



FINAL-REPORT
Projekt HEALTH – Länderübergreifende
Informationsdrehscheibe: Energie- und
Ressourceneffizienz im Gesundheitswesen
AP 5, Modul ENERGIE 3



Energie- und CO₂-Einsparpotential der Wiener Krankenanstalten

Analyse des Energie- und CO₂-Einsparpotentials des HLK-
Systems und der thermischen Gebäudehülle der unter-
suchten Wiener Krankenanstalten

Verfasser: Manuel Mitterndorfer, MSc
Ing. Mag. Georg Trnka
DI Dr. Günter Simader

Auftraggeber: Europäische Kommission –
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
MA 20 – Energieplanung



EUROPEAN UNION
European Regional
Development Fund



creating the future

Programm zur grenzüberschreitenden Kooperation ÖSTERREICH - UNGARN 2007-2013
AUSZTRIA - MAGYARORSZÁG Határon Átnyúló Együttműködési Program 2007-2013



AUSTRIAN ENERGY AGENCY

Impressum

Herausgeberin: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency,
Mariahilfer Straße 136, A-1150 Wien; Tel. +43 (1) 586 15 24, Fax +43 (1) 586 15 24 - 340;
E-Mail: office@energyagency.at, Internet: <http://www.energyagency.at>

Für den Inhalt verantwortlich: DI Peter Traupmann

Gesamtleitung: Ing. Mag. Georg Trnka

Reviewing: DI Dr. Günter Simader

Lektorat: Mag. Dr. Margaretha Bannert

Layout: Ing. Mag. Georg Trnka

Herstellerin: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency

Verlagsort und Herstellungsort: Wien

Nachdruck nur auszugsweise und mit genauer Quellenangabe gestattet. Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

Der vorliegende Bericht baut auf den Erkenntnissen der Master Thesis „Analyse und Bewertung des Energieeinsparpotentials von HLK-Systemen in Krankenanstalten“ von Manuel Mitterndorfer (Mitterndorfer; 2012) auf.

Die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Publikation liegt bei den AutorInnen. Sie gibt nicht die Meinung der Europäischen Gemeinschaft wieder. Die Europäische Kommission übernimmt keine Verantwortung für jegliche Verwendung der darin enthaltenen Informationen.

Inhalt

Einleitung	1
1 Methodik.....	4
1.1 Methodik Otto-Wagner-Spital.....	5
1.2 Methodik Rudolfstiftung	7
1.3 Methodik Krankenhaus Hietzing.....	9
2 Ermittlung von spezifischen Energieverbrauchskennzahlen	11
2.1 Energieverbrauchskennzahlen Otto-Wagner-Spital	11
2.1.1 Ergebnisse.....	11
2.1.2 Hochrechnung auf das gesamte Otto-Wagner-Spital	14
2.2 Energieverbrauchskennzahlen Rudolfstiftung	17
2.2.1 Ergebnisse.....	17
2.2.2 Energieverbrauch Hochbau und Westverbau	19
2.3 Energieverbrauchskennzahlen Krankenhaus Hietzing	21
2.3.1 Ergebnisse.....	21
2.3.2 Hochrechnung auf das gesamte Krankenhaus Hietzing	23
2.4 Diskussion der Ergebnisse	26
3 Energieeinsparpotentiale	28
3.1 Gebäudehülle.....	28
3.2 HLK-Verbraucher.....	29
3.2.1 Tausch von Anlagenkomponenten.....	30
3.2.2 Optimierung der Betriebszeiten.....	33
3.2.3 Sanierungspakete HLK-Verbraucher	33
3.3 Energieeinsparpotentiale Otto-Wagner-Spital	34
3.3.1 Gebäudehülle	34
3.3.2 HLK-Verbraucher.....	37
3.4 Energieeinsparpotentiale Rudolfstiftung.....	41
3.4.1 Gebäudehülle	41
3.4.2 HLK-Verbraucher.....	45
3.5 Einsparpotentiale Krankenhaus Hietzing	48
3.5.1 Gebäudehülle	48
3.5.2 HLK-Verbraucher.....	52
4 Ökonomische Bewertung der Sanierungsoptionen.....	56
4.1 Thermische Gebäudehülle	56
4.1.1 Otto-Wagner-Spital.....	56
4.1.2 Rudolfstiftung.....	58
4.1.3 Hietzing.....	59
4.2 HLK-Verbraucher.....	60
4.2.1 Pumpen	61
4.2.2 Ventilatorantriebsmotoren	62
4.2.3 Kältemaschinen	63

5	Gewichteter Maßnahmenkatalog.....	65
5.1	Otto-Wagner-Spital	65
5.2	Krankenanstalt Rudolfstiftung	66
5.3	Krankenhaus Hietzing	68
6	Benchmarkingsysteme.....	70
6.1	Herausforderungen des Benchmarkings in Krankenhäusern	71
7	Energiemanagement in Krankenanstalten	73
7.1	Verantwortung des Top-Managements	74
7.2	Energiepolitik	74
7.3	Ermittlung relevanter Energieaspekte	75
7.4	Strategische und operative Ziele festlegen	76
7.5	Kommunikation, Kompetenz und Schulung	76
7.6	Dokumentation.....	76
7.7	Überprüfungsaktivitäten	77
7.8	Schritte zur Implementierung eines Energiemanagementsystems	78
8	Energy Contracting in Krankenanstalten	80
8.1	Contracting-Varianten	80
8.1.1	Einspar- / Performance-Contracting	80
8.1.2	Anlagen-Contracting	81
8.2	Vorteile von Energy Contracting.....	82
8.3	Fazit.....	83
9	Zusammenfassung	84
10	Literatur	89
Anhang	93
	Anhang A: Küche des Otto-Wagner-Spitals	93
	Anhang B: Westverbau der Rudolfstiftung	97

Einleitung

Der vorliegende Bericht wurde im Rahmen des EFRE¹-Projekts „HEALTH – Länderübergreifende Informationsdrehscheibe: Energie- und Ressourceneffizienz im Gesundheitswesen“ erstellt, das den länderübergreifenden Informationsaustausch im Bereich Energie- und Ressourceneffizienz zwischen Österreich und Ungarn unterstützt.²

Ziel des Projekts war es, eine grenzüberschreitende Informationsdrehscheibe aufzubauen, um Krankenhäuser in Grenzgebieten (Österreich/Ungarn) in den Bereichen Energie, Ressourcenmanagement und Wissensentwicklung zu unterstützen. Durch das Projekt wurde die Kompetenzentwicklung im Gesundheitswesen im Allgemeinen und in Krankenhäusern im Speziellen mittels Erfahrungsaustausch, Benchmarking, Benchlearning, Training und Wissenstransfer gefördert.

Das Projekt gliederte sich in vier Module³:

- i. Wissens- und Qualitätsmanagement
- ii. Energie
- iii. Ressourcenmanagement
- iv. Transfer und Kommunikation

Die Österreichische Energieagentur (AEA) arbeitete zentral im Modul Energie. Das Ziel des Moduls Energie war es aufzuzeigen, welchen Beitrag Krankenhäuser leisten können, um bei gleich bleibender Qualität der Versorgung den Endenergieeinsatz und die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Konkret wurden technische und organisatorische Maßnahmen erarbeitet, durch welche eine Reduktion an CO₂-Emissionen erreicht werden kann.

In enger Zusammenarbeit mit dem Projektpartner Ressourcen Management Agentur (RMA) wurden von der AEA im Modul Energie die folgenden drei Wiener Krankenhäuser untersucht:

- SMZ⁴ Baumgartner Höhe Otto-Wagner-Spital
- Krankenanstalt Rudolfstiftung
- Krankenhaus Hietzing

Den ersten Meilenstein des Moduls Energie bildete die Erhebung des Energieverbrauchs der Krankenhäuser, die Aufgliederung des Energieverbrauchs nach Energieträgern sowie die entsprechende Zuteilung zu einzelnen Verbrauchern bzw. Verbrauchergruppen. Da derzeit in den Wiener Kranken-

¹ Siehe: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), siehe Creating the future, Programm zur grenzübergreifenden Kooperation Österreich – Ungarn 2007-2013, URL: http://www.sk-at.eu/at-hu/de/01_programm.php, 21. März 2011

² Der vorliegende Bericht baut auf den Erkenntnissen der Master Thesis von Manuel Mitterndorfer „Analyse und Bewertung des Energieeinsparpotentials von HLK-Systemen in Krankenanstalten“ auf (Mitterndorfer, 2012).

³ Weitere Informationen zum Projekt und den Projektmodulen finden sich auf der Projektwebsite <http://www.healthprojekt.eu>, sowie auf der Partnerwebsite der Österreichischen Energieagentur, <http://www.energyagency.at/projekte-forschung/gebäude-haushalt/detail/artikel/health-laenderuebergreifende-informationsdrehscheibe-energie-und-ressourceneffizienz-im-gesundhe.html>.

⁴ Sozialmedizinisches Zentrum (SMZ)

häusern lediglich der Gesamtenergieverbrauch der Krankenanstalten regelmäßig erfasst und dokumentiert wird, mussten fehlende Informationen mittels Literaturrecherchen, Energieaudits und Messungen erhoben werden, um den Energieverbrauch der einzelnen Energiesysteme (z. B. Heizung, Warmwasser, Ventilatoren, Beleuchtung etc.) abbilden zu können.

Die durchzuführenden Untersuchungen wurden zwischen der Ressourcen Management Agentur (RMA) und der Österreichischen Energieagentur (AEA) nach Art der Verwendung der eingesetzten Energie bzw. nach Verbrauchergruppen aufgeteilt, um eine effiziente Durchführung der Arbeiten zu ermöglichen. Die Erfassung und Modellierung des Energieverbrauchs der Heizungs-, Lüftungs- und Klima-Systeme (HLK-Systeme) sowie der thermischen Gebäudehüllen wurde von der AEA, die Erfassung und Modellierung des restlichen Energieverbrauchs der Gebäude (Beleuchtung, medizinische Geräte, Bürogeräte etc.) von der RMA übernommen.

Der Bericht „Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten“ (Trnka et al.; 2012) bietet eine Gliederung des Energieverbrauchs von ausgewählten Referenzpavillons der Wiener Krankenhäuser in eingesetzte Energieträger (z. B. Strom, Fernwärme etc.) sowie eine Einteilung nach medizinischen Anwendungsbereichen (Station, Intensiv, OP, Diagnose und Sonstiges) und Verbrauchergruppen (z. B. Heizung, Warmwasser, Ventilatoren etc.) für die HLK-Systeme und die thermische Gebäudehülle. Der vorliegende Bericht baut auf den Erkenntnissen des Berichts „Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten“ auf.

Anhand der Erkenntnisse aus der Untersuchung der Referenzpavillons (siehe Bericht „Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten“) wurden im vorliegenden Bericht in einem ersten Schritt Methoden erarbeitet, um den Gesamtenergieverbrauch der Wiener Krankenanstalten auf HLK-Verbrauchergruppen und medizinische Anwendungsbereiche aufzuteilen. Im ersten Kapitel des vorliegenden Berichts werden diese Methoden im Detail beschrieben.

Im zweiten Kapitel werden spezifische Kennzahlen der drei Wiener Krankenanstalten präsentiert. Durch diese Kennzahlen wird es erst möglich, den Energieverbrauch der Krankenanstalten aufgeteilt auf Verbrauchergruppen und medizinische Anwendungsbereiche darzustellen, sowie den Gesamtenergieverbrauch der jeweiligen Krankenanstalt zu berechnen.

In Kapitel 3 werden eingangs mögliche Maßnahmen zur Effizienzsteigerung von HLK-Verbrauchern sowie zur Sanierung der thermischen Gebäudehülle beschrieben. Aus diesen werden in weiterer Folge Maßnahmenpakete für die thermische Sanierung sowie für die Effizienzsteigerung der HLK-Systeme erarbeitet. Anhand dieser Maßnahmenpakete werden anschließend die entsprechenden Einsparpotenziale für die untersuchten Wiener Spitäler quantifiziert und hinsichtlich Energie- und CO₂-Einsparung bewertet.

Um neben den ökologischen und energetischen Gesichtspunkten auch eine ökonomische Bewertung der Maßnahmen zu ermöglichen, wurden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der einzelnen Maßnahmen bzw. Maßnahmenpakete durchgeführt (Kapitel 4).

Aufbauend auf den ökologischen und ökonomischen Erkenntnissen wurde ein gewichteter ökologischer und ökonomischer Maßnahmenkatalog für jedes der untersuchten Krankenhäuser abgeleitet (Kapitel 5). Mithilfe dieses Maßnahmenkatalogs lässt sich das jeweilige Energie- und CO₂-Einsparpotential in den drei Wiener Krankenanstalten deutlich aufzeigen.

Aufgrund der großen Unterschiede zwischen den errechneten Kennzahlen der drei Wiener Krankenhäuser wird in Kapitel 6 dezidiert auf die Herausforderungen bei der Implementierung von Benchmarking-Systemen im Krankenhausbereich eingegangen.

Um die Ausschöpfung der Energie- und CO₂-Einsparungspotentiale bestmöglich voranzutreiben, werden in Kapitel 7 die Grundlagen des Energiemanagements sowie die weiteren Schritte zur erfolgreichen Implementierung eines Energiemanagementsystems in den untersuchten Wiener Spitälern aufgezeigt. Kapitel 8 stellt die Möglichkeiten von Energy Contracting im Krankenhausbereich dar. Dadurch wird den Wiener Krankenhäusern ein kostengünstiger Weg zur Umsetzung der vorgeschlagenen Energieeffizienzmaßnahmen und damit zur bestmöglichen Ausschöpfung ihres CO₂-und Energieeinsparpotenzials aufgezeigt.

1 Methodik

Aufgrund der Vielzahl konnten nicht alle Gebäude der untersuchten Krankenanstalten von der Österreichischen Energieagentur im Rahmen von Energieaudits und Begehungen im Detail erfasst werden. Daher wurden in jeder 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 im Rahmen von (Trnka et al.; 2012) HLK-Verbrauchergruppen identifiziert und der Energieverbrauch für die Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik durch Berechnungen und Energieaudits erfasst.

Die zugrunde liegenden Berechnungsprämissen zur Quantifizierung des HLK-Energieverbrauchs in den ausgewählten Referenzgebäuden sind (Trnka et al.; 2012) zu entnehmen. Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den berechneten Energieverbräuchen um durchschnittliche klimabereinigte Energieverbräuche handelt. Der modellierte Energieverbrauch der HLK-Systeme entspricht somit einem durchschnittlichen Energieverbrauch und kann daher vom tatsächlich gemessenen Energieverbrauch einzelner Jahre abweichen.

Im vorliegenden Bericht wurden, basierend auf den errechneten Energieverbräuchen der Referenzgebäude, Energieverbrauchskennzahlen für die identifizierten HLK-Verbrauchergruppen in den unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen der Krankenanstalten erarbeitet. Hierbei wurde zwischen Stromverbrauchskennzahlen und Wärmeverbrauchskennzahlen unterschieden. Mithilfe dieser Energieverbrauchskennzahlen wurde es möglich, den Energieverbrauch der HLK-Systeme der jeweiligen Krankenanstalt den entsprechenden Verbrauchergruppen und medizinischen Nutzungsbereichen zuzuordnen. Dies ermöglichte in weiterer Folge sowohl die Identifizierung als auch die Bewertung möglicher Einsparpotentiale (Kosten, CO₂, Energie) im jeweiligen Spital.

Zur Berechnung der spezifischen Wärmeverbrauchskennzahlen (Warmwasser und Heizung) wurde auf die errechneten Wärmeverbräuche der Referenzgebäude zurückgegriffen. Hierbei wurde ein spezielles Augenmerk darauf gelegt, inwieweit die thermische Performance der ausgewählten Referenzgebäude den Gesamtgebäudebestand des jeweiligen Krankenhauses repräsentiert.

Zur Berechnung der spezifischen Stromverbrauchskennzahlen der HLK-Verbrauchergruppen (Pumpen, Ventilatoren etc.) in den unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen wurde zunächst jedes der drei Krankenhäuser in Nutzungskategorien aufgeteilt. Nach Rücksprache mit den technischen Referatsleitern der Krankenanstalten hat es sich als sinnvoll herausgestellt, die konditionierte Nettogeschoßfläche der Krankenhäuser in die folgenden Nutzungskategorien einzuteilen, da speziell diese Einsatzbereiche sehr unterschiedliche Anforderungen an das HLK-System stellen:

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

Für die definierten Nutzungskategorien wurden anschließend Stromverbrauchskennzahlen der identifizierten HLK-Verbraucher in den Referenzgebäuden errechnet. Die Zuteilung der konditionierten Nettogeschoßfläche der jeweiligen Krankenanstalt erfolgte anhand des Kostenstellenkatalogs, wel-

cher von der Ressourcen Management Agentur bereitgestellt wurde (RMA; 2012). Für jedes der untersuchten Spitäler existiert ein Kostenstellenkatalog (siehe Tabelle 1), in dem die Nettogeschoßflächen der jeweiligen Krankenanstalt erfasst sind.

Tabelle 1: Auszug aus dem Kostenstellenkatalog (RMA; 2012)

KSTNR	KST-Bezeichnung lang	Kategorie	Objekt	Raumbezeichnung	m ²
714110	Inst. f. Drogenabhängige	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 im Detail eingegangen.

1.1 Methodik Otto-Wagner-Spital

Im Rahmen des Projekts wurden von der Österreichischen Energieagentur sechs Pavillons des Otto-Wagner-Spitals (OWS) im Detail untersucht (siehe Tabelle 2).⁵ Durch die Auswahl dieser spezifischen sechs Pavillons sollte die differenzierte Ausstattung und Nutzung aller Pavillons der Krankenanstalt bestmöglich abgebildet werden.

Tabelle 2: Ausgewählte Referenzgebäude des Otto-Wagner-Spitals (Österreichische Energieagentur; 2012)

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 wurde das gesamte Otto-Wagner-Spital entsprechend dem Kostenstellenkatalog in die definierten Nutzungskategorien aufgeteilt. Die konditionierte Nettogeschoßfläche der untersuchten sechs Referenzgebäude kann diesen Nutzungskategorien wie folgt zugeordnet werden (siehe Tabelle 3).

⁵ 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: Konditionierte Nettogeschosßfläche der Referenzpavillons nach Art der Nutzung (Mitterndorfer; 2012)

	Kategorie	Konditionierte Nettogeschosßfläche [m²]	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 aus Tabelle 3 ersichtlich, bestehen Pavillon 15 und Pavillon 21 ausschließlich aus der Nutzungskategorie Stationsbereich und Sonstiger Bereich. Nach Rücksprache mit den technischen Referatsleitern stellte sich heraus, 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 Otto-Wagner-Spital anzusehen.

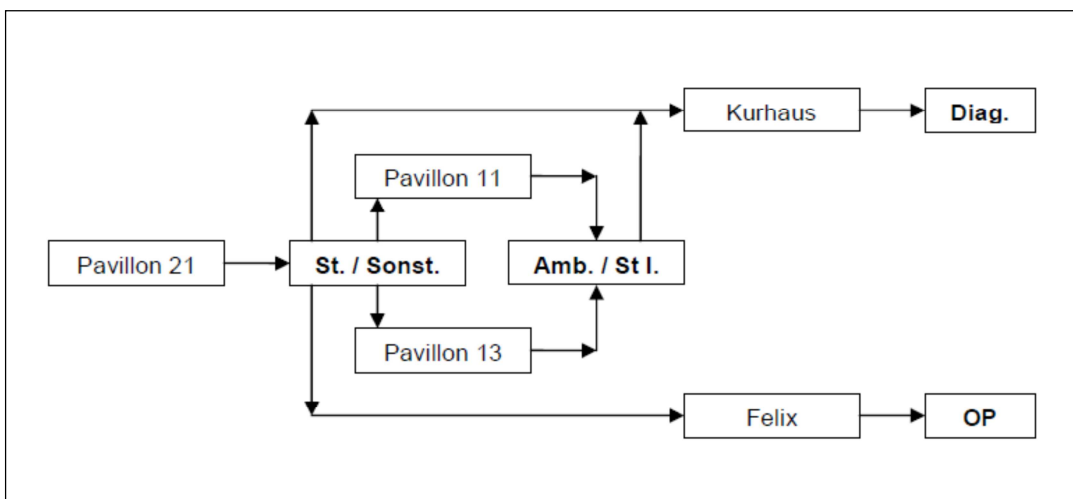


Abbildung 1: Vorgehensweise zur Bildung von Stromverbrauchskennzahlen im Otto-Wagner-Spital (Mitterndorfer; 2012)

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 Abbil-

dung 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. Diese Aufteilung erfolgt anhand der konditionierten Gesamtfläche des Otto-Wagner-Spitals, welche entsprechend den in Kapitel 1 definierten Nutzungskategorien aufgeteilt wird und mit den nun errechneten Stromverbrauchskennzahlen der Nutzungskategorien hochgerechnet wird.

Zur Erstellung von spezifischen Energiekennzahlen für den Wärmeverbrauch werden die errechneten Wärmeverbräuche der untersuchten Referenzgebäude des Otto-Wagner-Spitals herangezogen. Diese Kennzahlen der Referenzgebäude werden mit Hilfe der konditionierten Nettogeschoßfläche des gesamten Otto-Wagner-Spitals auf das gesamte Krankenhaus hochgerechnet. 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 für Beheizung zwischen Gebäuden mit und ohne Geschoßdeckendämmung unterschieden. Konkret wird aus den Referenzpavillons 11 und 15 die spezifische Wärmeverbrauchskennzahl für die Beheizung für Pavillons mit gedämmter oberster Geschoßdecke gebildet. Aus Referenzpavillon 21 wird die spezifische Wärmeverbrauchskennzahl für Beheizung für Pavillons mit ungedämmter oberster Geschoßdecke⁶ gebildet.

Da der Warmwasserwärmeverbrauch von der thermischen Qualität der Gebäudehülle weitgehend unabhängig ist, wird ein Durchschnittswert aus allen untersuchten Referenzgebäuden gebildet.⁷ Mithilfe dieser Verbrauchskennzahlen und der konditionierten Gesamtfläche des Otto-Wagner-Spitals – aufgeteilt in Gebäude mit und ohne Geschoßdeckendämmung – wird es möglich, den Wärmeverbrauch des gesamten Otto-Wagner-Spitals für Beheizung und Warmwasserbereitung zu berechnen. Erst durch diese Vorgehensweise wird es in weiterer Folge möglich, spezifische thermische Sanierungsmaßnahmen für das gesamte Spital ökologisch und ökonomisch zu bewerten.

1.2 Methodik Rudolfstiftung

Im Rahmen des Projekts wurde von der Österreichischen Energieagentur eine detaillierte Analyse des Energieverbrauchs des Hauptgebäudes der Rudolfstiftung – ein 17-geschoßiger Hochbau – durchgeführt (Trnka et al.; 2012). In weiterer Folge wurde auch der Westverbau (siehe Anhang) der Rudolfstiftung einer Detailanalyse unterzogen.⁸ In der Rudolfstiftung wird, im Gegensatz zu den anderen untersuchten Spitälern, nicht mit ermittelten Energieverbrauchszahlen auf andere Gebäude hochgerechnet, da die untersuchten Gebäude den Hauptteil der Rudolfstiftung repräsentieren und die technische Direktion im Besonderen an Energieeffizienzmaßnahmen im Hochbau interessiert ist.

⁶ Pavillon Felix fällt aufgrund seiner Errichtung im Jahre 2000 aus dem typischen Gebäudebestand heraus und wird nicht zur Bildung der Wärmeverbrauchskennzahlen herangezogen. Pavillon 13, welcher 2005 vollständig saniert wurde, wird ebenfalls nicht zur Bildung der Energieverbrauchskennzahlen herangezogen. 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 herangezogen.

⁷ Mit Ausnahme von Pavillon Felix, da dieser aufgrund seiner Errichtung im Jahre 2000 in Bezug auf die vorhandene Anlagentechnik nicht repräsentativ ist.

⁸ Es hat sich im Rahmen der Projektarbeiten gezeigt, dass der Hochbau und der Westverbau teils gemeinsam durch ein HLK-System versorgt werden. Daher musste für eine Aufgliederung des Energieverbrauchs auf Verbrauchergruppen auch der Westverbau einer Detailanalyse unterzogen werden.

Wie in den anderen beiden Spitälern ist es auch in der Rudolfstiftung das Ziel, den errechneten Energieverbrauch den identifizierten Verbrauchergruppen in den jeweiligen medizinischen Nutzungsbereichen zuzuordnen und entsprechende Energieverbrauchskennzahlen zu berechnen, um in weiterer Folge Einsparpotentiale identifizieren und bewerten zu können.

Zur Berechnung der spezifischen Stromverbrauchskennwerte wurde, wie in Kapitel 1 erläutert, der Hochbau der Rudolfstiftung entsprechend Kostenstellenkatalog in die definierten Nutzungskategorien aufgeteilt. Die konditionierte Nettogeschoßfläche des Hochbaus kann diesen Nutzungskategorien wie folgt (Tabelle 4) zugeordnet werden.

Tabelle 4: Zuordnung der konditionierten Nettogeschoßfläche des Hochbaus zu den Nutzungskategorien (Mitterndorfer; 2012)

Kategorie	Konditionierte Nettogeschoßfläche [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 5).

Tabelle 5: Versorgungsbereiche der Ventilatoren des Hochbaus und Anteil am gesamten Ventilatorenergieverbrauch (Trnka et al.; 2012)

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

1.3 Methodik Krankenhaus Hietzing

Von der Österreichischen Energieagentur wurde für den Pavillon II und das Schnittbildzentrum (SBZ) der Krankenanstalt eine detaillierte Untersuchung durchgeführt (Trnka et al.; 2012). Da das Schnittbildzentrum aufgrund des Baujahres (1990) und der sehr spezifischen Anlagentechnik nicht repräsentativ für die übrigen typischen Pavillonbauten des Krankenhauses ist, kann es 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 wurde, wie in Kapitel 1 erläutert, das gesamte Krankenhaus Hietzing entsprechend dem Kostenstellenkatalog in die definierten Nutzungskategorien aufgeteilt. Die konditionierte Nettogeschoßfläche des untersuchten Pavillons II kann diesen Nutzungskategorien wie folgt zugeordnet werden (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Konditionierte Nettogeschoßfläche des Pavillons II nach Art der Nutzung (Mitterndorfer; 2012)

	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 Verbrauchergruppen 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 7) im Pavillon II.

Tabelle 7: Versorgungsbereiche der Ventilatoren im Pavillon II und Anteil am gesamten Ventilatorenergieverbrauch (Trnka et al.; 2012)

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 Krankenhauses 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.

2 Ermittlung von spezifischen Energieverbrauchskennzahlen

Auf Basis der unter Kapitel 1 beschriebenen Methodik und des im Bericht „Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten“ beschriebenen Status quo der untersuchten Referenzgebäude werden folgend spezifische Energieverbrauchskennzahlen für die definierten HLK-Verbrauchergruppen in den ausgewählten Anwendungsbereichen 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. Erst dadurch wird die Hochrechnung und Bewertung einzelner Energieeffizienzmaßnahmen ermöglicht.

Außerdem wird im folgenden Kapitel der mit Hilfe der ermittelten Energieverbrauchskennzahlen theoretisch berechnete Gesamtenergieverbrauch mit dem tatsächlich gemessenen, klimabereinigten Gesamtenergieverbrauch der Krankenhäuser verglichen. Dieser Vergleich dient als Plausibilitätsprüfung der errechneten Energieverbrauchskennzahlen sowie der Diskussion der Normen bzw. Berechnungsgrundlagen, welche die Basis des theoretisch berechneten Energieverbrauchs darstellen (siehe Kapitel 2.4).

2.1 Energieverbrauchskennzahlen Otto-Wagner-Spital

Um mögliche Energie- und CO₂-Einsparungen für das gesamte Otto-Wagner-Spital berechnen zu können, ist es notwendig, den derzeitigen Energieverbrauch der untersuchten sechs Pavillons auf die übrigen genutzten Gebäude des Otto-Wagner-Spitals hochzurechnen. Zu diesem Zweck werden anhand der in Kapitel 1.1 beschriebenen Methodik spezifische Wärme- und Stromverbrauchskennzahlen für die identifizierten HLK-Verbrauchergruppen in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen des Otto-Wagner-Spitals errechnet.

2.1.1 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 Otto-Wagner-Spitals (Mitterndorfer; 2012)

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

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 Ambu-

lanz 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 Otto-Wagner-Spital (Mitterndorfer; 2012)

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

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 Otto-Wagner-Spitals (Mitterndorfer; 2012)

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

Formel 4: Berechnung des Verbrauchskennwertes für Ventilatoren im OP-Bereich des Otto-Wagner-Spitals (Mitterndorfer; 2012)

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

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 in (Trnka et al.; 2012) berechneten, durchschnittlichen Energieverbräuche der HLK-Verbrauchergruppen der sechs Referenzpavillons konnten für die definierten Nutzungskategorien die folgenden spezifischen Energiekennzahlen für typische Pavillons im Otto-Wagner-Spital berechnet werden (Tabelle 8).

Tabelle 8: Kennzahlen Stromverbrauch in kWh/m²a pro Nutzungskategorie und Verbrauchergruppe im Otto-Wagner-Spital (Mitterndorfer; 2012)

Kennzahlen	Ventilatoren	Dampfbefeuchter	Kältemaschinen	Pumpen
	kWh/m ² a (konditionierte Nettogeschoßfläche)			
St. / Sonst.	5,8	0,0 ⁹	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 kann eindeutig dem OP-Bereich zugeordnet werden, an den auch die höchsten gesetzlichen Anforderungen an eine qualitativ hochwertige Luftkonditionierung gestellt werden.¹⁰

Das Raumklima in den Bereichen der Intensivpflege sowie in den Untersuchungs- und Behandlungsräumen und der Ambulanz wird 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 größtenteils 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 Otto-Wagner-Spital in diesen Bereichen größtenteils über Fensterlüftung erfolgt.

Zur Erstellung von spezifischen Energiekennzahlen für den Wärmeverbrauch (Tabelle 9) wurde auf die unter Kapitel 1.1 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 9).

