abgelesenen Einstellungs- und Verbrauchswerten bei der Begehung, konnte ein durchschnittlicher Leistungsbezug der Ventilatoren zur Konditionierung der Apotheke angesetzt, und damit ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 114.500,8 kWh/a berechnet werden.

Zusätzlich zu den installierten Zu- und Abluftventilatoren der vier Klimaanlagen befindet sich eine punktuelle Abluft über diversen Arbeitsbereichen. Die Sonderfortluft wird durch drei einstufige Abluftventilatoren (0,55 kW_{el}/0,75 kW_{el}/0,55 kW_{el}) sichergestellt. Insgesamt sind diese Abluftventilatoren in der Lage ein Luftvolumen von 3.480 m³/h abzuführen. Folgend den Angaben des technischen Personals werden alle drei Ventilatoren von Montag bis Freitag von 07:00 bis 16:00 betrieben aufgrund dieser Angaben und den abgelesenen Einstellungs- und Verbrauchswerten bei der Begehung, konnte ein durchschnittlicher Leistungsbezug der Ventilatoren der Sonderfortluft angesetzt und damit ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 4.089,7 kWh/a berechnet werden.

Die Kältebereitstellung wird im Westverbau durch eine Großkältemaschine (Abbildung 49) und mehrere Split- und Multi-Splitklimaanlagen gewährleistet. Diese sind folgend den Angaben des technischen Personals nur in der Sommerperiode in Betrieb, da die anfallende Kühllast außerhalb der Kühlperiode über ein Free-Cooling System (Abbildung 50) abgedeckt werden kann.



Abbildung 49 Großkältemaschine mit einer Kälteleistung von 531 kW (Foto: Österreichische Energieagentur, 2012)



Abbildung 50 Free Cooling System des Westverbau (Foto: Österreichische Energieagentur, 2012)

Bei den durchgeführten Erhebungen konnten die folgenden Geräte (Tabelle 79) identifiziert werden:

Tabelle 79 Identifizierte Großkältemaschine und Mult-Splitklimageräte im Westverbau (Österreichische Energieagentur, 2012)

Fabrikat	Baujahr	Kälteleistung [kW]
Trane	2007	531
Frigopol	1998	11,49
Frigopol	1998	11,49
Lunite	2007	8,6
Daikin	2003	2,5
k.A.	2008	4,5
Daikin	2005	6

Auf Basis der im Bericht „Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten“³⁰ vorgestellten Berechnungsgrundlage für Kältemaschinen, konnte für die identifizierte Großkältemaschine und die identifizierten Split- und Multi-Splitklimageräten ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 96.461,1 kWh/a berechnet werden. Die Aufteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser und Heizung, sowie die Aufteilung des Stromverbrauchs auf Pumpen, Ventilatoren und Kältemaschinen wird durch das folgende Energieflussdiagramm (Abbildung 51) verdeutlicht.

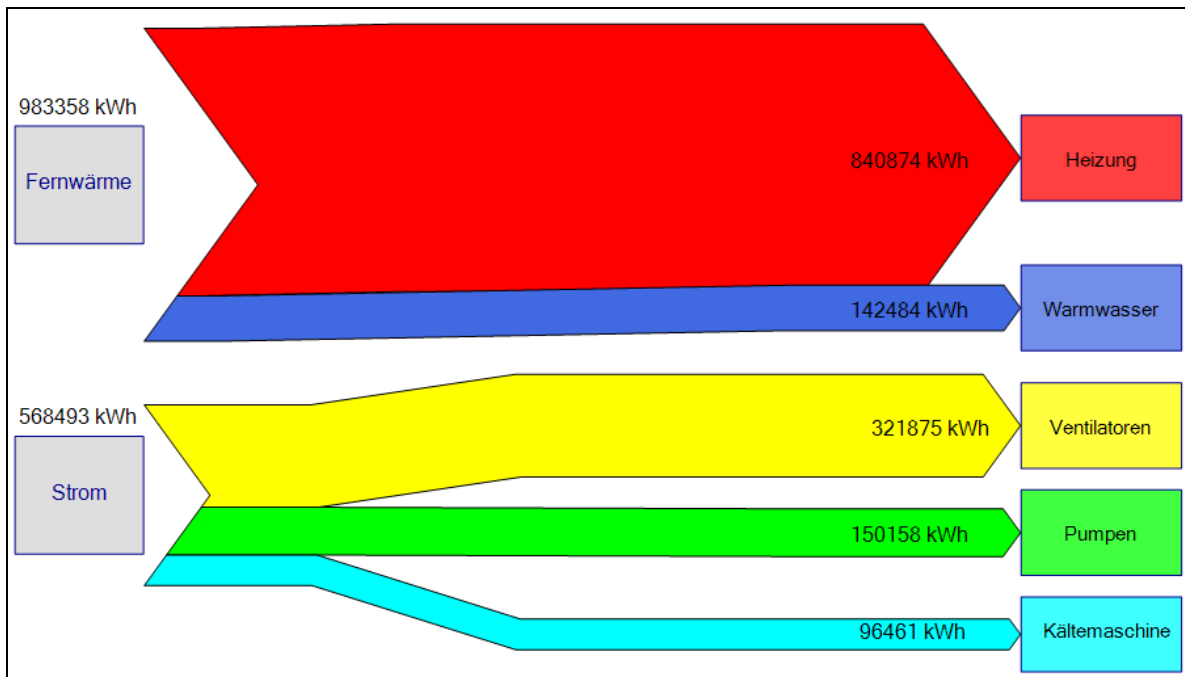


Abbildung 51 Energieflussdiagramm der HLK Komponenten im Westverbau der Rudolfstiftung (Österreichische Energieagentur, 2012)

