

Maßnahmenkatalog für die Wiener Krankenhäuser (AP5 – Energie 3)

Projekt HEALTH



**Länderübergreifende Informationsdrehzscheibe:
Energie- und Ressourceneffizienz im
Gesundheitswesen**

Modul ENERGIE

(Vers. 1.0)

RRMMMAAAA

Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Ressourcen Management Agentur

**Länderübergreifende
Informationsdrehscheibe:
Energie- und Ressourceneffizienz
im Gesundheitswesen**

(Projekt HEALTH)

**AP5 - ENERGIE 3
Maßnahmenkatalog für die
Wiener Krankenhäuser**

(Vers. 1.0)

**Hans Daxbeck
Andreas Gassner
Roberta Lixia
Stefan Neumayer
Richard Obernosterer
Diederik de Neef**

gefördert aus Mitteln
des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung

Wien, Dezember 2012

RRRMMMAAAA

Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Ressourcen Management Agentur

Projektleitung:
Hans Daxbeck

Projektsachbearbeitung:
Hans Daxbeck
Andreas Gassner
Roberta Lixia
Stefan Neumayer
Richard Obernosterer
Diederik de Neef

Für den Inhalt verantwortlich:
Ressourcen Management Agentur (RMA)
Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Argentinerstrasse 48/2. Stock
1040 Wien
Tel.: +43 (0)1/913 22 52.0
Fax: +43 (0)1/913 22 52.22
office@rma.at; www.rma.at

Mit Unterstützung von
SMZ Baumgartner Höhe - Otto Wagner Spital
Krankenanstalt Rudolfstiftung
Krankenhaus Hietzing mit Neurologischem Zentrum Rosenhügel



Die Ressourcen Management Agentur (RMA)
ist ein Klimabündnisbetrieb

Kurzfassung

Das Projekt HEALTH erzielt die Förderung der Kompetenzentwicklung und Kooperation der Akteure durch Erfahrungsaustausch, Benchmarking und Benchlearning, Training und Wissenstransfer. Das Ziel des Moduls Energie 3 ist es, aufgrund der Ergebnisse des Moduls Energie 2, Energieverbrauchskennzahlen zu ermitteln sowie die Energieeinsparungspotenziale der wesentlichen Energieeinsatzbereiche zu identifizieren und Einsparmaßnahmen zu entwickeln.

In diesem Bericht werden die Energieverbrauchskennzahlen und die Einsparungspotenzialen der drei Wiener Krankenhäuser (Sozialmedizinisches Zentrum Baumgartner Höhe - Otto Wagner Spital (OWS), Krankenanstalt Rudolfstiftung (KAR), Krankenhaus Hietzing mit Neurologischem Zentrum Rosenhügel (KHR)) dargestellt. Es wird auf Basis von ausgewählten Einsparungspotenzialen die Reduzierung der CO₂-Emissionen ermittelt, und es werden 18 Energieeinsparungsmaßnahmen angeführt. Die Maßnahmen werden in einen Maßnahmenkatalog je Spital zusammengefasst, priorisiert, und die Investitionskosten und Einsparungspotenziale bewertet.

Das OWS verbraucht insgesamt 389¹ kWh m⁻² Jahr⁻¹, wovon 312 kWh m⁻² Jahr⁻¹ (bzw. 80 %) auf den Fernwärmeverbrauch, und 70 kWh m⁻² Jahr⁻¹ (bzw. 18 %) auf den Stromverbrauch zurückzuführen sind. Wichtige Leistungskennzahlen hinsichtlich des Energieverbrauches sind die Anzahl Betten, die Anzahl Pflagetage, und die Anzahl Aufnahmen. Pro Bett wird rund 43,7 MWh Jahr⁻¹, pro Pflage tag 136 kWh, und pro Aufnahme 1.735 kWh verbraucht.

Die¹ KAR verbraucht insgesamt 792² kWh m⁻² Jahr⁻¹, wovon 416 kWh m⁻² Jahr⁻¹ (bzw. 52 %) auf den Fernwärmeverbrauch, 282 kWh m⁻² Jahr⁻¹ (bzw. 35 %) auf den Stromverbrauch 93 kWh m⁻² Jahr⁻¹ (bzw. 12 %) auf den Erdgasverbrauch zurückzuführen sind. Pro Bett wird rund 52,8 MWh Jahr⁻¹, pro Pflage tag 161 kWh, und pro Aufnahme 1.045 kWh verbraucht.

Das KHR verbraucht insgesamt 332³ kWh m⁻² Jahr⁻¹, wovon 193 kWh m⁻² Jahr⁻¹ (bzw. 58 %) auf den Fernwärmeverbrauch, 94 kWh m⁻² Jahr⁻¹ (bzw. 28 %) auf den Stromverbrauch, 42 kWh m⁻² Jahr⁻¹ (bzw. 13 %) auf den Erdgasverbrauch zurückzuführen sind. Pro Bett wird rund 34,9 MWh Jahr⁻¹, pro Pflage tag 107 kWh, und pro Aufnahme 750 kWh verbraucht.

Im OWS verbrauchen die HLK-Komponenten (bzw. Pumpen, Ventilatoren, Kältemaschinen, und Dampfbefeuchter) 26,6 kWh m⁻² Jahr⁻¹, die Beleuchtung 17 kWh m⁻² Jahr⁻¹, und die Büro- und Reinigungsgeräte rund 6 kWh m⁻² Jahr⁻¹. In der KAR verbrauchen die HLK-Komponenten 136 kWh m⁻² Jahr⁻¹, die Gebäudetechnische Geräte (z.B. Aufzüge, Druckluft, Drucksteigerung) 16 kWh m⁻² Jahr⁻¹, und die Beleuchtung 15 kWh m⁻² Jahr⁻¹. Im KHR verbrauchen die HLK-Komponenten 33 kWh m⁻² Jahr⁻¹, die Beleuchtung 17,5 kWh m⁻² Jahr⁻¹, und die Reinigungsgeräte rund 12 kWh m⁻² Jahr⁻¹.

Die angeführten Einsparmaßnahmen weisen eine Gesamtersparnis hinsichtlich des Gesamtenergieverbrauchs im OWS von 14 % auf (ca. 8 GWh Jahr⁻¹), und jeweils 10 % in der KAR (ca. 3,7 GWh Jahr⁻¹) und KHR (ca. 3 GWh Jahr⁻¹). Die thermische Sanierung der

¹ Berechnung basiert auf den durchschnittlichen Energieverbrauch über den Zeitraum 2007 – 2010

² Berechnung basiert auf den durchschnittlichen Energieverbrauch über den Zeitraum 2007 – 2010

³ Berechnung basiert auf den durchschnittlichen Energieverbrauch über den Zeitraum 2007 – 2010

Gebäudehülle weist in alle drei Spitäler das größte Einsparungspotenzial auf. Im OWS ist eine theoretische Einsparung von 6,58 GWh Jahr⁻¹ (bzw. 12 %) möglich, in der KAR eine Einsparung von 2,55 GWh Jahr⁻¹ (bzw. 6,5 %), und im KHR eine Einsparung von 2,06 GWh Jahr⁻¹ (bzw. 7 %). Die Maßnahmen erfordern hohe Investitionen und amortisieren sich nicht innerhalb von <20 Jahren.

Die größten Stromverbrauchseinsparungen könnten durch die HLK-Komponentengruppe realisiert werden. Im OWS können 389 MWh Jahr⁻¹ mittels Sanierung der Pumpen, Ventilatoren, und Kältemaschine realisiert werden, in der KAR sind dies 958 MWh Jahr⁻¹, und im KHR 382 MWh Jahr⁻¹. Auch durch die Sanierung der Beleuchtungs-Anlagen können Stromersparnisse realisiert werden. Im OWS können rund 643 MWh Jahr⁻¹ eingespart werden, in der KAR 158 MWh Jahr⁻¹, und im KHR 426 MWh Jahr⁻¹. Durch die Beschaffung von energieeffizienten PCs kann im OWS 120 MWh Jahr⁻¹ an Strom eingespart werden, in der KAR sind dies 63 MWh Jahr⁻¹, und im KHR 114 MWh Jahr⁻¹.

Das OWS emittiert derzeit jährlich rund 6.500 t CO₂ durch den Einsatz der verschiedenen Energieträger. Anhand der angeführten Maßnahmen können die CO₂-Emissionen theoretisch um 872 t CO₂ Jahr⁻¹ reduziert werden, dies entspricht ca. 13 % der gesamter jährlichen CO₂-Emissionen des Spitals. Die KAR emittiert jährlich rund 5.600 t CO₂ durch den Energieeinsatz, was anhand der vorgeschlagenen Maßnahmen um ca. 473 t CO₂ Jahr⁻¹ (bzw. 8 %) reduziert werden kann. Das KHR stoßt jährlich rund 4.160 t CO₂ aus, was um ca. 376 t CO₂ Jahr⁻¹ (bzw. 9 %) verringert werden kann.

Es lassen sich aus den Ergebnissen folgende Schlussfolgerungen ableiten:

Für das Globalbudget eines Krankenhauses haben Energiekosten eine untergeordnete ökonomische Relevanz. Werden die Personalkosten jedoch abgezogen, sind die Ausgaben für Energie nicht unerheblich. Die Energiepreise werden in Zukunft steigen, daher steigen die Einsparungspotentiale und gesetzte Maßnahmen werden in Zukunft immer mehr wert. Die Einsparungspotenziale sind, wie in diesem Projekt gezeigt, erheblich und bereits bei einer Einsparung von wenigen Prozent des Gesamtenergieverbrauchs werden bereits eine Menge Geld und CO₂ eingespart.

Energieverbrauchskennzahlen zeigen, wenn diese regelmäßig und einheitlich ermittelt werden, wie sich der Energieverbrauch im Bezug zu den Leistungskennzahlen entwickelt, damit werden Energieverbrauchstrends sichtbar. Sie bieten dem Management die Richtwerte um einerseits Energieziele zu formulieren, und andererseits um Unregelmäßigkeiten im Energieverbrauch frühzeitig identifizieren zu können und entsprechende Maßnahmen zu setzen.

Die Energiepolitik muss von der obersten Managementetage getragen und gelebt werden. Eine eindeutige Stellungnahme des Top-Managements bietet die Grundlage für jegliche Aktivitäten der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen hinsichtlich der Reduzierung des Energieverbrauchs.

Energiemonitoring ist eine Grundvoraussetzung damit Energieverbrauchstrends dokumentiert und analysiert werden können. Es wird die Möglichkeit geschaffen, Maßnahmen zu operationalisieren und zu überprüfen. Wesentliche Energieeinsatzbereiche sind in erste Linie die HLK-Anlagen, insbesondere bei der

Bausubstanz Hochbau, und in die Funktionsbereiche OPs, Intensiv Stationen, und Ambulanzen.

Bereits mit der Beschaffung bzw. in Ausschreibungen wird der Grundstein für energieeffiziente Geräte gelegt. Dies wird durch die Implementierung der Lebenszykluskosten in die Ausschreibungskriterien möglich. Der Anschaffungspreis entspricht jedoch nicht die Gesamtkosten die hinsichtlich eines Geräts für das Krankenhaus anfallen, dazu ist der Lebenszykluskostenrechnung einzusetzen.

Einsparpotenziale sind durch eine thermische Sanierung der Gebäudehülle zu realisieren. Je nach Maßnahme und Bausubstanz sind Energieverbrauchseinsparungen von 10 bis 55 % möglich. Die Umsetzung von Einsparungsmaßnahmen sind jedoch an hohe Investitionskosten gebunden und wenn, dann rechnen sie sich nur über der langfristige Termin (>20 Jahre).

Bei der HLK-Stromverbrauchergruppen (bzw. Pumpen, Ventilatoren, und Kältemaschinen) sind Einsparungspotenzialen zwischen 5 bis 40 % vorhanden. Die Amortisationsdauer der Einsparungsmaßnahmen befindet sich je nach Gruppe und Sanierungsvariante zwischen <1 Jahr und 10 Jahre. Die Investitionskosten sind entsprechend niedriger wodurch Maßnahmen sich mittelfristig, und in bestimmten Fälle wie zum Beispiel bei der Ventilatoren, bereits kurzfristig amortisieren.

Bei Beleuchtungs-Altanlagen können wesentliche Stromersparnisse realisiert werden durch Umstellung auf Effiziente Beleuchtungskomponenten. Die Komponenten, bzw. Vorschaltgeräte, Leuchtmittel, und Optik, sind als System zu betrachten. Die LED-Technologie ist vielversprechend, derzeit aber noch relativ teuer und im Vergleich mit hocheffizienten Leuchtstoffanlagen sind die praktisch realisierbare Stromersparnisse kaum ausreichend um die Mehrinvestitionskosten zu rechtfertigen. LED-Technologie wird sich über die nächste Jahren jedoch durchsetzen wenn die Massenanfertigung der LEDs ausgereift ist und dadurch die Kosten erheblich reduziert werden können.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	i
Inhaltsverzeichnis	i
1 Einleitung	1
1.1 Projekt HEALTH	1
1.2 Modul Energie	1
2 Zielsetzung	3
2.1 Ziel des Projekts HEALTH	3
2.2 Ziel des Moduls Energie 3	3
3 Methodik	5
3.1 Energieverbrauchskennzahlen	5
3.1.1 Gesamtenergieverbrauchskennzahlen	5
3.1.2 Energieverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung	5
3.1.3 Stromverbrauchskennzahlen der Gerätekategorien	5
3.1.4 Stromverbrauchskennzahlen der Funktionsbereiche	6
3.2 Einsparungspotenzialen	6
3.2.1 HLK	6
3.2.2 Beleuchtung	6
3.2.3 Energie-Effiziente-Beschaffung (EEB)	10
3.3 Quantifizierung der Klimaauswirkungen	11
4 Grundlegende Maßnahmen	13
4.1 Energiepolitik	13
4.2 Energiemonitoring	14
4.3 Energie-effiziente Beschaffung	15
4.3.1 Allgemeines über Energie-Effiziente Beschaffung	15
4.3.2 Lebenszykluskostenrechnung	16
4.3.3 Energieverbrauch bzw. -effizienz als Beschaffungskriterium	18
4.3.4 Energieverbrauchsrichtwerte anhand das Beispiel PCs	18
4.4 Energienutzungsverhalten	19
4.4.1 Datenerfassung	20
4.4.2 Kontextbeschreibung	21
4.4.3 Problemdiagnose	21
4.4.4 Interventionsplanung	22
4.4.5 Umsetzungsphase	22
4.4.6 Monitoring	22
4.5 Energie-Contracting	23
4.5.1 Einspar-Contracting	24
4.5.2 Anlagen-Contracting	25
4.5.3 Rahmenbedingungen in der Sphäre des Objekts	25
4.5.4 Rahmenbedingungen in der Sphäre des Contracting-Nehmers	26
4.5.5 Rahmenbedingungen in der Sphäre des Contractors	26
5 Spezifische Maßnahmen im SMZ Baumgartner Höhe - Otto Wagner Spital	29
5.1 Energieverbrauchskennzahlen	29
5.1.1 Gesamtenergieverbrauchskennzahlen	29
5.1.2 Energieverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung	30

5.1.3	Stromverbrauchskennzahlen.....	31
5.2	Energieeinsparungspotenziale	32
5.2.1	HLK.....	32
5.2.2	Beleuchtung	34
5.2.3	Energieeffiziente Beschaffung (EEB) anhand das Beispiel PCs	37
5.3	Quantifizierung der Klimaauswirkungen	39
6	Spezifische Maßnahmen in der Krankenanstalt Rudolfstiftung	41
6.1	Energieverbrauchskennzahlen	41
6.1.1	Gesamtenergieverbrauchskennzahlen	41
6.1.2	Energieverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung	42
6.1.3	Stromverbrauchskennzahlen.....	42
6.2	Energieeinsparungspotenziale	44
6.2.1	HLK.....	44
6.2.2	Beleuchtung	46
6.2.3	Energieeffiziente Beschaffung (EBB) anhand das Beispiel PCs	49
6.3	Quantifizierung der Klimaauswirkungen	52
7	Spezifische Maßnahmen im Krankenhaus Hietzing (KHR)	53
7.1	Energieverbrauchskennzahlen	53
7.1.1	Gesamtenergieverbrauchskennzahlen	53
7.1.2	Energieverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung	54
7.1.3	Stromverbrauchskennzahlen.....	54
7.2	Energieeinsparungspotenziale	56
7.2.1	HLK.....	56
7.2.2	Beleuchtung	58
7.2.3	Energieeffiziente Beschaffung (EEB) anhand das Beispiel PCs	60
7.3	Quantifizierung der Klimaauswirkungen	63
8	Maßnahmenkatalog.....	65
8.1	Maßnahmenkatalog für das Otto-Wagner Spital (OWS)	65
8.2	Maßnahmenkatalog für die Krankenanstalt Rudolfstiftung (KAR)	66
8.3	Maßnahmenkatalog für das Krankenhaus Hietzing (KHR).....	67
9	Schlussfolgerungen.....	69
10	Literatur.....	71
11	Anhang.....	75
11.1	Praxisbeispiel 1 Energiepolitik.....	75
11.2	Praxisbeispiel 2 Energiepolitik.....	77
11.3	Praxisbeispiel 3 Energiepolitik.....	78
11.4	Praxisbeispiel 4 Energiepolitik.....	79
11.5	Leuchtstoffbeleuchtung & LED	80
11.5.1	Vorschaltgeräte und Treiber	80
11.5.2	Leuchtmittel.....	82
11.5.3	Optik	85
11.5.4	Beurteilungskriterien LED.....	86
11.5.5	Schlussfolgerungen.....	88

1 Einleitung

1.1 Projekt HEALTH

Der vorliegende Bericht wurde im Rahmen des EFRE⁴ - Projekts „Health – Länderübergreifende Informationsdrehscheibe: Energie- und Ressourceneffizienz im Gesundheitswesen“ erstellt. Dieses Projekt unterstützt den länderübergreifenden Informationsaustausch in den Bereichen Energie, Ressourcenmanagement und Wissensentwicklung zwischen Österreich und Ungarn.