⁹In dem betrachteten Referenzgebäude wurde in diesem Bereich kein entsprechender Verbraucher identifiziert.

¹⁰Vgl.: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM H 6020 Lüftungstechnische Anlagen für medizinisch genutzte Räume – Projektierung, Errichtung, Betrieb, Instandhaltung, technische und hygienische Kontrollen, Wien, 2007

Tabelle 9: Kennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m²a für Heizung und Warmwasser für typische Pavillons im Otto-Wagner-Spital (Mitterndorfer; 2012)

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

Durch diese Kennzahlen ist gut ersichtlich, inwieweit sich die Dämmung der obersten Geschoßdecke auf den Wärmeverbrauch zur Beheizung eines typischen Pavillons des Otto-Wagner-Spitals auswirkt.

2.1.2 Hochrechnung auf das gesamte Otto-Wagner-Spital

Um den gesamten Energieverbrauch (Wärme und Strom) des HLK-Systems im Otto-Wagner-Spital darzustellen, werden die in Kapitel 2.1.1 errechneten Verbrauchskennzahlen nun auf das gesamte Spital hochgerechnet. Diese Hochrechnung ist erforderlich, um anschließend spezifische Energieeffizienzmaßnahmen auf das gesamte Otto-Wagner-Spitals hochrechnen zu können.

Um den Stromverbrauch der unterschiedlichen Verbrauchergruppen (Pumpen, Ventilatoren, etc.) in den einzelnen Nutzungskategorien (Stationsbereich, OP, etc.) im gesamten Otto-Wagner-Spital zu errechnen, wird die verbleibende konditionierte Nettogeschoßfläche¹¹ des gesamten Otto-Wagner-Spital laut Kostenstellenkatalog in die unter Kapitel 1 definierten Nutzungskategorien unterteilt (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Verbleibende konditionierte Nettogeschoßfläche des Otto-Wagner-Spitals nach Nutzungskategorie (Mitterndorfer; 2012)

Nutzungskategorie	Konditionierte Nettogeschoßfläche [m ²]
St. / Sonst.	87.748
Amb. /St. I.	5.105
OP	618
Diag.	3.038

Diese Flächen werden nun mit den unter Kapitel 2.1.1 errechneten spezifischen Stromverbrauchskennwerten (Tabelle 8) hochgerechnet.

Um den Wärmeverbrauch der Verbrauchergruppen Warmwasser und Heizung im gesamten Otto-Wagner-Spital zu berechnen, wird die verbleibende Nettogeschoßfläche laut Kostenstellenkatalog ebenfalls herangezogen. Zur Berechnung des Wärmeverbrauchs für die Beheizung wird die verbleibende Nettogeschoßfläche zum einen in jene Gebäude eingeteilt, welche über eine gedämmte oberste Geschoßdecke verfügen, und zum anderen in jene Gebäude, welche über keine Dämmung der obersten Geschoßdecke verfügen (siehe Tabelle 11).

¹¹ Die verbleibende konditionierte Nettogeschoßfläche ist die gesamte Fläche des Otto-Wagner-Spitals 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 11: Verbleibende konditionierte Nettogeschoßfläche des Otto-Wagner-Spitals nach Dämmstandard (Mitterndorfer; 2012)

	Konditionierte Nettogeschoßfläche [m ²]
Gebäude mit oberster Geschoßdecke gedämmt	20.870
Gebäude mit oberster Geschoßdecke ungedämmt	75.638

Diese Flächen werden mit den unter Kapitel 2.1.1 errechneten spezifischen Wärmeverbrauchskennwerten (Tabelle 9) hochgerechnet. Zur Berechnung des Wärmeverbrauchs für die Warmwasserbereitung wird die verbleibende Nettogeschoßfläche mit der errechneten durchschnittlichen Verbrauchskennzahl für Warmwasser hochgerechnet.

Zur Berechnung des Gesamtwärme- und des Gesamtstromverbrauchs des HLK-Systems im Otto-Wagner-Spital wird für die Referenzpavillons der im Bericht „Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten“ ausgewiesene Energieverbrauch und für die Küche der im Rahmen des Projekts berechnete Energieverbrauch (siehe Anhang) herangezogen.

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 im folgenden Energieflussdiagramm (Abbildung 2) dargestellt.

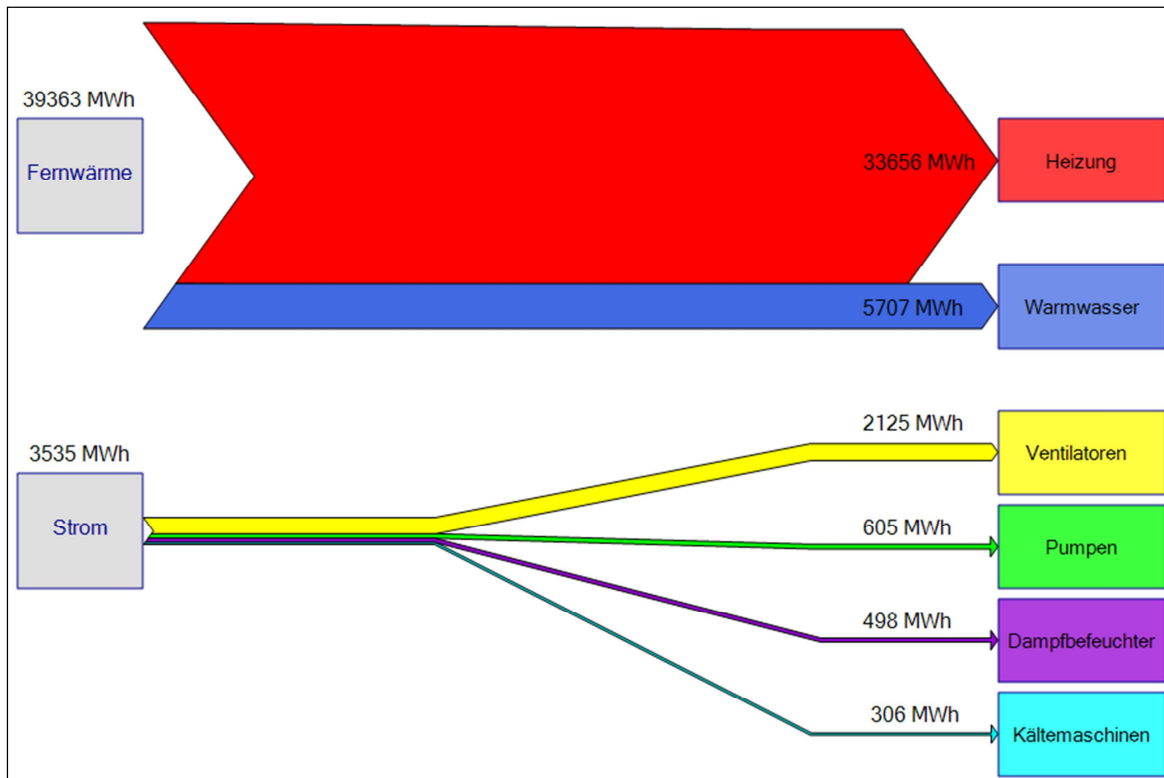


Abbildung 2: Aufteilung des Energieverbrauchs auf die Verbrauchergruppen des Otto-Wagner-Spitals (Mitterndorfer; 2012)

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 3).

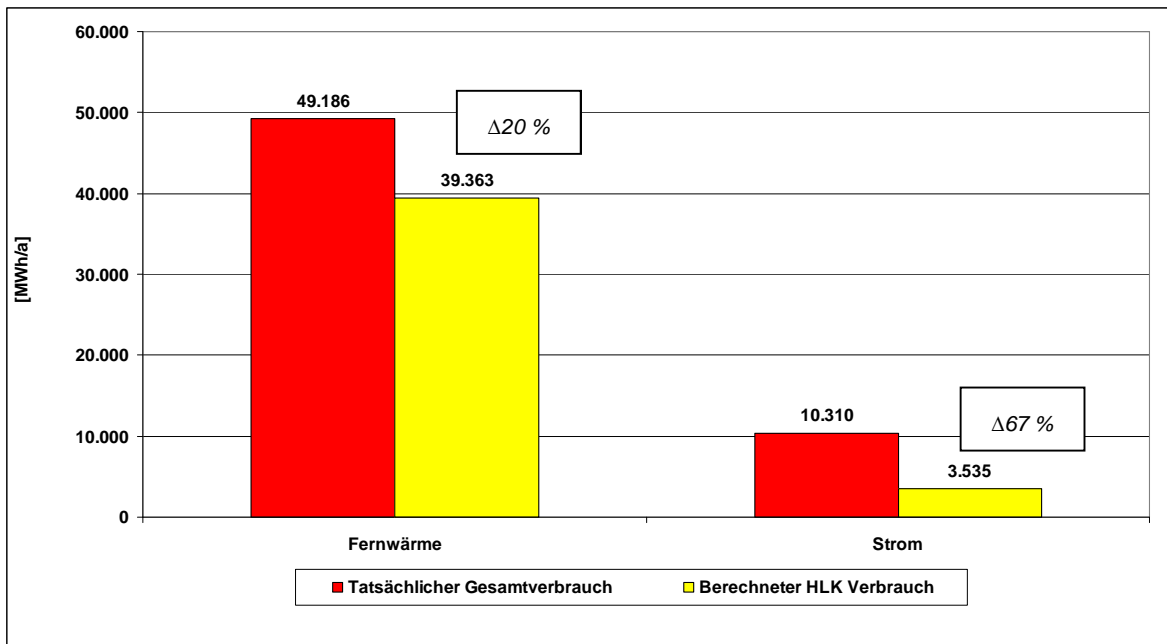


Abbildung 3: Vergleich der tatsächlichen Verbrauchswerte mit den errechneten HLK-Verbrauchswerten im Otto-Wagner-Spital (Mitterndorfer; 2012)

Die Unterschreitung des tatsächlichen Fernwärmeverbrauchs kann dadurch erklärt werden, dass die tatsächliche Nutzung der Gebäude im Otto-Wagner-Spital nicht dem der Norm ÖNORM B 8110-5 zugrunde liegenden Nutzungsprofil¹² 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 Pavillons des Otto-Wagner-Spitals im verwendeten Modell keine Berücksichtigung, genauso wie der Fernwärmeverbrauch für die Dampferzeugung in der Küche im Modell nicht berücksichtigt werden konnte.

Der berechnete HLK-Stromverbrauch macht 34,3 % des tatsächlichen durchschnittlichen Gesamtstromverbrauchs aus. Die restlichen 65,7 % des tatsächlichen Gesamtstrombedarfs sollten folgend auf die übrigen Stromverbraucher (Beleuchtung, medizinische Geräte, Sterilisation, etc.) im Otto-Wagner-Spital aufgeteilt werden können.

¹²Siehe: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-5 Wärmeschutz im Hochbau, Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile, Wien, 2011

2.2 Energieverbrauchskennzahlen Rudolfstiftung

In der Rudolfstiftung wurde sowohl für den Hochbau als auch für den Westverbau (siehe Anhang) eine detaillierte Analyse des Status quo durchgeführt (Trnka et al.; 2012). Im Folgenden werden nun spezifische Energieverbrauchskennzahlen des untersuchten Hochbaus erarbeitet, der das Hauptgebäude der Rudolfstiftung darstellt. Anhand dieser Energiekennzahlen können spezifische Energie- und CO₂-Einsparpotentiale in den unterschiedlichen Nutzungskategorien bzw. Verbrauchergruppen quantifiziert werden.¹³

2.2.1 Ergebnisse

Zur Berechnung der Stromverbrauchskennzahlen der unterschiedlichen Verbraucher in den unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen des Hochbaus wird auf die unter Kapitel 1.2 beschriebene Methodik zurückgegriffen. Diese Stromverbrauchskennzahlen des Hochbaus werden entsprechend dem Energieverbrauch 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 Verbrauchergruppen gebildet. Durch Heranziehen der Flächen in der jeweiligen Nutzungskategorie 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 12 und Formel 5).

Tabelle 12: Berechnung der Stromverbrauchskennzahlen für die Verbrauchergruppe Pumpen im Hochbau der Rudolfstiftung (Mitterdorfer; 2012)

Gesamtenergieverbrauch 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 (Mitterdorfer; 2012)

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

Gesamtenergieverb.....Gesamtenergieverbrauch

Nutzungskat.....Nutzungskategorie

¹³ 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.

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 13).

Tabelle 13: Kennzahlen Stromverbrauch in kWh/m²a pro Nutzungskategorie und Verbrauchergruppe im Hochbau der Rudolfstiftung (Mitterndorfer; 2012)

Kennzahlen	Ventilatoren	Kältemaschinen	Pumpen
	kWh/m ² a (konditionierte Nettogeschoßfläche)		
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

Aus den 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.¹⁴

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 – 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 1.2 beschriebene Methodik zurückgegriffen. Auf Basis dieser Methodik und der berechneten durchschnittlichen Wärmeverbräuche des Hochbaus können spezifische Energiekennzahlen für den Wärmeverbrauch des Hochbaus berechnet werden. Zu diesem Zweck wird der errechnete Wärmeverbrauch für Befeuchtung¹⁵, Heizung und Warmwasserbereitung im Hochbau (13.421 MWh/a) auf die

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

¹⁵ Der Wärmeverbrauch für die Befeuchtung resultiert aus den in der Rudolfstiftung verbauten Wabenbefeuchtern. Durch die Befeuchtung mittels Wabenbefeuchtern 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.

entsprechende konditionierte Nettogeschoßfläche lt. Kostenstellenkatalog (35.903,6 m²) aufgeteilt (Tabelle 14).

Tabelle 14: Kennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m²a für Heizung, Befeuchtung und Warmwasser für den Hochbau der Rudolfstiftung (Mitterndorfer; 2012)

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 für den Fernwärmeverbrauch des Hochbaus nicht ohne weiteres mit jenen des Otto-Wagner-Spitals und des Krankenhauses Hietzing verglichen werden dürfen. Aufgrund des Baujahres des Hochbaus (Baujahr 1977) unterscheidet sich die thermische Performance deutlich von den Pavillonbauten in den zwei anderen Spitälern (Baujahr 1904 bis 1913).

2.2.2 Energieverbrauch Hochbau und Westverbau

Der Energieverbrauch der betrachteten Gebäudeteile der Krankenanstalt Rudolfstiftung setzt sich zusammen aus dem im Bericht „Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten“ ausgewiesenen Energieverbrauch des Hochbaus und dem Energieverbrauch des Westverbaus (siehe Anhang).

Unter den angeführten Prämissen wird 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. Die Zuteilung der durch Fernwärme bereitgestellten Energie auf Warmwasser, Befeuchtung und Heizung, sowie die Zuteilung des Stromverbrauchs auf Pumpen, Ventilatoren und Kältemaschinen wird durch das folgende Energieflussdiagramm (Abbildung 4) verdeutlicht.

Vergleicht man nun den theoretisch errechneten Energieverbrauch mit den tatsächlichen klimabereinigten Verbrauchswerten (RMA; 2012) der betrachteten Gebäude (siehe Abbildung 5), so stellt man fest, dass der berechnete HLK-Strombedarf 50,1 % des tatsächlichen 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 5).

Energie- und CO2-Einsparpotential der Wiener Krankenanstalten

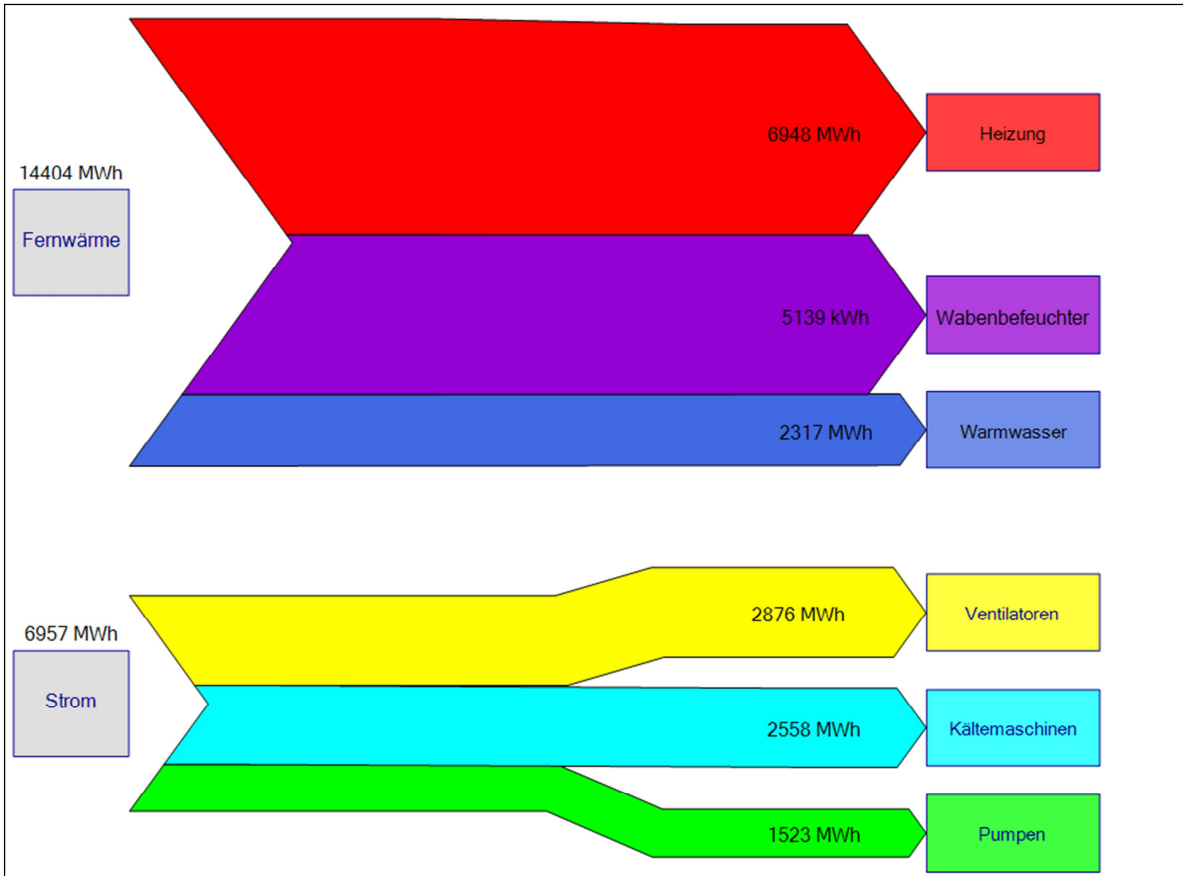


Abbildung 4: Aufteilung des Energieverbrauchs auf die Verbrauchergruppen der Krankenanstalt Rudolfstiftung (Hochbau und Westverbau) (Mitterdorfer; 2012)

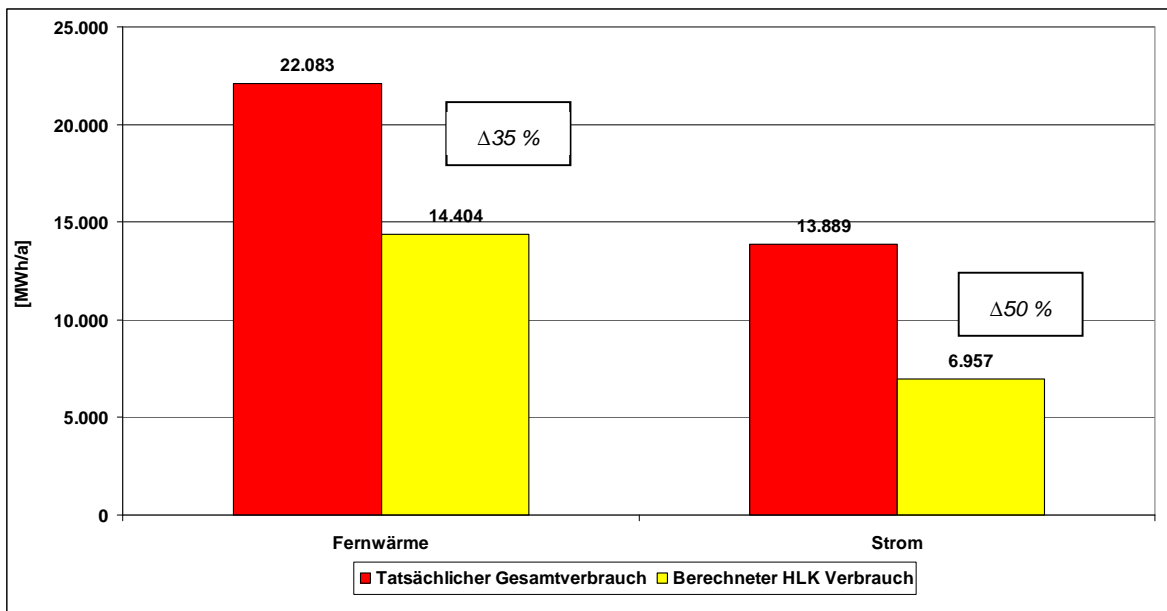


Abbildung 5: Vergleich der tatsächlichen Verbrauchswerte mit den errechneten HLK-Verbrauchswerten in der Krankenanstalt Rudolfstiftung (Hochbau und Westverbau) (Mitterdorfer; 2012)

Die Unterschreitung des tatsächlichen Fernwärmeverbrauchs kann dadurch erklärt werden, dass die tatsächliche Nutzung der betrachteten Gebäude der Rudolfstiftung nicht dem der Norm zugrunde liegenden Nutzungsprofil¹⁶ 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 berechnete HLK-Stromverbrauch macht 50,1 % des tatsächlichen durchschnittlichen Gesamtstromverbrauchs aus. Die restlichen 49,9 % des tatsächlichen Gesamtstrombedarfs sollten folgend auf die übrigen Stromverbraucher (Beleuchtung, medizinische Geräte, Sterilisation, etc.) in der Rudolfstiftung aufgeteilt werden können.

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

2.3.1 Ergebnisse

Zur Berechnung der Stromverbrauchskennzahlen der unterschiedlichen Verbraucher in den unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen des Krankenhauses Hietzing bedient man sich der unter Kapitel 1.3 beschriebenen Methodik. Diese spezifischen Stromverbrauchskennzahlen des Pavillons II werden entsprechend dem Energieverbrauch 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 15 und Formel 6).

¹⁶Siehe: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-5 Wärmeschutz im Hochbau, Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile, Wien, 2011

Tabelle 15: Berechnung der Stromverbrauchskennzahlen für die Verbrauchergruppe Pumpen in typischen Pavillons des KH Hietzing (Mitterndorfer; 2012)

Gesamtenergieverb. Pumpen [kWh/a]	Nutzungskat.	Gewichtung [%]	Energieverb. Nutzungskat. [kWh/a]	Fläche Nutzungskat. [m²]	Kennzahlen [kWh/m²a]
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 (Mitterndorfer; 2012)

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

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 16).

Tabelle 16: Kennzahlen Stromverbrauch in kWh/m²a pro Nutzungskategorie und Verbrauchergruppe im Krankenhaus Hietzing (Mitterndorfer; 2012)

Kennzahlen	Ventilatoren	Dampfbefeuchter	Kältemaschinen	Pumpen
	kWh/m²a (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

Aus diesen 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.¹⁷

Für die Bereiche der Intensivpflege, der Untersuchungs- und Behandlungsräume, der Ambulanz, sowie den diagnostischen Bereich, den 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 1.3 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 17):

Tabelle 17: Kennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m²a für Heizung und Warmwasser für typische Pavillons im Krankenhaus Hietzing (Mitterdorfer; 2012)

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

2.3.2 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 1 definierten Nutzungskategorien unterteilt. Diese Flächen (Tabelle 18) werden mit den errechneten spezifischen Energieverbrauchskennwerten (Tabelle 16 und Tabelle 17) hochgerechnet. Für die Referenzgebäude (SBZ und Pavillon II) wird der im Bericht „Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten“ 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 1 definierten Nutzungskategorien auf (Tabelle 18).

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

Tabelle 18: Konditionierte Nettogeschoßfläche des Krankenhauses Hietzing abzüglich der Nettogeschoßfläche der Referenzgebäude (Mitterndorfer; 2012)

Nutzungskategorie	Konditionierte Nettogeschoßfläche [m ²]
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 bereitgestellte Energie auf Warmwasser und Heizung sowie die Zuteilung des Stromverbrauchs auf Pumpen, Ventilatoren, Kältemaschinen und Dampfbefeuchter wird durch das folgende Energieflussdiagramm (Abbildung 6) verdeutlicht.

Vergleicht man nun den theoretisch errechneten Energieverbrauch mit den tatsächlichen klimabereinigten Verbrauchswerten (RMA; 2012) (siehe Abbildung 7), so stellt man fest, dass der HLK-Strombedarf 34,2 % des Gesamtstrombedarfs ausmacht.

In weiterer Folge zeigt sich, dass der theoretisch berechnete Fernwärmeverbrauch des Krankenhauses den tatsächlichen klimabereinigten Fernwärmeverbrauch um 53,6 % (siehe Abbildung 7) überschreitet.

Im Gegensatz zu den anderen beiden Spitälern wurde 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 Aufteilungsschlüssels 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. Aufgrund der geplanten Neuerrichtung des Krankenhauses bis 2020 erfolgt derzeit eine kontinuierliche Schließung von nicht mehr benötigten Pavillons, dies könnte auch der Grund für eine Abweichung zwischen den tatsächlich beheizten Flächen und den Flächen im vorhandenen Kostenstellenkatalog sein.

Der berechnete HLK-Stromverbrauch macht 34,2 % des tatsächlichen durchschnittlichen Gesamtstromverbrauchs aus. Die restlichen 65,8 % des tatsächlichen Gesamtstrombedarfs sollten wie folgt auf die übrigen Stromverbraucher (Beleuchtung, medizinische Geräte, Sterilisation, etc.) im Krankenhaus Hietzing aufgeteilt werden können.

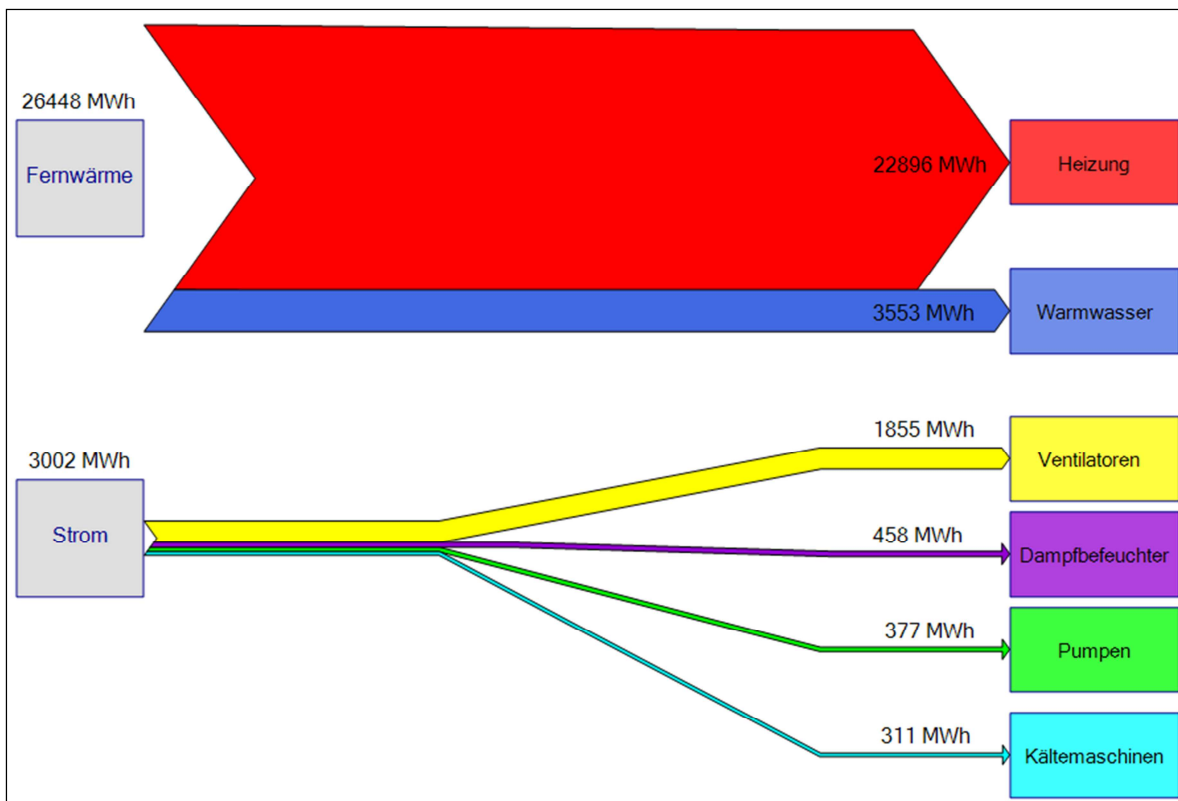


Abbildung 6: Aufteilung des Energieverbrauchs auf die Verbrauchergruppen im KH Hietzing (Mitterndorfer; 2012)

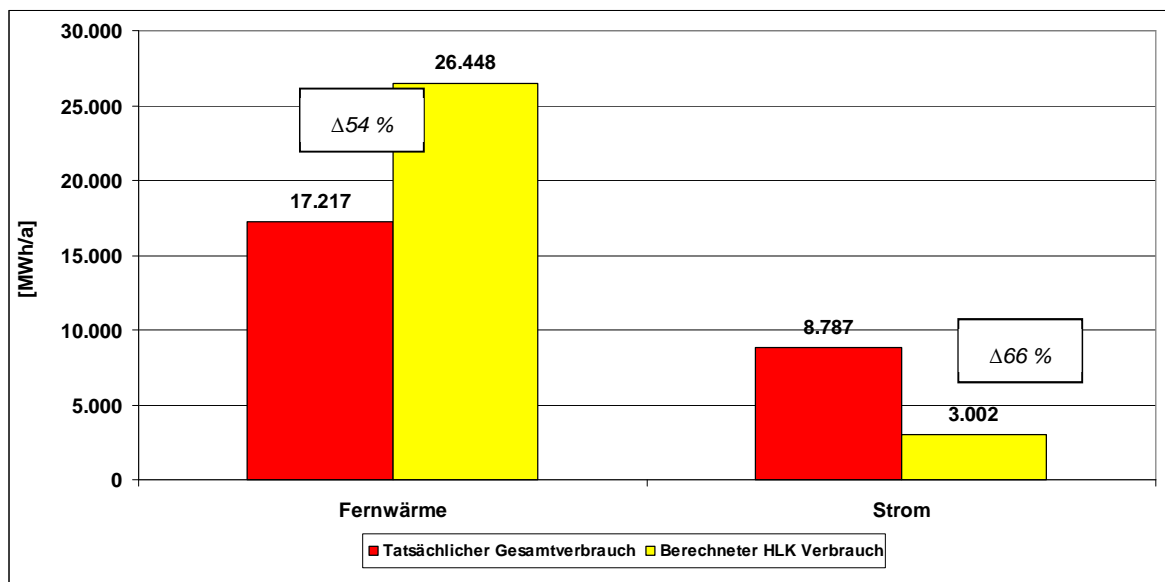


Abbildung 7: Vergleich der tatsächlichen Verbrauchswerte mit den errechneten HLK-Verbrauchswerten im Krankenhaus Hietzing (Mitterndorfer; 2012)

2.4 Diskussion der Ergebnisse

Mithilfe der errechneten Energieverbrauchskennzahlen wurde es möglich, den Energieverbrauch des HLK-Systems auf die Verbrauchergruppen 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 bzw. die gesamte Krankenanstalt 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 der Status quo der Referenzgebäude erfasst wurden, abhängt. Die sorgfältige Auswahl und Erfassung des Status quo in den Referenzgebäuden stellt somit die entscheidende Grundlage für die Errechnung von spezifischen Energieverbrauchskennzahlen 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 berechnete Stromverbrauch der HLK-Systeme zwischen 34,2 % (KH Hietzing) und 50,1 % (Hochbau und Westverbau der Rudolfstiftung) des tatsächlichen Stromverbrauchs ausmacht.¹⁸ Dieses Ergebnis zeigt klar auf, dass mit steigendem Klimatisierungsgrad der Anteil des HLK-Stromverbrauchs ansteigt.