Das Energieflussdiagramm zeigt auf, dass der größte Energieverbrauch des HLK Systems durch die Beheizung des Gebäudes bedingt ist. Für die Warmwasserbereitstellung werden 14,5 % der durch Fernwärme bereitgestellten Energie eingesetzt. Der Stromverbrauch des HLK Systems geht wiederum wesentlich auf den Energieverbrauch der Ventilatoren (56,6 %) zurück. 26,4 % des Stromverbrauchs des HLK Systems fällt durch die vorhandenen Pumpen und nur 17,0% durch die installierte Kältemaschine an. Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass unter den angeführten Prämissen der derzeitige durchschnittliche klimabereinigte Energieverbrauch der HLK Komponenten im Westverbau mit 983.358 kWh Fernwärme und 568.493,1 kWh Strom angesetzt werden kann (Abbildung 52). Dieser Energieverbrauch geht mit einem CO₂-Äquivalent von insgesamt 92,4 t für Fernwärme und 112,6 t für Strom pro Jahr einher (Abbildung 52).

³⁰ Siehe: Trnka G. et. al.: Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten, Österreichische Energieagentur - Final Report, Wien, 2012

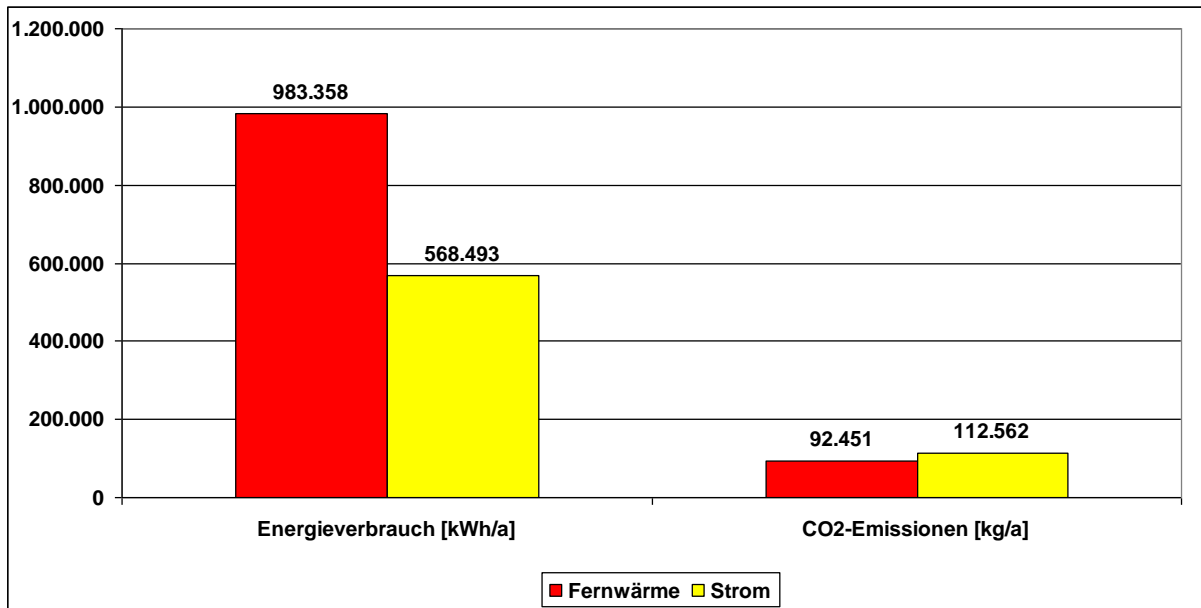


Abbildung 52 Durchschnittlicher Energieverbrauch [kWh/a] und CO₂-Äquivalent [t/a] des Westverbaus der Rudolfstiftung (Österreichische Energieagentur, 2012)

Der berechnete durchschnittliche Energieverbrauch des HLK Systems des Westverbaus entspricht 4,5 % des gemessenen durchschnittlichen klimabereinigten Fernwärmeverbrauchs und 4,1 % des durchschnittlichen Stromverbrauchs des 17-geschoßigen Hochbaus und des Westverbaus. Bezogen auf die gesamte Krankenanstalt Rudolfstiftung entspricht der berechnete durchschnittliche Energieverbrauch des HLK Systems des Westverbaus 4,0 % des gemessenen durchschnittlichen klimabereinigten Fernwärmeverbrauchs und 3,5 % des durchschnittlichen Stromverbrauchs.