Das Projekt ist in vier Module⁵ gegliedert:

1. Wissens- und Qualitätsmanagement
2. Energie
3. Ressourcenmanagement
4. Transfer und Kommunikation

1.2 Modul Energie

Das Modul Energie wird in den drei Wiener Spitälern: Sozialmedizinisches Zentrum Baumgartner Höhe - Otto Wagner Spital (OWS), Krankenanstalt Rudolfstiftung (KAR), Krankenhaus Hietzing mit Neurologischem Zentrum Rosenhügel (KHR) und den drei ungarischen Spitälern: Erzsébet Krankenhaus Sopron (Sopron MVJ Erzsébet Kórház), Markusovszky Krankenhaus Szombathely (Markusovszky Kórház Szombathely), Zala Megyei Krankenhaus (Zala Megyei Kórház), durchgeführt und ist in 3 Arbeitspakete gegliedert

- AP3 Energie 1 – „Vorarbeiten zur Konsolidierung der Datenlage“
- AP4 Energie 2 – „Erfassen der gegenwertigen Situation und Konsolidierung der Datenlage“
- AP5 Energie 3 – „Entwicklung von Maßnahmen und deren Umsetzung in drei bis sechs Krankenhäusern“

Die Arbeiten werden auf österreichischer Seite von der Österreichischen Energieagentur (AEA) und der Ressourcen Management Agentur (RMA), auf ungarischer Seite von der Nyugat-magyarországi Egyetem Kooperációs Kutatási Központ Nonprofit Kft. (KKK) durchgeführt.

Ziel des Moduls Energie ist es, energiesparende Lösungen für Krankenhäuser, die zur Reduktion der CO₂-Emissionen bei gleichbleibender Qualität der Versorgung, führen zu identifizieren und umzusetzen. Durch eine Analyse des Energieverbrauchs und durch die Anwendung von Best-Practice Beispielen werden verschiedene Maßnahmenpakete entwickelt, die eine effiziente Energienutzung aus kurz-, mittel- und langfristiger Sicht ermöglichen.

⁴ (Siehe: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), Creating the future, Programm zur grenzübergreifenden Kooperation Österreich – Ungarn 2007-2013, URL: http://www.sk-at.eu/at-hu/de/01_programm.php, 28. Oktober 2011)

⁵ Weitere Informationen zu den Projektmodulen, sowie zum Projekt finden sich auf den folgenden Websites: Health – Länderübergreifenden Informationsdrehscheibe: Energie- und Ressourceneffizienz im Gesundheitswesen, Projektwebsite, URL:<http://www.healthprojekt.eu>, 28. Oktober 2011)

In diesem Bericht werden die Ergebnisse des Arbeitspaketes 5, „Energie 3“, zusammenfassend dargestellt. Es werden grundlegende Maßnahmen welche sowohl direkte Energieeinsparungen (z.B. Energienutzungsverhalten) als auch indirekte Einsparungsmöglichkeiten (z.B. Energiepolitik, Energiemonitoring) enthalten, aufgezeigt. Je Spital werden die Energieverbrauchskennzahlen pro Energieträger dargestellt, und zusätzlich die Stromverbrauchskennzahlen der Gerätekategorien und Funktionsbereiche analysiert.

Einsparungspotenziale werden für die wesentlichen Energieeinsatzbereiche identifiziert und quantifiziert, und entsprechende Einsparungsmaßnahmen je Spital entwickelt. Die Klimawirkung des Energieverbrauchs der drei Wiener Spitäler, sowie die potenzielle Reduzierung der CO₂-Emissionen der Einsparungsmaßnahmen, werden schließlich quantifiziert. Die Maßnahmen werden je Spital in einen Maßnahmenkatalog zusammengefasst mit einer Priorisierung der Maßnahmen, und eine Bewertung hinsichtlich des Einsparungspotenzial, den Investitionskosten, und der Amortisationszeit.

2 Zielsetzung

2.1 Ziel des Projekts HEALTH

Das Projekt HEALTH erzielt die Förderung der Kompetenzentwicklung und Kooperation der Akteure durch Erfahrungsaustausch, Benchmarking und Benchlearning, Training und Wissenstransfer. Allgemeines Ziel ist die Harmonisierung und die Qualitätsverbesserung der Aus- und Weiterbildung für Gesundheitsberufe, um den Anforderungen zunehmender Patienten- und Mitarbeitermobilität zu begegnen und die vorhandenen Gesundheitssysteme und –ressourcen zu bündeln und sie dadurch nachhaltig und grenzüberschreitend zu stärken.

Im Modul Energie ist es das Ziel den Energieverbrauch der Krankenhäuser zu analysieren, die für den Energieverbrauch wesentlichen Bereiche und Gerätekategorien zu identifizieren und Maßnahmen zur Energieeinsparung bei gleich bleibender Qualität der Dienstleistungen zu entwickeln. Dadurch soll der mögliche Beitrag der Krankenhäuser im Kooperationsraum zur Reduktion der CO₂-Emissionen durch Energieeinsparungen aufgezeigt und genutzt werden.

2.2 Ziel des Moduls Energie 3

Das Ziel des Moduls Energie 3 ist es, aufgrund der Ergebnisse des Moduls Energie 2, Energieverbrauchskennzahlen zu ermitteln sowie die Energieeinsparungspotenziale der wesentlichen Energieeinsatzbereiche zu identifizieren und Einsparmaßnahmen zu entwickeln. Die Einsparmaßnahmen werden hinsichtlich Einsparungspotenzial, Investitionskosten, und Amortisationsdauer bewertet und in einen Maßnahmenkatalog je Spital priorisiert und zusammengefasst. Schließlich werden die Klimawirkungen des Energieverbrauches und der Einsparmaßnahmen quantifiziert.

Übersicht der Ziele des Berichts:

1. Energieverbrauchskennzahlen nach Energieträger
2. Stromverbrauchskennzahlen nach Gerätekategorie
3. Stromverbrauchskennzahlen nach Funktionsbereich
4. Identifizieren und quantifizieren von Energieeinsparungspotenzialen
5. Quantifizieren der Klimawirkungen des Energieverbrauchs und Einsparungspotenzialen
6. Aufzeichnen von Energieeinsparmaßnahmen in einen Maßnahmenkatalog inklusive eine Priorisieren der Maßnahmen und Bewertung hinsichtlich die Einsparungspotenziale, Kosten, und Amortisationsdauer

3 Methodik

3.1 Energieverbrauchskennzahlen

3.1.1 Gesamtenergieverbrauchskennzahlen

Mit Energieverbrauchskennzahlen werden Trends im Energieverbrauch sichtbar gemacht, sie bieten ein Werkzeug für das Energiemanagement im Krankenhaus. Für Bereiche, wo keine Daten vorliegen können anhand von Kennzahlen erste Schätzungen des Energieverbrauchs gemacht werden. Die Kennzahlen stellen ein Verhältnis zwischen dem Energieverbrauch und den entsprechenden Leistungskennzahlen (z.B. Netto Geschossfläche (m²), Bettenanzahl, Pflgetage, und Aufnahmen) dar und werden nach der allgemeinen Formel 3-1 berechnet. Der Energieverbrauch sowie die Leistungskennzahlen basieren auf den Ergebnissen des Moduls Energie 2 (siehe [Daxbeck et al., 2011], und [Trnka et al., 2012]).

Formel 3-1: Allgemeine Rechenverfahren für die Energieverbrauchskennzahlen

$$\text{Energieverbrauchskennzahl [kWh Leistungskennzahl}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}] = \frac{\text{Energieverbrauch [kWh Jahr}^{-1}]}{\text{Leistungskennzahl}}$$

3.1.2 Energieverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung

Sind in dem Bericht von [Mitterndorfer et al., 2012] beschrieben.

3.1.3 Stromverbrauchskennzahlen der Gerätekategorien

Der spezifische Stromverbrauch der Gerätekategorien wird wie die für Funktionsbereiche ermittelt. Es werden die Stromverbräuche der Geräte in den jeweiligen Gerätekategorien summiert und durch die jeweilige Leistungskennzahl dividiert (siehe Formel 3-2). Eine Übersicht je Gerätekategorie spezifischen Stromverbrauchskennzahlen sind in den Kapiteln 5, 6, und 7 dargestellt.

Formel 3-2: Spezifische Stromverbrauchskennzahl der Gerätekategorien

$$S_{G_i} = \frac{\sum_{n=1}^{M_i} P_n t_n}{A_i}$$

S_{G_i} : Spezifischer Stromverbrauchskennzahl der Gerätekategorie „i“ [kWh m⁻² Jahr⁻¹]

M_i : Anzahl der Geräte in Funktionsbereich „i“

P_n : Elektrische Leistung des Geräts „n“ in Funktionsbereich „i“ [kW]

t_n : Betriebsstunden des Geräts „n“ in Funktionsbereich „i“ [Stunden/Jahr]

A : Gesamter Nettogeschossfläche des Funktionsbereichs „i“ [m²]

Die in der Berechnung verwendeten Kenngrößen werden gebildet von den Leistungskennzahlen und der Nettogeschossfläche der jeweiligen Funktionsbereiche (siehe die Ergebnisse des Moduls Energie 2 [Daxbeck et al., 2011]).

3.1.4 Stromverbrauchskennzahlen der Funktionsbereiche

Die Leistungs- und Betriebsdauerannahmen der Musterbereiche werden für ähnliche Geräte bzw. Gerätekategorien in entsprechende Bereiche übernommen. Aus diesen Daten wird eine vollständige Datenbank mit u.a. Kostenstelle, Funktionsbereich, Gerätekategorie, Leistungsangaben, und Betriebsstunden pro Gerät generiert woraus die spezifische Stromverbrauchskennzahlen anhand Formel 3-3 ermittelt werden. Die Berechnung wird auf eventuelle Ausreißer und Repräsentativität überprüft. Kostenstellen für welche kein Stromverbrauch ermittelt werden konnte, oder keine Fläche zugeordnet ist im Kostenstellerverzeichnis, werden nicht berücksichtigt in der Berechnung der spezifischen Stromverbrauchskennzahlen.

Formel 3-3: Rechenverfahren für die Funktionsbereich spezifische Stromverbrauchskennzahlen

$$S_B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{E_{B_i}}{k_i}$$

S_B : Spezifischer Stromverbrauch für Funktionsbereich B [kWh m⁻² Jahr⁻¹]

N : Anzahl der Kostenstellen im Funktionsbereich B

E_{B_i} : Stromverbrauch der Kostenstelle „ i “ innerhalb von Funktionsbereich B [kWh Jahr⁻¹]

k_i : Funktionsbereich B spezifischer Kenngröße [m²] [Anz. Ambul. Leistungen] [Anz. OP] [Anz. Laboruntersuchungen] [Anz. RT/CT/MRT Untersuchungen]

3.2 Einsparungspotenzialen

3.2.1 HLK

Siehe: [Mitterndorfer et al., 2012]

3.2.2 Beleuchtung

3.2.2.1 Energetische Bewertung von Beleuchtungsszenarien

Vorübergehend wird ein Gangbereich in einen der Referenzbereich als Ausgangspunkt für die Gegenüberstellung von verschiedene Beleuchtungsmöglichkeiten gewählt, da einen Umstellung auf LED-Beleuchtung in diesen Bereich im Zuge der Funktion und hohe Brennstunden der Beleuchtung am ehesten durchgeführt werden kann. Der Gangbereich hat in den teilnehmenden Krankenhäusern einen wesentlichen Anteil von 20 % bis 30 % im Verhältnis zur Gesamtfläche, wodurch Einsparungsmaßnahmen breit umgesetzt werden können.

Die Beleuchtungsszenarien können nur dann gegenübergestellt werden wenn sie die gleichen **Qualitätsanforderungen** aufweisen. Um den Beleuchtungsqualität zu bestimmen werden die mittleren Beleuchtungsstärken (\bar{E}_m) sowie die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung auf der Nutzebene verwendet. Für die mittlere Beleuchtungsstärke werden Wartungswerte der EN12464-1 herangezogen [Österreichisches Normungsinstitut, 2003]. Den Wartungswerten entsprechen die Minimalwerte der mittleren Beleuchtungsstärke die während der ganzen Lebensdauer nicht unterschritten werden dürfen (siehe Tabelle 3-1). Zusätzlich werden die Leuchtmittel unter Berücksichtigung der Farbtemperatur und Farbwiedergabeindex gewählt.

Tabelle 3-1: Qualitätsanforderungen der Beleuchtung

Art des Raumes	\bar{E}_m	Gleichmäßigkeit		Farbtemperatur [K]	R _a
		auf der Mittelachse	auf der ges.Fläche		
Flure – während der Tag	200	0,7	0,5	≤ 3.300	≥ 80
Flure – während der Nacht	50	0,7	0,5	≤ 3.300	≥ 80

Anhand des Wartungswerts wird die Beleuchtung **dimensioniert**, bzw. der Mindestzahl der zu installieren Lampe bzw. Leuchten wird anhand der Wirkungsgradverfahren bestimmt (siehe Formel 3-4). Ein Vergleich zwischen Leuchtstoffbeleuchtung (bzw. T8-Leuchtstoffröhre, T5-Leuchtstoffröhre, Kompaktleuchtstofflampe) und LED-Beleuchtung wird anhand von Beleuchtungsszenarien dargestellt.

Formel 3-4: Bestimmen der Lampenzahl

$$n = \frac{E_m \times A}{\Phi_{LP} \times \eta_B \times WF}$$

n : Minimale Lampenzahl

E_m : Wartungswert der Beleuchtungsstärke gemäß EN12464-1 [lx]

A : Raumfläche [m²]

Φ_{LP} : Lampenlichtstrom (Neuwert) [lm]

η_B : Beleuchtungswirkungsgrad

WF : Wartungsfaktor

Die mittlere Beleuchtungsstärke (bzw. Wartungswert) wird nach der Norm EN 12464-1 mittels das Softwareprogramm ReluxSuite Pro (www.relux.biz) berechnet. Für die Reflexionsgrade (bzw. ρ) der Decke, Wände, und Boden wird standardmäßig 70 %, 50 %, und 20 % angesetzt. Die Reflexionsgrade entsprechen nicht die exakten Gegebenheiten des Referenzbereichs, aber sind für einen Vergleich der verschiedene Beleuchtungsszenarien ausreichend.

Neben der Beleuchtungsstärke und Gleichmäßigkeit ist die Blendwirkung einen weiteren wichtige Parameter bezüglich der Beleuchtungsqualität. Die Blendwirkung wird nach den

UGR-Verfahren (bzw. Unified-Glare-Rating) gemäß der Norm EN 12464-1 bewertet und bezieht sich dabei u.a. auf der Leuchtdichte der einzelnen Leuchten in Beobachterrichtung. Der UGR-Wert darf der Maximalwert von 22 nicht überschreiten [Österreichisches Normungsinstitut, 2003] [Richter, 2004].

Die energetische Bewertung der Beleuchtungsszenarien wird anhand der Norm EN 15193 durchgeführt. Der Gesamtenergiebedarf für Beleuchtung entspricht der Summe der Beleuchtungsenergiebedarf ($W_{L,t}$) und der Leerlaufverlust-Energiebedarf (bzw. Energiebedarf der Steuersysteme), es wird in die Szenarien einer manuellen Regelung der Beleuchtung angenommen weshalb nur der Beleuchtungsenergiebedarf wie in Formel 3-5 ermittelt wird.

Formel 3-5: Beleuchtungsenergiebedarf

$$W_{L,t} = \frac{P_n \times F_c \times t_D + P_n \times F_c \times F_0 \times F_D + P_n \times F_c \times t_N}{1000}$$

P_n : Leistung aller Leuchten im Raum oder Zone [W]

F_c : Faktor in Bezug auf die Nutzung der insgesamt installierten Energie, wenn die Konstantlichtregelung in Betrieb ist, im Raum oder in der Zone

t_D : Betriebsstunden während der Tageslichtzeit [h]

F_0 : Faktor in Bezug auf die Nutzung der insgesamt installierten Beleuchtungsleistung zum Belegungszeitraum im Raum oder in der Zone

F_D : Faktor in Bezug auf die Nutzung der insgesamt installierten Beleuchtungsleistung zur Tageslichtverfügbarkeit im Raum oder in der Zone

t_N : Betriebsstunden während der Nicht-Tageslichtzeit [h]

Der Konstantlichtfaktor (F_c) bezieht sich auf das „Konstantlichtkontroll-System“, ein System dass die anfängliche Lichtabgabe reduziert sodass nur der benötigte Wartungswert der Beleuchtungsstärke zu Verfügung steht [DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2008]. In die Beleuchtungsszenarien ist kein Konstantlichtkontrollsystem vorgesehen, die Konstantlichtfaktor wird deswegen mit 1 angenommen.

Der Tageslicht-Teilbetriebsfaktor (F_D) nimmt Bezug auf der Tageslichtverfügbarkeit und des Teilbetriebsfaktors für tageslichtabhängige elektrische Beleuchtungsregelung. Nur ein sehr kleiner Anteil (ca. 5 %) der Gangfläche in die Beleuchtungsszenarien wird von Tageslicht versorgt was sich kaum auf das Energieverbrauch auswirken wird. Zusätzlich wird einen manuellen Regelung der Beleuchtung angenommen wobei der von Tageslicht versorgte Bereich nicht individuell gesteuert werden kann. Deshalb wird für das Tageslicht-Teilbetriebsfaktor $F_D = 1$ angenommen.