Der Vergleich des errechneten mit dem tatsächlichen Fernwärmeverbrauch hat im Otto-Wagner-Spital 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 Nutzungsprofilen¹⁹ für Krankenhäuser. Wobei in der Norm alle Krankenhäuser, unabhängig von Ausstattung und Nutzung, durch das gleiche Nutzungsprofil repräsentiert werden. Aufgrund der großen Bandbreite an Nutzungs- und Ausstattungsvarianten im Krankenhausbereich führt diese Tatsache unausweichlich zu einer Abweichung des theoretischen Verbrauchs vom tatsächlichen Verbrauch. Eine Weiterentwicklung bzw. eine erhöhte Flexibilität der gültigen Normen würde eine bessere Modellierung des Energieverbrauchs ermöglichen und wäre deshalb wünschenswert. Im Fall Otto-Wagner-Spital 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.

¹⁸ Otto-Wagner-Spital 34,3 %

¹⁹ Siehe: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-5 Wärmeschutz im Hochbau, Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile, Wien, 2011

Abschließend sei nochmals darauf hingewiesen, dass die errechneten Energieverbrauchskennzahlen stark vom jeweiligen Krankenhaus und dessen Nutzung und Gebäudestruktur abhängen. Die Unterschiede der errechneten Kennzahlen in 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 spezifische Energieeinsparmaßnahmen vorgeschlagen und anschließend nach ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten bewertet.

3 Energieeinsparpotentiale

Im folgenden Kapitel werden mögliche Energieeffizienzmaßnahmen in den untersuchten Referenzobjekten aufgezeigt, welche anschließend sowohl ökologisch – anhand von Primärenergie- und CO₂-Einsparungen – als auch ökonomisch bewertet werden. Hierbei wird zwischen thermischen Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle und Energieeffizienzmaßnahmen für die identifizierten HLK-Verbrauchergruppen unterschieden. Die Hochrechnung der damit verbundenen Energie- und CO₂-Einsparungen auf die Gesamtfläche der drei Krankenhäuser erfolgt, ebenso wie in Kapitel 2, anhand von spezifischen Energieverbrauchskennzahlen. Die in Kapitel 2 ermittelten Kennzahlen werden entsprechend der jeweiligen Effizienzmaßnahme neu berechnet, um eine Hochrechnung der mit den Maßnahmen verbundenen Energie- und CO₂-Einsparungen auf die gesamten drei untersuchten Spitäler zu ermöglichen.

3.1 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 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):

- 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):

- 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 Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) der Bauteile in der Gebäudeaußenhülle ab. Je geringer der U-Wert, desto besser ist die Dämmqualität des Bauteils. Der Wärmedurchgangskoeffizient sagt aus, wieviel Watt pro Quadratmeter Bauteilfläche und Temperaturunterschied in Kelvin ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) als Verlust zwischen innen und außen anfallen. Somit stellt der U-Wert die ausschlaggebende wärmeschutztechnische Eigenschaft von Außenbauteilen dar (Pfeiffer; 2008).

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).

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).

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).

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 die 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.

3.2 HLK-Verbraucher

Wie aus den Darstellungen des Status quo im Bericht „Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten“ hervorgeht, nimmt der Anteil des Stromverbrauchs am HLK-Gesamtenergieverbrauch in den neueren Gebäuden (siehe SBZ/Krankenhaus Hietzing und Pavillon Felix / Otto-Wagner-Spital) 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 Kranken-

stalten führen, wobei der Fokus auf den Austausch identifizierter Anlagenkomponenten gelegt wird. Anhand der vorgeschlagenen 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.

3.2.1 Tausch von Anlagenkomponenten

Wie eingangs erwähnt, wird in weiterer Folge der Austausch von veralteten und dadurch oftmals ineffizienten Anlagenkomponenten untersucht sowie die möglichen Energieeinsparungen quantifiziert und den einzelnen Verbrauchern zugeordnet. Die hierzu angewandten Grundlagen werden in diesem Kapitel für die betrachteten HLK-Verbrauchergruppen aufgezeigt.

3.2.1.1 Motoren

Wie in (Trnka et al.; 2012) beschrieben, basiert die Berechnung des derzeitigen Energieverbrauchs für Ventilatoren- und Pumpenantriebe auf den im Rahmen des Projekts aufgenommenen Motorleistungen und Baujahren.

Tabelle 19: Effizienz von Elektromotoren in Abhängigkeit des Baujahres und der Leistung (Hoffmann und Kulterer; 2009)

[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%

Wie aus **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Tabelle 19 ersichtlich, ergibt sich durch den Ersatz von alten Antriebsmotoren durch neue IE3-Motoren eine erhebliche Wirkungsgradsteigerung und somit eine deutliche Energieeinsparung, die in weiterer Folge quantifiziert wird.

3.2.1.2 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). Durch den Austausch einer Bestandspumpe gegen eine hocheffiziente Pumpe kann die erforderliche elektrische Leistung um bis zu zwei Drittel reduziert werden. Dies ist auf den erhöhten Wirkungsgrad der hocheffizienten Pumpen, üblicherweise starke Überdimensionierung (Nipkow und Michel; 2011), sowie auf die selbstständige Anpassung der Pumpe an die ständig variierenden Betriebsbedingungen zurückzuführen.

3.2.1.3 Kältemaschinen

Die Kälteversorgung in den untersuchten Wiener Krankenhäusern erfolgt entweder über zentrale Großkältemaschinen oder kleine Splitklimategeräte. Sowohl bei den Großkältemaschinen als auch bei den Splitklimategeräten 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 Splitklimategeräte direkt am Ort des Kältebedarfs installiert werden. Der Vorteil der Splitklimategeräte liegt in den relativ niedrigen Investitionskosten. Daher werden diese häufig für die Nachrüstung von einzelnen Räumen herangezogen. Allerdings weisen Splitklimategeräte aufgrund ihrer geringen Anlagengröße einen schlechteren Jahreswirkungsgrad als Großkältemaschinen auf (Beier; 2009). 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 Splitklimategeräten 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 3.1), 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 gewährleisten²⁰. Viele Anlagen werden jedoch 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 (Hinterdorfer et al.; 2010).

²⁰Vgl.: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM H 6020 Lüftungstechnische Anlagen für medizinisch genutzte Räume – Projektierung, Errichtung, Betrieb, Instandhaltung, technische und hygienische Kontrollen, Wien, 2007

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).

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). Auf jeden Fall ist der Einsatz von energieeffizienten Kältemaschinen zu empfehlen, welcher im Folgenden untersucht wird.

Wie in (Trnka et al.; 2012) 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 (Trnka et al.; 2012) wurde der Energieverbrauch entsprechend der Kälteleistung berechnet. Wobei die Bewertung der Effizienz der Kältemaschinen mit einer Kälteleistung unter 12 kW anhand des sogenannten 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 20):

Tabelle 20: Effizienzbewertung 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 6020²¹ 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 21) herangezogen:

Tabelle 21: Effizienzbewertung hocheffizienter Kältemaschinen (Krawinkler; 2008) (Scheffel; 2011)

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

²¹Vgl.: Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM H 6020 Lüftungstechnische Anlagen für medizinisch genutzte Räume – Projektierung, Errichtung, Betrieb, Instandhaltung, technische und hygienische Kontrollen, Wien, 2007.

Wie aus Tabelle 21 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.

3.2.1.4 Dampfbefeuchter

Die Art der Luftbefeuchtung hat auf den benötigten Endenergieverbrauch für die Luftbefeuchtung keinen Einfluss (Trnka et al.; 2012) (Gerstbauer; 2010). 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 primär-energetische Energieeinsparungen erzielt werden, indem die Luftbefeuchtung durch einen Energieträger mit möglichst geringem Primärenergieinhalt bewerkstelligt wird. Der Austausch eines strombasierten Befeuchters gegen einen KWK-fernwärmebasierten Befeuchter würde somit eine primär-energetische Einsparung mit sich bringen. Weiters kann eine Energieeinsparung durch Reduktion der Betriebszeit im Allgemeinen, beispielsweise in den Nachtstunden, erzielt werden.

3.2.2 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 Versorgungssysteme 24 Stunden. Dies ist teilweise auf medizinische bzw. hygienische Anforderungen zurückzuführen. Jedoch wurden auch Komponenten identifiziert, welche aufgrund mangelnder Regelungstechnik 24 Stunden laufen, obwohl beispielsweise 16 Stunden ausreichend wären. In (Radgen und Schmid; 2002) 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 spezifisch bewertet werden.

3.2.3 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. Variante 1 stellt die Standardvariante dar und beinhaltet den Austausch der vorhandenen Altgeräte gegen neue Standardgeräte. Variante 2 stellt die hocheffiziente Sanierungsvariante dar. Diese beinhaltet den Austausch der vorhandenen Käl-

temaschinen gegen hocheffiziente Geräte. Bei beiden Varianten werden die im Kapitel 3.2.1 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) 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 1 Energieverbrauchskennzahlen entsprechend dem jeweiligen Sanierungspaket berechnet. Anhand dieser Verbrauchskennzahlen kann das Energieeinsparpotential der jeweiligen Verbrauchergruppe auf das gesamte jeweilige Spital hochgerechnet werden.

3.3 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) beschriebenen Berechnungsmodelle. Die in Kapitel 2.1.1 ermittelten Kennzahlen werden entsprechend den betreffenden Effizienzmaßnahmen neu berechnet, um eine Hochrechnung des Energie- und CO₂-Einsparpotentials auf das gesamte Otto-Wagner-Spital zu ermöglichen.

3.3.1 Gebäudehülle

Wie in (Trnka et al.; 2012) dargestellt, wurden für den Status quo der untersuchten typischen Pavillons des Otto-Wagner-Spitals die folgenden durchschnittlichen U-Werte für die Außenbauteile herangezogen (Tabelle 22):

Tabelle 22: U-Werte der Außenbauteile der typischen Pavillons des Otto-Wagner-Spitals (Trnka et al.; 2012)

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 Otto-Wagner-Spital 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 23 angeführten U-Werte zu erreichen.

Tabelle 23: Verwendete U-Werte der Sanierungsvariante 1 (OIB RL 6; 2011)

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

Bei der Sanierungsvariante 2 wird zusätzlich zu den Maßnahmen der thermischen Basisanierung (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). 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).

In Sanierungsvariante 3 (Maximalvariante) wird zusätzlich zu den Maßnahmen der thermischen Basisanierung 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).

Bei dieser Sanierungsvariante (Maximalvariante) ist jedoch darauf hinzuweisen, dass aufgrund der zusätzlichen Dämmung der Außenwand und der sehr dichten Fenster bei nicht mechanisch belüfteten Räumen eine regelmäßige Belüftung durch das Personal erfolgen 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.

3.3.1.1 Ergebnisse

Zur Berechnung der durchschnittlichen Energieverbrauchseinsparung²² für die Beheizung der Gebäude wurde – wie bereits für den Status quo – das Softwaretool „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH eingesetzt.

Die in Kapitel 2.1.1 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 1.1 beschriebenen Methodik und auf Basis der in den Referenzgebäuden umgesetzten Sanierungsvarianten wurden die folgenden Energieverbrauchskennzahlen für die Beheizung der typischen Pavillonbauten ermittelt (Tabelle 24).

²² 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 24: Spezifische Energiekennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m²a für die Beheizung typischer Pavillons im Otto-Wagner-Spital entsprechend den Sanierungsvarianten (Mitterndorfer; 2012)

Kennzahlen FW-Verbrauch	Heizung
	kWh/m²a (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 Endenergieverbrauchs für die Beheizung der Gebäude des gesamten Otto-Wagner-Spitals die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 8):

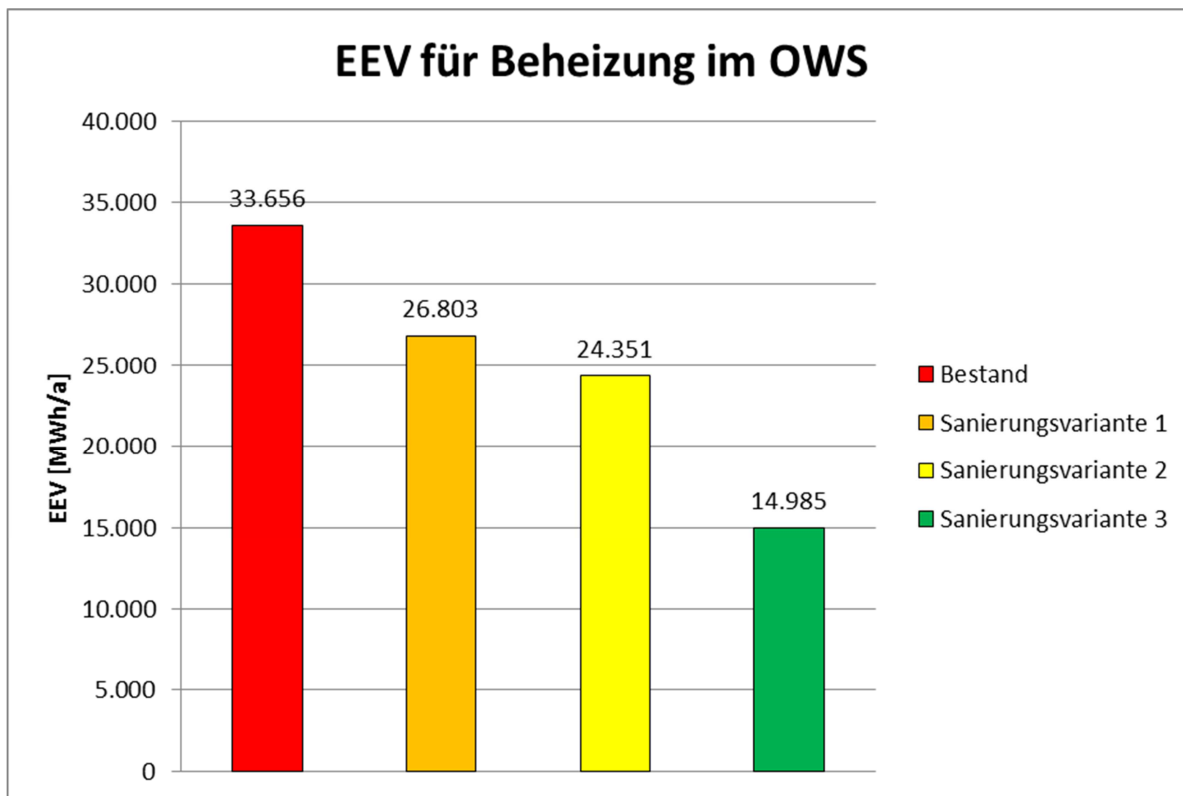


Abbildung 8: Endenergieverbrauch für die Beheizung des Gebäudebestandes des Otto-Wagner-Spitals entsprechend Sanierungsvarianten (Mitterndorfer; 2012)

Die größten Endenergieeinsparungen für die Beheizung der Gebäude im Otto-Wagner-Spital sind durch Sanierungsvariante 3 möglich. Durch diese können jährlich 18.671 MWh an Endenergie eingespart werden, dies entspricht einer prozentuellen Einsparung von 55,5 % des aktuellen Wärmeverbrauchs für die Beheizung. 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.

3.3.1.1.1 Ergebnisse ökologisch

Die ökologische Bewertung der berechneten thermischen Sanierungsvarianten im Otto-Wagner-Spital erfolgt auf Basis der in (Trnka et al.; 2012) ausgewiesenen CO₂-Äquivalente für die Fernwärme Wien (Tabelle 25).

Tabelle 25: Verwendete CO₂-Äquivalente für die Fernwärme Wien (Trnka et al.; 2012)

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

Abhängig von der umgesetzten Sanierungsvariante ergeben sich hinsichtlich der eingesparten CO₂-Äquivalente für die Beheizung der Gebäude des gesamten Otto-Wagner-Spital die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 9). Durch die Sanierungsvariante 3 können für die Beheizung der Gebäude 1.792 Tonnen pro Jahr eingespart werden. Die Sanierungsvariante 2 würde zu einer jährlichen CO₂-Einsparung von 893 Tonnen führen. Die Basissanierungsvariante bringt 658 Tonnen CO₂-Einsparung mit sich.

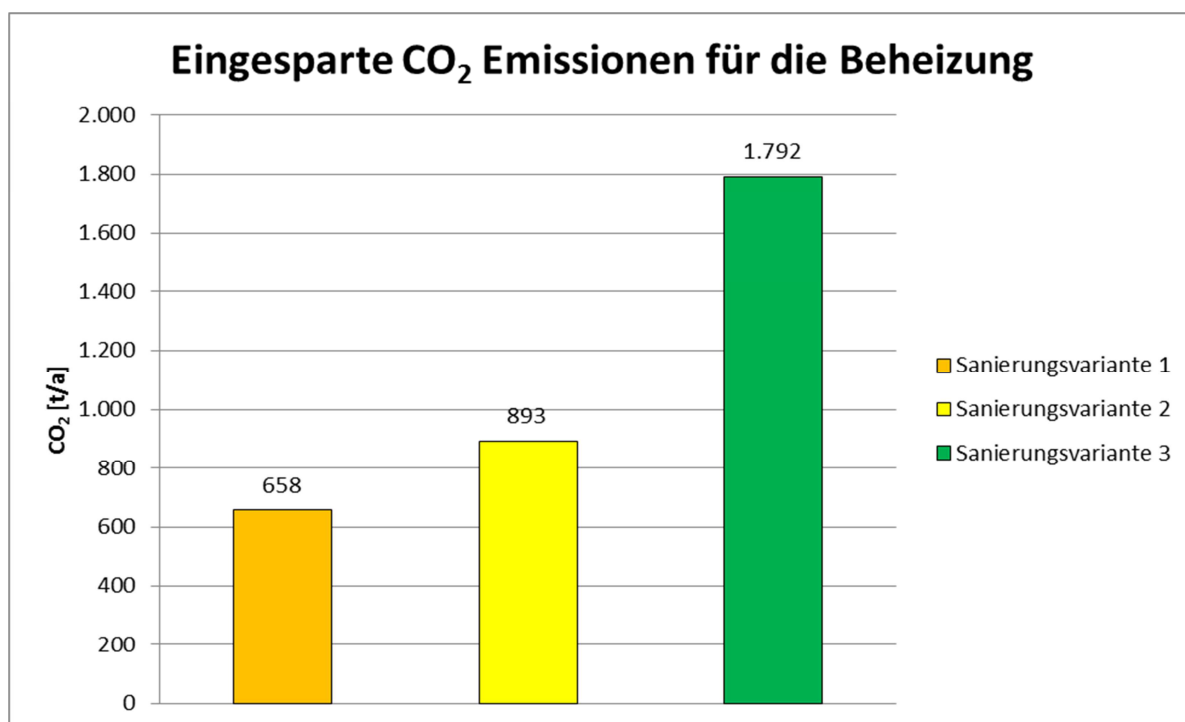


Abbildung 9: Eingesparte CO₂-Emissionen der Sanierungsvarianten für die Beheizung der Gebäude des Otto-Wagner-Spitals (Mitterndorfer; 2012)

3.3.2 HLK-Verbraucher

Bei den Energieeinsparpotentialen der HLK-Verbraucher wird auf den Austausch der im Rahmen des Status quo erhobenen und identifizierten Verbraucherguppen (Pumpen, Kältemaschinen, etc.) durch hocheffiziente Komponenten eingegangen. Die möglichen Energie- und CO₂-Einsparpotentiale werden quantifiziert und in weiterer Folge sowohl ökologisch als auch ökonomisch bewertet. Hinsichtlich Austauschoptionen der identifizierten Anlagenkomponenten werden die unter Kapitel 3.2.3 definierten Sanierungspakete herangezogen, welche die folgenden Verbraucherguppen umfassen:

- Pumpen
- Ventilatoren
- Kältemaschinen

3.3.2.1 Ergebnisse

Zur Berechnung der durchschnittlichen Energieverbrauchseinsparung für den Stromverbrauch des HLK-Systems der typischen Gebäude des Otto-Wagner-Spitals wurde – wie bereits für den Status quo – auf die in (Trnka et al.; 2012) beschriebenen Berechnungsmodelle zurückgegriffen.

Die in Kapitel 2.1.1 ermittelten Energieverbrauchskennzahlen für den HLK-Stromverbrauch der typischen Pavillonbauten des Otto-Wagner-Spitals sind nun entsprechend dem jeweiligen Sanierungspaket neu zu berechnen. Anhand der unter Kapitel 1.1 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 dem definierten Sanierungspaket (siehe Kapitel 3.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 26).

Tabelle 26: Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Pumpen im Otto-Wagner-Spital (Mitterndorfer; 2012)

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 Otto-Wagner-Spital 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 dem definierten Sanierungspaket (siehe Kapitel 3.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 27).

Tabelle 27: Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Ventilatoren im Otto-Wagner-Spital (Mitterndorfer; 2012)

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 in

der Nutzungskategorie Diagnose mit 14,6 kWh/m²a die höchste Energieeinsparung der Verbrauchergruppe Ventilatoren erzielt werden.

Für die Verbrauchergruppe Kältemaschinen lassen sich entsprechend den definierten Sanierungspaketen (siehe Kapitel 3.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (s. Tabelle 28).

Tabelle 28: Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Kältemaschinen im Otto-Wagner-Spital (Mitterndorfer; 2012)

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 Pavillons Kurhaus wurde 1990 erneuert und stellt somit die älteste Anlagentechnik der betrachteten Referenzgebäude dar. Die hohen Einsparpotentiale im OP-Bereich sind auf den in diesem Bereich allgemein hohen Energieverbrauch zur qualitativ hochwertigen Luftkonditionierung, entsprechend den gesetzlichen Anforderungen, zurückzuführen.

Abhängig von der umgesetzten Sanierungsvariante ergeben sich hinsichtlich Endenergieverbrauch für die identifizierten Verbrauchergruppen des Otto-Wagner-Spitals die folgenden Szenarien (s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

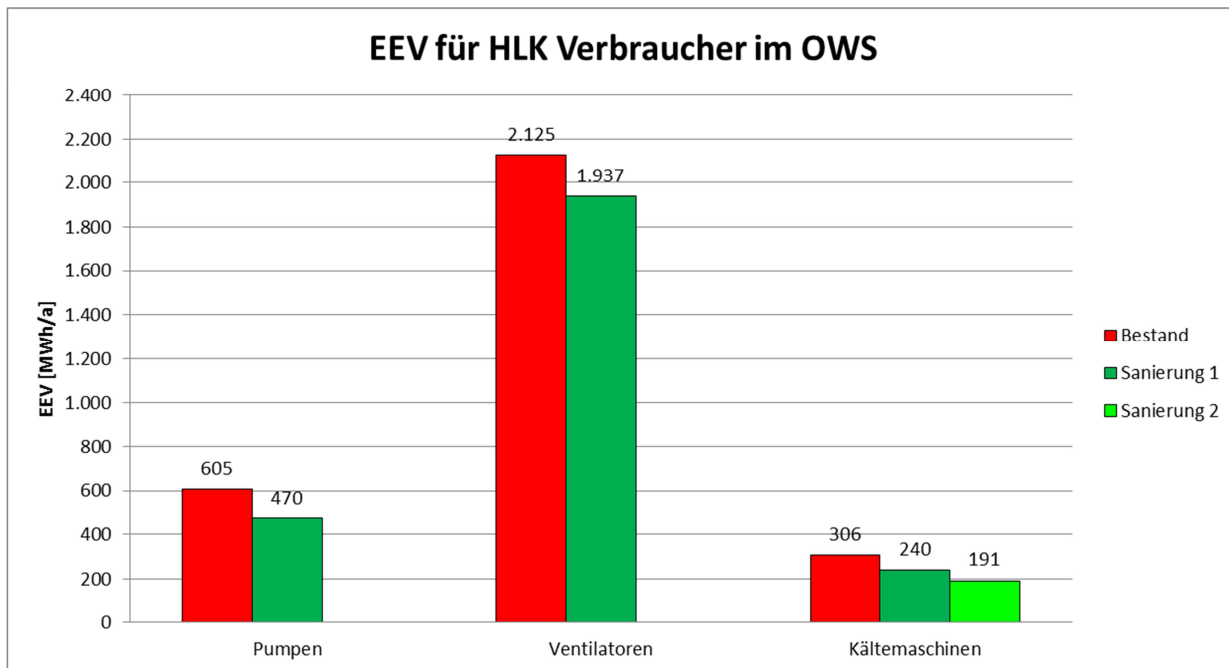


Abbildung 10: Endenergieverbrauch für HLK-Verbraucher im Otto-Wagner-Spital vor und nach der Sanierung (Mitterndorfer; 2012)

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.

3.3.2.1.1 Ergebnisse ökologisch

Die ökologische Bewertung der berechneten Sanierungspakete im Otto-Wagner-Spital erfolgt auf Basis der in (Trnka et al.; 2012) ausgewiesenen CO₂-Äquivalente für Strom (Tabelle 29).

Tabelle 29: Verwendete CO₂-Äquivalente für Strom (Trnka et al.; 2012)

	CO ₂ – Äquivalente [g/kWh]
Strom	198

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

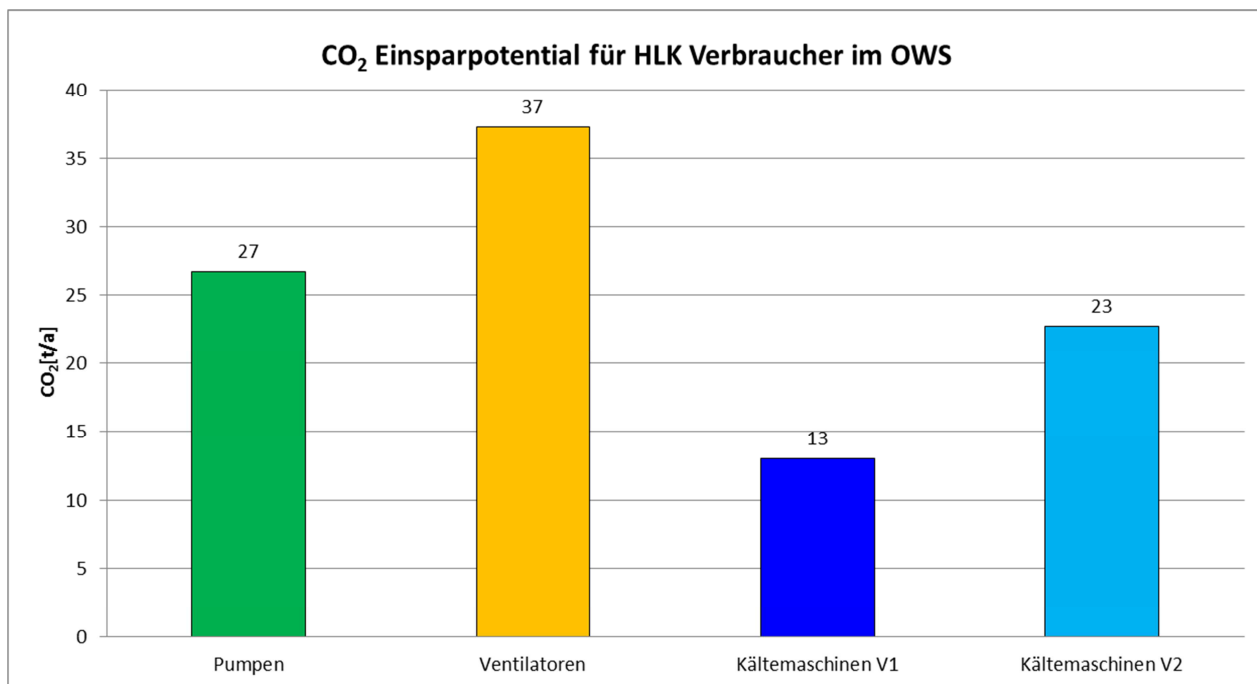


Abbildung 11: CO₂-Einsparung der Sanierungsvarianten unterschiedlicher Verbraucher im Otto-Wagner-Spital (Mitterndorfer; 2012)

Durch die Umsetzung der unter Kapitel 3.2.3 definierten Sanierungspakete in den einzelnen Verbrauchergruppen können unterschiedlich hohe CO₂-Einsparungen erzielt werden. Die höchsten Einsparpotentiale wurden für die Verbrauchergruppe Ventilatoren errechnet. Durch die Maßnahme in dieser Verbrauchergruppe können jährlich 37 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden. Die Maßnahme in der Verbrauchergruppe Pumpen bringt eine jährliche CO₂-Einsparung von 27 Tonnen. Durch den Austausch der bestehenden Kältemaschinen durch Standardgeräte (Sanierungspaket 1) können jährlich 13 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden. Werden die bestehenden Kältemaschinen durch hocheffiziente Geräte ersetzt (Sanierungspaket 2), sind jährliche CO₂-Einsparungen von 23 Tonnen möglich.

3.4 Energieeinsparpotentiale Rudolfstiftung

Im Folgenden 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) beschriebenen Berechnungsmodelle. Die zu erwartenden Energie- und CO₂-Einsparungen werden anschließend ausgewiesen.

3.4.1 Gebäudehülle

Wie in (Trnka et al.; 2012) dargestellt, wurden für den Ist-Bestand des untersuchten Hochbaus der Rudolfstiftung die folgenden durchschnittlichen U-Werte für die Außenbauteile herangezogen (Tabelle 30).

Tabelle 30: Außenbauteile Hochbau (Trnka et al.; 2012)

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. Aufgrund der hohen Temperaturen und des Wassereintritts in die Fassade kam es zu einer Verminderung der Dämmwirkung der angebrachten Wärmedämmelemente (Kling; 2002). Zudem ist die ökonomische Nutzungsdauer der Fassade bereits weit überschritten. In Anbetracht dieser Umstände werden im Folgenden Sanierungsvarianten für die 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 31). Es finden die Mindestanforderungen an Bauteile folgend der OIB Richtlinie 6 Berücksichtigung.

Tabelle 31: Außenbauteile Hochbau Sanierungsvariante 1 (Mitterndorfer; 2012)

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 32).

Tabelle 32: Außenbauteile Hochbau Sanierungsvariante 2 (Mitterndorfer; 2012)

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

3.4.1.1 Ergebnisse

Zur Berechnung der durchschnittlichen Energieverbrauchseinsparung²³ für die Beheizung des Hochbaus wurde – wie bereits für den Status quo – das Softwaretool „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH eingesetzt.

Der in (Trnka et al.; 2012) ausgewiesene Energieverbrauch für den Hochbau wird nun entsprechend den Sanierungsvarianten neu berechnet. Anhand der unter Kapitel 1.2 beschriebenen Methodik und auf Basis der im Referenzgebäude umgesetzten Sanierungsvarianten wurden die folgenden Energieverbrauchskennzahlen für die Beheizung ermittelt (Tabelle 33).

Tabelle 33: Spezifische Energiekennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m²a für die Beheizung des Hochbaus der Rudolfstiftung (Mitterndorfer; 2012)

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 Endenergieverbrauchs für die Beheizung des Hochbaus und Westverbaus der Rudolfstiftung die folgenden Szenarien (Abbildung 12).

²³ 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

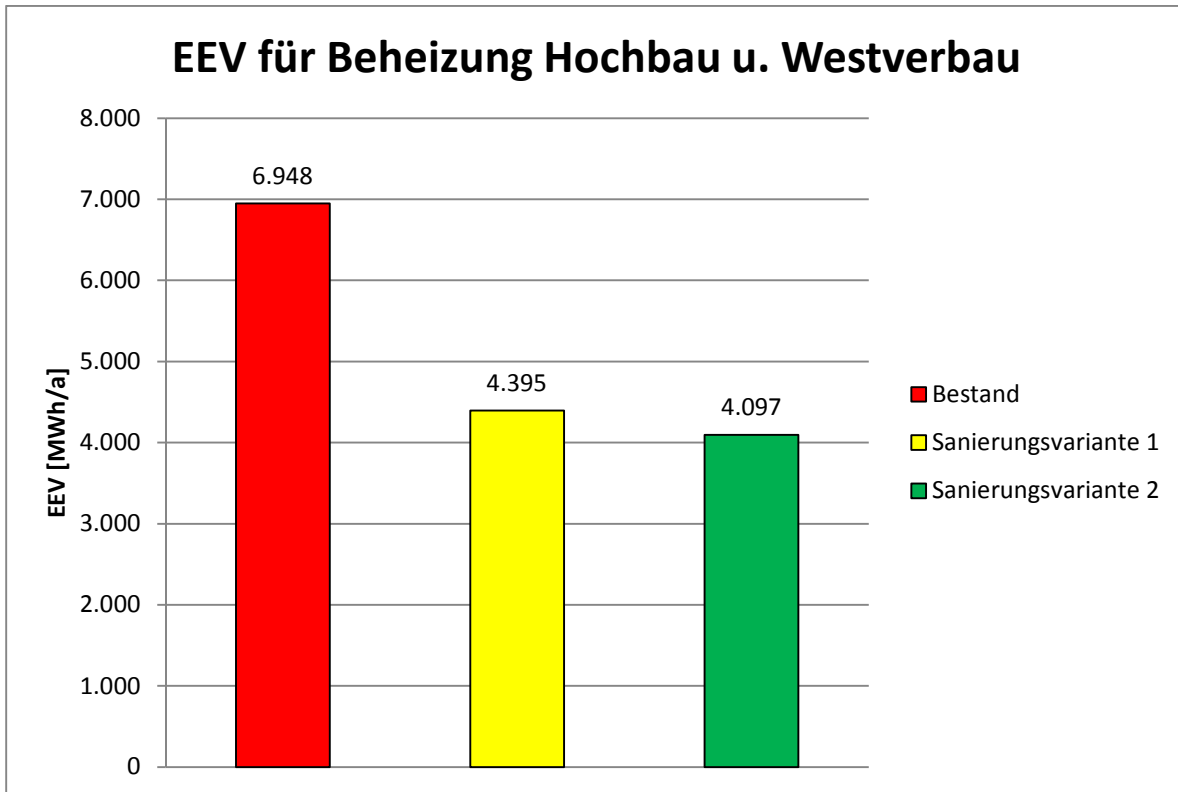


Abbildung 12: Endenergieverbrauch für die Beheizung des Hochbaus und des Westverbau der Rudolfstiftung entsprechend Sanierungsvarianten (Mitterndorfer; 2012)

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

3.4.1.1.1 Ergebnisse ökologisch

Die ökologische Bewertung der berechneten thermischen Sanierungsvarianten in der Krankenanstalt Rudolfstiftung erfolgt auf Basis der in (Trnka et al.; 2012) ausgewiesenen CO₂-Äquivalente für die Fernwärme Wien (Tabelle 34).

Tabelle 34: Verwendete CO₂-Äquivalente für die Fernwärme Wien (Trnka et al.; 2012)

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

Abhängig von der umgesetzten Sanierungsvariante ergeben sich hinsichtlich der eingesparten CO₂-Äquivalente für die Beheizung des Hochbaus und des Westverbau die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 12).

Durch die Sanierungsvariante 2 kommt es zu einer jährlichen CO₂-Einsparung von 274 Tonnen. Die Sanierungsvariante 1 würde zu einer CO₂-Einsparung von 245 Tonnen pro Jahr führen.

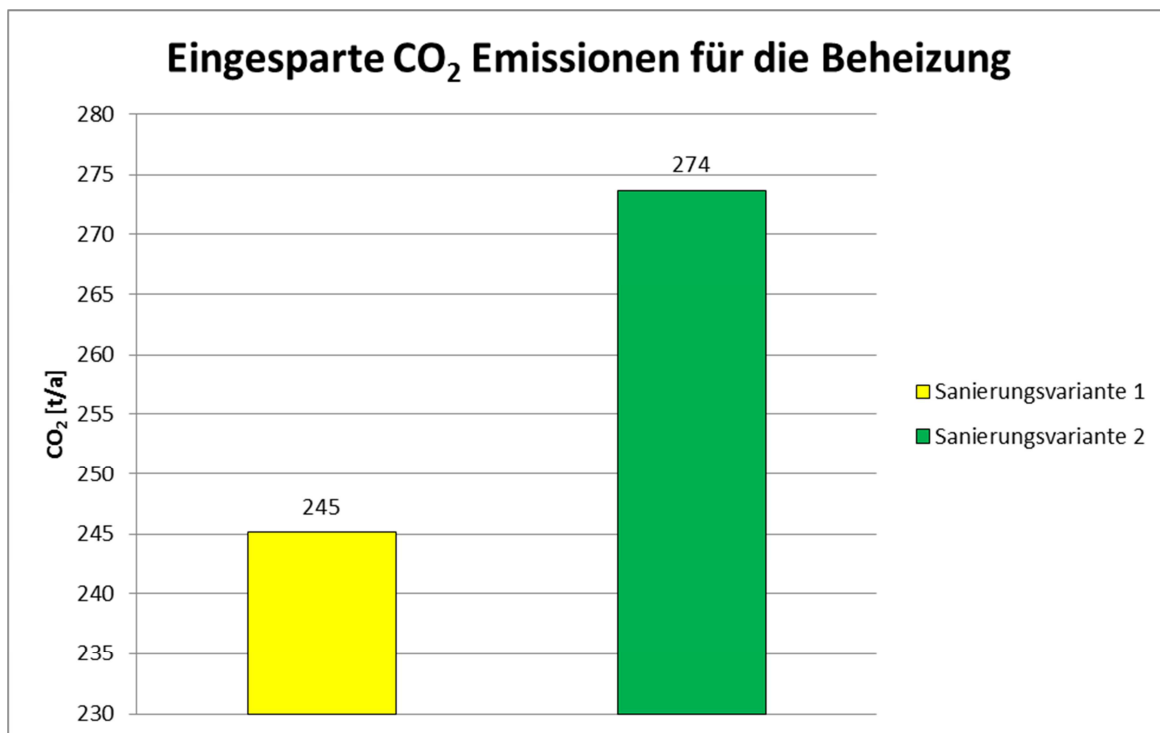


Abbildung 13: Eingesparte CO₂-Emissionen der Sanierungsvarianten für die Beheizung des Hochbaus und des Westverbaus (Mitterndorfer; 2012)

3.4.2 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-Einsparpotentiale werden quantifiziert und in weiterer Folge sowohl ökologisch als auch ökonomisch bewertet. Hinsichtlich Austauschoptionen der identifizierten Anlagenkomponenten werden die unter Kapitel 3.2.3 definierten Sanierungspakete herangezogen, welche die folgenden Verbrauchergruppen umfassen:

- Pumpen
- Ventilatoren
- Kältemaschinen

3.4.2.1 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) beschriebenen Berechnungsmodelle zurückgegriffen.

Die in Kapitel 2.2.1 ermittelten Energieverbrauchskennzahlen für den HLK-Stromverbrauch werden folgend dem jeweiligen Sanierungspaket neu berechnet. Anhand der unter Kapitel 1.2 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 dem definierten Sanierungspaket (siehe Kapitel 3.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 35).

Tabelle 35: Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Pumpen im Hochbau der Rudolfstiftung (Mitterndorfer; 2012)

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 dem definierten Sanierungspaket (siehe Kapitel 3.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 36):

Tabelle 36: Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Ventilatoren im Hochbau der Rudolfstiftung (Mitterndorfer; 2012)

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 den definierten Sanierungspaketen (siehe Kapitel 3.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 37).

Tabelle 37: Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Kältemaschinen im Hochbau der Rudolfstiftung (Mitterndorfer; 2012)

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 in diesen Bereichen allgemein hohen Energieverbrauch zur qualitativ hochwertigen Luftkonditionierung entsprechend den gesetzlichen Anforderungen zurückzuführen.

Abhängig von der umgesetzten Sanierungsvariante ergeben sich hinsichtlich des Endenergieverbrauchs für die identifizierten Verbrauchergruppen des Hochbaus und des Westverbau der Rudolfstiftung die folgenden Szenarien.

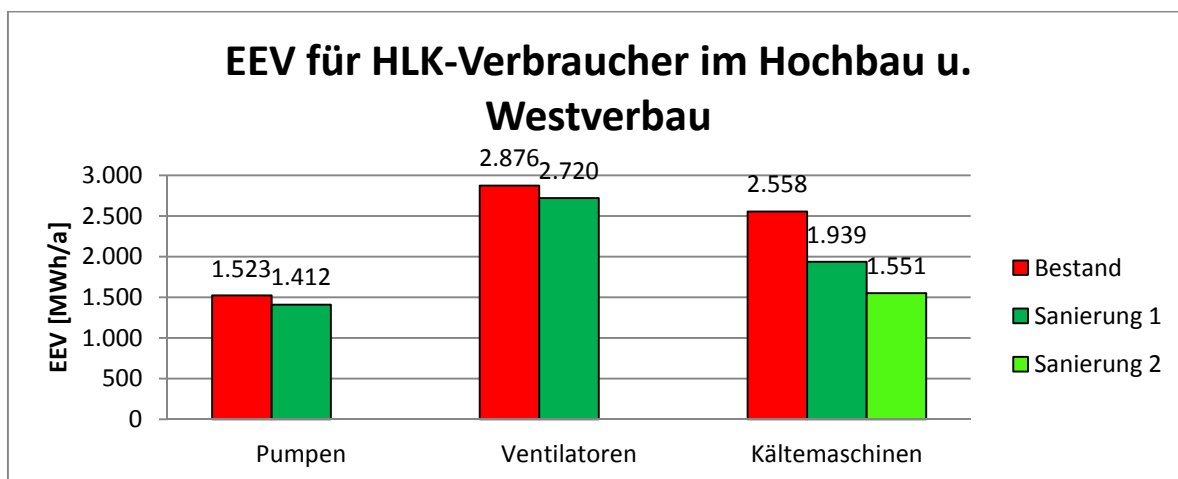


Abbildung 14: Endenergieverbrauch für HLK-Verbraucher im Hochbau und Westverbau vor und nach der Sanierung (Mitterdorfer; 2012)

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.

3.4.2.1.1 Ergebnisse ökologisch

Die ökologische Bewertung der berechneten Sanierungspakete im Hochbau und Westverbau der Rudolfstiftung erfolgt auf Basis der in (Trnka et al.; 2012) ausgewiesenen CO₂-Äquivalente für Strom (Tabelle 38).

Tabelle 38: Verwendete CO₂-Äquivalente und Primärenergiefaktoren für Strom (Trnka et al.; 2012)

	CO ₂ -Äquivalente [g/kWh]
Strom	198

Abhängig vom umgesetzten Sanierungspaket in der jeweiligen Verbrauchergruppe ergeben sich hinsichtlich der eingesparten CO₂-Äquivalente für den HLK-Strombedarf des Hochbaus und des Westverbau die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 15).

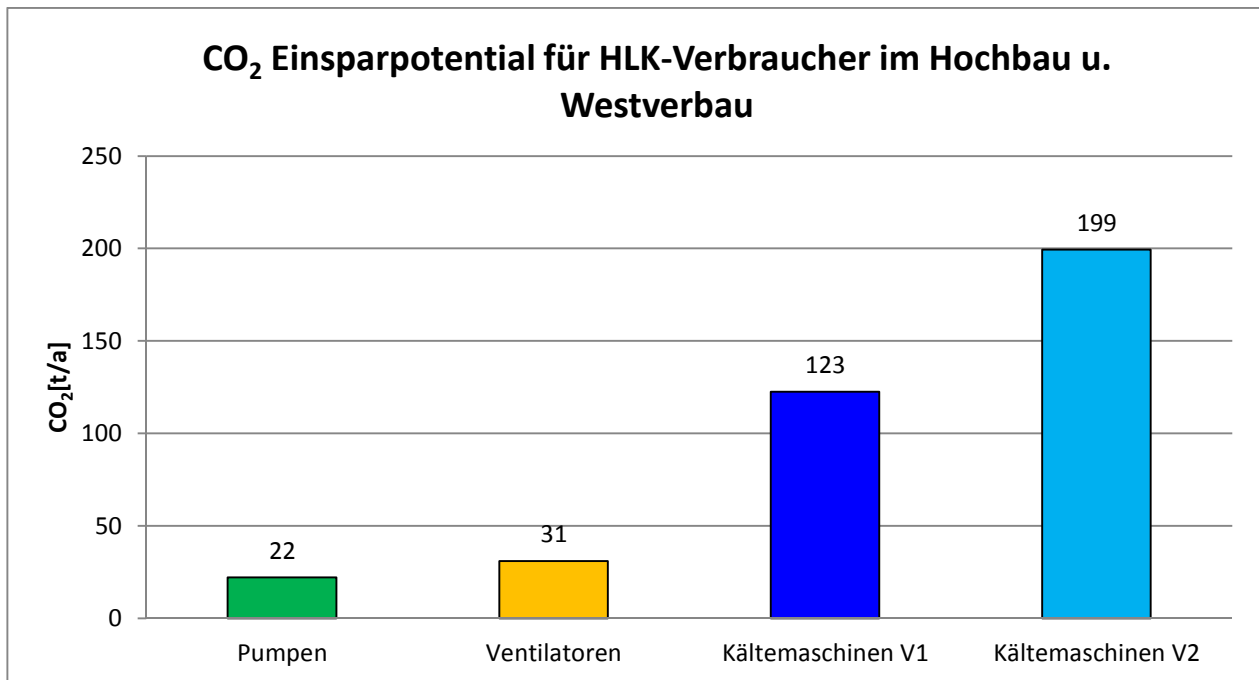


Abbildung 15: CO₂-Einsparung der Sanierungsvarianten unterschiedlicher Verbraucher im Hochbau und Westverbau (Mitterndorfer; 2012)

Durch die Umsetzung der unter Kapitel 3.2.3 definierten Sanierungspakete in den einzelnen Verbraucherguppen können unterschiedlich hohe CO₂-Einsparungen erzielt werden. Die höchsten Einsparpotentiale wurden für die Verbraucherguppe Kältemaschinen errechnet. Durch den Austausch der bestehenden Kältemaschinen durch Standardgeräte (Sanierungspaket 1) können jährlich 123 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden. Werden die bestehenden Kältemaschinen durch hocheffiziente Geräte ersetzt (Sanierungspaket 2) sind jährliche CO₂-Einsparungen von 199 Tonnen möglich. Durch das vorgeschlagene Sanierungspaket in der Verbraucherguppe Ventilatoren können jährlich 31 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden. Durch das vorgeschlagene Sanierungspaket in der Verbraucherguppe Pumpen kann eine jährliche CO₂-Einsparung von 22 Tonnen erzielt werden.

3.5 Einsparpotentiale Krankenhaus Hietzing

Folgend werden spezifische Energieeffizienzmaßnahmen für die Optimierung der Gebäudehülle sowie für die Optimierung der verschiedenen HLK-Verbraucherguppen im Krankenhaus Hietzing vorgestellt und damit verbundene Energie- und CO₂-Einsparungen für das gesamte Krankenhaus berechnet. Die Berechnung der theoretischen Energieeinsparungen im Referenzgebäude Pavillon II erfolgt auf Basis der in (Trnka et al.; 2012) beschriebenen Berechnungsmodelle. Die in Kapitel 2.3.1 ermittelten Kennzahlen werden entsprechend den betreffenden Effizienzmaßnahmen neu berechnet, um eine Hochrechnung des Energie- und CO₂-Einsparpotentials auf das gesamte Krankenhaus Hietzing zu ermöglichen.

3.5.1 Gebäudehülle

Wie in (Trnka et al.; 2012) dargestellt, wurden für den Status quo des untersuchten Referenz-Pavillons II die folgenden durchschnittlichen U-Werte für die Außenbauteile herangezogen (Tabelle 39).

Tabelle 39: Typische U-Werte der Außenbauteile des Pavillon II des KH Hietzing (Trnka et al.; 2012)

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 im Folgenden 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 Innenwände 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 40 angeführten U-Werte zu erreichen.

Tabelle 40: U-Werte der adaptierten Bauteile folgend Sanierungsvariante 1 (OIB RL 6; 2011)

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 Basisanierung (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). 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).

In Sanierungsvariante 3 (Maximalvariante) wird zusätzlich zu den Maßnahmen der thermischen Basisanierung 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).

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

3.5.1.1 Ergebnisse

Zur Berechnung der durchschnittlichen Energieverbrauchseinsparung²⁴ für die Beheizung der Gebäude wurde – wie bereits für den Status quo – das Softwaretool „Gebäudeprofi PLUS“ der ETU GmbH eingesetzt.

Die in Kapitel 2.3.1 ermittelten Energieverbrauchskennzahlen für den Fernwärmeverbrauch der typischen Pavillonbauten des Krankenhauses Hietzing sind nun entsprechend der jeweiligen Sanierungsvariante neu zu berechnen. Anhand der unter Kapitel 1.3 beschriebenen Methodik und auf Basis der im Referenzgebäude umgesetzten Sanierungsvarianten wurden die folgenden Energieverbrauchskennzahlen für die Beheizung ermittelt (Tabelle 41).

Tabelle 41: Spezifische Energiekennzahlen FW-Verbrauch in kWh/m²a für die Beheizung typischer Pavillons im KH Hietzing entsprechend Sanierungsvariante (Mitterndorfer; 2012)

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 Endenergieverbrauchs für die Beheizung der Gebäude des gesamten Krankenhauses Hietzing die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 16).

²⁴ 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.

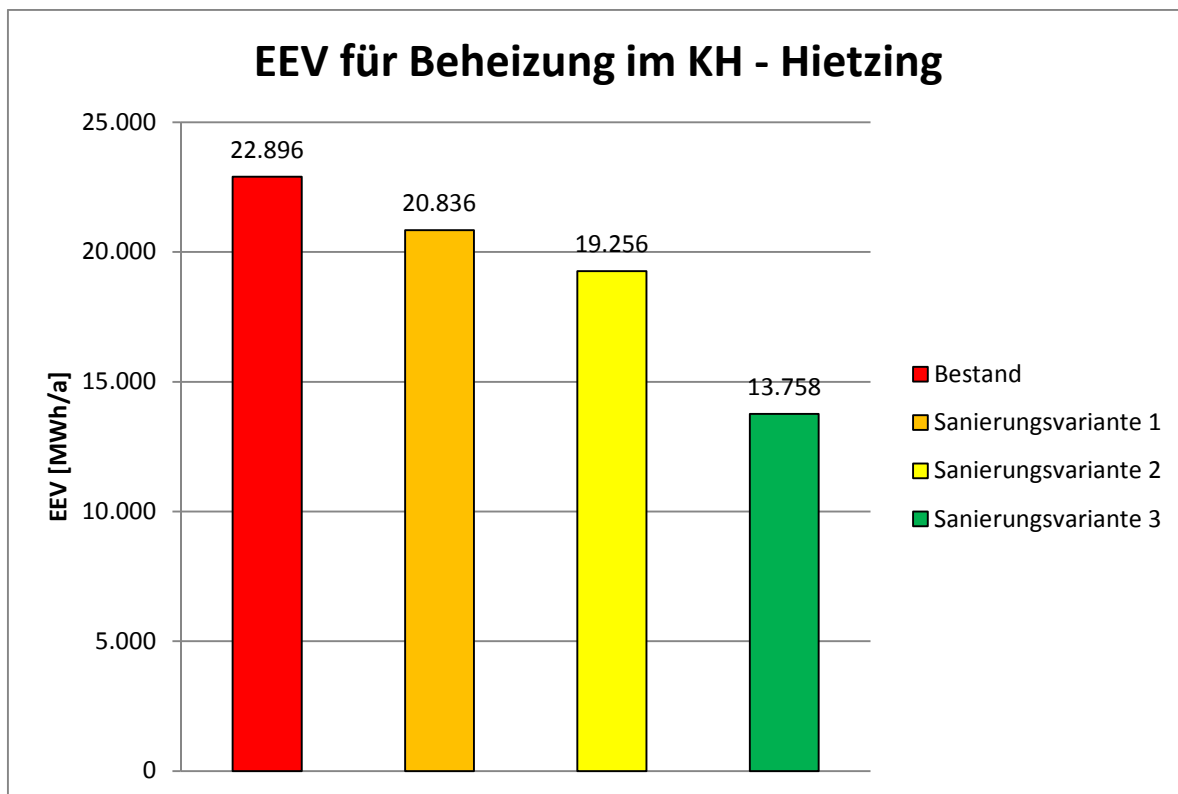


Abbildung 16: Endenergieverbrauch für die Beheizung des Gebäudebestandes im KH Hietzing entsprechend Sanierungsvarianten (Mitterndorfer; 2012)

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.

3.5.1.1.1 Ergebnisse ökologisch

Die ökologische Bewertung der berechneten thermischen Sanierungsvarianten im Krankenhaus Hietzing erfolgt auf Basis der in (Trnka et al.; 2012) ausgewiesenen CO₂-Äquivalente für die Fernwärme Wien (Tabelle 42).

Tabelle 42: Verwendete CO₂-Äquivalente für die Fernwärme Wien (Trnka et al.; 2012)

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

Abhängig von der umgesetzten Sanierungsvariante ergeben sich hinsichtlich der eingesparten CO₂-Äquivalente für die Beheizung der Gebäude des gesamten Krankenhauses Hietzing die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 15). Durch die Sanierungsvariante 3 kann eine CO₂-Einsparung von 877 Tonnen pro Jahr erzielt werden. Die Sanierungsvariante 2 würde zu einer CO₂-Einsparung von 349 Tonnen pro Jahr führen. Die Basissanierungsvariante bringt eine jährliche CO₂-Einsparung von 198 Tonnen mit sich.

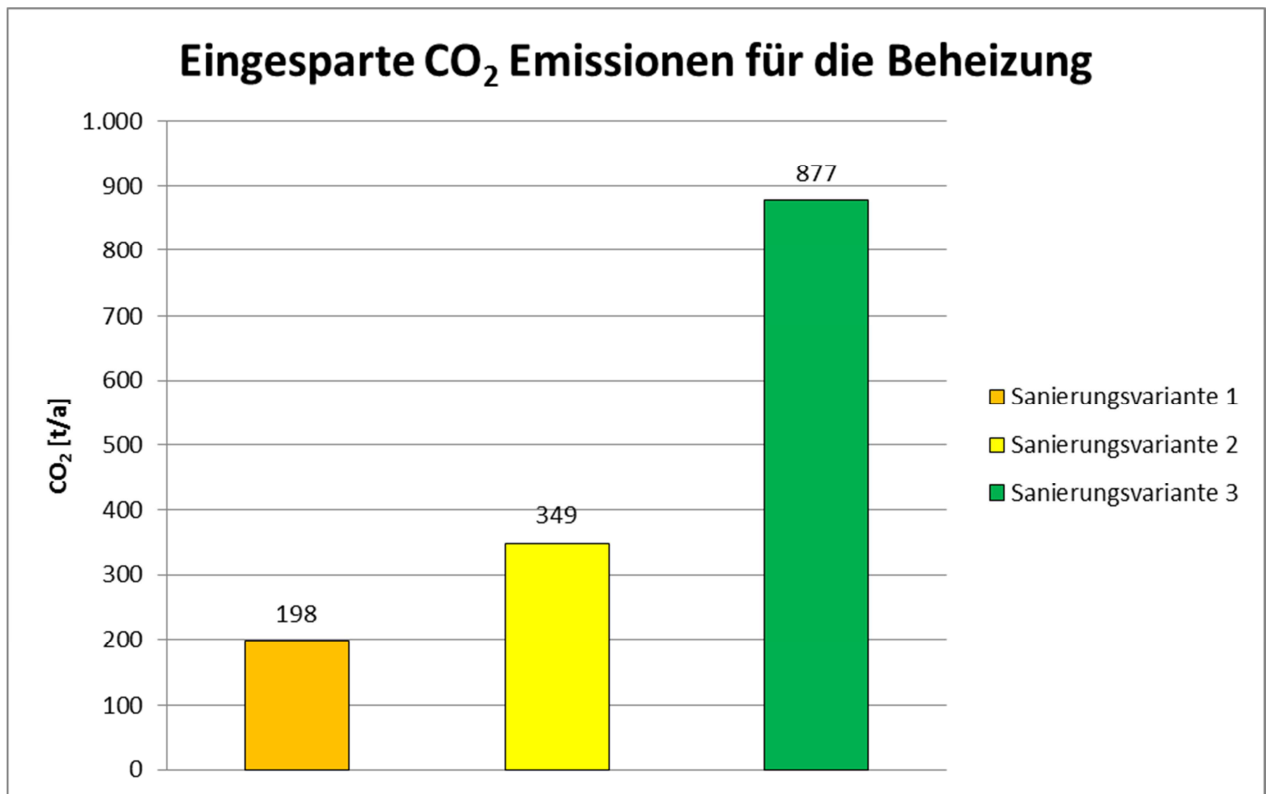


Abbildung 17: Eingesparte CO₂-Emissionen der Sanierungsvarianten für die Beheizung Gebäude im KH Hietzing (Mitterndorfer; 2012)

3.5.2 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-Einsparpotentiale werden quantifiziert und in weiterer Folge sowohl ökologisch als auch ökonomisch bewertet. Hinsichtlich Austauschoptionen der identifizierten Anlagenkomponenten werden die unter Kapitel 3.2.3 definierten Sanierungspakete herangezogen, welche die folgenden Verbrauchergruppen umfassen:

- Pumpen
- Ventilatoren
- Kältemaschinen

3.5.2.1 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) beschriebenen Berechnungsmodelle zurückgegriffen.

Die in Kapitel 2.3.1 ermittelten Energieverbrauchskennzahlen für den HLK-Stromverbrauch der typischen Pavillonbauten des Krankenhauses Hietzing sind nun entsprechend dem jeweiligen Sanierungspaket neu zu berechnen. Anhand der unter Kapitel 1.3 beschriebenen Methodik und auf Basis

der in den Referenzgebäuden umgesetzten Sanierungspakete wurden die folgenden Stromverbrauchskennzahlen der jeweiligen Verbrauchergruppe errechnet.

Für die Verbrauchergruppe Pumpen lassen sich entsprechend dem definierten Sanierungspaket (siehe Kapitel 3.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 43).

Tabelle 43: Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Pumpen im Krankenhaus Hietzing (Mitterndorfer; 2012)

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 in der Nutzungskategorie OP mit 5,7 kWh/m²a die größte Energieeinsparung erzielt werden.

Für die Verbrauchergruppe Ventilatoren lassen sich entsprechend dem definierten Sanierungspaket (siehe Kapitel 3.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 44).