Der Belegungs-Teilbetriebsfaktor (F_0) nimmt Bezug auf die Nutzung der gesamten installierten Beleuchtungsleistung zum Belegungszeitraum. Laut [DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2008] gilt $F_0 = 1$ wenn einen Gruppe von Leuchten die zusammenschaltet werden einen Fläche größer als 30 m² beleuchten. Der Gangbereich der Beleuchtungsszenarien weist eine Fläche von ca. 155 m² auf, daher wird der Belegungs-Teilbetriebsfaktor mit 1 angenommen.

3.2.2.2 Wirtschaftlichkeitsbewertung der Beleuchtungsszenarien

Bei der Wirtschaftlichkeitsbewertung werden die Gesamtkosten der Beleuchtungsanlage sowie die Betriebskosten berechnet (Formel 3-6) und die Amortisationsdauer in Bezug zu verschiedene Szenarien ermittelt (Formel 3-7) [Ris, 2008]. Die Daten werden aus den Produktkatalogen sowie Datenblättern der jeweilige Hersteller erhoben. Es ist darauf hinzuweisen das die erhobenen Preisdaten sich auf den Einzelhandel beziehen.

Formel 3-6: Berechnung der Gesamtjahreskosten der Beleuchtungsszenarien [Ris, 2008]

$$K = n \left[\frac{\frac{k_1}{100} K_1 + \frac{k_2}{100} K_2}{z} + t_B \times a \times P + t_B \frac{K_3}{t_L} + \left(t_B \frac{K_4}{t_L} + \frac{R}{z} \right) \right]$$

K: Gesamtjahreskosten

n: Anzahl der Lampen

k_1 : Verzinsung und Abschreibung für K1 [%]

K_1 : Kosten einer Leuchte ohne Lampe [€]

k_2 : Verzinsung und Abschreibung für K2 [%]

K_2 : Kosten für Installationsmaterial und Montage [€ Leuchte⁻¹]

t_b : jährliche Benutzungsdauer [h]

a: Strompreis [€ kWh⁻¹]

P: Leistungsaufnahme einer Lampe inkl. Vorschaltgeräte [kW]

K_3 : Preis einer Lampe [€ Lampe⁻¹]

t_L : Nutzlebensdauer der Lampe [h]

K_4 : Kosten für das auswechseln einer Lampe [€ Lampe⁻¹]

R: Reinigungskosten je Leuchte [€ Leuchte⁻¹]

z: Anzahl der Lampen pro Leuchte

Formel 3-7: Berechnung der Amortisationsdauer [Ris, 2008]

$$t_p = \frac{\Delta K}{\Delta k}$$

t_p : Amortisationsdauer

ΔK : zusätzlicher Kapitalaufwand

Δk : jährlicher Kosteneinsparung

3.2.2.3 Gegenüberstellung von LED- und Leuchtstoffleuchten

Die LED- und Leuchtstoffleuchten werden auf Basis der Lichtausbeute gegenübergestellt. Dabei werden neben der Lampe auch die Strombegrenzung (bzw. Vorschaltel Elektronik) und Optik hinsichtlich der Energieeffizienz der Leuchte betrachtet. Der Vergleich basiert sich auf aktuelle Publikationen und Herstellerangaben von zwei großen Leuchtmittelherstellern. Wo momentan die Effizienzgrenze von LEDs liegt ist jedoch durch die raschen Entwicklungen im Forschungsbereich schwierig zu sagen. Deswegen wird auf die Entwicklungen in der LED-Technologie eingegangen, und werden wichtige Evaluierungsparameter hervorgehoben

damit der technologische Fortschritt durchgehend im Auge behalten werden kann. Diese werden als weitere Maßnahme in Kapitel 11.5 beschrieben.

3.2.3 Energie-Effiziente-Beschaffung (EEB)

Der Energieverbrauch von Geräten ist ein entscheidender Faktor für die Lebenszykluskosten und die Umweltauswirkungen. Die Energieeffizienz eines Geräts sollte so hoch wie möglich sein um unnötige Kosten und Umweltauswirkungen zu vermeiden. Mittels der Beschaffung von Energie effizienten Geräte kann ein Beitrag geleistet werden um sowohl die Betriebskosten zu senken, als auch die negative Auswirkungen auf den Umwelt zu reduzieren. In dieses Maßnahmenpapier wird anhand von verschiedener Beispiele skizziert wie bei dem Einkauf der Energieeffizienz berücksichtigt werden kann.

Das Ziel ist es die Grundlagen zu schaffen für ein einheitliches Kennzeichnungssystem von einem (eventuell an das Nutzerprofile gebunden) Energie-Rating für Geräte in dem Einkaufswarenkorb des KAV-Zentraleinkaufs. Angedacht werden Kennzeichnungen welche sich zum Beispiel an den Energieeffizienzklassen der EU Energy Star® orientieren. Der zentrale Einkauf sollte angehalten werden zumindest ein hocheffizientes Gerät im Warenkorb zu halten und eine Kennzeichnung des Energieverbrauches einzuführen. Dies sollte möglichst in KAV-Breiten Kooperation eingebracht werden.

3.2.3.1 EEB anhand das Beispiel PCs

Die EU Energie Star® Daten werden herangezogen um der Energieverbrauch von PCs anhand verschiedene Nutzungsprofilen exemplarisch zu berechnen und mit den derzeitig verwendete PCs zu vergleichen. Dadurch wird ein Überblick über den Stand der Technik aufgezeigt, in Bezug zu dem Stromverbrauch in verschiedene Betriebsmodi, sowie die derzeit verwendete Technologie.

Das Angebot im Warenkorb von der Zentralen IT-Beschaffung wird gescreent und mit dem Stand der Technik verglichen. Krankenhaus-Intern (bzw. Zentralen IT-Beschaffung) sollte das Augenmerk darauf gelegt werden, vom vorhandenen Warenkorb möglichst das effizienteste Gerät zu wählen. Maßnahmen in diesem Bereich werden auf zwei Ebenen geplant. Einerseits auf der hausinternen Ebene (jener Bereich der von den anwesenden Entscheidungsträgern selbst bestimmt werden kann) und jenen Bereich welche im Kompetenzbereich der zentralen Beschaffung des KAVs liegen.

Um Optimierungsmöglichkeiten darzustellen werden verschiedene Szenarien berechnet. Anhand der EU Energy Star® Datenbank wird ein Auswahl an PCs gemacht die für Standard-Anwendungen geeignet sind, bzw. Prozessor-Geschwindigkeit bis zu 2 GHz, möglichst großes Arbeitsspeicher (bzw. RAM) weil dies mit die Leistungsfähigkeit der PC bestimmt, und einen niedrigen Leistung in die Verschiedene Betriebsmodi. Die Szenarien werden dem Ist-Zustand gegenübergestellt. Der Stromverbrauch der Standard PCs wird nach Formel 3-8 der EU Energy Star® Methodik ermittelt.

Formel 3-8: Berechnungsweise des typischen Stromverbrauch einen Tischcomputer

$$E_{TEC} = \left(\frac{8.760}{1.000} \right) \times \left(P_{Off} \times T_{Off} + P_{Sleep} \times T_{Sleep} + P_{Idle} \times T_{Idle} \right)$$

E_{TEC} : Typische Stromverbrauch [kWh Jahr⁻¹]

P: Leistung in Off-, Sleep-, oder Idle-Modus [W]

T: Verweildauer in Off-, Sleep-, oder Idle-Modus [% eines Tages]

Beispielsweise werden 3 Szenarien mit verschiedenen PCs durchgerechnet. Neben der Leistung variiert die Verweildauer der PCs in den verschiedenen Betriebsmodi. In dem 1. Szenario wird angenommen dass die PCs 24 Stunden pro Tag im Idle-Modus betrieben werden. Im 2. Szenario wird der PC 8 Stunden pro Tag in der Idle-Modus und 16 Stunden im Sleep Modus betrieben. In diesem Szenario wird die Energiesparmanagement Funktion der PC verwendet. Updates können mittels ein sogenanntes ‚wake event‘ durchgeführt werden. Im 3. Szenario wird angenommen dass die PCs 8 Stunden pro Tag im Idle-Modus betrieben werden, und 16 Stunden ausgeschaltet sind. Updates können vor dem Herunterfahren oder mittels ‚Wake On LAN‘ Technologie durchgeführt werden. Die für die Berechnung verwendeten PCs sind in Tabelle 3-2 aufgelistet, der 1. PC ist der derzeitige verwendete Standardrechner.

Tabelle 3-2: Für die Szenarien ausgewählten PCs und einige Eigenschaften

#	PC	CPU	Prozessor- geschwindigkeit [GHz]	RAM [GB]	P _{off} [W]	P _{sleep} [W]	P _{idle} [W]
PCi6 4	Dell Optiplex 960*	Intel Core2 Duo	2,83	8	1,36	2,62	64,4
PCiØ	PC mit durchschnittliche Leistung in Leerlauf- Betrieb	-	-	-	-	-	42,5
PCi3 1	Dell OptiPlex 990 USFF, OptiPlex 790 USFF D01U	Intel Core2 Quad	2,8	8	1,6	1,9	31,2
PCi2 0	Dell OptiPlex 160 / OptiPlex FX160 DC01T	Intel Atom	1,6	4	1,5	2,8	19,9
PCi1 9	Acer Veriton N280G	Intel Atom	1,8	4	0,5	1	19
PCi1 8	Acer Veriton N270G	Intel Atom	1,6	4	0,4	1,3	18,8

* Verwendete als Standard-PC in die teilnehmende Krankenhäuser

3.3 Quantifizierung der Klimaauswirkungen

Die Klimawirkung des Energieverbrauchs wird mittels des Ausstoß der Kohlenstoffdioxid (CO₂) Emissionen bewertet. Die CO₂-Emissionen des Energieverbrauchs werden je Energieträger anhand von CO₂-Emissionsfaktoren bestimmt und die mögliche Reduzierung durch Umsetzung von Energieeinsparungsmaßnahmen ermittelt wie in Formel 3-9 dargestellt. Die für die Berechnung verwendeten CO₂-Emissionsfaktoren sind in Tabelle 3-3 angegeben.

Formel 3-9: Rechenvorgang für das Einsparungspotenzial der Treibhausgasemissionen

$$EP = \sum (E_{i(Ist)} - E_{i(Pot.)}) \cdot EF_{THG,i}$$

EP : Gesamter Einsparungspotenzial der THG-Emissionen aus der Verbrauch der Energieträger „ i “ [kg CO₂Äq. Jahr⁻¹]

$E_{i(Ist)}$: Energieverbrauch in der Ist-Situation aus Energieträger „ i “ [kWh Jahr⁻¹]

$E_{i(Pot.)}$: Potenzielle Energieverbrauch aus Energieträger „ i “ nach Umsetzung der Energieeinsparungsmaßnahme [kWh Jahr⁻¹]

$EF_{THG,i}$: Treibhausgas (THG) Emissionsfaktor von Energieträger „ i “ [kg THG kWh⁻¹]

Tabelle 3-3: Energieträger spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren

Energieträger	Einheit	Emissionsfaktor
Fernwärme ¹	[kg CO ₂ kWh ⁻¹]	0,094
Strom ¹	[kg CO ₂ kWh ⁻¹]	0,198
Diesel ²	[kg CO ₂ Äq. kWh ⁻¹]	0,251
Heizöl ²	[kg CO ₂ Äq. kWh ⁻¹]	0,272
Erdgas ²	[kg CO ₂ Äq. kWh ⁻¹]	0,201
Benzin ²	[kg CO ₂ Äq. kWh ⁻¹]	0,262

¹ Quelle: Wien Energie (2012)

² Umweltbundesamt (2012) EMAS CO₂-Rechner. Direkte CO₂Äq. Emissionen. Zugriff: 22.05.2012.

URL: <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.htm>

4 Grundlegende Maßnahmen

4.1 Energiepolitik

In ein Positionspapier zur Energiepolitik nimmt das Management des Krankenhauses Stellung und zeigt damit dass die Energiepolitik auf höchste Managementebene mitgetragen wird. In der Energiepolitik wird die langfristige Strategie und das Leitbild des Krankenhauses in Bezug auf das Thema Energie und Energieeffizienz vorgegeben [Kapusta et al., 2011]. Das Ziel ist es eine im Krankenhaus **breit getragenen Energiepolitik** nach EN 16001 und ISO 50001 zu verfassen welche von dem Top-Management des Krankenhauses umgesetzt wird. Die Energiepolitik kann als Ergänzung der Umweltpolitik hinzugefügt werden. Weiters wird ein **Kommunikationsplan** erstellt um die Energiepolitik inner- und außerbetrieblich zu präsentieren und die Kommunikation diesbezüglich zu regeln.

In die Energiepolitik werden folgend Punkte festgelegt:

1. der Anwendungsbereich und die Grenzen des Energiemanagementsystems
2. Angemessenheit bezüglich Art und Umfang des Energieeinsatzes und des Energieverbrauchs der Organisation
3. eine Verpflichtung zur kontinuierlichen Verbesserung der energiebezogenen Leistung
4. eine Verpflichtung zur Sicherstellung der Verfügbarkeit von Informationen sowie der zur Erreichung der strategischen und operativen Ziele notwendigen Ressourcen
5. eine Verpflichtung zur Einhaltung aller geltenden gesetzlichen Anforderungen und anderen, durch die Organisation eingegangenen, Anforderungen bezüglich des Energieeinsatzes
6. definiert den Rahmen für die Festlegung und Überprüfung strategischer und operativer Energieziele
7. Unterstützung den Erwerb energieeffizienten Produkte und Dienstleistungen, welche zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung bestimmt sind
8. Kommunikation und Dokumentation innerhalb der Organisation über alle Ebenen
9. Regelmäßige Überprüfung und bei Bedarf Aktualisierung
10. Zugänglichkeit für die Öffentlichkeit

Das Krankenhaus muss sich entscheiden ob sie ihre Energiepolitik und energiebezogenen Leistung extern kommunizieren will. Der Energiepolitik soll auf jeden Fall anhand von einem zu erstellen **Kommunikationsplan** intern kommuniziert werden. Der Kommunikationsplan kann auch im Zuge eines Energiemanagementsystems verfasst werden, es soll die Mitarbeiter oder und Lieferanten ermöglichen Kommentare und Verbesserungsverschlüsse abzugeben (ISO 50001). Die Mitarbeiter sind sowohl für die Umsetzung verantwortlich als auch für das Anführen von wichtige Informationen und Ideen zur Optimierung des Energieverbrauchs [Die Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik, 2011].

Siehe Anhang 11.1 bis 11.4 für Praxisbeispiele Energiepolitiken.

4.2 Energiemonitoring

Das Ziel einer Energiemonitoring ist es der energiebezogenen Leistungen einer Organisation (bzw. Energieeffizienz⁶, Energieeinsatz⁷, Energieverbrauch⁸) fest zu stellen um somit Verbesserungsmöglichkeiten, die zur Senkung des Energieverbrauchs, der Treibhausgasemissionen, und Kosten führen, zu identifizieren. Ein Energiemonitoring umfasst die **Erfassung von Energie- und Leistungsdaten**, die **Ermittlung von Energieleistungskennzahlen**, und eine **energetische Bewertung** einer Organisation und seiner Anlagen. Ein Energie Monitoring System soll angemessen sein, das heißt die wesentlichen Energieeinsatzbereiche⁹ werden betrachtet und das System entspricht der Größe und Komplexität der Organisation und dessen Einrichtungen. Zusätzlich muss ein Energie Monitoring System auf strategische und operative Ziele der Organisation (bzw. Energiepolitik, Energieziele) angepasst sein.

Die **Datenerfassung** kann prinzipiell manuell durchgeführt werden, wird auf Grund der dafür notwendige Personalaufwand und Fehleranfälligkeit am besten automatisiert. Bei einer vollautomatisierten Datenerfassung wird der Energieverbrauch (z.B. in Minuten- oder Stundentakt) nach Energieträger, Bereich, oder Anlage aufgezeichnet. Mittels eines Webbrowser kann auf die Daten zugegriffen werden und eine detaillierte Analyse, eventuell Schwerpunktmäßig, in regelmäßig geplante Zeitabstände durchgeführt werden. Es ist möglich Standardberichte zum Beispiel monatlich automatisch zu erstellen und zu verschicken, als auch Meldungen bei Überschreitung von vorab eingestellten Grenzwerten. Die Messungen müssen regelmäßig überprüft werden um sicherzustellen dass fehlerfreie reproduzierbare Daten erhoben werden. Dabei gehört zum Beispiel auch die regelmäßige Kalibrierung der für die Datenerfassung verwendete Messinstrumenten [ÖNORM EN ISO 50001, 2011]. Die Reproduzierbarkeit und Datenqualität wird mit einem automatisierten Datenerfassungssystem gewährleistet und eine hohe Auflösung der Daten erlaubt eine detaillierter energetische Bewertung.

Die detaillierte Aufzeichnung des Energieverbrauchs wird, insofern dies nicht bereits automatisch in der Datenerfassung gemacht wurde, in Bezug zu der **energiebezogenen Leistung** der Organisation, Abteilung, oder Anlage gestellt. In Krankenhäuser können zum Beispiel die Pflegetage herangezogen werden, oder auf Bereichsebene die Ambulant Leistungen oder Anzahl der OPs. Für die Heizung Lüftung Kühlung (HLK) kann der Fläche (z.B. Bruttogeschoßfläche, Nettogeschoßfläche, konditionierte Fläche) des Krankenhauses herangezogen werden. Anhand der energiebezogenen Leistungskennzahlen werden die **Energiekennzahlen** ermittelt die dazu dienen Energieverbrauchstrends Sichtbar zu machen. Bei der Ermittlung der HLK-Energiekennzahlen ist auf die Witterung Rücksicht zu nehmen, bei dem Energieverbrauch für die Raumheizung ist zum Beispiel einen Bereinigung der Heizgradtage durch zu führen um den Witterungseffekt in der Analyse auszugleichen.