Tabelle 44: Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Ventilatoren im Krankenhaus Hietzing (Mitterndorfer; 2012)

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 den definierten Sanierungspaketen (siehe Kapitel 3.2.3) die folgenden Stromverbrauchskennzahlen errechnen (siehe Tabelle 45).

Tabelle 45: Verbrauchskennzahlen der Verbrauchergruppe Kältemaschinen im Krankenhaus Hietzing (Mitterndorfer; 2012)

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 Endenergieverbrauchs für die identifizierten Verbrauchergruppen des gesamten Krankenhauses Hietzing die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 18).

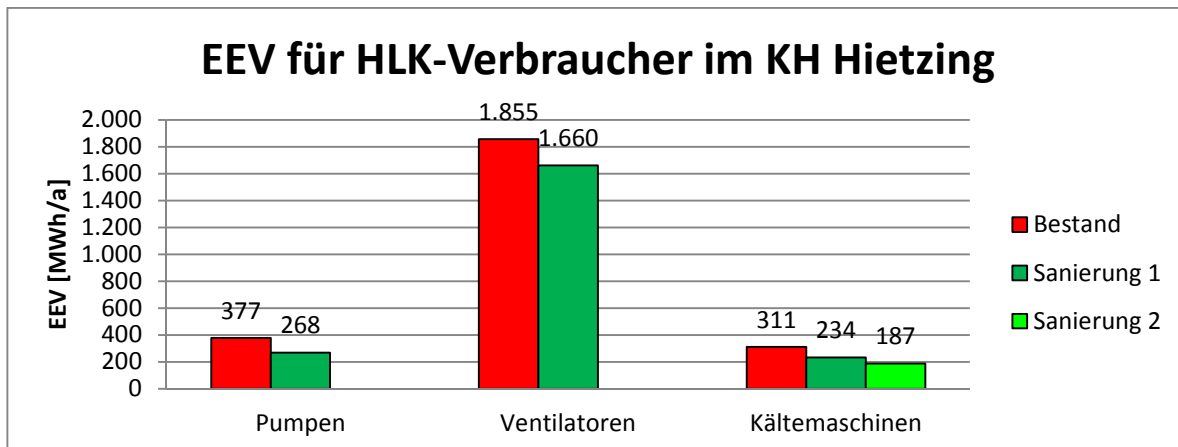


Abbildung 18: Endenergieverbrauch für HLK-Verbraucher im KH Hietzing vor und nach der Sanierung (Mitterdorfer; 2012)

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.

3.5.2.1.1 Ergebnisse ökologisch

Die ökologische Bewertung der berechneten Sanierungspakete im Krankenhaus Hietzing erfolgt auf Basis der in (Trnka et al.; 2012) ausgewiesenen CO₂-Äquivalente für Strom (Tabelle 46).

Tabelle 46: Verwendete CO₂-Äquivalente für Strom (Trnka et al.; 2012)

	CO ₂ -Äquivalente [g/kWh]
Strom	198

Abhängig vom umgesetzten Sanierungspaket in der jeweiligen Verbrauchergruppe ergeben sich hinsichtlich der eingesparten CO₂-Äquivalente für den HLK-Strombedarf des gesamten Krankenhauses Hietzing die folgenden Szenarien (siehe Abbildung 19).

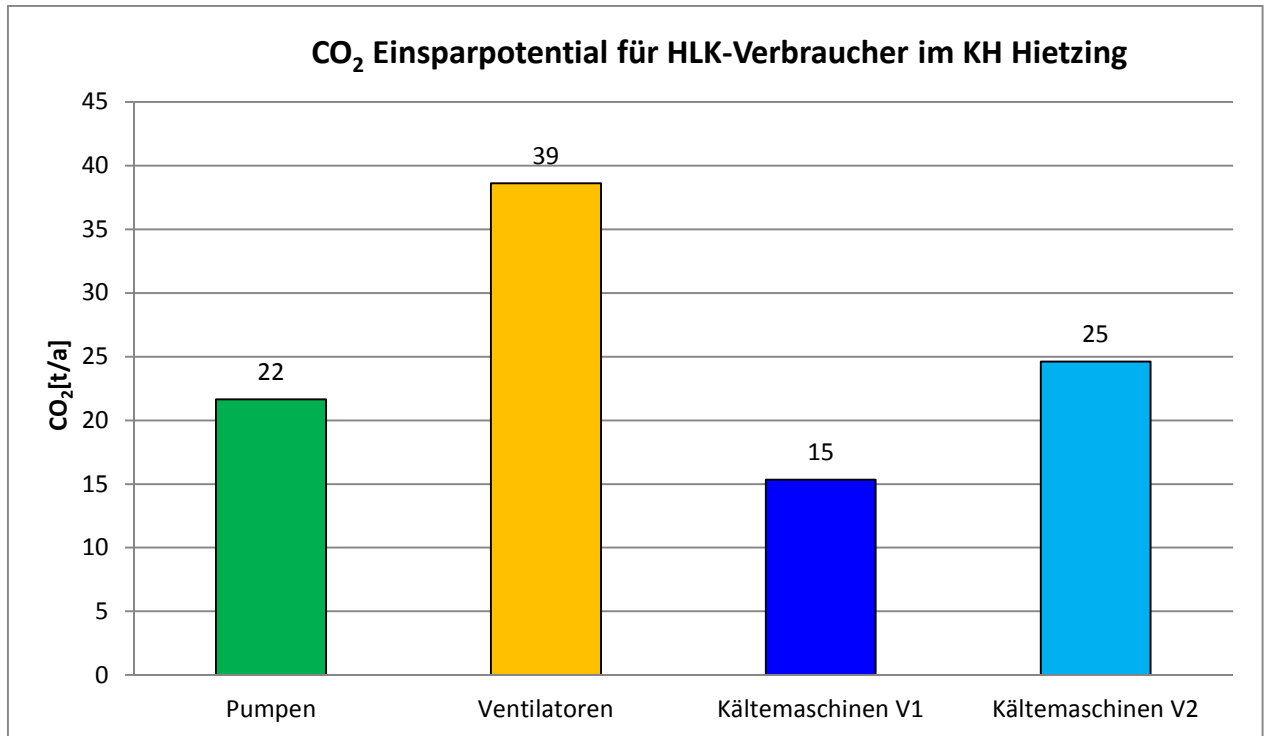


Abbildung 19: CO₂-Einsparung der Sanierungsvarianten unterschiedlicher Verbraucher im KH Hietzing (Mitterndorfer; 2012)

Durch die Umsetzung der unter Kapitel 3.2.3 definierten Sanierungspakete in den einzelnen Verbrauchergruppen können unterschiedlich hohe CO₂-Einsparungen erzielt werden. Die höchsten Einsparpotentiale wurden für die Verbrauchergruppe Ventilatoren errechnet. Durch die Maßnahme in dieser Verbrauchergruppe können jährlich 39 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden. Die Sanierungsvariante in der Verbrauchergruppe Pumpen bringt eine jährliche CO₂-Einsparung von 22 Tonnen mit sich. Durch den Austausch der bestehenden Kältemaschinen durch Standardgeräte (Sanierungspaket 1) können jährlich 15 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden. Werden die bestehenden Kältemaschinen durch hocheffiziente Geräte ersetzt (Sanierungspaket 2), sind jährliche CO₂-Einsparungen von 25 Tonnen möglich.

4 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 M7140²⁵ 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, verbrauchsgebundene und betriebsgebundene Kosten – aufgeteilt sind, werden die durchschnittlichen Jahreskosten (Annuitäten) berechnet (ÖNORM M 7140; 2004).

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 47) Energiepreise zur ökonomischen Bewertung geeinigt.

Tabelle 47: Energiepreise zur ökonomischen Bewertung (RMA; 2012)

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

4.1 Thermische Gebäudehülle

Folgend wird für jedes der drei Krankenhäuser ein repräsentatives Gebäude ausgewählt und anhand dieses 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.

4.1.1 Otto-Wagner-Spital

Im Otto-Wagner-Spital wurden drei mögliche Sanierungsvarianten definiert und unter Kapitel 3.3.1 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 Otto-Wagner-Spitals repräsentiert.

²⁵ ÖNORM M7140 – Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach der erweiterten Annuitätenmethode, Ausgabe 2004

Die Investitionskosten der thermischen Sanierungsvarianten des Pavillons 21 und der Energieverbrauch für die Beheizung sind in Tabelle 48 dargestellt.

Tabelle 48: Investitionskosten und jährlicher Energieverbrauch zur Beheizung der thermischen Sanierungsvarianten des Pavillon 21 im Otto-Wagner-Spital²⁶ (Mitterndorfer; 2012)

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 kostengünstigste heraus (siehe Abbildung 20). 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.

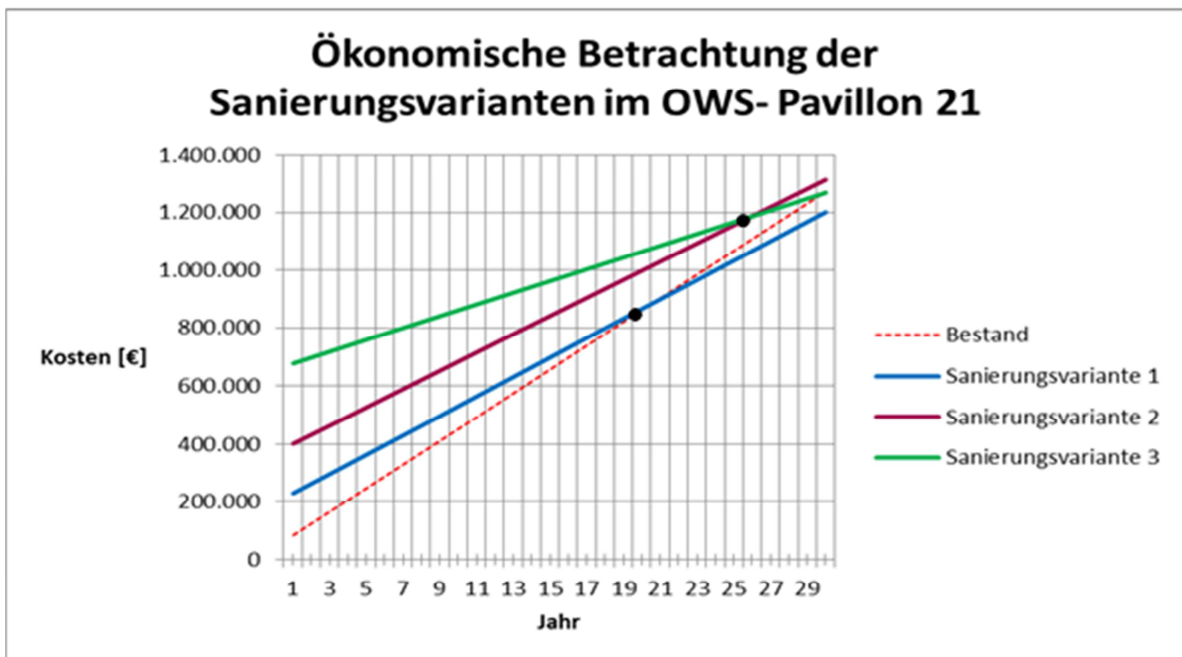


Abbildung 20: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Sanierungsvarianten im Pavillon 21 des Otto-Wagner-Spitals (Mitterndorfer; 2012)

²⁶ Quelle Investitionskostensätze: (Simader et al.; 2011)

4.1.2 Rudolfstiftung

In der Krankenanstalt Rudolfstiftung wurden zwei mögliche Sanierungsvarianten der Gebäudehülle definiert und unter Kapitel 3.4.1 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 49 entnommen werden.

Tabelle 49: Investitionskosten und jährlicher Energieverbrauch zur Beheizung der thermischen Sanierungsvarianten des Hochbaus der Rudolfstiftung²⁷ (Mitterndorfer; 2012)

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

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) 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 21). Dies ist auf die annähernd gleichen verbrauchsgebundenen Kosten der beiden Varianten und die höheren Investitionskosten der Variante 2 zurückzuführen. Als kostengünstigste Sanierungsvariante stellte sich somit die Sanierungsvariante 1 mit mittleren jährlichen Gesamtkosten von 1.073.439 € heraus.

²⁷ Quelle Investitionskostensätze: ALU-Sommer GmbH, GIG Holding GmbH, und MA-TEC Stahl und Alubau GmbH

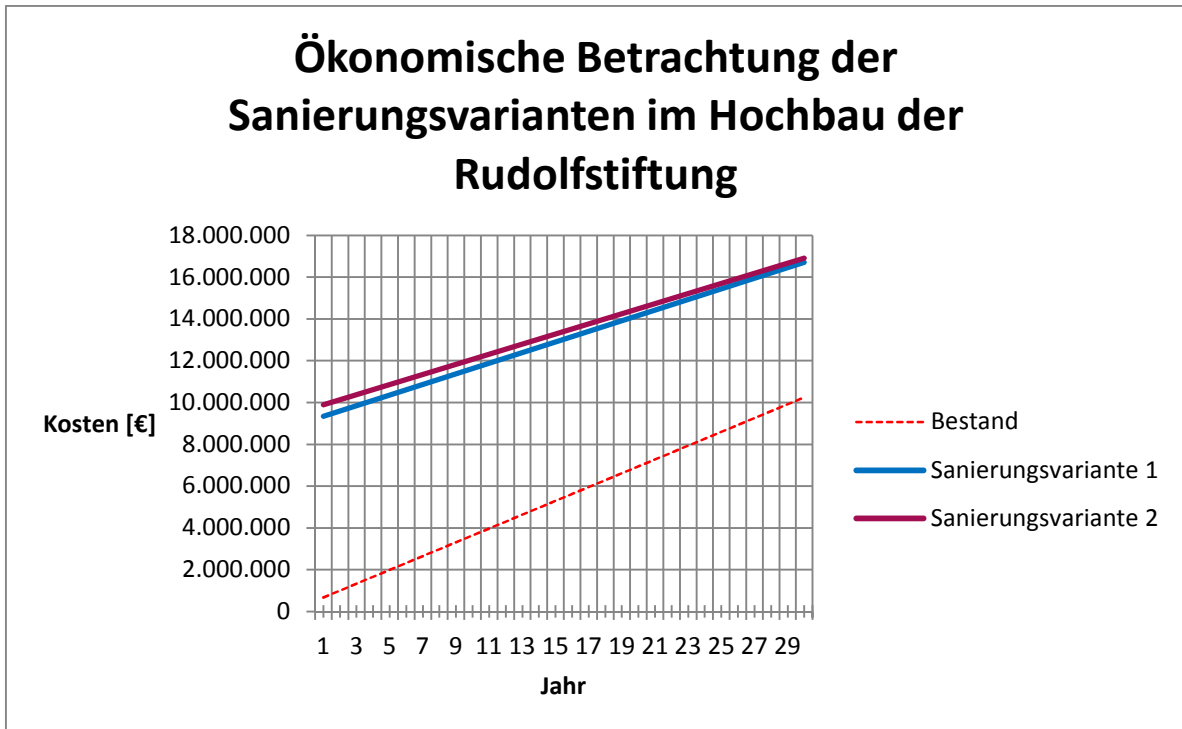


Abbildung 21: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Sanierungsvarianten im Hochbau der Rudolfstiftung (Mitterdorfer; 2012)

4.1.3 Hietzing

Im Krankenhaus Hietzing wurden drei mögliche Sanierungsvarianten der Gebäudehülle definiert und unter Kapitel 3.5.1 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 50 dargestellt.

Tabelle 50: Investitionskosten und jährlicher Energieverbrauch zur Beheizung der thermischen Sanierungsvarianten des Pavillons II im Krankenhaus Hietzing²⁸ (Mitterdorfer; 2012)

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

²⁸ Quelle Investitionskostensätze: (Simader et al.; 2011)

Innerhalb des gewählten Betrachtungszeitraums von 30 Jahren stellt sich – ebenso wie im Otto-Wagner-Spital – die Sanierungsvariante 1 (Basisvariante) mit mittleren jährlichen Gesamtkosten von 280.005 € als am kostengünstigsten heraus (siehe Abbildung 22). 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 Otto-Wagner-Spital 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.

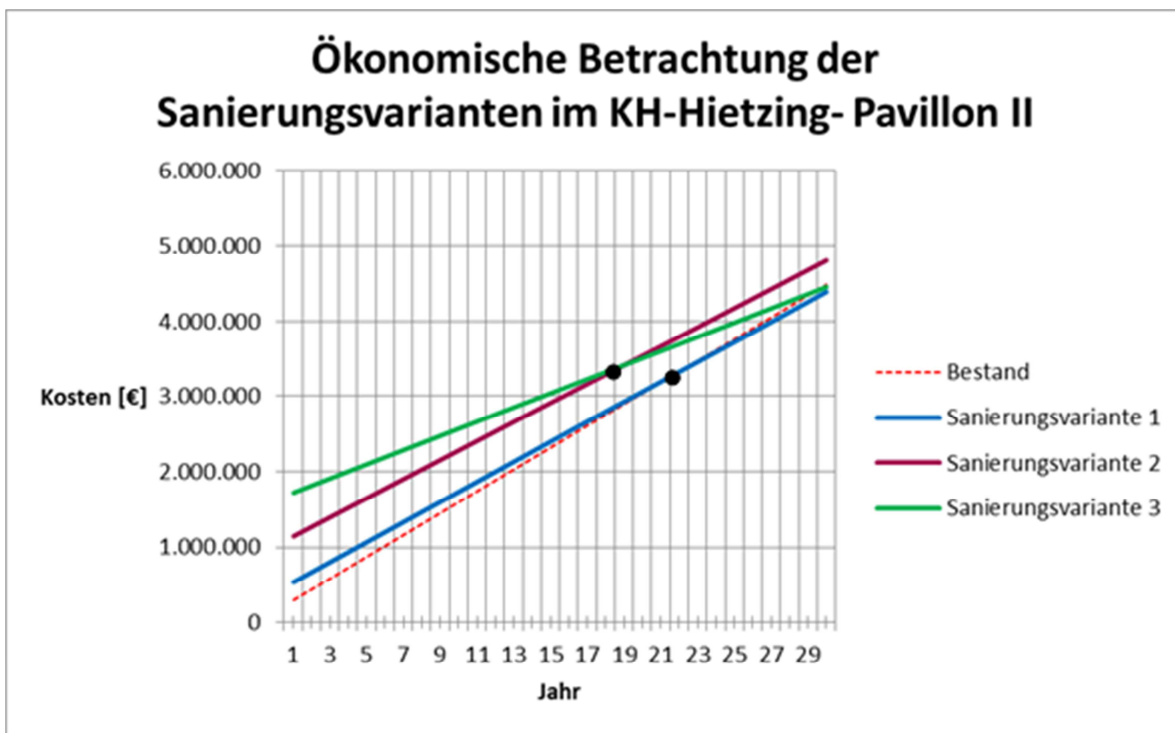


Abbildung 22: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Sanierungsvarianten im Pavillon II des KH-Hietzing (Mitterndorfer; 2012)

4.2 HLK-Verbraucher

Die ökonomische Bewertung der einzelnen Sanierungsvarianten betreffend die HLK-Verbraucher erfolgt anhand von einzelnen repräsentativen Verbrauchern. Im Folgenden werden für unterschiedliche Verbraucherguppen repräsentative Geräte ausgewählt und anhand dieser die ökonomische Bewertung durchgeführt. Ebenso wie bei der Gebäudehülle erfolgt die Bewertung anhand der ÖNORM M7140. Es erfolgt ein ökonomischer Vergleich eines neuen Standardproduktes mit einem neuen hocheffizienten Produkt. Es wird kein frühzeitiger Austausch der Komponenten untersucht, da zum einen die praktischen Lebensdauern mit den theoretischen Lebensdauern nicht immer übereinstimmen und zum anderen die Energieeffizienz von zukünftig notwendigen Reinvestitionen – und damit die verbrauchsgebundenen Kosten – aus heutiger Sicht nicht absehbar sind.

4.2.1 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. Im Folgenden wird die Standardpumpe der hocheffizienten Pumpe hinsichtlich Energieverbrauch und Investitionskosten gegenübergestellt (siehe Tabelle 51). Diese Gegenüberstellung soll als Grundlage für die Pumpenauswahl der Krankenhausbetreiber dienen.

Tabelle 51: Investitionskosten und Energieverbrauch für Heizungsumwälzpumpen²⁹ (Mitterndorfer; 2012)

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 23).

Im Leistungsbereich A stellt sich innerhalb des gewählten Betrachtungszeitraums von 10 Jahren die hocheffiziente Pumpe als am kostengünstigsten heraus (siehe Abbildung 23). Mit mittleren jährlichen Gesamtkosten von 654 € amortisiert sich das hocheffiziente Modell nach 4,9 Jahren.

Im Leistungsbereich B stellt sich ebenfalls 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.

²⁹ Quelle Investitionskostensätze: Grundfos Pumpen Vertrieb Ges.m.b.H, KSB Österreich GmbH und Wilo Pumpen Österreich GmbH

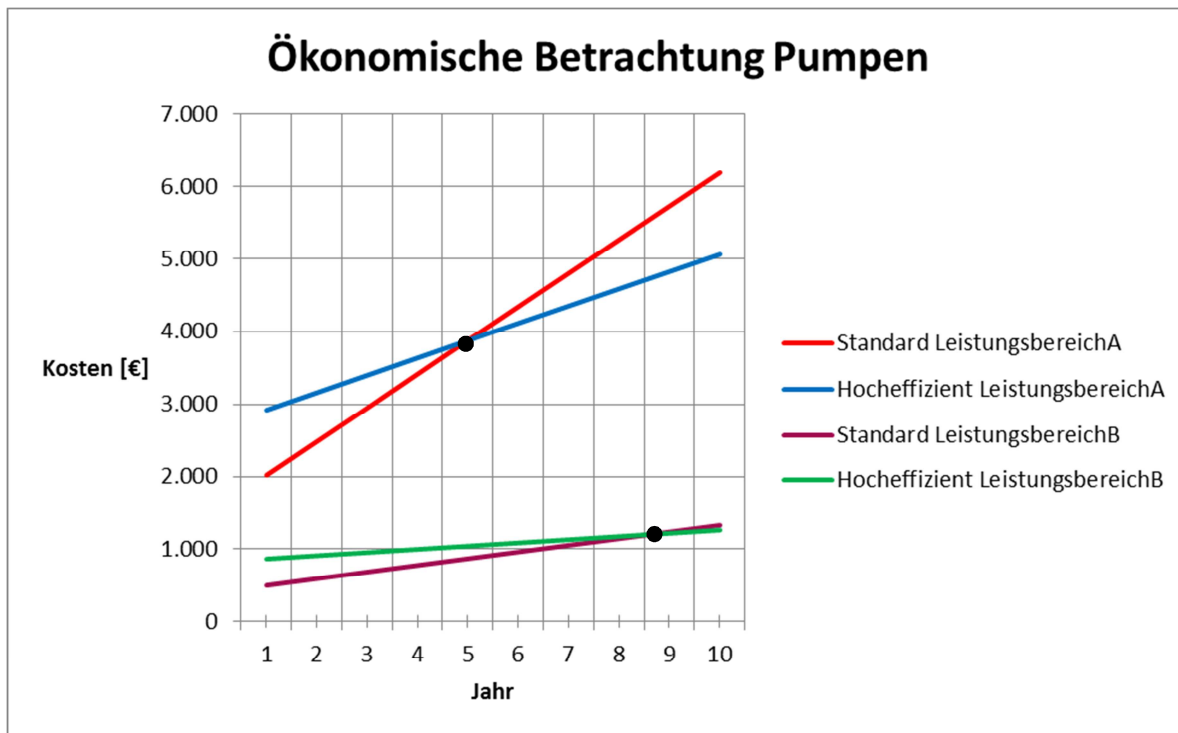


Abbildung 23: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Verbrauchergruppe Pumpen (Mitterndorfer; 2012)

4.2.2 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 52). Diese Gegenüberstellung soll als Grundlage für die Motorauswahl der Krankenhausbetreiber dienen.

Tabelle 52: Investitionskosten und Energieverbrauch für Ventilatorantriebe³⁰ (Mitterndorfer; 2012)

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 24).

³⁰ Quelle Investitionskostensätze: ATB Austria Antriebstechnik AG, Lenze Antriebstechnik GmbH und Watt Drive Antriebstechnik GmbH

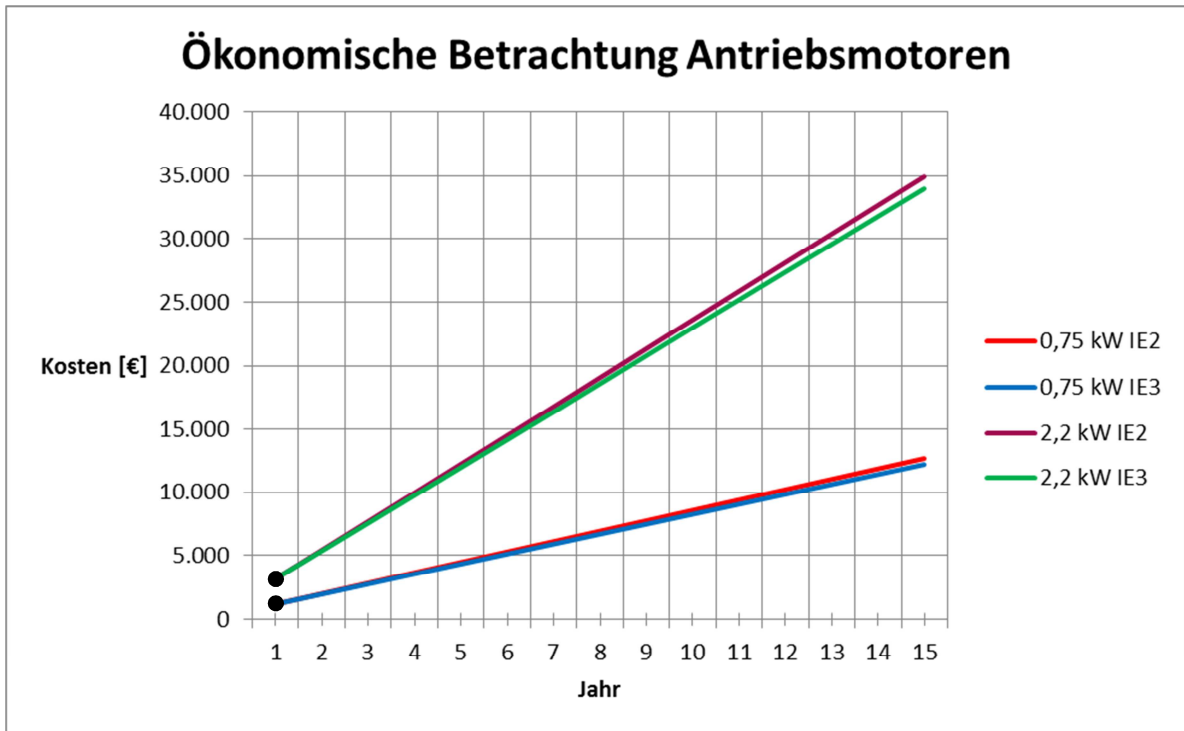


Abbildung 24: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Ventilatorantriebsmotoren (Mitterndorfer; 2012)

Wie aus Tabelle 52 ersichtlich, unterscheiden sich die Investitionskosten für einen IE2-Motor kaum von denen 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.

4.2.3 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 53). Diese Gegenüberstellung soll als Grundlage für die Auswahl der Kältemaschinen dienen.

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 25).

In allen gewählten Kälteleistungsbereichen stellt sich innerhalb des gewählten Betrachtungszeitraums von 15 Jahren die hocheffiziente Kältemaschine als am kostengünstigsten heraus (siehe Abbildung 25). 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.

Tabelle 53: Investitionskosten und Energieverbrauch für Kältemaschinen³¹ (Mitterndorfer; 2012)

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

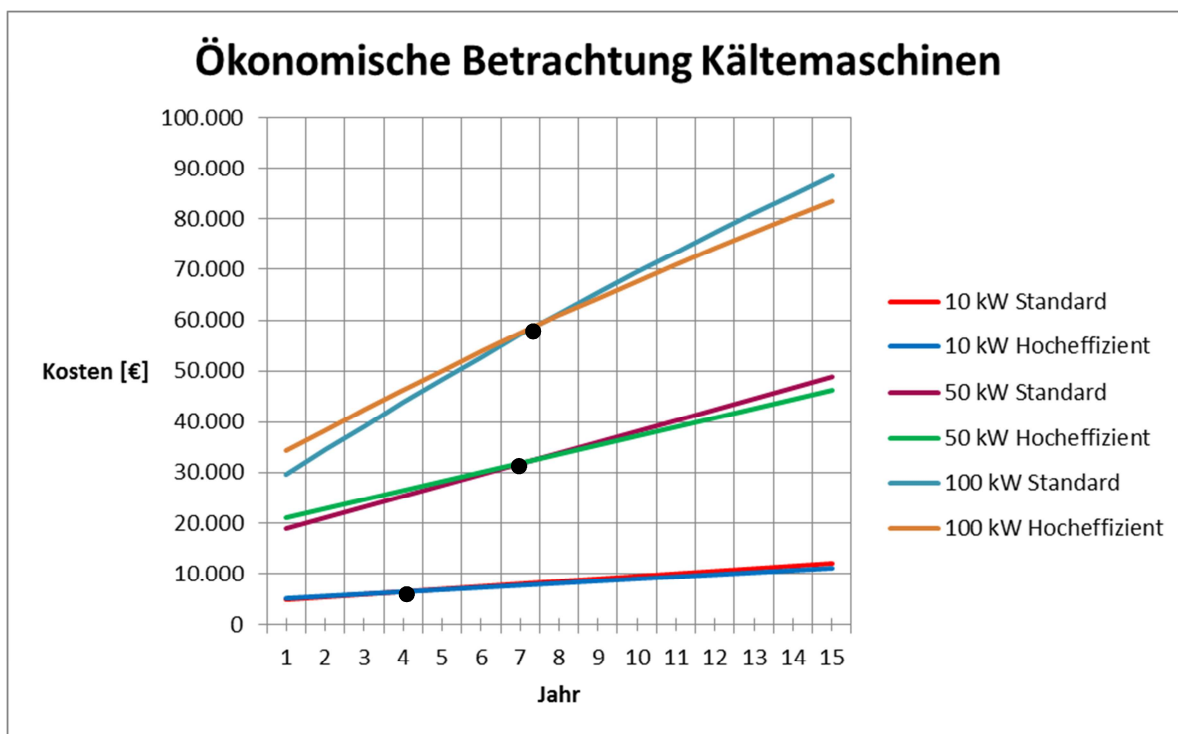


Abbildung 25: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Verbraucherguppe Kältemaschinen (Mitterndorfer; 2012)

³¹ Quelle Investitionskostensätze: Alphatec Klimatechnik GmbH, Cofely Kältetechnik GmbH und Daikin Airconditioning Central Europe Handels GmbH

5 Gewichteter Maßnahmenkatalog

Aufbauend auf den energetischen, ökologischen und ökonomischen Erkenntnissen lässt sich ein gewichteter Maßnahmenkatalog für jedes der untersuchten Krankenhäuser ableiten, mithilfe dessen es für die drei untersuchten Wiener Krankenanstalten möglich werden soll, ihr Energie- und CO₂-Einsparungspotential bestmöglich auszuschöpfen. An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Endenergieeinsparpotentiale im Strombereich differenziert von jenen im Wärmebereich – aufgrund der unterschiedlichen Primärenergiefaktoren – zu betrachten sind.

5.1 Otto-Wagner-Spital

Hinsichtlich der thermischen Sanierungsvarianten stellte sich aus ökonomischer Sicht die Sanierungsvariante 1 – bestehend aus einer Dämmung der obersten Geschoßdecke, der Wände zu unbeheizten Räumen und der Kellerdecke – als am kostengünstigsten heraus. 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 (thermische Vollsanierung³²) in jedem Fall der Sanierungsvariante 2 (Dämmung der obersten Geschoßdecke, der Wände zu unbeheizten Räumen und der Kellerdecke sowie ein Austausch der Fenster und Türen) vorzuziehen ist. Aufgrund der deutlich geringeren verbrauchsgebundenen Kosten amortisiert sich Sanierungsvariante 3 nach 25,4 Jahren gegenüber der Sanierungsvariante 2. Aus rein energetischer Sicht ist die Sanierungsvariante 3 zu bevorzugen. Somit ist sowohl aus ökonomischer Sicht als auch aus energetischer Sicht die Sanierungsvariante 3 der Sanierungsvariante 2 vorzuziehen.

Hinsichtlich der Sanierung der untersuchten HLK-Verbraucher stellte sich bei allen Verbrauchern eine ökonomische Amortisation innerhalb der gewählten Betrachtungszeiträume heraus. Bei allen untersuchten HLK-Verbrauchergruppen setzte sich aufgrund der deutlich geringeren verbrauchsgebundenen Kosten das hocheffiziente Produkt gegenüber dem Standardprodukt durch. Aus diesem Grund wird der Einsatz von hocheffizienten HLK-Verbraucherkomponenten sowohl aus ökonomischer als auch aus energetischer Sichtweise dringend empfohlen. Im Otto-Wagner-Spital wurden mit 188 MWh/a besonders hohe Einsparpotentiale bei der Verbrauchergruppe Ventilatoren quantifiziert. Auch aus ökonomischer Sicht ist der Einsatz von hocheffizienten Ventilatorantrieben sehr sinnvoll. Die Amortisationszeit eines hocheffizienten Antriebes im Vergleich zu einem Standardmotor beträgt weniger als ein Jahr (siehe Abbildung 24). Bei den HLK-Verbrauchern im Otto-Wagner-Spital wurden die zweithöchsten Energie- und CO₂-Einsparpotentiale bei der Verbrauchergruppe Pumpen berechnet. Die mögliche jährliche Endenergieeinsparung beträgt 135 MWh. Außerdem können bei der Verbrauchergruppe Pumpen neben den beträchtlichen Endenergieeinsparpotentialen auch ökonomische Amortisationszeiten von deutlich unter 10 Jahren erzielt werden. Es empfiehlt sich somit der Einbau von hocheffizienten und, wenn es aufgrund der wechselnden Betriebsbedingungen erforderlich ist, drehzahlgeregelten Pumpen. Durch den Ersatz der bestehenden Kältemaschinen durch hocheffiziente Kältemaschinen können im Otto-Wagner-Spital jährlich bis zu 115 MWh an Endenergie eingespart werden. Im Kälteleistungsbereich von 10 kW konnte eine ökonomische Amortisationszeit von unter 5

³² Unter einer thermischen Vollsanierung wird eine Dämmung der gesamten Gebäudehüllfläche inkl. Fenster und Türen verstanden.

Jahren errechnet werden (siehe Abbildung 25). In diesem Kälteleistungsbereich ist daher der Einsatz von hocheffizienten Maschinen besonders sinnvoll.

Zusammenfassend lässt sich ein ökonomisches und ökologisch/energetisches Ranking der Energieeffizienzmaßnahmen des Otto-Wagner-Spitals ableiten, welches in folgenden Tabellen dargestellt ist.

Tabelle 54: Ökonomischer Maßnahmenkatalog Otto-Wagner-Spital (Quelle: Österreichische Energieagentur)

Maßnahme		Amortisationsdauer ³³	Ranking Ökonomisch
Gebäudehülle	Variante 1	20	4
	Variante 2	>30	6
	Variante 3	29	5
HLK-Verbraucher	Pumpen	7	3
	Kältemaschinen 2	6	2
	Ventilatoren	<1	1

Tabelle 55: Ökologischer Maßnahmenkatalog Otto-Wagner-Spital (Quelle: Österreichische Energieagentur)

Maßnahme		Einsparpotential		
		EEV [MWh/a]	CO ₂ [t/a]	Ranking Ökologisch
Gebäudehülle	Variante 1	6.853	658	3
	Variante 2	9.305	893	2
	Variante 3	18.671	1.792	1
HLK-Verbraucher	Pumpen	135	27	5
	Kältemaschinen 2	115	23	6
	Ventilatoren	188	37	4
	Kältemaschinen 1	66	13	7

5.2 Krankenanstalt Rudolfstiftung

In der Krankenanstalt Rudolfstiftung wurden zwei mögliche Sanierungsvarianten der Gebäudehülle definiert und untersucht. Aus energetischer Sicht würde sich die Umsetzung der Sanierungsvariante 2 empfehlen. Geht man jedoch 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 ökonomisch amortisieren. Jedoch wird aufgrund der in (Kling; 2002, S.8ff) beschriebenen technischen Mängel der bestehenden Fassade des Hochbaus

³³ Bei der ökonomischen Betrachtung von mehreren Leistungsbereichen wird die mittlere Amortisationsdauer über den gesamten betrachteten Leistungsbereich herangezogen.

dringend zur Umsetzung einer Sanierungsvariante geraten. Es kommt zu keiner Amortisation der hocheffizienten Sanierungsvariante gegenüber der Standardvariante (siehe Abbildung 21). 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 einem mittleren jährlichen Endenergieeinsparpotential von 2.553 MWh heraus.

Hinsichtlich der Sanierung der untersuchten HLK-Verbraucher stellte sich bei allen Verbrauchern eine ökonomische Amortisation innerhalb der gewählten Betrachtungszeiträume heraus. Bei allen untersuchten HLK-Verbrauchergruppen setzte sich aufgrund der deutlich geringeren verbrauchsgebundenen Kosten das hocheffiziente Produkt gegenüber dem Standardprodukt durch. Aus diesem Grund wird der Einsatz von hocheffizienten HLK-Verbraucherkomponenten sowohl aus ökonomischer als auch energetischer Sichtweise dringend empfohlen. Im Hochbau und im Westverbau der Rudolfstiftung wurden mit 1.007 MWh/a besonders hohe Einsparpotentiale bei der Verbrauchergruppe Kältemaschinen quantifiziert. Dieses hohe Einsparpotential ist auf die im Anlagenbestand 2010/11 erfassten fünf Großkältemaschinen im Hochbau aus dem Jahr 1990 zurückzuführen. Aus ökonomischer Sicht würde sich eine hocheffiziente Kältemaschine jedenfalls innerhalb von 8 Jahren ökonomisch gegenüber einer Standardmaschine amortisieren. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle der Einsatz von hocheffizienten Kältemaschinen in der Rudolfstiftung dringend empfohlen. Bei den HLK-Verbrauchern in der Rudolfstiftung wurden die zweithöchsten Energie- und CO₂-Einsparpotentiale bei der Verbrauchergruppe Ventilatoren berechnet. Die mögliche jährliche Endenergieeinsparung beträgt 156 MWh. Auch aus ökonomischer Sicht ist der Einsatz von hocheffizienten Ventilatorantrieben sehr sinnvoll. Die Amortisationszeit eines hocheffizienten Antriebes im Vergleich zu einem Standardmotor beträgt weniger als ein Jahr (siehe Abbildung 24). Bei der Verbrauchergruppe Pumpen wurde ein Endenergieeinsparpotential von 111 MWh berechnet. Neben den beträchtlichen Endenergieeinsparpotentialen sind ökonomische Amortisationszeiten von deutlich unter 10 Jahren möglich. Es empfiehlt sich somit der Einbau von hocheffizienten und, wenn es aufgrund der wechselnden Betriebsbedingungen erforderlich ist, drehzahlgeregelten Pumpen.

Zusammenfassend lässt sich ein ökonomisches und ökologisch/energetisches Ranking der Energieeffizienzmaßnahmen der Rudolfstiftung ableiten, welches in den folgenden Tabellen dargestellt ist.

Tabelle 56: Ökonomischer Maßnahmenkatalog in der Rudolfstiftung (Quelle: Österreichische Energieagentur)

Maßnahme		Amortisationsdauer ³⁴	Ranking Ökonomisch
Gebäudehülle	Variante 1	>30	4
	Variante 2	>30	4
HLK-Verbraucher	Pumpen	7	3
	Kältemaschinen 2	6	2
	Ventilatoren	<1	1

³⁴ Bei der ökonomischen Betrachtung von mehreren Leistungsbereichen wird die mittlere Amortisationsdauer über den gesamten, betrachteten Leistungsbereich herangezogen.

Tabelle 57: Ökologischer Maßnahmenkatalog in der Rudolfstiftung (Quelle: Österreichische Energieagentur)

Maßnahme		Einsparpotential		
		EEV [MWh/a]	CO ₂ [t/a]	Ranking Ökologisch
Gebäudehülle	Variante 1	2.553	245	2
	Variante 2	2.851	274	1
HLK-Verbraucher	Pumpen	111	22	6
	Kältemaschinen 2	1.007	199	3
	Ventilatoren	156	31	5
	Kältemaschinen 1	619	123	4

5.3 Krankenhaus Hietzing

Hinsichtlich der thermischen Sanierungsvarianten im KH Hietzing stellte sich aus ökonomischer Sicht die Sanierungsvariante 1 – bestehend aus einer Dämmung der obersten Geschoßdecke und der Wände zu unbeheizten Räumen – als am kostengünstigsten heraus. 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. Weiters zeigt die ökonomische Bewertung, dass die Sanierungsvariante 3 (thermische Vollsanie-³⁵) in jedem Fall der Sanierungsvariante 2 (Dämmung der obersten Geschoßdecke und der Wände zu unbeheizten Räumen sowie ein Austausch der Fenster und Türen) vorzuziehen ist. Aufgrund der deutlich geringeren verbrauchsgebundenen Kosten amortisiert sich Sanierungsvariante 3 nach 17,9 Jahren gegenüber der Sanierungsvariante 2. Aus rein energetischer Sicht ist die Sanierungsvariante 3 zu bevorzugen. Somit ist sowohl aus ökonomischer Sicht als auch aus energetischer Sicht die Sanierungsvariante 3 der Sanierungsvariante 2 vorzuziehen.

Hinsichtlich der Sanierung der untersuchten HLK-Verbraucher stellte sich bei allen Verbrauchern eine ökonomische Amortisation innerhalb der gewählten Betrachtungszeiträume heraus. Bei allen untersuchten HLK-Verbrauchergruppen setzte sich, aufgrund der deutlich geringeren verbrauchsgebundenen Kosten, das hocheffiziente Produkt gegenüber dem Standardprodukt durch. Aus diesem Grund wird der Einsatz von hocheffizienten HLK-Verbraucherkomponenten sowohl aus ökonomischer als auch energetischer Sichtweise dringend empfohlen. Im KH Hietzing wurden – ebenso wie im Otto-Wagner-Spital – mit 195 MWh/a besonders hohe Einsparpotentiale bei der Verbrauchergruppe Ventilatoren quantifiziert. Auch aus ökonomischer Sicht ist der Einsatz von hocheffizienten Ventilatorantrieben sehr sinnvoll. Die Amortisationszeit eines hocheffizienten Antriebes im Vergleich zu einem Standardmotor beträgt weniger als ein Jahr (siehe Abbildung 24). Bei den HLK-Verbrauchern im Krankenhaus Hietzing wurden die zweithöchsten Energie- und CO₂-Einsparpotentiale bei der Sanierungsvariante 2 der Verbrauchergruppe Kältemaschinen berechnet. Die mögliche jährliche Endenergieeinsparung beträgt 124 MWh. Im Kälteleistungsbereich von 10 kW konnte eine ökonomische Amortisations-

³⁵ Unter einer thermischen Vollsanieung wird eine Dämmung der gesamten Gebäudehüllfläche inkl. Fenster und Türen verstanden.

zeit von unter 5 Jahren errechnet werden (siehe Abbildung 25). In diesem Kälteleistungsbereich ist daher der Einsatz von hocheffizienten Maschinen besonders sinnvoll. Bei der Verbrauchergruppe Pumpen wurde ein Endenergieeinsparpotential von 109 MWh berechnet. Neben den beträchtlichen Endenergieeinsparpotentialen sind ökonomische Amortisationszeiten von deutlich unter 10 Jahren möglich. Es empfiehlt sich somit der Einbau von hocheffizienten und, wenn es aufgrund der wechselnden Betriebsbedingungen erforderlich ist, drehzahlgeregelten Pumpen.

Zusammenfassend lässt sich ein ökonomisches und ökologisch/energetisches Ranking der Energieeffizienzmaßnahmen des Krankenhauses Hietzing ableiten, welches in den folgenden Tabellen dargestellt ist.

Tabelle 58: Ökonomischer Maßnahmenkatalog im Krankenhaus Hietzing (Quelle: Österreichische Energieagentur)

Maßnahme		Amortisationsdauer ³⁶	Ranking Ökonomisch
Gebäudehülle	Variante 1	22	4
	Variante 2	>30	6
	Variante 3	29	5
HLK-Verbraucher	Pumpen	7	3
	Kältemaschinen 2	6	2
	Ventilatoren	<1	1

Tabelle 59: Ökologischer Maßnahmenkatalog im Krankenhaus Hietzing (Quelle: Österreichische Energieagentur)

Maßnahme		Einsparpotential		
		EEV [MWh/a]	CO ₂ [t/a]	Ranking Ökologisch
Gebäudehülle	Variante 1	2.060	198	3
	Variante 2	3.640	349	2
	Variante 3	9.138	877	1
HLK-Verbraucher	Pumpen	109	22	6
	Kältemaschinen 2	124	25	5
	Ventilatoren	195	39	4
	Kältemaschinen 1	78	15	7

³⁶ Bei der ökonomischen Betrachtung von mehreren Leistungsbereichen wird die mittlere Amortisationsdauer über den gesamten, betrachteten Leistungsbereich herangezogen.

6 Benchmarkingsysteme

Der Begriff des Benchmarkings kommt ursprünglich aus dem Vermessungswesen. Er kennzeichnet dort einen dauerhaften Referenzpunkt im Gelände (engl.: bench mark = Bezugspunkt). Ein Benchmark ist also ein Ziel und Benchmarking die Methode, um dieses Ziel zu erreichen. Benchmarking hat sich mittlerweile zur Bewertung von Effizienzsteigerungsmaßnahmen in vielen Bereichen der Produktion und Logistik fest etabliert.

Durch eine standardisierte Vorgehensweise beim Benchmarking und durch die Orientierung an der „Best Practice“ werden eigene Leistungslücken aufgezeigt und gleichzeitig eine Orientierungshilfe zur Realisierung von Verbesserungspotentialen gegeben. Benchmarking kann zur erheblichen Verbesserung der eigenen Organisation beitragen, weil (Tippkötter und Schüwer; 2003, S.16ff):

- Benchmarking keine theoretisch möglichen, sondern praxiserprobte Lösungswege aufzeigt;
- die Ziele für die notwendige Leistungssteigerung aus dem Markt kommen und nicht vom Management oder externen Beratern vorgegeben werden;
- durch den Vergleich mit anderen leistungsfähigen Unternehmen eine kreative Unzufriedenheit geschaffen wird.

Mit keiner anderen Methode ist es möglich, so schnell und kostengünstig eine Leistungs- und Kostentransparenz und damit eine Standortbestimmung als Grundlage für die Optimierungsmaßnahmen zu schaffen.

Sinnvollerweise wird der Vergleich innerhalb ein und derselben Branche angestellt, so dass ähnliche Prozesse und Betriebsinhalte erwartet werden können.

Entscheidend ist beim Benchmarking – neben der Auswahl geeigneter Kennwerte – die Größe des zur Verfügung stehenden Gesamtpools.

Auch wenn Benchmarking als Methode in der Praxis mittlerweile weitestgehend standardisiert ist, gibt es doch sehr unterschiedliche Ausprägungen, die auf die Bedürfnisse des Unternehmens und dessen Benchmarking-Ziele zugeschnitten sind. Nachfolgend werden die gängigsten Benchmarking-Arten beschrieben, die sich aufgrund der Auswahlkriterien des Benchmarks unterscheiden (Tippkötter und Schüwer; 2003, S.16ff).

- Partnerauswahl:

Der erste Unterscheidungsfaktor ist die Partnerauswahl. D.h., mit wem soll verglichen werden. Hier wird entschieden, ob ein internes oder externes Benchmarking durchgeführt werden soll. Bei der Entscheidung für ein externes Benchmarking geht es in weiterer Folge darum, ob der Vergleich innerhalb einer Branche oder branchenübergreifend erfolgen soll. Liegt ein großes, eigenes benchmarkingfähiges Portfolio vor, kann ein Benchmarking in einem ersten Schritt intern stattfinden. Reicht das eigene Portfolio für einen internen Vergleich nicht aus oder soll nach interner Prüfung ein Vergleich mit dem Markt erfolgen, wird das externe Benchmarking gewählt.

- Auswahl nach der Zielsetzung:

Die zweite Unterscheidung erfolgt nach der Zielsetzung des Benchmarkings. Je nachdem, ob die Qualität der eigenen Organisation oder Prozesse, die Kunden-/Mitarbeiterzufriedenheit, das Rendite-/Risikoverhältnis des Portfolios, die Performance einzelner Gebäude oder die Produktivität

der Servicemitarbeiter untersucht werden soll, wird eine der folgenden Benchmarking-Arten gewählt (Tippkötter und Schüwer; 2003, S.17ff):

- Strategisches Benchmarking

Beim strategischen Benchmarking wird die Leistungsfähigkeit der eigenen Organisation untersucht. Voraussetzung dafür ist die Entwicklung von vier Perspektiven. Ziel dieses Benchmarkings ist es nun, die einzelnen Dimensionen zu bewerten und abzubilden. Es sollte immer der Gesamtzusammenhang der einzelnen Perspektiven dargestellt werden, denn nur, wenn die Abhängigkeiten der einzelnen Perspektiven voneinander deutlich werden, lässt sich eine Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit erreichen.

- Prozessbenchmarking

Beim Prozessbenchmarking werden die immobilien- und servicebezogenen Abläufe auf Unternehmens- bzw. Standort und Gebäudeebene untersucht. Zu diesem Zweck müssen diese exakt definiert, strukturiert und anhand relevanter Messgrößen quantifiziert werden. Ziel ist die frühzeitige Beeinflussung durch Prozessoptimierung.

- Kennzahlenbenchmarking

Beim Kennzahlenbenchmarking erfolgt die Konzentration auf einen Kennzahlenvergleich. Die Erfahrung zeigt, dass mit dieser Art von Benchmarking des gesamten Portfolios auf einer stark aggregierten Ebene am ehesten Leistungslücken und Potentiale erkennbar werden.

Im nachfolgenden Abschnitt wird auf die speziellen Herausforderungen des Benchmarkings im Krankenhaus eingegangen.

6.1 Herausforderungen des Benchmarkings in Krankenhäusern

Im Zuge des Projektes wurden in drei Wiener Krankenanstalten für unterschiedliche Verbrauchergruppen in unterschiedlichen medizinischen Anwendungsbereichen Energieverbrauchskennzahlen errechnet. Vergleicht man nun die errechneten Kennzahlen, stellt man zum Teil große Differenzen zwischen den Kennzahlen fest. Dies ist auf die unterschiedliche Ausstattung und Nutzung der drei untersuchten Krankenanstalten zurückzuführen. Diese Thematik stellt eine große Herausforderung für Benchmarking in Krankenanstalten dar. Beim Benchmarking in Krankenhäusern ist insbesondere darauf zu achten, geeignete Vergleichsobjekte bzw. Kennzahlen zu wählen. Erst durch geeignete Vergleichsobjekte und Kennzahlen können der aktuelle Stand des Betrachtungsobjektes sowie entsprechende Optimierungsmaßnahmen ermittelt werden. Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen medizinischen Schwerpunkt-Krankenhäusern stellt die Verfügbarkeit eines geeigneten Benchmarking-Portfolios eine große Herausforderung dar.

Auch wird häufig der Energieverbrauch eines Krankenhauses pro Bett ausgewiesen. Diese Kennzahl ist jedoch nur bedingt auf andere Krankenhäuser anwendbar, da in einigen Krankenanstalten der Großteil des Betriebes die ambulante Versorgung ist, und somit der Bettenstand relativ zu einem Krankenhaus mit Stationsbereich sehr gering ist. Ebenso ist es gängige Praxis, den Energieverbrauch einer Krankenanstalt pro m² auszuweisen. Aufgrund der stark unterschiedlichen Nutzung in den einzelnen Krankenhäusern sind jedoch Energiekennzahlen, die sich auf m² beziehen, nicht unbedingt eine geeignete Bezugsgröße. Da beispielsweise ein m² OP einen weitaus höheren Energieverbrauch

als ein m² Stationsbereich aufweist. D.h. schon die Definition einer geeigneten Bezugsgröße der Kennzahlen ist im Krankenhausbereich sehr schwierig.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass ein Benchmarkingsystem im Krankenhausbereich nur dann sinnvoll ist, wenn das jeweilige Betrachtungsobjekt mit einem vergleichbaren Benchmark-Objekt verglichen wird und wenn eine geeignete Bezugsgröße für die Kennzahlen gewählt wird. Auf die folgenden Punkte sollte bei Benchmarking in Krankenhäusern daher besonders geachtet werden:

- Wahl einer geeigneten Bezugsgröße für die Kennzahlen
- Vergleichbare Ausstattung und Nutzung der Objekte
- Vergleichbare klimatische Bedingungen am Objektstandort

Aufgrund von mangelndem Monitoring des Energieverbrauchs einzelner Verbraucherguppen in Abhängigkeit zu ihrem Einsatzbereich, sowie der Tatsache, dass nur sehr wenige Kennzahlen für den Krankenhausbereich veröffentlicht werden, ist es derzeit sehr schwierig, einen sinnvollen Vergleich von Krankenhäusern mittels Benchmarkingkennzahlen durchzuführen. Auch die im Rahmen dieses Berichts erarbeiteten Energieverbrauchskennzahlen eignen sich aufgrund der unterschiedlichen Nutzung und Gebäudestruktur der drei Krankenhäuser nicht dazu, um Optimierungspotenziale rein aus dem Vergleich der Kennzahlen ableiten zu können. Die erarbeiteten Energieverbrauchskennzahlen können jedoch von jedem untersuchten Krankenhaus intern dazu verwendet werden, um ihre spezifisch gesetzten Effizienzmaßnahmen zu quantifizieren. Als geeignete Vorgehensweise, um in weiterer Folge Energieverbrauchskennzahlen für die interne Bewertung zu generieren, kann die Einführung eines Energiemonitoringsystems auf Basis eines Energiemanagementsystems (EnMS) empfohlen werden.

7 Energiemanagement in Krankenanstalten

Energiemanagement steht für eine systematische Vorgehensweise zur Analyse und Optimierung der Energiesysteme. Die Implementierung eines Energiemanagementsystems dient dem Unternehmen dazu, Verbesserungen im Energiebereich kontinuierlich umzusetzen. Auf internationaler Ebene wurde als Richtlinie für die innerbetriebliche Umsetzung eines Energiemanagementsystems die Norm ISO 50001 „Energiemanagementsysteme“ erarbeitet. Als Basis dafür diente die europäische Norm EN 16001.

In Übereinstimmung mit der Norm ISO 50001 hat ein Energiemanagementsystem (EnMS) folgende wesentliche Ziele zu erreichen:

- Steigerung der Energieeffizienz
- Reduktion der Energiekosten und folglich des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen

Es handelt sich bei der Norm ISO 50001 um eine internationale Norm, die freiwillig im Unternehmen eingeführt werden kann und grundsätzlich keiner externen Zertifizierungspflicht unterliegt.

Ein EnMS beinhaltet nicht nur ein Energiedatenmanagement bzw. die Umsetzung einzelner technischer Maßnahmen, sondern auch strategische und organisatorische Managementansätze. Durch die Implementierung eines EnMS werden im Unternehmen die Voraussetzungen geschaffen, um den Energieverbrauch durch organisatorische und technische Maßnahmen bewusst zu steuern und damit die energiebezogene Leistung laufend zu verbessern. Grundsätzlich kann ein EnMS in jedem Unternehmen – unabhängig von der Unternehmensgröße oder -branche – eingesetzt werden.

Der erste Schritt bei der Einführung eines EnMS ist die umfassende Bestandsaufnahme des energietechnischen Zustands des Unternehmens (Ist-Analyse). Hierbei werden Energieverbräuche erhoben, wesentliche Energieverbraucher ermittelt sowie derzeitige Energiekosten analysiert. In weiterer Folge werden basierend auf dieser Ist-Analyse konkrete Vorschläge für Energiesparmaßnahmen erarbeitet sowie deren kontinuierliche Umsetzung eingeleitet und überprüft. Parallel dazu sind laut ISO 50001 folgende weitere Kernelemente des EnMS im Unternehmen zu implementieren:

- Erarbeitung einer Energiepolitik
- Erstellung eines Registers mit energierelevanten Rechtsvorschriften
- Bewusstseinsbildung und Schulung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter hinsichtlich energietechnischer Aspekte
- Aufbau interner Kontrollmechanismen (inkl. Korrektur- und Vorbeugemaßnahmen)

Ein EnMS stellt den organisatorischen Rahmen in einem Unternehmen dar, um sich kontinuierlich mit der Optimierung der Energieflüsse zu befassen und dadurch Kosten- und CO₂-Einsparungen umzusetzen. Durch eine EnMS wird sichergestellt, dass ein Unternehmen oder eine Organisation kontinuierlich den folgenden Zyklus durchläuft:

- Vorgaben bzw. Einsparziele definieren
- Aktivitäten planen
- Aktivitäten umsetzen und Resultate überprüfen
- Neue Vorgaben definieren

Durch diesen Zyklus wird eine kontinuierliche Optimierung der Energieflüsse im Unternehmen gewährleistet.

Grundsätzlich kann ein EnMS im Unternehmen entweder als eigenständiges Managementsystem eingeführt oder in ein bestehendes Managementsystem integriert werden. Falls im Unternehmen bereits ein Umweltmanagementsystem gemäß EMAS bzw. ISO 14001 oder ein Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001 vorhanden ist, wird empfohlen, das EnMS in das bestehende Managementsystem zu integrieren, um Doppelgleisigkeiten (z.B. bei der Dokumentation) zu vermeiden bzw. entsprechende Synergien zu nutzen (z.B. bei externen Audits). Vor allem bei Unternehmen mit einem Umweltmanagementsystem nach ISO 14001 ist die Integration des EnMS ohne großen Aufwand möglich, da sich die Struktur der ISO 50001 stark an die Struktur der ISO 14001 anlehnt.

Im Folgenden werden nun die Kernelemente eines EnMS auf Basis der Norm ISO 50001 beschrieben.

7.1 Verantwortung des Top-Managements

Um ein EnMS erfolgreich zu implementieren, muss die Gesamtverantwortung klar von der obersten Leitung bzw. dem Top-Management übernommen werden. Folgende Aufgaben des Top-Managements sind hierbei in der Norm ISO 50001 definiert:

- Festlegung des Gültigkeitsbereichs (Systemgrenzen) des EnMS
- Erstellung und Überarbeitung der Energiepolitik
- Bestellung eines Energiemanagers und bei Bedarf eines Energiemanagementteams
- Bereitstellung der erforderlichen personellen und finanziellen Ressourcen sowie der technischen Mittel bzw. Infrastruktur
- Sicherstellung der internen Kommunikation
- Festlegung der strategischen Energieziele
- Sicherstellung aussagekräftiger Energieleistungskennzahlen
- Überprüfungsaktivitäten (Management-Review)

Vorteilhaft für die optimale Funktion eines EnMS ist es auch, wenn Führungskräfte Verantwortung im Bereich Energiemanagement übernehmen (z.B. Verantwortung für das Erreichen von operativen Energiezielen). Entsprechende Aufgaben- und Verantwortungsbereiche können z.B. durch Organigramme, Ergänzungen in Stellen- bzw. Funktionsbeschreibungen oder aber durch Prozessbeschreibungen geregelt und dokumentiert werden.