Die **energetische Bewertung** betrifft einerseits die zeitliche Darstellung der Energieleistungskennzahlen um den Energieverbrauchtrend nach Energieträger, Bereich, oder Anlage ersichtlich zu machen, und andererseits ein Vergleich zwischen dem erwarteten

⁶ Verhältnis zwischen eine Leistung (bzw. Produktion, Ertrag, Dienstleistung, usw.) und der eingesetzten Energie

⁷ Methode der Anwendung von Energie

⁸ Menge der eingesetzten Energie

⁹ Bereiche die ein wesentlichen Teil am Energieverbrauch haben oder wo erhebliche Einsparungspotenziale zu realisieren sind

oder dem optimalen Energieverbrauch und dem tatsächlichen Energieverbrauch. Die zeitliche Darstellung zeigt wie sich der Energieverbrauch entwickelt und macht den Effekt von gesetzten Maßnahmen sichtbar, zeigt jedoch nicht ob eine Anlage energetisch optimiert ist. Deshalb soll für wesentliche Energieverbraucher der geringste mögliche Energieverbrauch berechnet und dem tatsächlichen Energieverbrauch gegenübergestellt werden. Dies ergibt Einsicht in das Optimierungspotenzial und bietet die Grundlage für die Zielsetzung und Maßnahmenentwicklung.

4.3 Energie-effiziente Beschaffung

4.3.1 Allgemeines über Energie-Effiziente Beschaffung

Die Lebenszykluskosten eines Gerätes werden neben dem Anschaffungspreis vom Energieverbrauch bestimmt. Dies bedeutet dass mit jeder Beschaffungsentscheidung die Betriebskosten eines Geräts für die durchschnittliche Nutzungsdauer vorbestimmt wird [Deutsche Energie-Agentur GmbH (DENA), 2009]. Die Energiekosten sollten daher im Vorfeld der Beschaffung bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen berücksichtigt werden [Deutsche Energie-Agentur GmbH (DENA), 2009]. Bei zum Beispiel Bürogeräte, liegt der Anschaffungspreis von energieeffizienten Geräten durchaus nicht über jener der weniger effizienten Alternative, wodurch die Beschaffung von energieeffizienten Bürogeräten eine kosteneffiziente, wirtschaftlich gut vertretbare Maßnahme darstellt.

Das Beschaffungsverfahren ist grundsätzlich in fünf Schritte zu unterteilen [Öhlinger, 2009]: Beschaffungspolitik, Bedarfsanalyse, Beschaffungsrichtlinien, Ausschreibung, und Auftragsvergabe. In die Beschaffungspolitik können die allgemeinen Grundsätze der Energiepolitik übertragen werden insofern dies im Zuge einer Unternehmens- oder Umweltpolitik noch nicht gemacht wurde. Energiekriterien bekommen bei der Zuschlagserteilung ein stärkeres Gewicht wenn sie vom Management des Krankenhaus getragen werden [Öhlinger, 2009]. Deshalb ist es wichtig für den Erfolg von einer Beschaffung mit dem Fokus Energieeffizienz, dass das Management sich dafür ausspricht und eindeutig an den Mitarbeitern kommuniziert.

Eine kritische und genaue Bedarfsanalyse muss die Notwendigkeit der Beschaffung, des Umfangs, sowie die Dimensionierung ausweisen [Öhlinger, 2009]. Ein Beispiel wie die Dimensionierung eines Gerät auf den Energieverbrauch Einfluss nimmt wird in Abschnitt 4.3.3 anhand PCs beschrieben. Zusätzlich bietet die Bedarfsanalyse die Möglichkeit eventuelle Alternativen zum Kauf wie zum Beispiel Reparatur oder Leasing zu überprüfen.

In den Beschaffungsrichtlinien werden grundsätzliche Anforderungen (technische, ökonomische, ökologische) der zu beschaffende Produkte festgelegt [Öhlinger, 2009]. In den Beschaffungsrichtlinien können von dem Facheinkäufer der verschiedenen Produktgruppen spezifische Richtwerte bezüglich des Energieverbrauchs festgelegt und in regelmäßigen Abständen aktualisiert werden. Bei Haushaltselektrogeräten, kann das gesetzlich verpflichtete Energielabel als Energierichtwert herangezogen werden. Bei jenen Geräten wo kein verpflichtendes Energielabel vorhanden ist, z.B. bei Gewerblichen Geräten, sind in die Ausschreibung die benötigten Daten anzufordern die es ermöglichen den erwarteten Energieverbrauch grob einzuschätzen (z.B. Energieverbrauch während Betrieb und Bereitschaftsbetrieb). Diese Informationen sind auch notwendig für die

Lebenszykluskostenrechnung, wobei zusätzlich zu dem Beschaffungspreis die Betriebskosten (z.B. Instandhaltungskosten, Energie- und Verbrauchskosten, Entsorgungskosten) die über die Lebensdauer des Geräts anfallen in der Ausschreibung betrachtet werden (siehe Abschnitt 4.3.2). Die Energieeffizienzrichtwerte aus den Beschaffungsrichtlinien werden in die Ausschreibungsunterlagen aufgenommen und gegebenenfalls weiter spezifiziert mit dem Resultat von messbaren Anforderungen in den Ausschreibungen.

4.3.2 Lebenszykluskostenrechnung

Bei der Beschaffung von Geräten wird der Anschaffungspreis des Geräts derzeit als ausschlaggebendes Entscheidungskriterium herangezogen. Der Anschaffungspreis stellt jedoch nur ein Teil der Gesamtkosten eines Geräts dar die während der Nutzung anfallen. Für Organisationen die langfristig planen müssen sind auch die Kosten die während und nach der Nutzungsphase anfallen wesentlich für die Beschaffungsentscheidung, weil dies die Gesamtkosten eines Geräts für die Organisation darstellen. Der Anschaffungspreis als Entscheidungskriterium ist unzureichend um Kosteneinflussfaktoren aus den verschiedenen Lebenszyklen eines Geräts, hinsichtlich der Schaffung von langfristige Einsparungspotenzialen, zu identifizieren und gestalten.

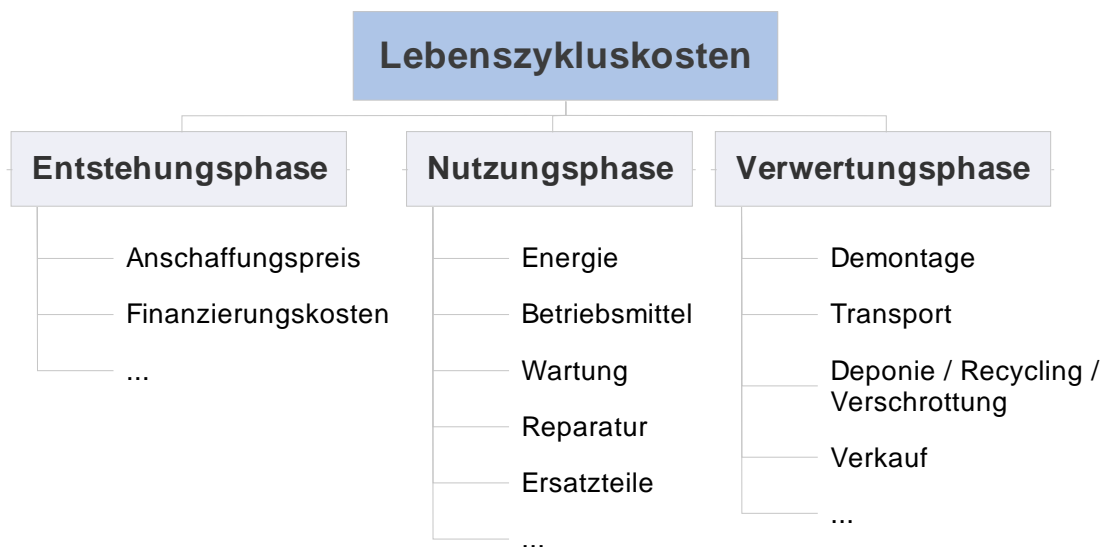


Abbildung 4-1: Übersicht der Lebenszyklusphasen und mögliche Kostenstellen - Darstellung nach [VDMA, 2006]

Die Lebenszykluskostenrechnung bietet dem Einkäufer ein Werkzeug womit die Gesamtkosten eines Geräts über die Nutzungsdauer bestimmt werden kann. Die Kosten werden über die verschiedene Lebensphasen aufgeteilt (siehe Abbildung 4-1) und die Kostentreiber jeder Phase identifiziert [Hoffart & Hirsch, 2011] und quantifiziert. Das Berechnungsverfahren einer Lebenszykluskostenrechnung kann anhand der ÖNORM EN 60300-3-3¹⁰ einheitlich durchgeführt werden. Anhand dieser Methode wird die

¹⁰ ÖNORM EN 60300-3-3 Zuverlässigkeitsmanagement - Teil 3-3: Anwendungsleitfaden - Lebenszykluskosten (<http://www.as-search.at/>)

Gestaltung der Kosteneinflussfaktoren hinsichtlich der Schaffung von langfristigen Einsparungspotenzialen ermöglicht [Specht & Woerner, 2003].

Eine Komponente der Lebenszykluskostenrechnung sind die Energieverbrauchskosten die in der Nutzungsphase des Geräts anfallen (siehe Abbildung 4-1). Der Energieverbrauch kann mittels der Energieverbrauchskosten monetär bewertet werden, Geräte mit einem niedrigen Energieverbrauch werden so automatisch bevorzugt bei der Auftragsvergabe. Um die Energieverbrauchskosten zu bestimmen, ist der Energieverbrauch des Geräts über die Nutzungsdauer zu ermitteln. Wenn eine normierte Energiekennzeichnung (bzw. Energielabel) vorhanden ist können diese Angaben verwendet werden. Obwohl einen normierte Energiekennzeichnung von Haushaltsgeräten nach der Richtlinie 2010/30/EU [Europäische Parlament, 2010] und die dazu gehörende Verordnungen geregelt wird (z.B. Verordnung Nummer 1059/2010 – 1062/2010), liegt für den Hauptteil der Geräte keine Energiekennzeichnung vor. Wenn einen Energiekennzeichnung nicht vorhanden ist, muss aufgrund von Herstellerangaben und der Bedarfsanalyse (siehe Abschnitt 4.3.1) der Energieverbrauch bestimmt werden.

Die Herstellerangaben weisen die Leistungsaufnahme, eventuell in verschiedene Betriebszuständen (z.B. Stand-By, Betrieb, Sparprogramm, usw.), aus, aber es kann auch ein spezifischer Energieverbrauch sein (z.B. kWh Zyklus⁻¹; kWh Jahr⁻¹, usw.). Diese Daten müssen bei der Ausschreibung angefordert werden, wenn diese Daten nicht geliefert werden kann einen vollständige Lebenszykluskostenrechnung nicht durchgeführt werden und das Angebot wird nicht weiter bewertet. Auf diese Weise wird es für einen Anbieter ein Anliegen diese Daten zur Verfügung zu stellen.

Anhand der Bedarfsanalyse werden die Dimensionierung sowie Anzahl der Geräte festgestellt. Anhand dieser Analyse ist zu schätzen wie intensiv ein Gerät voraussichtlich verwendet werden wird, z.B. sind die Betriebsstunden oder Anzahl der Zyklen zu bestimmen. Mit diesen zwei Variablen (bzw. spezifische Energieverbrauch und Nutzung) ist der Energieverbrauch zu ermitteln, beispielsweise können die Formeln Formel 4-1 und Formel 4-2 dafür verwendet werden. Das Rechenverfahren sollte im Vorfeld festgelegt werden und pro Ausschreibung und Gerät einheitlich durchgeführt werden um die Vergleichbarkeit der Energieverbrauchsschätzungen zu gewährleisten.

Formel 4-1: Beispielformel für die Berechnung des Energieverbrauchs eines Geräts anhand der durchschnittliche Leistungsaufnahme und Betriebsstunden

$$E = \overline{P_{el}} \times t_B$$

\overline{E} : Energieverbrauch über den gesamten Nutzungsdauer [kWh]

$\overline{P_{el}}$: Durchschnittliche elektrische Leistungsaufnahme während Betrieb [kW]

t_B : Betriebsstunden während der gesamten Nutzungsdauer [h]

Formel 4-2: Beispielformel für die Berechnung des Energieverbrauchs eines Geräts anhand der spezifischen Energieverbrauch und die Anzahl der Zyklen

$$E = E_{\text{Zyklus}} \times n$$

E : Energieverbrauch über den gesamten Nutzungsdauer [kWh]

E_{Zyklus} : Spezifische Energieverbrauch von ein Zyklus [kWh]

n : Gesamt Anzahl Zyklen während der Nutzungsdauer [-]

4.3.3 Energieverbrauch bzw. –effizienz als Beschaffungskriterium

Die Energiekosten, basieren auf dem Energieverbrauch über die gesamte Nutzungsphase und dem Energiepreis, ist jedoch keinen Maß für Energieeffizienz. Es erlaubt eine monetäre Bewertung der Energiekosten. Richtlinien für den Energieverbrauch bzw. die Energieeffizienz können von der gesetzlich verpflichten Energiekennzeichnung und der Ökokauf-Richtlinien übernommen werden. Auch freiwillige Labels wie der EU Energie Star® für Bürogeräte können ebenso verwendet werden, jedoch können nur die verwendeten Grenzwerte bzw. Richtwerte angeführt werden.

4.3.4 Energieverbrauchsrichtwerte anhand das Beispiel PCs

Die Leistung im Leerlaufbetrieb (EN: Idle-Mode) ist ein wichtiger Parameter bei der Auswahl eines Energieeffizienten PCs. Um zu einer angemessenen Auswahl zu kommen ist eine Übersicht über die PCs die derzeit die Kriterien des EU Energy Star® entsprechen hilfreich um einschätzen zu können was ein „guter“ Leistungswert im Leerlaufbetrieb ist. In Abbildung 4-2 ist die Leistung im Leerlaufbetrieb der in der EU Energy Star® Datenbank aufgenommen PCs wiedergegeben. Die durchschnittliche Leerlaufbetriebs -Leistung liegt derzeit bei 42,5 W, die verwendeten PCs (bzw. PC 1) zeigt eine Leerlaufbetriebs -Leistung von 64,4 W, liegt somit um ca. 20W über dem Durchschnitt (Rot markierte Säule in Abbildung 4-2). Ein „guter“ Leistungswert ist im niedrigen Leistungsbereich zu finden und liegt bei rund 20 W (Grün markierte Säule in Abbildung 4-2).

Um sich entscheiden zu können welche PCs energieeffizient sind ist eine Übersicht der am Markt verfügbaren PCs notwendig um einen Bezug herstellen zu können. In Abbildung 4-2 ist ein derartiger Bezug dargestellt. Dieses Diagramm zeigt die Anzahl der PCs und deren Leistungsaufnahme im Leerlauf-Betrieb die derzeit am Markt verfügbar und in der EU Energie Star® Datenbank gelistet sind. Die Mittlere Leistungsaufnahme liegt bei 42,5 W, ein energieeffizienter PC musste deshalb eine Leistungsaufnahme im Leerlauf-Betrieb unterhalb des Mittelwertes aufweisen. Idealerweise liegt der bei 50 % des Mittelwertes, wenn es die Technische- und Gebrauchsanforderungen erlauben. Bereits bei 70 % der Mittleren Leistungsaufnahme (bzw. Pi31) sind Einsparungen von 50 % im Vergleich zum Altbestand realisierbar.

Die Leistungsaufnahme eines PCs ist mit der Leistungsfähigkeit verbunden, auf die richtige Dimensionierung der PCs ist deswegen besonders zu achten. Für Standard-Büroanwendungen wie Textverarbeitung, Email, und Internet reicht ein Doppelkernprozessor bis zu 2 GHz [Gadocha et al., 2007]. Dies bedeutet dass die oben beschriebenen Maßnahmen

in den meisten Fällen, ohne auf Leistung (z.B.: Prozessorgeschwindigkeit oder RAM-Kapazität) zu verzichten, durchgeführt werden können. Die Anforderungen an die PCs sind im Vorfeld festzulegen um eine angemessene Dimensionierung zu gewährleisten. Dies kann zum Beispiel anhand von Nutzungsprofilen gemacht werden worin die vorgesehenen Tätigkeiten festgehalten werden. Anhand dieser Information kann ein geeigneter PC ausgewählt und der Stromverbrauch optimiert werden.