7.2 Energiepolitik

Durch die Energiepolitik wird die Energiestrategie des Unternehmens festgeschrieben. Außerdem stellt sie den Rahmen für die Ableitung von Energiezielen dar. Für die erfolgreiche Implementierung eines EnMS muss vom Top-Management schriftlich eine Energiepolitik erarbeitet werden. Folgende Mindestinhalte sind laut ISO 50001 vorgeschrieben. Diese sind nicht wortwörtlich, aber sinngemäß in die Energiepolitik einzuarbeiten:

- Verpflichtung zur ständigen Verbesserung der energetischen Leistung bzw. Energieeffizienz
- Verpflichtung zur Sicherstellung der Verfügbarkeit von relevanten Informationen

- Verpflichtung zur Bereitstellung aller für das EnMS erforderlichen personellen, technologischen und finanziellen Ressourcen
- Verpflichtung zur Einhaltung energierechtlicher Vorschriften (z.B. energierelevante Gesetze, Kundenvorgaben)
- Unterstützung des Einkaufs von energieeffizienten Produkten und Dienstleistungen
- Berücksichtigung energierelevanter Kriterien bei der Planung von Produktionsprozessen sowie bei Neu- bzw. Umbauten

Grundsätzlich sollte die erarbeitete Energiepolitik über einen längeren Zeitraum Gültigkeit behalten und daher nicht zu spezifisch formuliert werden (z.B. keine zu spezifischen Zielsetzungen).

7.3 Ermittlung relevanter Energieaspekte

Wie bereits erwähnt, ist der erste Schritt zur Einführung eines EnMS mit einer umfassenden Bestandsaufnahme des energietechnischen Zustands des Unternehmens (Ist-Analyse) verbunden. Wichtige Punkte sind dabei die Ermittlung der eingesetzten Energieträger, der Energienutzung (z.B. Beleuchtung, Druckluft, Heizung und Produktionsanlagen) und in weiterer Folge der dazugehörigen Energieverbräuche bzw. Energiekosten. Dazu müssen die entsprechenden Aufzeichnungen erhoben und analysiert werden (z.B. Energierechnungen des Energieversorgungsunternehmens, interne Energieaufzeichnungen, Messprotokolle etc.). Zunächst gilt es herauszufinden, wo entsprechende Energieaufzeichnungen im Unternehmen abgelegt sind und wer für diese verantwortlich ist. Auch ist damit zu rechnen, dass der Detaillierungsgrad der vorhandenen Energieverbrauchsdaten anfangs oft sehr gering ist und Energieverbrauchsdaten nur als Gesamtwert vorliegen.

Im nächsten Schritt gilt es, die wesentlichen Energieverbraucher im Unternehmen zu identifizieren (z.B. nach dem Energieverbrauchsanteil am Gesamtenergieverbrauch, Energiekosten etc.). Für die Bewertung der Energieverbraucher gibt die Norm keine spezifischen Vorgaben vor, diese Bewertung bleibt dem Unternehmen überlassen.

Falls im ersten Schritt die wesentlichen Energieverbraucher nicht identifizierbar sind, hat es sich in der Praxis bewährt, zuerst die Datengrundlage (z.B. durch Messungen oder Berechnungen) zu optimieren. Zur transparenten Darstellung des Energieverbrauchs bezogen auf die Energieträger und die Energienutzung eignen sich zum Beispiel Energiefluß-Diagramme. Ziel ist es, die Faktoren zu identifizieren, welche den Energieverbrauch wesentlich beeinflussen. Dazu dienen Begehungen im Unternehmen, Gespräche mit verantwortlichen Mitarbeitern und die Einsichtnahme in relevante Unterlagen bzw. Dokumente.

Nicht zu vergessen ist, dass aktuelle energetische Bewertungen auch immer vergangene Bewertungen in die Betrachtung einbeziehen und Abschätzungen über den zukünftigen Energieverbrauch beinhalten müssen. Den Abschluss einer energetischen Bewertung stellt auch immer eine Auflistung von nach Relevanz gewichteten Maßnahmen zur Verbesserung der energetischen Leistung des Unternehmens dar.

Grundsätzlich sind energetische Bewertungen laut Norm zu dokumentieren und regelmäßig zu wiederholen. Die ISO 50001 gibt keine bestimmten Intervalle für die Energiebewertung vor, die Festlegung erfolgt hierbei durch das Unternehmen selbst. Im Falle einer externen Zertifizierung empfiehlt es sich, das Intervall an den Auditzyklus anzulehnen und mindestens einmal jährlich eine entsprechende energetische Bewertung durchzuführen.

Folgend ISO 50001 müssen vom Unternehmen ebenfalls Energiekennzahlen festgelegt, dokumentiert und bewertet werden, um die energetische Leitung zu messen. Genaue Vorgaben, welche Energiekennzahlen laufend zu erheben sind, gibt es jedoch nicht.

7.4 Strategische und operative Ziele festlegen

Ein weiterer Punkt zur erfolgreichen Implementierung eines EnMS ist die Fixierung von entsprechenden strategischen und operativen Zielen im Unternehmen. Besonders wichtig ist es, dass energiebezogene Ziele schriftlich für alle relevanten Funktionen, Ebenen, Prozesse und Betriebsmittel definiert und deren Umsetzung entsprechend dokumentiert wird. Diese Ziele müssen in Einklang mit der vom Top-Management erarbeiteten Energiepolitik und den energierechtlichen Vorschriften stehen. Ist in der Energiepolitik beispielsweise festgelegt, dass die erneuerbaren Energieträger forciert werden sollen, muss sich das auch in den strategischen und operativen Zielen wiederfinden. Bei der Festlegung der Ziele sind sowohl die Ergebnisse der energetischen Bewertung (wesentliche Energieverbraucher) als auch technologische Alternativen bzw. finanzielle und wirtschaftliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. In den entsprechenden Zielen können sich auch die Anregungen interessierter Kreise (z.B. Öffentlichkeit, Nachbarn, Behörden, Kunden, Lieferanten) wiederfinden.

7.5 Kommunikation, Kompetenz und Schulung

Eine Forderung der ISO 50001 besteht darin, dass alle Mitarbeiter des Unternehmens sowie relevante Fremdfirmen die Energiepolitik und ihre Aufgaben in Bezug auf das EnMS kennen. Solche Aufgaben können z.B. das Einbringen von Verbesserungsvorschlägen oder die Umsetzung von Energiesparmaßnahmen sein (z.B. Abschalten der Klimaanlage, Beleuchtung, IT etc.). Grundsätzlich wird zwischen unternehmensinterner und externer Kommunikation unterschieden. Ob einzelne Kommunikationsmaßnahmen der internen oder externen Kommunikation zuzuordnen sind, hängt von den gewählten Systemgrenzen des EnMS ab.

Angepasst an die Unternehmensgröße ist festzulegen, wie die interne Kommunikation im Energiebereich erfolgen soll. Die Gestaltung der internen Kommunikation, für deren Sicherstellung das Top-Management verantwortlich ist, bleibt dem Unternehmen überlassen.

Empfehlenswert ist es, diese internen Kommunikationsmaßnahmen bestmöglich in vorhandene Kommunikationsstrukturen einzubinden.

7.6 Dokumentation

Die ISO 50001 selbst setzt nur minimale Anforderungen an die Dokumentation des EnMS voraus. In der Praxis wird der Dokumentationsumfang in den einzelnen Unternehmen je nach Unternehmensgröße, Branche und Komplexität der Prozesse sehr unterschiedlich sein. Die für das EnMS neu zu erstellende Dokumentation sollte auf jeden Fall zum Unternehmen passen und nach Möglichkeit in den vorhandenen Dokumentationsprozess integriert werden können. Die Dokumentation sollte grundsätzlich „schlank“ gehalten werden. Bereits bei der Einführung eines EnMS sollte darauf geachtet werden, nur für wirklich Erforderliches einen Prozessablauf schriftlich festzulegen.

7.7 Überprüfungsaktivitäten

Eines der Kernelemente eines EnMS sind die wiederkehrenden Überprüfungen des energietechnischen Zustands des Unternehmens sowie der bisherigen Zielerreichungen zur Optimierung des Energieverbrauchs.

Grundsätzlich ist sicherzustellen, dass relevante Einflussfaktoren (Energieverbräuche, Energieleistungskennzahlen, Energiereduktionsziele etc.) auf den Energieverbrauch regelmäßig überwacht, gemessen und analysiert werden.

Die vom Unternehmen festgelegte Messung von Energieverbräuchen bzw. sonstiger relevanter Faktoren muss Teil eines festgelegten Messplans sein. Die Anzahl der Messungen und Messintervalle kann je nach Unternehmensgröße, Tätigkeit und Messeinrichtungen (einfache Stromzählern bis hin zu Software-Anwendungen) variieren.

Die Messergebnisse sind zu analysieren, um erforderlichenfalls Korrektur- oder Vorbeugungsmaßnahmen einleiten zu können, bzw. fließen in die vereinbarten Energieleistungskennzahlen ein. Ebenfalls muss vom Unternehmen sichergestellt werden, dass die Genauigkeit der Messeinrichtungen der jeweiligen Aufgabe entspricht und die Messeinrichtungen entsprechend kalibriert sind.

Falls nicht anders festgelegt, muss die Überwachung und Analyse von Energiezielen, Aktionsplänen, Energieleistungskennzahlen etc. zumindest im Management-Review erfolgen.

Weiters müssen in festgelegten Zeitabständen interne Audits des EnMS durchgeführt werden. Durch diese Audits wird überprüft, ob alle Elemente der ISO 50001 ausreichend umgesetzt sind (z.B. Einhaltung energierelevanter Gesetze) und das EnMS zu einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess des Unternehmens beiträgt. Die ISO 50001 gibt kein verpflichtendes Intervall für die Durchführung von internen Audits vor, folglich kann der Zeitabstand vom Unternehmen selbst bestimmt werden. Im Falle einer externen Zertifizierung des Unternehmens empfiehlt es sich, das Intervall in Anlehnung an den Auditzyklus mindestens mit „jährlich“ festzulegen. Vor der Durchführung der internen Audits muss der Auditablauf in einem Auditplan festgehalten werden, der mindestens folgende Angaben enthält:

- Datum des Audits
- Auditier(e)te(r) Bereich(e) und Bezug zum jeweiligen Normelement der ISO 50001
- Zeitplan, wann welcher Bereich auditiert wird.
- Auditteilnehmer
- Interne Auditoren

Nicht zu vergessen ist, dass bei der Auditplanung auch die Ergebnisse früherer interner Audits berücksichtigt werden müssen. Falls es zum Beispiel beim vorhergehenden internen Audit eine Abweichung im Bereich der Einhaltung der energierechtlichen Vorschriften gab, sollte in diesem Bereich beim nächsten Audit ein Schwerpunkt gesetzt werden.

Grundsätzlich muss gewährleistet werden, dass die Durchführung von internen Audits durch objektive und unparteiische interne Auditoren erfolgt (z.B. darf der Energiemanager seinen eigenen Bereich nicht auditieren). Weiters sollten interne Energieauditoren mit der ISO 50001 vertraut sein und ausreichend berufliche Erfahrung bzw. eine Ausbildung im Energiebereich haben. Außerdem sollten sie Kenntnisse und Fähigkeiten in Anlehnung an die ISO 19011 haben, die für interne Auditoren für die Bereiche Qualitäts-, Umwelt- und Arbeitssicherheitsmanagementsysteme gilt.

Schließlich sind die Ergebnisse von internen Audits in einem Auditbericht zu dokumentieren und an das Top- Management zu berichten. Ein Auditbericht kann aus einer einfachen Auflistung von Verbesserungspotenzialen, Abweichungen und möglichen Umsetzungsmaßnahmen bestehen, wobei auch positive Feststellungen angeführt werden sollten. Verbesserungspotenziale bedeuten Empfehlungen, die im Sinne der kontinuierlichen Verbesserung aufgegriffen werden sollten. Bei festgestellten Abweichungen von den vereinbarten Zielvorgaben müssen notwendige Maßnahmen abgeleitet und im Auditbericht dokumentiert werden.

7.8 Schritte zur Implementierung eines Energiemanagementsystems

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die folgenden Punkte zur Einführung eines Energiemanagementsystems in den untersuchten Krankenanstalten notwendig sind:

- Erstellung einer Energiepolitik
- Aufzeigen des Trends des Energieverbrauchs der letzten 2–3 Jahre
- Erstellen von Energiekennzahlen und Eruiern von Bereichen mit möglichen Einsparpotenzialen
- Strategische und operative Ziele festlegen
- Einführung von Programmen zur Verwirklichung der Energiepolitik und der Energieziele
- Überprüfung der festgelegten Energieziele

Um Doppelgleisigkeiten zu vermeiden, sollte auf bereits bestehende Strukturen in den untersuchten Krankenhäusern aufgesetzt werden. Durch das Projekt „HEALTH“ sind bereits wichtige Grundpfeiler zur Einführung eines EnMS errichtet worden. Vor allem das Aufzeigen des Trends des Energieverbrauchs und das Erstellen von Energiekennzahlen sowie die Identifikation von möglichen Einsparpotenzialen wurden bereits im Rahmen des Projekts erarbeitet. Zusätzlich zu den durch das Projekt gewonnenen Erkenntnissen verfügen alle drei untersuchten Krankenanstalten auch bereits über eine verschriftlichte Umweltpolitik.

Die Stabsstelle Umweltschutz koordiniert entsprechende Agenden im Wiener Krankenanstaltenverband (KAV). In allen Spitälern und Pflegewohnhäusern des KAV wurden bereits Umweltteams etabliert. Aufgabe der Umweltteams ist die Weiterentwicklung des Umweltschutzes in den Einrichtungen des Wiener Krankenanstaltenverbandes sowie die Integration des Umweltgedankens in die tägliche Arbeitspraxis. Ein/e Umweltkoordinator/in leitet das Umweltteam und koordiniert die Umweltaktivitäten. Die Umweltansprechpartner/innen sind Direktoren/innen aus den Kollegialen Führungen bzw. leitende Direktoren/innen, die umweltrelevante Entscheidungen in den Spitälern bzw. Pflegewohnhäusern herbeiführen. Über das Umweltforum, welches ca. dreimal im Jahr stattfindet, erfolgt die Kooperation und der Erfahrungsaustausch zwischen den Umweltkoordinatoren/innen und Umweltansprechpartner/innen. In diese bereits vorhandenen und ausgeprägten Strukturen würde sich ein Energiemanagementsystem sehr gut eingliedern lassen, wodurch der Implementierungsaufwand eines EnMS erheblich reduziert werden würde.

Auch wurden in den untersuchten drei Wiener Krankenhäusern bereits Energieeffizienzstandards im Rahmen der vorhandenen Umweltpolitik definiert. Diese Energieeffizienzstandards werden derzeit durch eine Strategie zur Forcierung von ökologischen und energieeffizienten Bauwerken im Wiener Krankenanstaltenverband festgeschrieben. Ziel dieses Strategieplans ist es, einheitliche Energiestandards für alle zukünftigen Neu-, Zu- und Umbauten sowie Generalsanierungen zu definieren, um den

Einsatz von Energie im Krankenanstaltenverbund so emissionsarm und effizient wie möglich zu gestalten.³⁷

Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass in den untersuchten Wiener Krankenhäusern auf Basis der Erkenntnisse des Projekts sowie der von der Stabstelle Umweltschutz geschaffenen Strukturen bereits gute Voraussetzungen für die Implementierung eines EnMS vorhanden sind.

³⁷ Siehe: <http://www.wienkav.at/kav/umweltschutz/>; Zugriff am 17.10.2012

8 Energy Contracting in Krankenanstalten

Wie sich im Rahmen der Studie gezeigt hat, finden sich gerade im Krankenhaus erhebliche Potentiale zur Reduzierung des Energieeinsatzes. Gleichzeitig zweifelt auch niemand an den positiven Wirkungen, die mit der Realisierung von Energiesparmaßnahmen herbeigeführt werden können. Und dennoch ist es häufig schwierig, ökonomisch sinnvolle Einsparmaßnahmen umzusetzen.

Genau hier kann das Modell „Energy Contracting“ zum Einsatz kommen. Folgend diesem Modell erlaubt die Krankenanstalt einem spezialisierten Unternehmen („Contractor“), Energiesparmaßnahmen in ihren Gebäuden umzusetzen. Der Contractor bringt die hierzu erforderlichen finanziellen und personellen Ressourcen und sein spezifisches Know-how ein und übernimmt auf Wunsch auch weitere Dienstleistungen wie Betriebsführung und Instandhaltung der Anlagen.

Grundsätzlich spricht man von Energy Contracting, wenn von einem Contractor Energieeffizienzmaßnahmen in einem Unternehmen, einer Organisation oder einer Gemeinde („Contracting-Nehmer“) finanziert und umgesetzt werden. Refinanziert werden diese Investitionen des Contractors durch die erzielten Energieeinsparungen oder durch den Verkauf der Energie an den Contracting-Nehmer. Das Modell Energy Contracting ist vor allem für größere Energieanlagen bzw. umfangreiche Sanierungsmaßnahmen zu empfehlen.

Der wesentliche Nutzen von Contracting liegt in der vereinfachten Umsetzung der Energieeffizienzmaßnahmen. Da es sich bei Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen oft auch um eine Vielzahl relativ kleiner Teilinvestitionen handelt, ist die Prozedur der Ausschreibung für alle einzelnen Teilkomponenten, die Planung der einzelnen Effizienzmaßnahmen sowie die entsprechende Organisation der Umsetzung meist eines der größten Hemmnisse.

Energy-Contracting bietet der Krankenanstalt ein stark vereinfachtes Modell an, um Energieeffizienzmaßnahmen umzusetzen. Alle notwendigen Arbeiten wie Gutachtenerstellung, Objektauswahl, Finanzierung, Besicherung, Technologieauswahl usw. können vom Contracting-Unternehmen übernommen werden. Dadurch liegt der größte Teil der Arbeit beim Contracting-Unternehmen und nicht mehr bei der Krankenanstalt.

8.1 Contracting-Varianten

Im Laufe der Zeit haben sich verschiedene Varianten des Energy Contractings entwickelt. Üblicherweise wird zwischen (i) Einspar- bzw. Performance-Contracting und (ii) Anlagen-Contracting unterschieden. Die Besonderheiten und Unterschiede dieser Energy-Contracting-Modelle werden im Folgenden dargestellt.

8.1.1 Einspar- / Performance-Contracting

Einspar-Contracting, auch Performance-Contracting genannt, ist ein vertraglich vereinbartes Modell, bei welchem der Contractor beim Contracting-Nehmer Energieeffizienzmaßnahmen durchführt (z.B. Wärmedämmung der Gebäudehülle), die zu geringeren Energiekosten führen. In weiterer Folge garantiert der Contractor dem Contracting-Nehmer eine bestimmte Energieeinsparung. Die Investitionskosten der Energieeffizienzmaßnahmen werden vom Contractor getragen und müssen aus den erzielten Energieeinsparungen innerhalb eines fixen Zeitraums (üblicherweise zwischen 7 und 15 Jahren) refinanziert werden.

Beim Einspar-Contracting analysiert der Contractor die Energiesituation des Contracting-Nehmers und erarbeitet Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Senkung der Energiekosten. Ausgehend vom aktuellen Energieverbrauch werden dem Contracting-Nehmer spezifische Energieeinsparungen im Contracting-Vertrag garantiert. Der Contractor kann je nach Vertragsgestaltung folgende Leistungen übernehmen:

- Planung und Durchführung der Energieeffizienzmaßnahmen
- Garantie von Energieeinsparungen
- Betrieb und Instandhaltung von Anlagen
- Vorfinanzierung der Energieeffizienzmaßnahmen
- Einschulung der NutzerInnen

Um die Einsparungen, die durch die Effizienzmaßnahmen des Contractors herbeigeführt werden, bewerten zu können, wird zu allererst der durchschnittliche Energieverbrauch des Contracting-Nehmers ermittelt (es wird hierbei empfohlen, einen Zeitraum von mindestens drei Jahren heranzuziehen). Dieser wird als sogenannte „Baseline“ im Vertrag fixiert und dient während der Vertragslaufzeit als Grundlage für die Ermittlung der tatsächlich erzielten Einsparung und damit der Höhe der Contracting-Rate. Die tatsächlich anfallenden Energiekosten werden während der Vertragslaufzeit lediglich um Faktoren (z.B. Klima-, Nutzungs- und Preisänderungen etc.) bereinigt, die der Contractor nicht beeinflussen kann. Die entsprechenden Formeln für die Bereinigung des tatsächlichen Energieverbrauchs müssen im Contracting-Vertrag festgelegt werden.

Wie bereits erwähnt, müssen sämtliche Kosten, die beim Contractor entstehen (Planung, Investition, Finanzierung etc.) aus den Energieeinsparungen refinanziert werden. Der Auftraggeber bezahlt daher innerhalb der Vertragslaufzeit lediglich die tatsächlichen Energiekosten an den Energieversorger und die monatliche „Contracting-Rate“ an den Contractor. Diese „Contracting-Rate“ bildet sich aus der Differenz der ursprünglichen Energiekosten (Baseline) und den Energiekosten nach erfolgreicher Umsetzung der Energieeffizienzmaßnahmen. Im Falle einer zu geringen Energieeinsparung trägt der Contractor das Risiko. Folglich kann die Gesamtsumme der Energiekosten die bisherigen Energiekosten des Contracting-Nehmers nicht übersteigen.

Der Contracting-Nehmer kommt durch Energy-Contracting sofort nach Umsetzung der Effizienzmaßnahmen in den Genuss der Vorteile einer verbesserten Anlage (Betriebssicherheit, NutzerInnen-Komfort, Bedienungsfreundlichkeit etc.) bzw. einer sanierten Gebäudehülle, ohne Investitionen tätigen zu müssen und ohne das Risiko, ob die berechneten Einsparungen auch tatsächlich erreicht werden. Von der Energieeinsparung der gesetzten Energieeffizienzmaßnahmen profitiert er jedoch erst am Ende der Vertragslaufzeit. Auf Wunsch des Contracting-Nehmers ist es auch möglich, dass dieser bereits während der Vertragslaufzeit an den erzielten Energieeinsparungen beteiligt wird. Jedoch verlängert sich dadurch die Vertragslaufzeit.

8.1.2 Anlagen-Contracting

Das Modell Anlagen-Contracting basiert darauf, dass der Contractor eine energietechnische Anlage auf seine Kosten beim Contracting-Nehmer errichtet und mit diesem einen längerfristigen Vertrag über die Lieferung von Wärme, Dampf, Kälte, Druckluft, Strom etc. zu einem vereinbarten Preis abschließt. Dieser Preis beinhaltet die Kosten für die bezogene Nutzenergie, alle Serviceleistungen (Wartung, Inspektion, Instandsetzung, Betriebsmitteleinkauf, Notdienst, etc.) sowie die Investitionen des Contractors.

Den Serviceleistungen kommt im Anlagen-Contracting besondere Bedeutung zu, da es auch für den Contractor von enormem Interesse ist, die Anlage so wirtschaftlich und energieeffizient wie möglich zu führen, um die Refinanzierung der Investitionskosten gewährleisten zu können. Häufig werden in Anlagen-Contracting-Verträge auch Garantieelemente aufgenommen, beispielsweise Regelungen für den Ausfall der Anlage (Versorgungssicherheit, Störservice etc.), Ertragsgarantien bei Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie usw.

Die entsprechenden Energiekosten werden vertraglich fixiert und über statische Indices der Preisentwicklung angepasst (Ölpreis, Lohn- und Instandhaltungsindices). Je nach Finanzierungsmodell steht die Anlage entweder im Eigentum des Contractors oder eines Leasinggebers. Nach Ende des Vertrages geht die Anlage – falls nicht anders vereinbart – ins Eigentum des Contracting-Nehmers über. Folglich trägt der Contractor das volle technische und wirtschaftliche Risiko der Anlage, wohingegen der Contracting-Nehmer von einem fix vereinbarten Energiepreis inklusive einer optimal gewarteten Anlage profitiert, die in den meisten Fällen nach Ende der Vertragslaufzeit zu seinem Eigentum wird. Ziel des Anlagen-Contracting ist es, den Contracting-Nehmer in Fragen der Energieversorgung zu entlasten, damit sich dieser optimal auf seine Kernkompetenzen konzentrieren kann.

8.2 Vorteile von Energy Contracting

Einer der größten Vorteile von Energy Contracting besteht in der Erfolgsgarantie durch den Contractor. Der Contracting-Nehmer trägt dadurch kein Investitionsrisiko. Das finanzielle und technische Risiko der neuen Energieanlage bzw. der Energieeffizienzmaßnahmen trägt allein der Contractor. Der Contractor verpflichtet sich, eine Mindesteinsparung bzw. spezifische Energiekosten zu erzielen, wobei die Leistungen des Contractors allein aus den eingesparten Energiekosten bzw. der erzeugten Energie bezahlt werden müssen. Fallen die Energieeinsparungen geringer aus als geplant, so schmälert das die Vergütung des Contractors, führt jedoch nicht zu Mehrkosten für den Contracting-Nehmer.

Ein weiterer Vorteil für den Contracting-Nehmer besteht darin, dass er seine vorhandenen Investitionsmittel nicht in Energieeffizienzmaßnahmen investieren muss und dennoch von effizienten Anlagen und sanierten Objekten sowie einer professionellen Planung und Errichtung von Energieanlagen bzw. energetischen Verbesserungsmaßnahmen profitiert. Außerdem kann der Contracting-Nehmer nach Refinanzierung der Investition von den erzielten Energieeinsparungen profitieren.

Des Weiteren erspart sich der Contracting-Nehmer die Aufnahme von eigenen Fachleuten für die Energiedienstleistung, da der Contractor für die Umsetzung der Energieeffizienzmaßnahmen sowie für den optimalen Betrieb und die Wartung der Anlage verantwortlich ist.

Wie bereits erwähnt, geht die Durchführung von Energiesparmaßnahmen im Normalfall auch mit der Koordination einer Reihe von ProjektpartnerInnen und Subunternehmen einher. Durch Energy-Contracting wird das gesamte Energieeffizienzprojekt an einen Dienstleister, den Contractor, ausgelagert, der sich um die Abwicklung des gesamten Projektes kümmert und die Gesamtverantwortung für den Erfolg trägt.

Schließlich reduziert sich durch die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen und die Nutzung von innovativen Technologien der Ausstoß von CO₂-Emissionen des Contracting-Nehmers, wodurch umweltbezogene Ziele der Organisation sowie der Politik ohne monetäre Investitionen erreicht werden können und ein positives und verantwortungsbewusstes Image des Contracting-Nehmers unterstrichen wird.

8.3 Fazit

In Österreich hat sich Energy Contracting in Krankenhäusern bis dato noch nicht etabliert. Grund dafür ist die vorhandene Skepsis gegen die Auslagerung von Dienstleitungen. Ein wesentlicher Grund für die Ablehnung von Contracting ist die Befürchtung, vom Contractor abhängig zu werden.³⁸

Die Skepsis des Krankenhauspersonals ist meist auf die Angst vor Einschränkung der Handlungsfähigkeit zurückzuführen. Es besteht z.B. die Befürchtung, dass im Falle einer Störung der haustechnischen Anlagen diese nicht schnell genug und entsprechend dem Wohl der Patienten behoben werden könnten. Des Weiteren löst die Haftungsfrage im Falle von Störungen immer wieder heftige Diskussionen innerhalb des zuständigen Personals aus. Für diese Probleme könnten jedoch durchaus spezifische Contractinglösungen erarbeitet und mithilfe von geeigneten Informationsmaßnahmen dem Krankenhauspersonal vermittelt werden.

Schließlich ist davon auszugehen, dass aufgrund des immer stärker werdenden Kostendrucks und der steigenden Energiepreise in nächster Zukunft auch in den österreichischen Krankenanstalten die Vorteile von Energy-Contracting-Lösungen erkannt und entsprechend nachgefragt werden.³⁹

³⁸ Siehe: <http://www.energy20.net/pi/index.php?StoryID=317&articleID=153516>; Zugriff am 16.10.2012

³⁹ BMVIT, Das energieeffiziente Krankenhaus, 2009 S 45

9 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht wurde im Rahmen des EFRE-Projekts „HEALTH – Länderübergreifende Informationsdrehscheibe: Energie- und Ressourceneffizienz im Gesundheitswesen“ von der Österreichischen Energieagentur erstellt. Die Österreichische Energieagentur (AEA) arbeitete in diesem Projekt zentral im Modul Energie, dessen Ziel es war, aufzuzeigen, welchen Beitrag Krankenhäuser leisten können, um bei gleich bleibender Qualität der Versorgung ihre CO₂-Emissionen zu reduzieren. Hierzu wurden von den Projektpartnern technische und organisatorische Maßnahmen, durch die eine Reduktion der CO₂-Emissionen erreicht werden kann, erarbeitet und techno-ökonomisch bewertet.

In enger Zusammenarbeit mit dem Projektpartner Ressourcen Management Agentur (RMA) wurden durch die AEA im Modul Energie die folgenden drei Wiener Krankenhäuser untersucht:

- SMZ⁴⁰ Baumgartner Höhe Otto-Wagner-Spital
- Krankenanstalt Rudolfstiftung
- Krankenhaus Hietzing

Den ersten Meilenstein des Moduls Energie bildete die Erhebung des Energieverbrauchs der Krankenhäuser, die Aufgliederung des Energieverbrauchs nach Energieträgern sowie die entsprechende Zuteilung zu einzelnen Verbrauchern bzw. Verbrauchergruppen. Da derzeit in den Wiener Krankenhäusern lediglich der Gesamtenergieverbrauch der Krankenanstalten regelmäßig erfasst und dokumentiert wird, mussten fehlende Informationen mittels Literaturrecherchen, Energieaudits und Messungen erhoben werden, um den Energieverbrauch der einzelnen Energiesysteme (Heizung, Warmwasser, Ventilatoren, Beleuchtung etc.) abbilden zu können.

Um eine effiziente Durchführung der Arbeiten zu ermöglichen, wurden die durchzuführenden Untersuchungen zwischen der RMA und der AEA nach Art der Verwendung der eingesetzten Energie bzw. nach Verbrauchergruppen aufgeteilt. Die Erfassung und Modellierung des Energieverbrauchs der Heizungs-, Lüftungs- und Klima-Systeme (HLK-Systeme) sowie der thermischen Gebäudehüllen wurde von der AEA, die Erfassung und Modellierung des restlichen Energieverbrauchs der Gebäude (Beleuchtung, medizinische Geräte, Bürogeräte etc.) von der RMA übernommen.