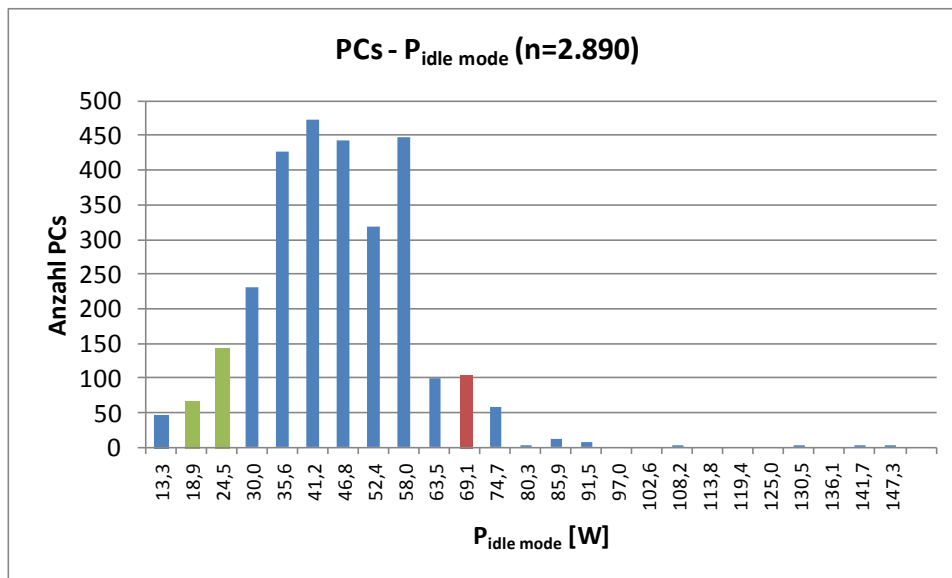


Abbildung 4-2: Leistungsaufnahme von PCs in Idle-Mode (Quelle: <http://www.eu-energystar.org/>; Zugriff: 06.07.2012)

Energieverbrauchsrichtwerte für die Beschaffung von PCs sind in die Ökokaufrichtlinien angeführt und entsprechen den Anforderungen von Energy Star. Die Energy Star Anforderungen sind, dass ein PC im Idle-Modus maximal 50 W aufnehmen darf. In Abbildung 4-2 ist jedoch ersichtlich dass ein PC mit 50 W mit ca. 5 W über dem Durchschnitt nicht unbedingt die aus energetische Hinsicht beste Option wäre. Im Vergleich mit veralteter Technologie ist 50 W zwar eine Verbesserung, aber nach dem Stand der Technik ist 50 W nicht sonderlich effizient.

4.4 Energienutzungsverhalten

Neben technische Faktoren ist die Nutzung von Geräte und Anlagen mit bestimmend für den Energieverbrauch. Die Nutzung von Geräten und Anlagen im Bezug zum Energieverbrauch wird mit dem Term „Energienutzungsverhalten“ bezeichnet. Die Energieagentur NRW berichtet auf ihre Website von über 180 Projekte in denen Stromersparnisse durch Änderungen im Energienutzungsverhalten von 5 bis 10 % realisiert wurden [Energieagentur NRW, 2012]. Auch im Bereiche der Heizenergie führen Verhaltensänderungen zu Energieersparnisse, zum Beispiel wurde laut [Ameling et al., 2009] rund 20 % der Heizenergie im Klinikum Mutterhaus der Borromäerinnen eingespart.

Um die Einsparungspotenziale des Energienutzungsverhaltens zu erschließen müssen gezielt Verhaltensänderungen realisiert werden. Das Energienutzungsverhalten basiert auf Gewohnheiten und Routine; einmal erlernte Routinen laufen relativ unbewusst und mit

minimale Aufmerksamkeit ab [Matthias Gallati et al., 2011]. Der Beginn einer Routine als auch Routineänderungen kommt durch Hinweisreize zustande und kann mittels sogenannten Interventionen realisiert werden. Ein Beispiel einer Intervention ist die Vermittlung von handelsrelevanten Informationen, weitere Beispiele von Interventionen werden unten aufgeführt. Es werden die methodische Schritte beschrieben die notwendig sind um gezielte Verhaltensänderung die eine Reduktion des Energieverbrauchs bewirken realisieren zu können.

Die methodischen Schritte bestehen aus **Datenerfassung**, **Kontextbeschreibung**, **Problemdiagnose**, **Interventionsplanung**, und der **Umsetzungsphase**. Parallel dazu wird das System überwacht (bzw. pre- und post- Intervention) und die Ergebnisse ausgewertet um die Effektivität der Maßnahmen zu bewerten.

4.4.1 Datenerfassung

Um zu bestimmen welchen Effekten der Nutzerverhalten auf den Energieverbrauch hat werden einerseits Energieverbrauchsdaten, und andererseits Informationen über das Energienutzungsverhalten erfasst. Der Energieverbrauch wird nach Energieträger und Verbraucher(gruppe) erfasst, dafür ist ein Energie Monitoring System (siehe Kapitel 4.2) notwendig. Die Erfassung von Energieverbrauchsdaten kann zum Beispiel anhand von provisorischen Energieverbrauchszählern die manuell ausgelesen werden, oder ein voll-automatisches System mit automatischer Berichterstattung erfolgen. Die Methode soll angemessen und gezielt sein, und replizierbare Ergebnisse (Auswertung!) gewährleisten.

Wenn kein Energie Monitoring System vorhanden ist bzw. installiert wird, kann als alternative Möglichkeit einer rechnerischen Vorgehensweise verwendet werden. Dabei müssen die Verhaltensänderungen in quantifizierbare Werte umgesetzt werden können (bzw. Betriebsstunden, Sparprogramme, usw.), diese Umsetzung muss zur Replizierbarkeit in der Methode verankert werden damit die Vergleichbarkeit der Ergebnisse (bzw. Pre- und Post-Intervention) gewährleistet ist. Die Nachteile einer rechnerischen Vorgehensweise sind die notwendige Datenerhebung (Zeitaufwand!), die Fehleranfälligkeit und methodische Unsicherheiten, und der mögliche Verlust von nicht antizipierten Detailinformationen bezüglich des Energieverbrauchs.

Neben dem Energieverbrauch wird das Energienutzungsverhalten erhoben um Energieverbrauch und Nutzung zu verknüpfen, und daraus Einsparungsmaßnahmen zu identifizieren. Es gibt laut [Bell et al., 1996] Grundsätzlich zwei Methoden für die Erhebung der Daten bezüglich Energienutzungsverhalten, bzw. Eigen-Bericht Maßnahmen (z.B. Befragungen oder Fragebögen) und Beobachtungstechniken (z.B. direkte Beobachtung, Spurenmaßnahmen). Vorteile von Eigen-Bericht Maßnahmen wie z.B. Fragebögen sind dass sie einfach und kostengünstig anzuwenden sind, Nachteil ist das viel Erfahrung und Validationsstudien notwendig sind um gute Fragebögen zu entwickeln. Vorteile von Beobachtungstechniken sind das Daten aus erster Hand erfasst werden und damit auch unbewusste Handlungen erhoben werden können. Nachteile bei dieser Methode ist das Erfahrung bei der Verhaltenskodierung notwendig ist und diese zeitintensiv ist. Die Rechtliche Situation bezüglich Beobachtungstechniken in Krankenhäuser ist ab zu klären.

In der Praxis ergibt eine Kombination von diesen zwei Methoden gute Resultate. Mittels Fragenbogen können die Eigenschaften der Zielgruppe erhoben werden, und ergänzend kann die Beobachtungsmethode „Spurenmaßnahmen“ verwendet werden um Information über das Energienutzungsverhalten zu erheben. Bei der Methode „Spurenmaßnahmen“ werden Physikalische Spuren als Beweise für bestimmte Aktivitäten angeführt. Anhand von einer Checkliste können relevante Spuren während Rundgänge auf Referenzstation erhoben werden. Bei der Erfassung von Spurenmaßnahmen werden mehrere Raumbegehungen zu unterschiedlichen Tageszeiten durchgeführt. Während der Begehungen werden Aspekte wie zum Beispiel Heizkörperfreiheit, Thermostateinstellung, Fenster- und Türenstatus, der Betriebsmodus von Elektrogeräte, und Beleuchtung erhoben.

Bei beide Methoden ist zu Berücksichtigen dass es zu Abweichungen kommt, zwischen Untersuchungen welche „geheim“ durchgeführt werden und jene bei denen die Mitarbeiter von der Untersuchung wissen [Bell et al., 1996].

4.4.2 Kontextbeschreibung

Die Kontextbeschreibung umfasst Informationen über den derzeitigen Energieverbrauch (Ist-Situation), die physikalische Situation, und über die Zielgruppe die während der Datenerhebung gesammelt wurde. Die Ist-Analyse des Energieverbrauchs ist wichtig um den Effekt der Maßnahmen nach der Intervention sichtbar zu machen. Die Energieverbrauchsanalyse wird vor der Intervention sowie nach der Intervention auf methodisch identische Weise durchgeführt um Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

Die physikalischen Gegebenheiten umfassen zum Beispiel eine Beschreibung der räumliche Gegebenheiten, der technischen Ausstattung, und eventuell auch der Witterung. Zusätzlich werden Leistungskennzahlen angeführt um den Energieverbrauch in Bezug zu den gelieferten Leistungen zu setzen. Diese Kennzahlen dienen als Hilfsmittel um den Energieverbrauchstrends dar zu stellen.

Eine detaillierte Beschreibung der Zielgruppe ist in der erste Phase der Pilotstudie sehr wichtig weil die Analyse und Durchführung der Maßnahmen auf eine bestimmte Zielgruppe geeicht werden [Scharp et al., 2010]. Die Zielgruppen werden anhand von Eigenschaften wie zum Beispiel Umweltbewusstsein, Einstellung, Wissen, und Möglichkeiten beschrieben [Matthies & Krömker, 2000].

4.4.3 Problemdiagnose

In der Problemdiagnose werden technische und organisatorische Probleme hinsichtlich des Energienutzerverhaltens und des Energieverbrauches identifiziert. Dafür wird das Energienutzungsverhalten in Bezug zu dem Energieverbrauch gesetzt. Ein zweiter Anhaltspunkt sind die mittels Fragenbogen erhobene Angaben der Mitarbeiter bezüglich Problemidentifizierung, Möglichkeiten zur Energieeinsparung, Wissen, usw. Anhand der Problemdiagnose werden folglich verhaltensbezogene Maßnahmen, gezielt auf die Reduktion des Energieverbrauchs, entwickelt.

4.4.4 Interventionsplanung

In der Interventionsplanung wird beschrieben auf welche Art und Weise die Energienutzungsänderungen realisiert werden. Folgende psychologischen Prinzipien werden in [Ameling et al., 2009] als relevant für die Konzipierung von verhaltensbezogene Interventionen in Krankenhäuser angeführt:

- Aufmerksamkeitsfokussierung auf das Thema Ressourcenschonung
- Vermittlung handlungsrelevanter Informationen: Die Vermittlung von relevanter Information erhöht das Bewusstsein bezüglich Energieprobleme sowie die Kenntnisse um diese Probleme zu reduzieren. Information kann mittels Workshops, Medienkampagnen, und maßgeschneidert anhand von z.B. Energieaudits vermittelt werden [Abrahamse et al., 2005].
- Partizipative Interventionsplanung: Beteiligen der Zielgruppe oder ein Teil der Zielgruppe von der Planungsphase weg bei der Interventionsplanung [Matthies & Krömker, 2000] wodurch die Intervention optimal maßgeschneidert werden kann. Zusätzlich wird die Motivation erhöht wodurch der langfristigen Effekten verbessert wird [Matthies & Krömker, 2000].
- Störung von Verhaltensgewohnheiten
- Selbstverpflichtung: Umfasst eine mündliche oder schriftliche Absichtserklärung, das Verhalten bezüglich der Energienutzung zu ändern (z.B. Energieeinsparung) [Abrahamse et al., 2005].
- Soziale Kontrolle
- Gegenseitige soziale Unterstützung
- Unmittelbares Feedback: Feedback umfasst das vermitteln von Information über Energieverbrauch oder Energieeinsparung an die Zielgruppe. Dies kann das Verhalten beeinflussen weil die Zielgruppe die Ergebnisse mit bestimmten Energienutzungsverhalten assoziieren kann [Abrahamse et al., 2005].

Zusätzlich können weitere Zielsetzungen (z.B.: die Reduzierung des Energieverbrauchs um 5%) mit oben genannten Interventionsplänen verbunden werden [Abrahamse et al., 2005].

4.4.5 Umsetzungsphase

Die Interventionsplanung sowie die eigentliche Intervention soll von dem hauseigenen Personal durchgeführt werden um den Chance auf nachhaltige Ergebnisse [Matthies & Krömker, 2000], sowie die Akzeptanz der Maßnahmen, zu erhöhen. In [Scharp et al., 2010] wird darauf hingewiesen das Interventionsmaßnahmen die eine Vielzahl von Verhaltensänderungen bewirken sollten, selten zum Erfolg führen. Das heißt dass die Entwicklung von gezielten Maßnahmen (gezielt sowohl auf Zielgruppe, Verhalten, und Energieverbrauch (bzw. Geräte oder Anlagen) eine höhere Erfolgschance ergeben.

4.4.6 Monitoring

Ein Monitoringsystem erfasst den Energieverbrauch nach Energieträger und Gerätekategorie, sowie Änderungen hinsichtlich des Energienutzungsverhaltens. Die Interventionsmaßnahmen werden so gestaltet und umgesetzt das Änderungen des Energieverbrauches, auf die entsprechende Maßnahmen zurückzuführen sind. Bevor,

während, und nach der Interventionsmaßnahme wird die Situation mittels der gleichen Überwachungsmethode erhoben um zu vergleichbaren Ergebnissen zu kommen. Das bedeutet dass nicht unbedingt der ganze Energieverbrauch erfasst werden muss, aber die Bereiche worin eine Verhaltensänderung mittels Interventionsmaßnahmen erzielt wird. Durch das Monitoringsystem kann die Maßnahme kosteneffizient durchgeführt werden und gezielt die Effektivität der Interventionsmaßnahmen überprüft werden.

4.5 Energie-Contracting

Contracting im wörtlichen Sinne bezeichnet eine „vertraglich vereinbarte Leistung“. In der Praxis handelt es sich um die Umsetzung eines maßgeschneiderten Optimierungspakets mit garantiertem Erfolg. Da beim Contracting die Auslagerung von eigenen Aufgaben an ein externes Unternehmen erfolgt, ist dieses Prinzip mit dem Begriff Outsourcing verwandt. Steht jedoch beim Outsourcing die Verringerung der Wertschöpfungstiefe ohne Berücksichtigung der Finanzierungskomponente im Vordergrund, so liegt beim Contracting der Fokus auf einer budgetneutralen Finanzierung der ausgelagerten Investitionstätigkeit und Dienstleistungen. Außerdem übernimmt der Contractor meist ein Betriebsführungsrisiko, zum Beispiel mittels Einspargarantie. Contracting bezeichnet daher ein viel komplexeres Wirtschaftsmodell als Outsourcing.

Das Konzept des Contracting ist ein äußerst charmantes: Die Schaffung von Mehrwerten finanziert sich durch Einsparungen selbst. Als Mehrwert stellt sich zum Beispiel die Investition in eine neue Anlage dar, aber auch die Schaffung von dauerhaften Arbeitsplätzen oder die Einbringung von Dienstleistungen in ein Unternehmen kann als Mehrwert im Sinne von Contracting gesehen werden. Die Initiierung, Planung und Organisation der Optimierungsmaßnahmen wird dabei von einem externen Drittleister - dem Contractor - durchgeführt.

Der Contractor (Contracting-Geber) agiert unter betriebswirtschaftlichen Bedingungen und verfolgt daher eine optimale Kosten-Nutzen-Situation. Für den Kunden (Contracting-Nehmer) ergeben sich folgende Vorteile:

- Investition ohne Kosten
- Garantierte Einsparung
- Erhöhung der Betriebssicherheit
- Wertsteigerung des Objekts
- Beitrag zum Umweltschutz

Ein wesentlicher Nachteil ist, dass wirklich langfristige Maßnahmen, die sich für den Contractor erst nach Ablauf der Vertragslaufzeit (in der Regel max. 10 – 12 Jahre) amortisieren würden, meist nicht umgesetzt werden. Langfristige Maßnahmen sollten daher im Idealfall einige Jahre vor Start eines Contracting-Projekts umgesetzt werden, um eine verlässliche Basis für Verbräuche zu erhalten.

Wichtige Stakeholder in einem Contracting-Projekt sind häufig auch (Energie-) Versorgungsunternehmen, die bei Bedarf vom Contractor als Partner mit einzubeziehen sind oder auch als Contractoren auftreten können.

Im Energiebereich wird das Konzept des Contracting bereits erfolgreich mit dem Ziel angewendet, Energiekosten zu sparen und gleichzeitig die Umwelt zu schützen.

Als Contracting-Objekte kommen öffentliche Gebäude wie zum Beispiel Schulen, Krankenhäuser, Amtshäuser, Hallenbäder sowie private Objekte wie Industriekomplexe oder Office Centers in Frage. Aber auch technische Systeme, wie die öffentliche Beleuchtung einer Stadt, können Contracting-Objekte darstellen.

Das Einsparpotential ist umso größer, je höher die Ausgangswerte sind. So liegt bei hohen Energiekosten auch ein hohes Einsparpotential vor. Daher ist es sinnvoll, Contracting-Objekte in einem Projekt zu poolen.

Der Contractor trägt im Regelfall die Verantwortung für den Erfolg seiner geplanten und implementierten Maßnahmen. Er ist für den Kunden Vertragspartner während der Contracting-Laufzeit für Betriebsführung und (Energie-)Lieferung.

In der Praxis haben sich zwei Contracting-Varianten durchgesetzt, das Einspar-Contracting und das Anlagen-Contracting.

4.5.1 Einspar-Contracting

Beim Einspar-Contracting garantiert der Contractor eine konkrete Energiekosteneinsparung bzw. ein Energiekostenmaximum wobei er Optimierungsmaßnahmen zur Verfügung stellt, die Energieeinsparungen zur Folge haben. Die Energiedienstleistungen wie Strom und Heizung werden weiter von den Versorgungsunternehmen – aber in reduzierter Quantität - zur Verfügung gestellt und verrechnet.