Dem Bericht „Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten“ (Trnka et al.; 2012) kann eine Gliederung des Energieverbrauchs von ausgewählten Referenzpavillons der Wiener Krankenhäuser nach eingesetzten Energieträgern (Strom, Fernwärme etc.) sowie eine Einteilung nach medizinischen Anwendungsbereichen (Station, Intensiv, OP, Diagnose, Sonstiges) und Verbrauchergruppen (Heizung, Warmwasser, Ventilatoren etc.) für die HLK-Systeme und die thermische Gebäudehülle entnommen werden. Der vorliegende Report baut auf den Erkenntnissen des Berichts „Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten“ auf.

Im vorliegenden Bericht wurden anhand der Ist-Situation der Referenzgebäude der drei untersuchten Wiener Krankenanstalten zunächst Methoden (siehe Kapitel 1) erarbeitet, durch welche die Aufteilung des Gesamtenergieverbrauchs der Krankenanstalten auf einzelne HLK-Verbrauchergruppen und medizinische Anwendungsbereiche möglich wurde. Dadurch konnten in einem nächsten Schritt Ener-

⁴⁰ Sozialmedizinisches Zentrum (SMZ)

gieeinsparpotentiale der Referenzgebäude auf alle Gebäude der Wiener Krankenanstalten hochgerechnet werden. Die folgende Bandbreite an Stromverbrauchskennzahlen für die HLK-Verbrauchergruppen konnte im Rahmen dieser Tätigkeiten für alle drei Wiener Krankenanstalten errechnet werden (siehe Tabelle 60).

Tabelle 60: Bandbreite der spezifischen Stromverbrauchskennzahlen pro HLK-Verbrauchergruppe und Nutzungsbereich (Mitterndorfer; 2012)

Verbraucher	Medizinischer Nutzungsbereich			
	Stat. / Sonst.	Amb. / St. I	OP	Diag.
[kWh/m ² a] kond. NGF				
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 60 sind jeweils die Minimal- bzw. Maximalkennwerte der HLK-Verbrauchergruppen pro medizinischem Nutzungsbereich dargestellt. An der Bandbreite ist erkennbar, dass die errechneten spezifischen Energiekennzahlen nicht nur nach Nutzungsbereich, sondern auch nach Krankenhaus stark voneinander abweichen können. Dennoch konnte die Verbrauchergruppe „Ventilatoren“ und der Nutzungsbereich „OP“ in allen untersuchten Krankenhäusern als am energieintensivsten identifiziert werden.⁴¹

Des Weiteren wurden von der AEA spezifische Wärmeverbrauchskennzahlen für die drei Wiener Krankenhäuser errechnet (siehe Tabelle 61).

Tabelle 61: Spezifische Wärmeverbrauchskennzahlen der Wiener Krankenhäuser (Mitterndorfer; 2012)

Verbraucher	Krankenhaus		
	Otto-Wagner-Spital	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

Aus der Darstellung der Wärmeverbrauchskennzahlen geht eindeutig hervor, dass für die Beheizung der größte Teil des Fernwärmeverbrauchs aufgewendet wird. Die niedrigere Wärmeverbrauchskennzahl für die Beheizung der Rudolfstiftung ist durch die besseren U-Werte [W/m²K] der Außenbauteile des Gebäudes bedingt.⁴²

⁴¹ Dies ist bedingt durch die hohen gesetzlichen Anforderungen an eine qualitativ hochwertige Luftkonditionierung im OP-Bereich.

⁴² Das Hauptgebäude der Rudolfstiftung wurde 1977 errichtet. Die Pavillons des Otto-Wagner-Spitals und des Krankenhauses Hietzing zwischen 1904 und 1913.

Mithilfe der errechneten Energieverbrauchskennzahlen (siehe Tabelle 60 und Tabelle 61) konnte der durchschnittliche Gesamtenergieverbrauch der drei Wiener Krankenanstalten aufgeteilt auf die verschiedenen Verbrauchergruppen berechnet werden. Dadurch wurde es im nächsten Schritt möglich, die in den Referenzgebäuden identifizierten Energieeffizienz einsparungen auf die gesamten Krankenanstalten hochzurechnen. Die erarbeiteten Energieeffizienzmaßnahmenpakete können den folgenden Tabellen entnommen werden.

Tabelle 62: Erarbeitete Energieeffizienzmaßnahmenpakete – thermische Gebäudehülle (Quelle: Österreichische Energieagentur)

KH	Maßnahme		
Otto-Wagner-Spital	Gebäudehülle	Variante 1	Dämmung der obersten Geschoßdecke, der Kellerdecke und der Innenwand zu unbeheizt
		Variante 2	Zusätzlich zu Variante 1 – Austausch der Fenster und Türen
		Variante 3	Zusätzlich zu Variante 1 und 2 – Dämmung der Außenwand
Rudolfstiftung	Gebäudehülle	Variante 1	Standardsanierung der Außenbauteile (oberste Geschoßdecke, Außenwand, Kellerdecke, Fenster und Türen)
		Variante 2	Sanierung durch hocheffiziente Außenbauteile
Krankenhaus Hietzing	Gebäudehülle	Variante 1	Dämmung der obersten Geschoßdecke
		Variante 2	Zusätzlich zu Variante 1 – Austausch der Fenster und Türen
		Variante 3	Zusätzlich zu Variante 1 und 2 – Dämmung der Außenwand

Tabelle 63: Erarbeitete Energieeffizienzmaßnahmenpakete – HLK-Stromverbrauchergruppen (Quelle: Österreichische Energieagentur)

	Maßnahme	
HLK-Verbraucher	Pumpen	Trockenläufer – Austausch des bestehenden Antriebsmotors durch einen IE3-Motor
		Nassläufer – Austausch der bestehenden Pumpe gegen eine Hocheffizienzpumpe
	Kältemaschinen	Variante 1 – Austausch der bestehenden Kältemaschine gegen eine Standardmaschine (Stand der Technik 2012)
		Variante 2 – Austausch der bestehenden Kältemaschine gegen eine hocheffiziente Kältemaschine
	Ventilatoren	Austausch des bestehenden Antriebsmotors durch einen IE3-Motor

Die berechneten Energie- und CO₂-Einsparpotentiale der Verbrauchergruppen auf Basis der definierten Sanierungs- bzw. Maßnahmenpakete können Tabelle 64 entnommen werden.

Tabelle 64: Endenergie- und CO₂-Einsparpotential der Wiener Krankenanstalten (Mitterndorfer; 2012)

KH	Maßnahme		Einsparpotential	
			EEV [MWh/a]	CO ₂ [t/a]
Otto-Wagner-Spital	Gebäudehülle	Variante 1	6.853	658
		Variante 2	9.305	893
		Variante 3	18.671	1.792
	HLK-Verbraucher	Pumpen	135	27
		Kältemaschinen 1	66	13
		Kältemaschinen 2	115	23
		Ventilatoren	188	37
Rudolfstiftung	Gebäudehülle	Variante 1	2.553	245
		Variante 2	2.851	274
	HLK-Verbraucher	Pumpen	111	22
		Kältemaschinen 1	619	123
		Kältemaschinen 2	1.007	199
		Ventilatoren	156	31
	Hietzing	Gebäudehülle	Variante 1	2.060
Variante 2			3.640	349
Variante 3			9.138	877
HLK-Verbraucher		Pumpen	109	22
		Kältemaschinen 1	78	15
		Kältemaschinen 2	124	25
		Ventilatoren	195	39

Die größten Einsparpotentiale können im Otto-Wagner-Spital und im Krankenhaus Hietzing durch die thermische Sanierung der Gebäudehülle erreicht werden. Im Unterschied dazu liegen in der Rudolfstiftung die größten Einsparungen bei der Verbrauchergruppe „Kältemaschinen“. Dieser Umstand ist dadurch begründet, dass die Rudolfstiftung (Baujahr 1977) im Vergleich zum Otto-Wagner-Spital und Krankenhaus Hietzing (Baujahr 1904 bis 1913) ein relativ neues Gebäude darstellt. Zudem geht der hohe Klimatisierungsbedarf des Hochbaus der Rudolfstiftung mit einem erhöhten Kältebedarf einher, der zum Zeitpunkt der Bestandserhebung (2010/11) mit sehr ineffizienten Kältemaschinen bereitgestellt wurde.

Zusammenfassend stellte sich heraus, dass thermische Sanierungsmaßnahmen mit Energieeinsparungen zwischen 8 und 47 % des Wärmeverbrauchs einhergehen. Durch Energieeffizienzmaßnahmen bei den HLK-Stromverbrauchergruppen (Ventilatoren, Kältemaschinen, Pumpen, Dampfbefeuchter) konnten potenzielle Einsparungen von bis zu 29,5 % des HLK-Gesamtstrombedarfs berechnet werden.

Neben den energetischen Einsparpotentialen wurden auch exemplarische ökonomische Betrachtungen durchgeführt (siehe Kapitel 4). Für das Otto-Wagner-Spital und das Krankenhaus Hietzing stellte sich die thermische Sanierungsvariante 1 als am ökonomisch sinnvollsten heraus. Sanierungsvariante

1 rechnet sich sowohl für die Pavillons des Otto-Wagner-Spital als auch des Krankenhauses Hietzing weit innerhalb der Gebäudenutzungsdauer. Im Vergleich dazu konnte in der Rudolfstiftung keine Amortisation der thermischen Sanierungsvarianten über die Energieeinsparung berechnet werden. Weiters stellte sich heraus, dass eine hocheffiziente thermische Sanierung der Fassade der Rudolfstiftung ökonomisch nicht einer Standardsanierung vorzuziehen ist. Da jedoch die Nutzungsdauer der Fassade der Rudolfstiftung bereits bei weitem überschritten ist, wird die Durchführung einer Fassadensanierung dennoch dringend empfohlen.

Im Rahmen der ökonomischen Bewertung der HLK-Verbraucher wurden Pumpen, Ventilatorantriebe und Kältemaschinen untersucht und bewertet. Hierbei wurde grundsätzlich ein Standardprodukt einem hocheffizienten Produkt gegenübergestellt und bewertet. Es stellte sich heraus, dass es bei allen untersuchten HLK-Verbrauchergruppen innerhalb der Nutzungsdauer zur Amortisation des hocheffizienten Produktes kommt. Als ökonomisch besonders empfehlenswert zeigte sich der Einsatz von hocheffizienten Motoren für den Ventilatorantrieb, welcher sich in den betrachteten Leistungsklassen bereits innerhalb des ersten Jahres rechnet.

Auch wurde im Rahmen des Berichts auf die Herausforderungen von Energiebenchmarking im Krankenhaus eingegangen (siehe Kapitel 6). Eine große Herausforderung stellt die sehr unterschiedliche Ausstattung und Nutzung im Krankenhaussektor dar. Dies führt dazu, dass es schwierig ist, geeignete Vergleichsobjekte für einen Benchmarkingansatz zu finden. Aus diesem Grund sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass der spezifische Energieverbrauch der identifizierten Verbrauchergruppen stark von der Gebäudestruktur und der medizinischen Anwendung im jeweiligen Krankenhaus abhängt. Dies gilt für die errechneten Wärmeverbrauchs- und Stromverbrauchskennzahlen ebenso wie für die Energieeinsparpotentiale. Es ist daher nur bedingt möglich, von den in diesem Bericht ausgewiesenen Kennzahlen und Einsparpotenzialen auf andere Krankenhäuser zu schließen.

Zur weiteren kontinuierlichen Ausschöpfung des Energieeffizienzpotenzials in den untersuchten Wiener Krankenhäusern wurden die nächsten Schritte für die Einführung eines Energiemanagementsystems (EnMS) aufgezeigt (siehe Kapitel 7). Durch die Einführung eines EnMS in den Krankenanstalten würde ein ständiger interner Vergleich und ein Monitoring des eigenen Energieverbrauchs ermöglicht. Dadurch wäre es möglich, umgesetzte Effizienzmaßnahmen im eigenen Haus zu evaluieren. Durch die gewonnene Transparenz des Energieverbrauchs würde auch die Identifikation von weiteren Energieeinsparpotenzialen ermöglicht und dadurch die optimale Ausschöpfung weiterer Energieeffizienzpotenziale garantiert.

Schließlich wurde zur Unterstützung und Forcierung der Umsetzung der identifizierten Effizienzpotenziale ein Energy-Contracting-Modell vorgeschlagen (siehe Kapitel 8). Folgend diesem Modell erlaubt die Krankenanstalt einem spezialisierten Unternehmen („Contractor“), Energiesparmaßnahmen in ihren Gebäuden umzusetzen. Der Contractor bringt die hierzu erforderlichen finanziellen und personellen Ressourcen und sein spezifisches Know-how ein und übernimmt auf Wunsch auch weitere Dienstleistungen wie Betriebsführung und Instandhaltung der Anlagen. Dieses Modell bietet die Möglichkeit, die identifizierten Einsparpotenziale bzw. Effizienzmaßnahmen auszuschöpfen bzw. umzusetzen, ohne dass von der Krankenanstalt selbst finanzielle Mittel aufgebracht werden müssen.

10 Literatur

- (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.
- (Benke et al.; 2009) Benke, G. et al.: Das energieeffiziente Krankenhaus. Realistische Ansatzpunkte und Maßnahmenidentifikationen, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 22/2009, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2009.
- (Brandl und Kanzian; 2011) Brandl, G., R. Kanzian: Energiemanagementsysteme nach ISO 50001, Tipps für die Umsetzung, WIFI Schriftenreihe 348, Wien, 2011.
- (Gerstbauer; 2010) Gerstbauer, C.: Erstellung eines Leitfadens zum Optimieren lufttechnischer Anlagen in produzierenden Betrieben, Diplomarbeit, Pinkafeld, Juli 2010.
- (Hinterndorfer et al.; 2010) Hinterndorfer, M., M. Laaber, P. Sattler: Energieeffiziente Klimatisierung, Broschüre im Auftrag der MA 27, Wien, 2010.
- (Hoffmann und Kulterer; 2009) Hoffmann, M. und K. Kulterer.: 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 Nichtwohngebäuden, Bericht, Österreichische Energieagentur, Wien, 2008.
- (Lackner und Holanek; 2007) Lackner, P. und N. Holanek: Schritt für Schritt Anleitung für die Implementierung von Energiemanagement, Handbuch, Österreichische Energieagentur, Wien, 2007.
- (Mitterndorfer; 2012) Mitterndorfer, M.: Analyse und Bewertung des Energieeinsparpotentials von HLK-Systemen in Krankenanstalten, Master Thesis, Wien, 2012.
- (Nipkow und Michel; 2011) Nipkow, J. und A. Michel: 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.
- (ÖGUT; 2007) Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik: Energiesparen in Betrieben. Ein Leitfaden für innovative Energiedienstleistungen, WIFI Unternehmerservice der WKÖ, 2007.
- (ÖGUT; 2012) Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik: Contracting-Portal für Österreich, <http://www.contracting-portal.at>, klima:aktiv, April 2012
- (Öhlinger et al.; 2009) Öhlinger, C. et al.: Energie Contracting, Energieinvestitionen innovativ finanzieren, Contracting in oö. Gemeinden und Unternehmen, OÖ. Energiesparverband, 2009.
- (ÖNORM M 7140; 2004) Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM M 7140 – Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach der erweiterten Annuitätenmethode, Wien, 2004.
- (Pfeiffer; 2008) Pfeiffer, M.: Energetische Gebäudemodernisierung, Institut für Bauforschung e.V., Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2008.
- (Radgen und Schmid; 2002) Radgen, P. und Ch. Schmid: 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
- (Simader et al.; 2011) Amtmann, M., T. Barth, S. Mader, M. Mitterndorfer, G. Simader: Kosten-Nutzen-Analyse von energetischen Gebäudesanierungen in Österreich, Österreichische Energieagentur, Wien, Dezember 2011
- (Siemens; 2011) Siemens AG: Steigerung der Energieeffizienz durch ein Energiemanagementsystem. Die DIN EN 16001

- Schritt für Schritt umsetzen, Broschüre, Erlangen, 2011
- (Tippkötter und Schüwer; 2003) Tippkötter, R. und D. Schüwer: Rationelle Energienutzung in Krankenhäusern – Leitfaden für Verwaltung und Betriebstechnik, Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2003
- (Trnka et al.; 2012) Trnka, G., M. Mitterndorfer, G. Simader, T. Barth: Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten, Österreichische Energieagentur – Final Report, Wien, 2012
- (Zach; 2011) Zach, F.: Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissionen der Fernwärmeerzeugung der Fernwärme Wien GmbH, Österreichische Energieagentur, Wien, September 2011

Anhang

Anhang A: Küche des Otto-Wagner-Spitals⁴³

Die konditionierte Bruttogrundfläche der Küche des Otto-Wagner-Spitals (OWS) 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 65: Außenbauteile Küche des Otto-Wagner-Spitals (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 65) 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 Bereitstellung 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 66) identifiziert.

⁴³ Anhang A und Anhang B wurden im Rahmen des Projekts „HEALTH“ von der Österreichischen Energieagentur erarbeitet.

Tabelle 66: Erhobene Pumpen in der Küche des Otto-Wagner-Spitals (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 Küchenebenenflächen	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“⁴⁴ 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.

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

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

Angaben des technischen Personals sowie anhand der abgelesenen Einstellungs- und Verbrauchswerte 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.

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 Verbrauchswerte 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.

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 Verbrauchswerte 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 abzuziehen. 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 26) verdeutlicht.

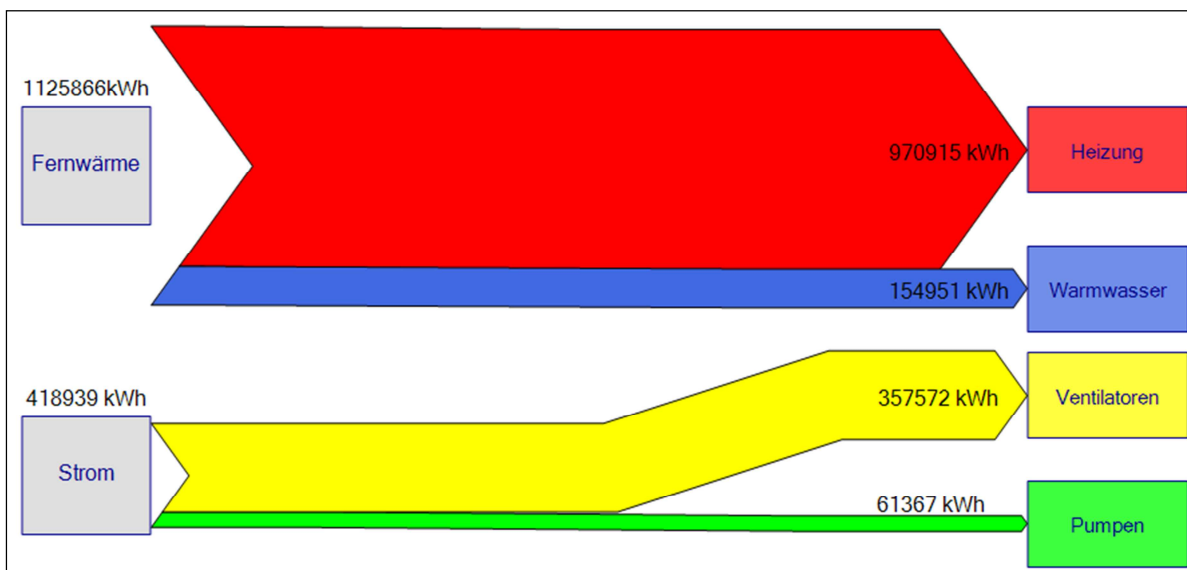


Abbildung 26: Energieflussdiagramm der HLK-Komponenten in der Küche des Otto-Wagner-Spitals (Österreichische Energieagentur, 2012)

Das Energieflussdiagramm zeigt auf, dass der größte Energieverbrauch des HLK-Systems durch die Beheizung des Gebäudes bedingt ist. Für die Warmwasserbereitstellung werden 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 Otto-Wagner-Spitals (Abbildung 27) 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.

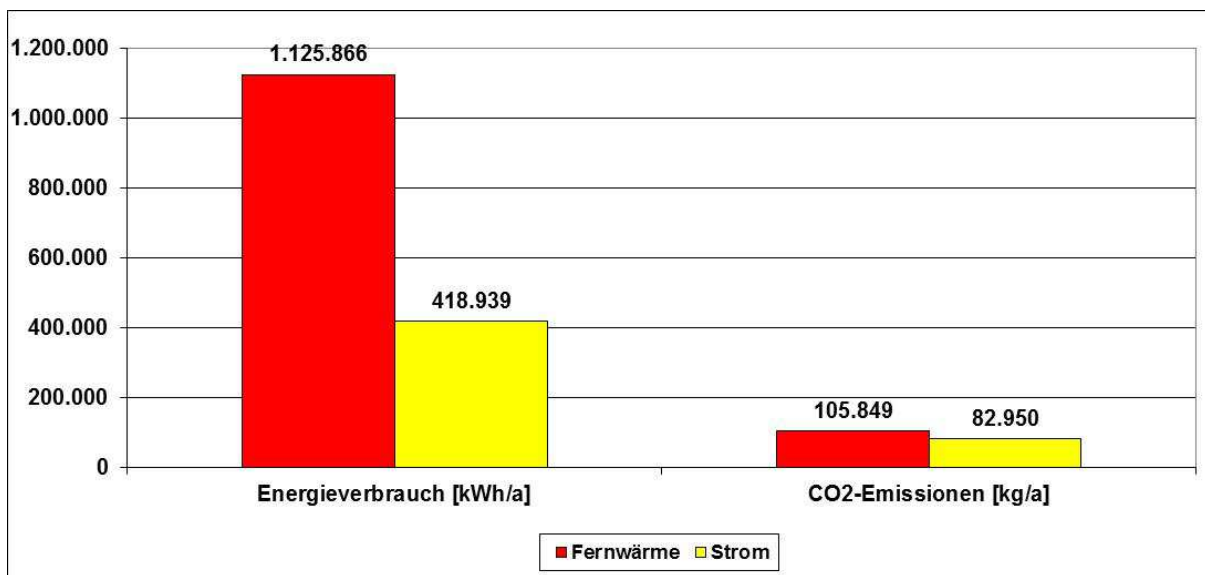


Abbildung 27: Durchschnittlicher Energieverbrauch [kWh/a] und CO₂-Äquivalent [t/a] der Küche des Otto-Wagner-Spitals (Österreichische Energieagentur, 2012)

Der berechnete durchschnittliche Energieverbrauch des HLK-Systems der Küche des Otto-Wagner-Spitals 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 28: Westverbau der Rudolfstiftung (Foto: RMA, 2012)

Die konditionierte Bruttogrundfläche des Westverbaus der Rudolfstiftung (Abbildung 28) 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 einen 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 67: 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 67) 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 Bereitstellung 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 68) identifiziert.

Tabelle 68: 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	Drehzahl geregelt
	Kälteverteilerpumpe	3.000 W	Einstufig
	Free-Cooling-Pumpe	4.000 W	Einstufig
	Kältehauptpumpe	7.500 W	Drehzahl geregelt

Aufbauend auf den im Bericht „Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten“⁴⁵ 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 Klimaanlagen 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

⁴⁵ Siehe: Trnka G. et. al.: Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten, Österreichische Energieagentur - Final Report, Wien, 2012

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 Verbrauchswerte 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 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 der abgelesenen Einstellungs- und Verbrauchswerte 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 der bei der Begehung abgelesenen Einstellungs- und Verbrauchswerte 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 29) 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 30) abgedeckt werden kann.



Abbildung 29: Großkältemaschine mit einer Kälteleistung von 531 kW (Foto: Österreichische Energieagentur, 2012)



Abbildung 30 Free-Cooling-System des Westverbau (Foto: Österreichische Energieagentur, 2012)

Bei den durchgeführten Erhebungen konnten die folgenden Geräte (Tabelle 69) identifiziert werden.

Tabelle 69: Identifizierte Großkältemaschine und Multit-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“⁴⁶ 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 31) verdeutlicht.

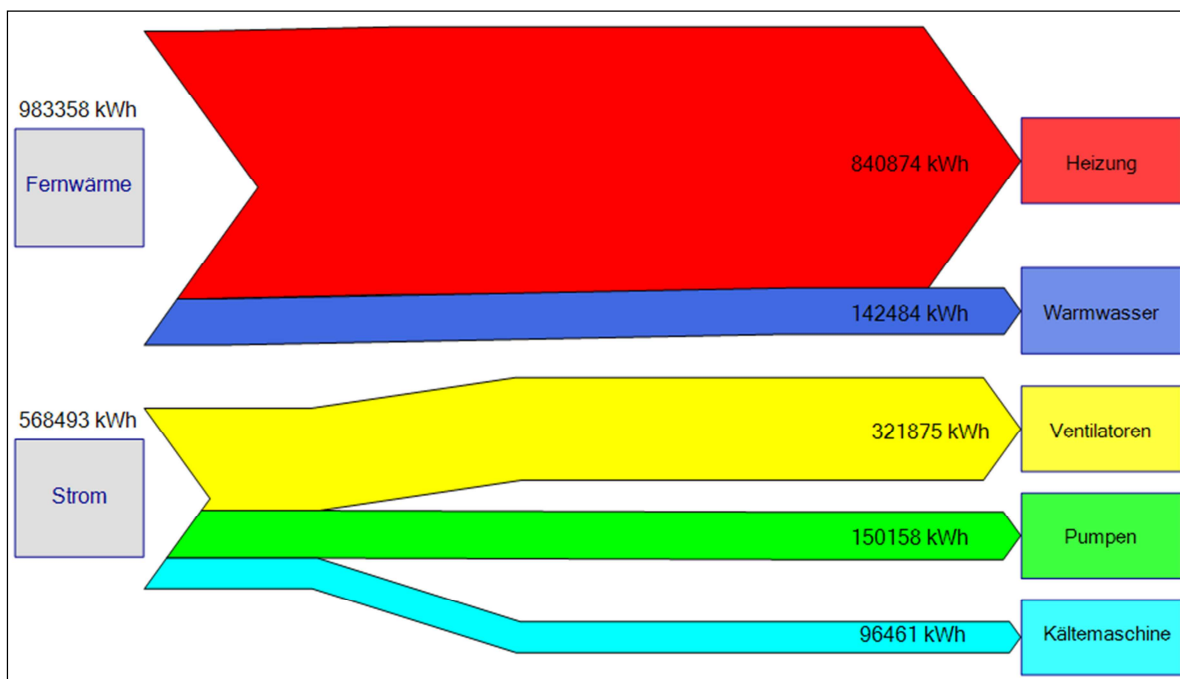


Abbildung 31: Energieflussdiagramm der HLK-Komponenten im Westverbau der Rudolfstiftung (Österreichische Energieagentur, 2012)

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 fallen durch die vorhandenen Pumpen und nur 17,0 % durch die installierte Kältemaschine an.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass unter den angeführten Prämissen derzeit der durchschnittliche klimabereinigte Energieverbrauch der HLK-Komponenten im Westverbau mit 983.358 kWh Fernwärme und 568.493,1 kWh Strom angesetzt werden kann (Abbildung 32). Dieser Energieverbrauch geht mit einem CO₂-Äquivalent von insgesamt 92,4 t für Fernwärme und 112,6 t für Strom pro Jahr einher (Abbildung 32).

⁴⁶ Siehe: Trnka, G. et al.: Analyse des Energieverbrauchs von Wiener Krankenanstalten, Österreichische Energieagentur - Final Report, Wien, 2012

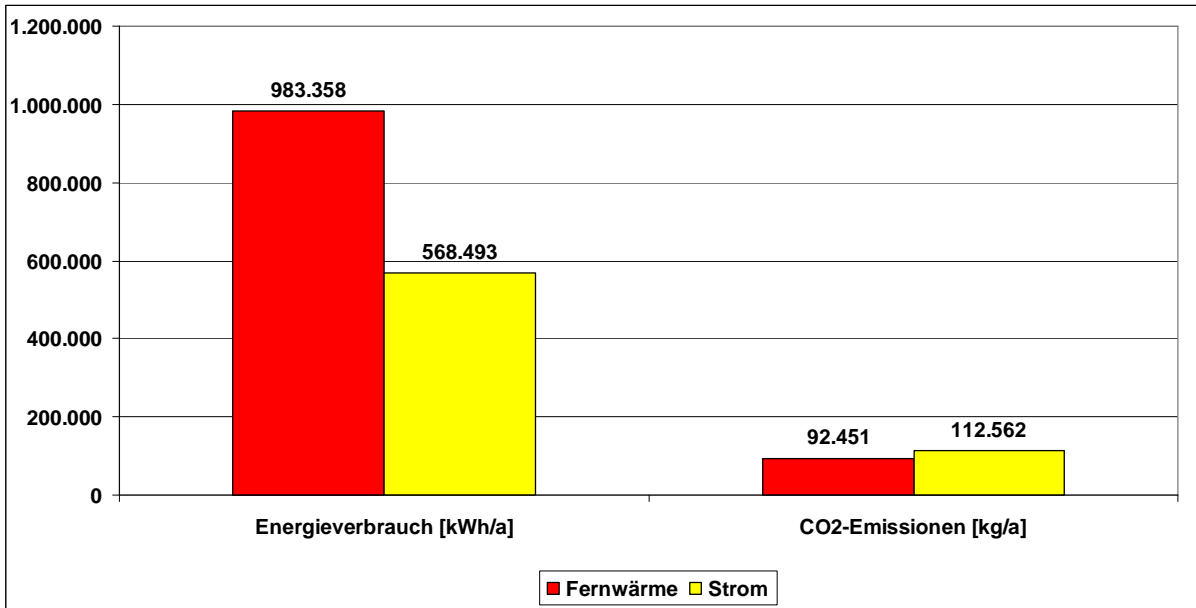


Abbildung 32: Durchschnittlicher Energieverbrauch [kWh/a] und CO₂-Äquivalente [t/a] des Westverbaus der Rudolfstiftung (Österreichische Energieagentur, 2012)

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.



EUROPEAN UNION
European Regional
Development Fund



ÖSTERREICHISCHE ENERGIEAGENTUR – AUSTRIAN ENERGY AGENCY
A-1150 Vienna, Mariahilfer Straße 136 | Phone +43-1-586 15 24 | Fax +43-1-5861524-340
office@energyagency.at | www.energyagency.at