Der Contractor investiert beim Einspar-Contracting meist in neue energietechnische Anlagen und betreibt diese. Umzusetzende Maßnahmen betreffen zum Beispiel die Bereiche Heizung, Lüftung, Klimatechnik, Wasser/Warmwasser, Beleuchtung, Steuer- und Regelungstechnik und weitere objektspezifische Bereiche mit Optimierungspotenzial. Die Leistung des Contractors kann auch organisatorische Maßnahmen umfassen oder Schulungen beinhalten, welche den sorgsamem Umgang mit Energie und speziell mit neuen Anlagen zum Thema haben.

Der Kunde – meist der Gebäudeeigentümer – bezahlt für die Vertragslaufzeit meist den Geldwert der eingesparten Energie an den Contractor. Eine Win-Win-Situation stellt Einspar-Contracting insbesondere dar, wenn aufgrund der erzielten Einsparung während der Vertragslaufzeit sowohl die Investitionen in neue Anlagen und die Leistungen des Contractors finanziert werden können als auch ein finanzieller Nutzen sofort an den Contracting-Nehmer weitergegeben werden kann. Attraktiv für den Kunden ist auch die Möglichkeit des automatischen Eigentumsübergangs an neuen Anlagen nach Ablauf der Vertragslaufzeit.

Aufgrund der erfolgsabhängigen Vergütung ist der Contractor natürlich stark an der Optimierung des Energiemanagements des Kunden interessiert. Einspar-Contracting wird auch als Performance-Contracting bezeichnet.

4.5.2 Anlagen-Contracting

Bei den Anlagen im Bereich Anlagen-Contracting handelt es sich um Energieerzeugungslagen, die vom Contractor errichtet und betrieben werden. Der Kunde erhält vom Contractor die benötigte Energie zu fix vereinbarten Preisen. Abgerechnet wird nach tatsächlichem Verbrauch, wobei meist ein fixer Grundpreis und ein verbrauchsabhängiger Arbeitspreis herangezogen werden.

Als Synonyme für Anlagen-Contracting werden auch die Begriffe Energieliefer-Contracting, Nutzenergie-Lieferung, Wärmelieferung oder einfach Energie-Contracting verwendet. Im Bereich Anlagen-Contracting kann aktuell ein Trend in Richtung Alternative Energien wie Biomasse oder Solarenergie beobachtet werden. Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen wie Blockheizkraftwerke eignen sich ebenfalls für Contracting, wobei sich bei ganzheitlicher Betrachtung von Objekten das Konzept des Einspar-Contracting gegenüber dem Konzept des Anlagen-Contracting verstärkt etablieren wird.

Varianten ergeben sich auch daraus, dass der Contractor die Anlagen plant, finanziert, errichtet und betreibt, oder die genannten Leistungen nur teilweise erfüllt. Wenn der Contractor primär die Finanzierung anbietet ohne ein Betriebsführungsrisiko zu nehmen, spricht man auch von Finanzierungs-Contracting. Wenn der Contractor für den störungsfreien Betrieb der Anlagen verantwortlich ist, wird diese Form des Contracting auch Betriebsführungs-Contracting genannt.

4.5.3 Rahmenbedingungen in der Sphäre des Objekts

Ein Objekt ist grundsätzlich contracting-geeignet, wenn Optimierungspotenzial vorhanden ist. Dies ist der Fall, wenn zum Beispiel ein Gebäude sanierungsbedürftig ist oder Anlagen veraltet sind.

Unverhältnismäßig hohe Energiekosten sind ebenfalls ein Indikator für ein Contracting-Potenzial. Als Richtwert für die Wirtschaftlichkeit eines Contracting-Projekts wird in der Praxis ein Minimum an Energiekosten in Höhe von jährlich rund € 30.000,- herangezogen. Es gilt: Je höher die jährliche Kostenbelastung ist, desto höher ist auch das zu nutzende Einsparpotential. Eine steigende Akzeptanz von Contracting-Modellen wird auch mit steigenden Energiepreisen zu erwarten sein. Erschwerend wirkt der größere Verfahrensaufwand gegenüber anderen Konzepten. Eine neutrale Beratung bei Interesse für Contracting kann hier viele Hindernisse aus dem Weg räumen.

Selbstverständlich ist es positiv zu beurteilen, wenn für ein Objekt laufend Optimierungsbestrebungen verfolgt werden. Allerdings wirkt dies als erschwerende Rahmenbedingung für Contracting. Solche Objekte eignen sich aufgrund mangelnden Potentials selten für Einspar-Contracting, unter Umständen jedoch für Anlagen-Contracting.

Positiver Input für die Umsetzung eines Contracting-Projekts ist eine fundierte Datengrundlage zum Objekt - für Einspar-Contracting im Idealfall eine sorgfältig geführte Energiebuchhaltung. Auf jeden Fall müssen Kosten und Verbräuche der letzten Jahre aus Belegen rekonstruierbar sein.

4.5.4 Rahmenbedingungen in der Sphäre des Contracting-Nehmers

Je größer das Interesse des potenziellen Kunden ist, Energie einzusparen oder andere Optimierungsmaßnahmen umzusetzen, desto besser stehen die Chancen, ein Contracting-Projekt erfolgreich zu gestalten und umzusetzen.

Ist eine Entscheidung pro Contracting gefallen, ist es absolut notwendig, dass diese Entscheidung von allen betroffenen Mitarbeitern mitgetragen wird. Ohne Akzeptanz zum Beispiel der für Haustechnik verantwortlichen Mitarbeiter ist ein Contracting-Projekt zum Scheitern verurteilt, da die Contracting-Umsetzung genauso kritisch wie die Contracting-Planung zu beurteilen ist.

Eine wichtige Rahmenbedingung stellt auch die Investitionsneigung bzw. die Investitionsmöglichkeit des Contracting-Nehmers dar. Dabei sind nicht nur die finanziellen Ressourcen sondern auch die personellen Ressourcen zu berücksichtigen. Je knapper die zur Verfügung stehenden Ressourcen sind, desto eher bietet sich ein Konzept wie das des Contracting zur Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen an.

Ein weiterer sehr spezifischer Sachverhalt, der grundsätzlich ein Handicap darstellt, aber mittels Contracting überwunden werden kann, ist das Eigentümer-Mieter/Pächter-Dilemma: Es wird zum Beispiel ein Hotel von einem Pächter betrieben. Dieser möchte nicht in fremdes Eigentum investieren. Der Eigentümer wiederum möchte nicht investieren, weil ihm selbst die Investition ja gar nicht zugute kommt. Hier bietet Contracting eine budgetneutrale Lösung an.

4.5.5 Rahmenbedingungen in der Sphäre des Contractors

Entsprechendes Know-how des Contractors zur Planung und Umsetzung eines Contracting-Projekts sowohl hinsichtlich (Energie-)Technik als auch bezüglich Contracting muss selbstverständlich vorhanden sein. Je mehr Referenzprojekte ein Contractor vorweisen kann, desto besser wird er im Markt agieren können.

Zu den elementaren Rahmenbedingungen für Contracting gehört auch eine sehr gute Marketing-Kompetenz des Contractors, wobei der Kommunikation eine besonders wichtige Rolle zukommt. Aufgrund der Komplexität der Materie sind der Informationsgrad des potentiellen Kunden und insbesondere die Qualität der Information essentiell für den Start eines erfolgreichen Contracting-Projekts.

Förderlich ist ebenfalls die Transparenz in der Kalkulation des Contractors für die Vertrauensbildung zwischen Contractor und Kunde. Ganz deutlich ist dabei hervorzuheben, dass mit Einspar-Contracting ein Projekt nicht immer kostengünstiger umzusetzen ist, sondern die Amortisationsdauer, nach deren Ende der Kunde zu 100 % in den Genuss der Energieeinsparung kommt, oft länger ausfällt als bei Eigeninvestition des Kunden. Das basiert auf der Tatsache, dass auch die Aufwendungen des Contractors für Analyse, Vertragsaufwand, Implementierung, Betriebsführung, laufendes Monitoring, etc. mitverdient werden müssen. Dem gegenüber stehen die budgetneutrale Finanzierung und das

Optimierungs-Know-how des Contractors. Transparenz in der Angebotsphase bzw. besser noch die neutrale Beratung durch einen Dritten kann hier stark zur erfolgreichen Umsetzung eines Contracting-Projekts beitragen.

Ein weiterer Schlüssel zum Contracting-Erfolg ist die Anpassungsfähigkeit des Contractors bereits in der Angebotsphase. Wenn der Contractor es schafft, ein maßgeschneidertes Contracting-Konzept entsprechend den individuellen Bedürfnissen des Kunden zu gestalten, wird dies in vielen Fällen Contracting überhaupt erst möglich machen.

Da die Vertragslaufzeit rund ein Jahrzehnt in Anspruch nimmt, muss das Vertrauensverhältnis zwischen Contractor und Kunde stimmen. Häufige Bedenken potenzieller Contracting-Nehmer betreffen die Flexibilität des Vertrages. Wesentliches Entscheidungskriterium pro oder contra Contracting ist für den Kunden zum Beispiel, ob während der Vertragslaufzeit Veränderungen möglich bzw. in den Vertrag zu integrieren sind. Auch muss klar definiert werden, ob und wie sich Veränderungen der Energiepreise auf das Vertragsverhältnis auswirken.

5 Spezifische Maßnahmen im SMZ Baumgartner Höhe - Otto Wagner Spital

5.1 Energieverbrauchskennzahlen

5.1.1 Gesamtenergieverbrauchskennzahlen

In Abbildung 5-1 ist der Gesamtenergieverbrauch des OWS über den Bezugszeitraum 2007 bis 2010 dargestellt, sowie der Fernwärme- und Stromverbrauch. Das OWS verbraucht durchschnittlich ca. 389 kWh m⁻² Jahr⁻¹ an Energie, davon sind rund 80 % auf die Fernwärme zurückzuführen (bzw. 312 kWh m⁻² Jahr⁻¹), und 18 % auf den Stromverbrauch (bzw. 70 kWh m⁻² Jahr⁻¹). Der Gesamtenergieverbrauch steigt über den Zeitraum mit 12 kWh m⁻² Jahr⁻¹ leicht an, werden die Heizgradtage (HGT) berücksichtigt ist eine leichte Senkung von 8 kWh m⁻² Jahr⁻¹ des Fernwärmeverbrauches fest zu stellen. Die Senkung des Fernwärmeverbrauches ist auf Sanierungsarbeiten (z.B. Pavillon 13) die während diesem Zeitraum durchgeführt wurde zurück zu führen. Der Stromverbrauch ist über den Betrachtungszeitraum konstant.

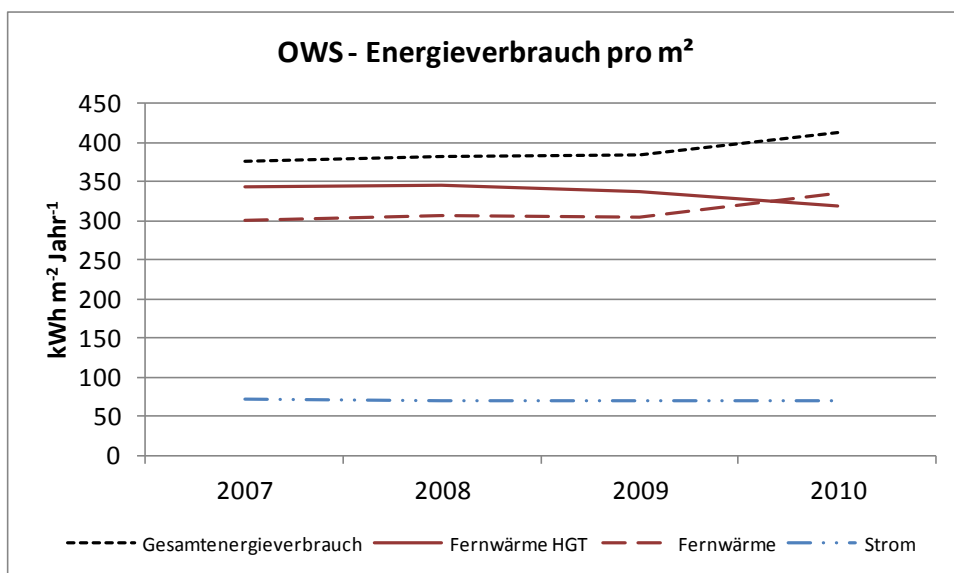


Abbildung 5-1: Energieverbrauchskennzahl: Energieverbrauch pro m² im OWS

In der Tabelle 5-1 sind die Energieverbrauchskennzahlen des OWS nach Energieträger gegliedert wiedergegeben. Die Kennzahlen basieren auf dem Vierjahresdurchschnitt über den Zeitraum 2007 bis 2010 und werden in Bezug zu Quadratmeter, Bettenanzahl, Pflgetage, und Anzahl Aufnahmen dargestellt. Die Kennzahlen wurden von Daten der Verwaltungsdirektion des OWS aus verschiedenen betriebsinternen Quellen aufbereitet.

Pro Bett liegt der Energieverbrauch bei 43,7 MWh Jahr⁻¹, rund 136 kWh pro Pflgetag⁻¹, und 1.735 kWh pro Aufnahme⁻¹. Fernwärme und Strom stellen die Hauptenergieträger des Spitals dar, die übrigen Energieträger (Gas, Heizöl, Benzin, und Diesel) werden nur in kleine Menge eingesetzt (2 % des Gesamtenergieverbrauchs) und sind für eine Betrachtung der Energieeinsparungspotenziale vernachlässigbar.

Tabelle 5-1: Energieverbrauchskennzahlen des OWS gegliedert nach Energieträger

Energieträger	kWh m ⁻² Jahr ⁻¹	kWh Bett ⁻¹ Jahr ⁻¹	kWh Pflege ¹ tag ⁻¹	kWh Aufnahme ¹
Gesamtenergieverbrauch	389	43.710	136	1.735
Fernwärme	312	35.108	109	1.394
Strom	70	7.920	25	315
Gas	2,2	243	0,8	9,6
Heizöl	0,5	51	0,2	2,0
Benzin	0,1	8,6	0,03	0,3
Diesel	3,2	363	1,1	14,4

5.1.2 Energieverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung

Die Energieverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung werden in [Mitterndorfer et al., 2012] nach Energieträger, Gerätekategorie, und Funktionsbereich gegliedert, und in Tabelle 5-2 und Tabelle 5-3 dargestellt. Eine ausführliche Beschreibung der Berechnung sowie Interpretation ist in [Mitterndorfer et al., 2012] zu finden.

Die Energieverbrauchskennzahlen nehmen Bezug auf den jährlichen Energieverbrauch pro Quadratmeter konditionierter Nettogeschosfläche. Der Wärmeverbrauch für die Raumheizung ist zusätzlich nach Gebäudetype angegeben, bzw. Gebäude mit der oberste Geschosdecke gedämmt oder Gebäude ohne Dämmung der oberste Geschosdecke (siehe Tabelle 5-3).

Tabelle 5-2: Stromverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung (Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012])

Funktionsbereiche	Stromverbrauchskennzahlen [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]			
	Ventilatoren	Dampfbefeuchter	Kältemaschinen	Pumpen
Stationen / Sonstige Bereiche	5,8	0,0	0,0	3,5
Ambulanzen / Intensiv Stationen	68,8	26,6	20,3	14,7
OP	301,3	195,2	48,4	20,4
Diagnostik	24,5	0,0	18,9	10,2

Tabelle 5-3: Fernwärmeverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung (Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012])

Gebäudetype	Fernwärmeverbrauchskennzahlen [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	
	Raumheizung	Warmwasseraufbereitung
OGD [†] gedämmt	234,3	48,7
OGD [†] nicht gedämmt	307,6	

[†] OGD: Oberste Geschosdecke

5.1.3 Stromverbrauchskennzahlen

Der spezifische Stromverbrauch liegt bei rund 70 kWh m⁻² Jahr⁻¹ (siehe 5.1.1). In Abbildung 5-2 sind die Stromverbrauchskennzahlen der Gerätekategorien wiedergegeben. Wie bereits ersichtlich dominiert in der Stromverbrauchsgliederung (Band 3 von Modul 2 {Daxbeck, 2012 #3943}) die HLK mit rund 27 kWh m⁻² Jahr⁻¹ und die Beleuchtung mit rund 17 kWh m⁻² Jahr⁻¹ den Stromverbrauch. Weiters umfassen die Gerätekategorien „Büro- und Verwaltungsgeräte“ und „Reinigungsgeräte“, mit jeweils einen spezifische Stromverbrauch zwischen 5,5 und 6,0 kWh m⁻² Jahr⁻¹, wesentliche Stromverbraucher. Für eine weitere Gliederung der Gerätekategorien wird auf [Daxbeck et al., 2012] verwiesen.

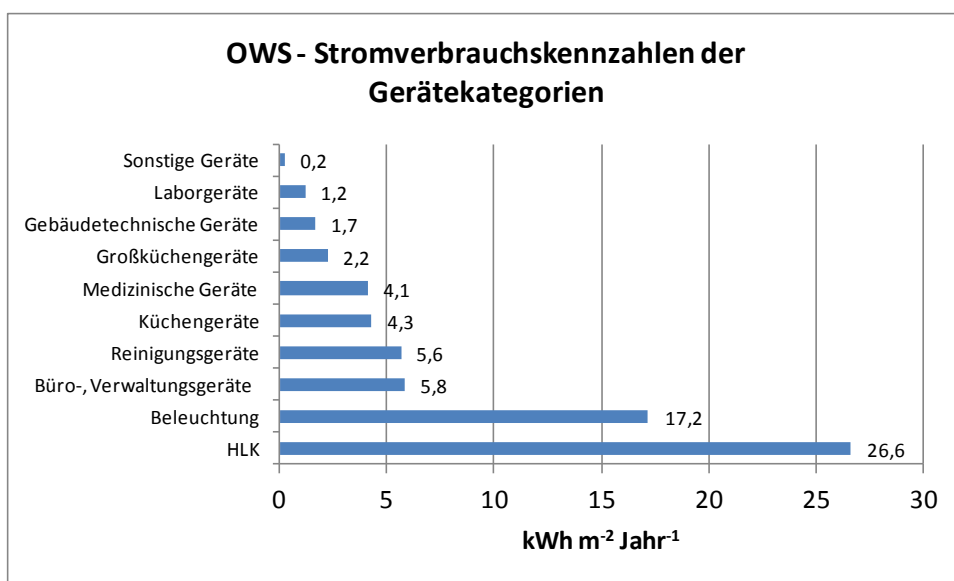


Abbildung 5-2: Stromverbrauchskennzahlen der Gerätekategorien

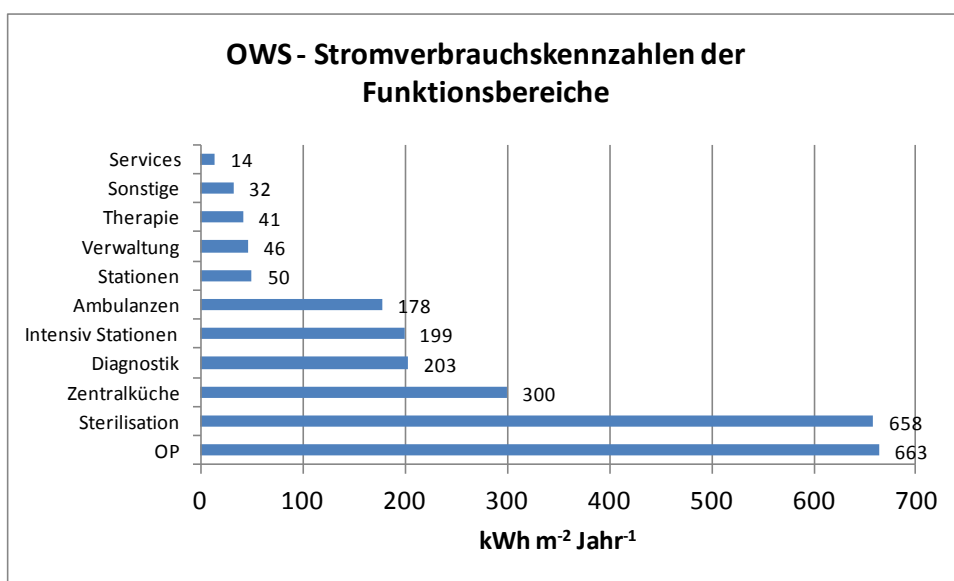


Abbildung 5-3: Stromverbrauchskennzahlen der Funktionsbereiche

In Abbildung 5-3 sind die Stromverbrauchskennzahlen der Funktionsbereiche dargestellt. Der OP, sowie auch die Sterilisation, weisen mit jeweils rund 660 kWh m⁻² Jahr⁻¹, den

höchsten spezifischen Stromverbrauch der Funktionsbereiche auf. Im OP ist der Stromverbrauch auf die HLK-Anlage zurückzuführen (siehe [Trnka et al., 2012] und [Mitterdorfer et al., 2012]). In der Sterilisation ist der Stromverbrauch auf die Desinfektions- und Sterilisationsanlagen zurückzuführen (siehe [Daxbeck et al., 2012]). Der Funktionsbereich Diagnostik verbraucht rund 200 kWh m⁻² Jahr⁻¹ an Strom, was größtenteils den diagnostische Geräte (bzw. MRT und CT) und Beleuchtung zuzuteilen ist. Die Intensiv Stationen und Ambulanzen verbrauchen zwischen 180 und 200 kWh m⁻² Jahr⁻¹ was im wesentlichen auf den HLK-Bereich zurückzuführen ist (siehe [Trnka et al., 2012] und [Mitterdorfer et al., 2012]).

5.2 Energieeinsparungspotenziale

5.2.1 HLK

Die Einsparungspotenziale im Bereich der HLK werden in [Mitterdorfer et al., 2012] beschrieben und im Abschnitt 5.2.1.1 und 5.2.1.2 kurz zusammengefasst.

5.2.1.1 Thermische Sanierung der Gebäudehülle

In [Mitterdorfer et al., 2012] werden drei Sanierungsvarianten vorgeschlagen:

- Sanierungsvariante 1: beinhaltet eine Dämmung der obersten Geschößdecke, und eine Dämmung der Innerwände zu unbeheizten Räumen sowie eine Dämmung der Kellerdecke.
- Sanierungsvariante 2: beinhaltet ein Austausch der Fenster und Türen zusätzlich zu den Maßnahmen der thermischen Basissanierung (Sanierungsvariante 1)
- Sanierungsvariante 3: beinhaltet zusätzlich zu den Maßnahmen der thermischen Basissanierung (Sanierungsvariante 1) und ein Austausch der Fenster und Türen (Sanierungsvariante 2), eine Dämmung der Außenwand.

Tabelle 5-4: Auswirkung der Sanierungsvarianten auf der Fernwärmeverbrauchskennzahl (Quelle: [Mitterdorfer et al., 2012])

Einsparungspotenzialen des Fernwärmeverbrauchs durch thermische Sanierung			
Ist-Situation / Sanierungsvarianten		Wärmeverbrauchskennzahl [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Einsparungspotenzial [%]
Bestand	OGD nicht gedämmt	307,6	-
	OGD gedämmt	234,3	-
Sanierungsvariante 1		227,7	20
Sanierungsvariante 2		206,6	28
Sanierungsvariante 3		124,3	56

Durch die Sanierungsvariante 3 können 18.671 MWh Primärenergie pro Jahr für die Beheizung der Gebäude im OWS eingespart werden. Die Sanierungsvariante 2 würde zu 9.305 MWh jährlich eingesparter Primärenergie führen, dies entspricht 27,6 % des derzeitigen Primärenergiebedarfs. Die Sanierungsvariante 1 bringt 6.853 MWh Primärenergieeinsparung mit sich, was wiederum eine Einsparung von 20,4 % des derzeitigen Primärenergieverbrauchs darstellt [Mitterdorfer et al., 2012]. Für weiterführende

Informationen über die Sanierungspakete und Einsparungspotenzialen wird auf [Mitterndorfer et al., 2012] verwiesen.

5.2.1.2 Komponententausch der HLK-Stromverbrauchergruppen

In [Mitterndorfer et al., 2012] werden jeweils für Pumpen, Ventilatoren, und Kältemaschinen Sanierungspakete entwickelt. Das Sanierungspaket „Pumpen“ beinhaltet den Austausch von Pumpen und Pumpenmotoren. Das Sanierungspaket „Ventilatoren“ beinhaltet den Austausch der Antriebsmotoren gegen IE3-Motoren. Für die Kältemaschinen wurden zwei Sanierungsvarianten berechnet: In Sanierungsvariante ein werden Altgeräte gegen neue Standardgeräte ausgetauscht, und in Sanierungsvariante zwei werden Altgeräte gegen hocheffizienten Kältemaschinen ersetzt. In Tabelle 5-5 bis Tabelle 5-7 sind die Ergebnisse der Sanierungspakete sowie die Einsparungspotenziale wiedergegeben.

Mit der Sanierung der Ventilatorantriebe wird jährlich 188 MWh Strom eingespart. Der Austausch von Pumpenantriebe und Pumpen ergibt eine jährliche Stromeinsparung von 135 MWh. Durch den Austausch von alten Kältemaschinen gegen hocheffiziente Geräte werden 115 MWh Jahr⁻¹ eingespart, werden Standardgeräte verwendet liegt die Einsparung bei rund 66 MWh Jahr⁻¹ [Mitterndorfer et al., 2012].

Tabelle 5-5: Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Pumpen (Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012])

Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Pumpen			
Funktionsbereiche	Bestand [kWh m⁻² Jahr⁻¹]	Sanierung [kWh m⁻² Jahr⁻¹]	Einsparungspotenzial [%]
Stationen / Sonstige Bereiche	3,5	2,6	26
Ambulanzen / Intensiv Stationen	14,7	14,5	1
OP	20,4	13,6	33
Diagnostik	10,2	5,4	47

Tabelle 5-6: Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Ventilatoren (Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012])

Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Ventilatoren			
Funktionsbereiche	Bestand [kWh m⁻² Jahr⁻¹]	Sanierung [kWh m⁻² Jahr⁻¹]	Einsparungspotenzial [%]
Stationen / Sonstige Bereiche	5,8	4,7	19
Ambulanzen / Intensiv Stationen	68,8	67,3	2
OP	301,3	286,7	5
Diagnostik	24,5	19,5	20

Tabelle 5-7: Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Kältemaschinen (Quelle: [Mitterdorfer et al., 2012])

Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Kältemaschinen					
Funktionsbereiche	Bestand [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Sanierungsvariante [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]		Einsparungspotenzialen [%]	
		1	2	1	2
		Ambulanzen / Intensiv Stationen	20,3	15,2	12,2
OP	48,4	36,5	29,1	25	40
Diagnostik	18,9	16,3	12,8	14	32

Für weiterführende Informationen über die Sanierungspakete und Einsparungspotenzialen wird auf [Mitterdorfer et al., 2012] verwiesen.

5.2.2 Beleuchtung

In Abbildung 6-4 ist der Stromverbrauch der Beleuchtungsszenarien eines Referenzgangbereichs (Gangbereich im EG des Pavillons 21) des OWS bei 50.000 Betriebsstunden wiedergegeben. Eine ältere Beleuchtungsanlage wird mit dem T8-KVG Szenario dargestellt, ein derartige Anlage verbraucht unter die in Kapitel 3 und Anhang 11.5 angeführten Annahmen und Rahmenbedingungen rund 58.500 kWh. Werden die KVGs gegen EVGs ausgetauscht mit EEI-Klasse A2 (im Beispiel hat das Vorschaltgeräte ein Effizienz von 90%) ist ein Stromersparnis von ca. 11 % zu realisieren. Werden hocheffizienten Steuerungsfähige EVGs mit der EEI-Klasse A1 bzw. A1-BAT verwendet (für weitere Informationen bezüglich der EEI-Klassen der Vorschaltgeräte siehe Anhang 11.5), sind Einsparungen von über 20 % möglich.

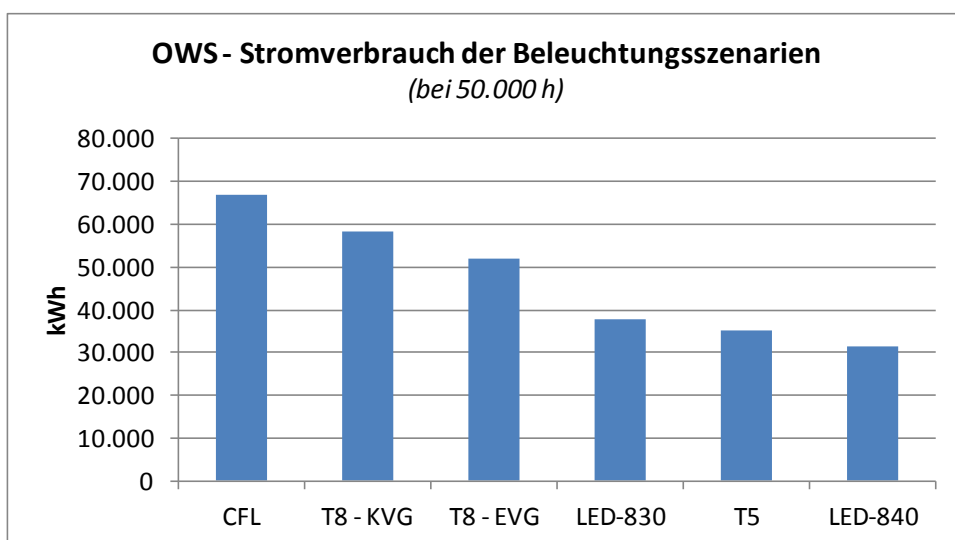


Abbildung 5-4: Stromverbrauch der OWS-Beleuchtungsszenarien bei t_B: 50.000 h

Der Stromverbrauch der LED-840- und T5-Szenarien ist mit 31.500 kWh bzw. 35.200 kWh sehr ähnlich. Im Vergleich mit dem T8-KVG Szenario weisen sie eine Stromersparnis von rund 40 % bzw. 46 % auf. Das LED-830-Szenario verbraucht mit 6.300 kWh mehr als der LED-840 Szenario dies ist auf den niedrigeren Wirkungsgrad der warmweiße LEDs

zurückzuführen. Trotzdem verbraucht der LED-830-Szenario um 35 % weniger Strom im Vergleich mit dem T8-KVG-Szenario.

Ein Vergleich zwischen alter (bzw. T8 mit KVGs) und neuer Beleuchtungstechnologie ist nur dann nützlich wenn die unterschiedlichen Technologien untereinander verglichen werden. Wird die LED-Technologie mit einer neuwertige T5-Anlage verglichen, wird deutlich dass die T5-Anlage sehr gut abschneidet. In der gegenwärtigen Kostenlage der LED-Produkte ist das T5-Szenario hinsichtlich des Stromverbrauches und der Investitionskosten eine wirtschaftlich gut vertretbare Beleuchtungslösung.

Hinsichtlich der Klimawirkungen der Beleuchtungsszenarien sind die Verhältnisse ähnlich. Bei einem angenommenen CO₂-Emissionsfaktor bei Strom von 0,198 kg CO₂ kWh⁻¹ liegen die CO₂-Emissionen der Szenarien zwischen 6.237 kg CO₂ und 13.261 kg CO₂ bei 50.000 Betriebsstunden wie ersichtlich in Abbildung 5-5.

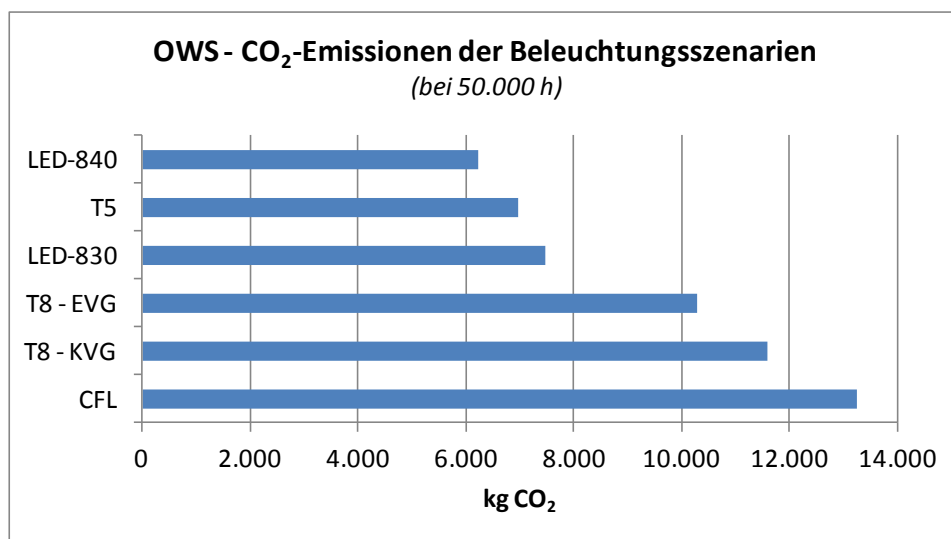


Abbildung 5-5: CO₂-Emissionen der OWS-Beleuchtungsszenarien bei t_B : 50.000 h

Die Beleuchtungsszenarien sind von mittlere Beleuchtungsstärke (bzw. \bar{E}_m) und Gleichmäßigkeit vergleichbar, zeigen jedoch in der Kostenrechnung wesentliche Unterschieden auf. In Abbildung 5-6 sind die Gesamtkosten der vier Szenarien, verteilt über die Fixkosten und Betriebskosten, wiedergegeben. Das T5-Szenario ist mit € 13.015,- die günstigste Alternative was auf einen hohen Systemlichtausbeute der Leuchten (72 lm W⁻¹) und sehr gute Lichtverteilung der Optik (OLC-Micro-/Minilamellen und Microlinsenoptiken) zurückzuführen ist. Durch gute optische Eigenschaften einer Leuchte kann unter anderen die Anzahl der benötigten Leuchten um den Wartungswert der Beleuchtungsstärke zu erreichen optimiert werden, die Anzahl der Leuchten wird minimiert was sich sowohl auf die Fixkosten als auch auf die Betriebskosten günstig auswirkt (siehe auch Anhang 11.5).

Das LED840-Szenario liegt mit € 14.395,- an der zweiten Stelle und weist Mehrkosten von knapp unter € 1.400,- im Vergleich mit dem T5-Szenario auf. Auch das LED830-Szenario schneidet mit € 15.571,- noch gut ab. Die T8-Szenarien sowie auch das CFL-Szenario schneiden in diesem Beispiel mit Gesamtkosten zwischen € 17.421,- bis € 28.333,- deutlich schlechter ab. Die Mehrkosten sind, wie in Abbildung 5-6 ersichtlich, auf die Betriebskosten der Anlage zurückzuführen. Neben der höhere Stromverbrauch sind Ersatzlampen und

zusätzliche Wartungsarbeiten notwendig was die Gesamtkosten steigert. Bei dem CFL-Szenario sind die Investitionskosten durch die große Anzahl der benötigte Lampen (Lichtverteilung / Punktbeleuchtung statt Linearbeleuchtung) sehr hoch.

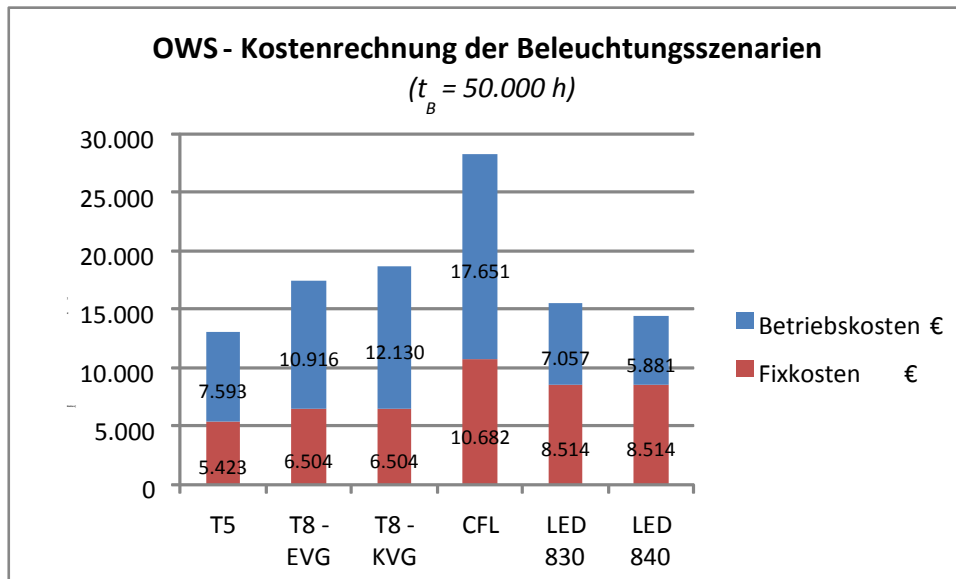


Abbildung 5-6: Kostenrechnung der OWS-Beleuchtungsszenarien

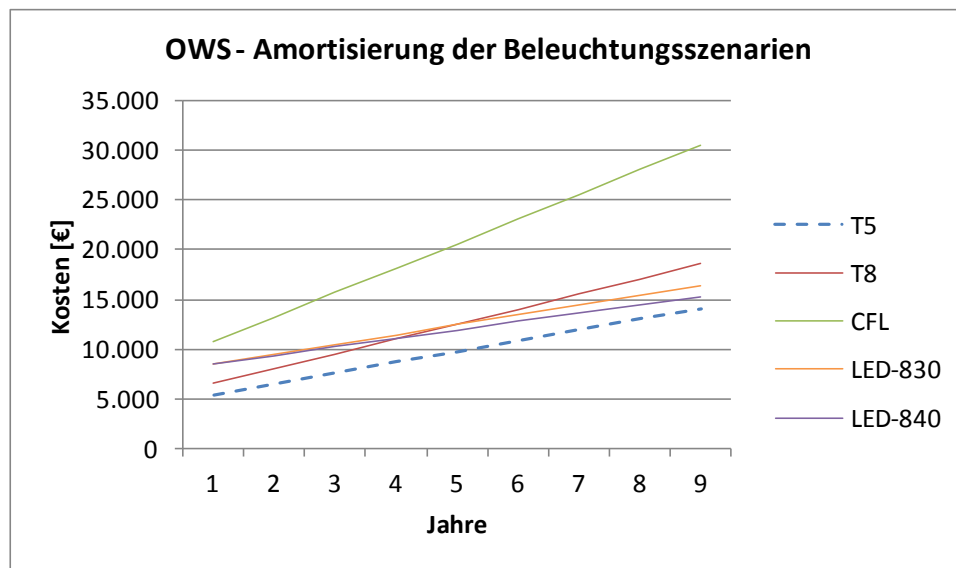


Abbildung 5-7: Amortisationsdauer der OWS-Beleuchtungsszenarien

Die Erstinvestitionskosten der LED-Leuchte in diesem Beispiel sind ca. 1,6 Mal höher im Vergleich mit den T5-Leuchten¹¹. Die Investitionskosten (Fixkosten) des T8-Szenarios sind ein wenig höher als das T5-Szenario weil 4 zusätzliche Leuchten nötig werden um die erforderliche Beleuchtungsstärke zu erreichen. In Abbildung 5-7 sind die Gesamtkosten der Szenarien als eine Funktion der Zeit dargestellt. Das LED-Szenario amortisiert sich innerhalb der angenommenen Lebensdauer von 50.000 Stunden (ca. 5 bis 6 Jahre) nicht,

¹¹ T5: - Philips Smartform TBS411 1x28W/830 HFP C8-VH PI: € 179,-; Philips Powerbalance RC462B LED28S/830 PSD W31L125 W: € 395,-

nach dieser Periode werden Wartungskosten anfallen um die erforderliche Beleuchtungsstärke zu erhalten.

5.2.3 Energieeffiziente Beschaffung (EEB) anhand das Beispiel PCs

Die Stromverbrauchseinsparungen können bei Neukauf von PCs realisiert werden indem die elektrische Leistungsaufnahme der PCs minimiert wird. In Abbildung 5-8 ist der Stromverbrauch von verschiedenen Szenarien bzw. PCs über ein Jahr wiedergegeben, die Annahme dabei ist dass die PCs 24 Stunden pro Tag eingeschaltet sind (bzw. sich in Leerlauf-Betrieb befinden). Der Rechner mit Pi64 ist repräsentativ für die derzeit im OWS ca. 1.200 eingesetzten Standard PCs. Der Rechner angedeutet mit PiØ stellt einen „Bezugs-PC“ mit durchschnittliche Leistungsaufnahme in Leerlauf-Betrieb dar, woran Einsparungen gemessen werden können (siehe 4.3.3, Abbildung 4-2). Da der Stromverbrauch direkt von der Leistungsaufnahme abhängig ist, ist dieser Wert im Leerlauf entscheidend für den Stromverbrauch und wird für die Bezeichnung der PCs verwendet.

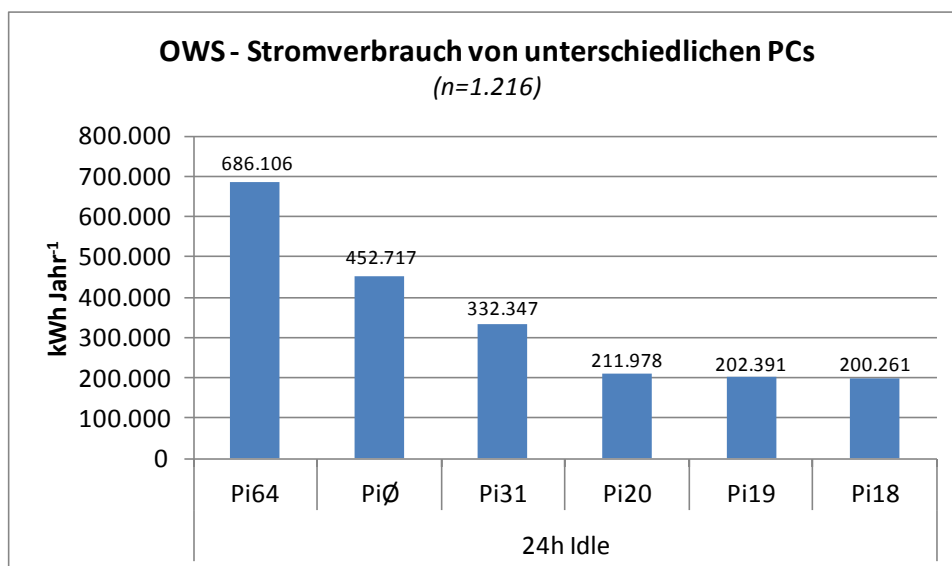


Abbildung 5-8: Stromverbrauchsszenarien von verschiedener PCs im OWS

Die Einsparungspotenziale werden in Bezug zur Leistungsaufnahme im Leerlauf-Betrieb des Altbestands sowie des derzeitigen Durchschnitts bei Neuanschaffung (PiØ) gemessen. Relativ zu dem Altbestand (Pi64) ist bei Neukauf von einem durchschnittlichen PC mit einer Leistungsaufnahme im Leerlauf-Betrieb von 42,5 W rund 233 MWh Jahr⁻¹ (ca. 35 % des Stromverbrauchs der PCs) Strom einzusparen¹² (siehe Abbildung 5-8). Dabei deutet „Pi“ auf die Leistung im Idle-Modus (bzw. Leerlauf-Betrieb) und die Zahl auf die Leistungsaufnahme der PC hin. Bei dieser Einsparung wird der Altbestand wieder auf den „durchschnittlichen“ Stand der Technik gebracht. Dies stellt im Wesentlichen eine Mindestanforderung für die Beschaffung von PCs dar.

Einsparungen gemessen am aktuellen Stand der Technik werden anhand der PiØ bestimmt. Für die Bestimmung der Einsparungspotenzialen sind vier PCs ausgewählt mit

¹² Diese Einsparung wird erreicht bei vollständiger Erneuerung des Altbestandes, Teile des Bestandes können aber auch in zwei oder drei Jahresrhythmus erneuert werden.

einen Leistung von 70 % und 50 % der durchschnittliche Leistungsaufnahme in Leerlauf-Betrieb (siehe auch Abschnitt 3.2.3.1, Tabelle 3-2). Bei Neukauf von PCi31 (bzw. 70 % der durchschnittlichen Leistung in Leerlauf-Betrieb) ist einen Stromverbrauchseinsparung von ca. 120 MWh Jahr⁻¹ (bzw. 25 %) zu realisieren bei einer vollständigen Bestandserneuerung (siehe Abbildung 5-8). Werden PCs mit 50 % der durchschnittliche Leistung im Leerlauf-Betrieb gewählt (Pi20, Pi19, Pi18), ist einen Stromverbrauchseinsparung von 240 bis 250 MWh Jahr⁻¹ möglich (siehe Abbildung 5-8).

Der Altbestand, simuliert im Szenario mit PCi64, zeigt einen Jahresstromverbrauch von 685 MWh auf, dies entspricht rund 136 Tonnen CO₂-Emissionen bei einem Emissionsfaktor von 198 g CO₂ kWh⁻¹. Wird der Altbestand auf den durchschnittlichen Stand der Technik gebracht, so ist eine Einsparung von ca. 230 MWh Jahr⁻¹ zu realisieren, was einer Reduzierung der CO₂-Emissionen von 46 Tonnen ergibt. Dies entspricht der Mindesteinsparung die bei vollständiger Erneuerung des Altbestands zu erreichen ist. Werden effizientere PCs gewählt ist eine weitere Reduzierung der CO₂-Emissionen von 25 bis 50 Tonnen CO₂ pro Jahr möglich (siehe Abbildung 5-9).

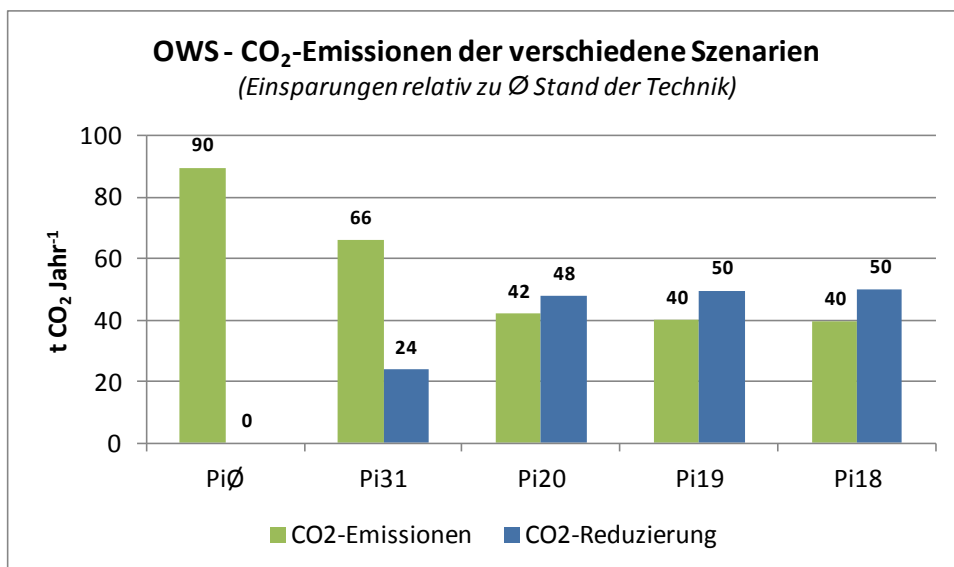


Abbildung 5-9: CO₂-Emissionen und CO₂-Einsparpotenziale der OWS-Szenarien

Energieeffiziente PCs sind nicht unbedingt teurer als PCs die relativ betrachtet mehr Strom verbrauchen. Dies ist aber je PC und Hersteller unterschiedlich und muss Fallweise analysiert werden. Um trotzdem einen Überblick zu geben wird eine Amortisationsrechnung unter der Annahme von € 50,- Mehrkosten pro PC durchgeführt. Die Amortisation wird an dem durchschnittlichen Stand der Technik (PCiØ) die der Mindestanforderung der Energieeffizienz entspricht gemessen. Wird PCi31 gewählt (70 % der durchschnittliche Leistung in Leerlauf-Betrieb), und fallen dabei € 50,- Mehrkosten pro PC an, amortisieren sich die Mehrkosten der Beschaffung innerhalb von 3 Jahren (siehe Abbildung 5-10). Wird ein PC mit rund 50 % der durchschnittliche Leistung in Leerlauf-Betrieb gewählt rechnen sich die Mehrkosten innerhalb von 1,5 Jahr (siehe Abbildung 5-10).

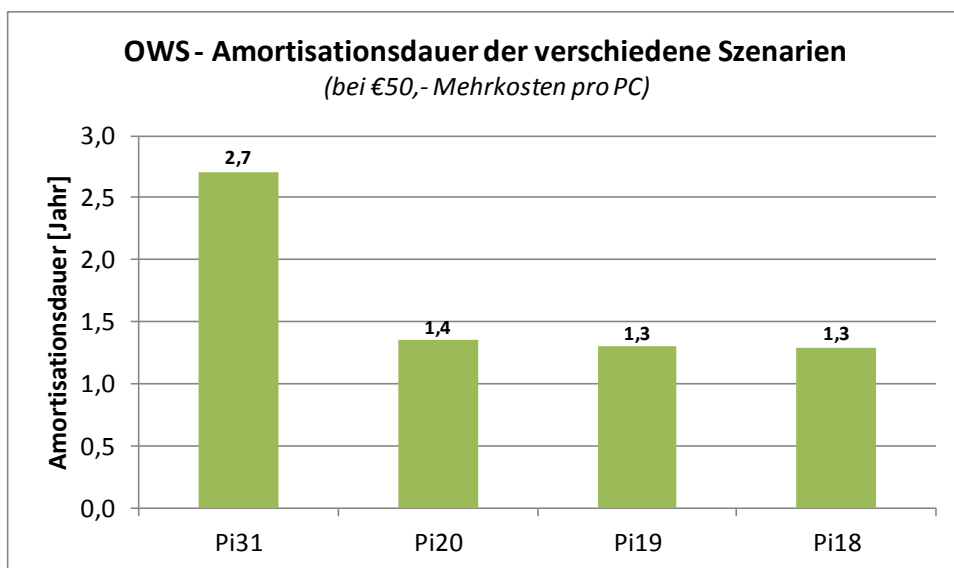


Abbildung 5-10: Amortisationsrechnung für PCs bei € 50,- Mehrkosten pro PC

5.3 Quantifizierung der Klimaauswirkungen

Basiert auf den Gesamtenergieverbrauch und den CO₂-Emissionsfaktoren der eingesetzten Energieträger, werden jährlich rund 6.518 Tonnen CO₂ emittiert. In Abbildung 5-11 sind die CO₂-Emissionen und CO₂-Einsparpotenziale dargestellt. Anhand ausgewählter Einsparungsmaßnahmen ist eine Reduzierung der CO₂-Emissionen von 872 t CO₂ Jahr⁻¹ möglich, dies entspricht einer Reduzierung der Emissionen von ca. 13 %.

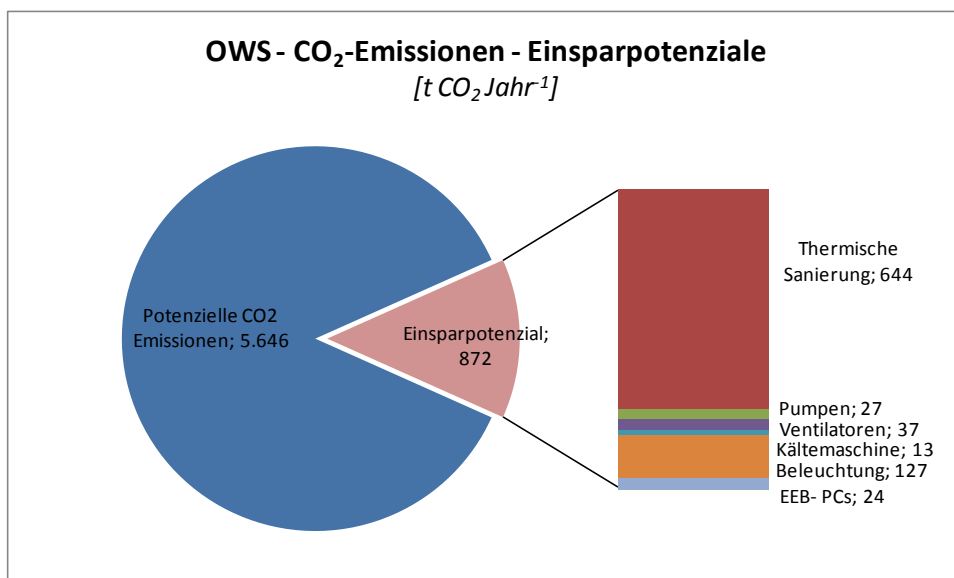


Abbildung 5-11: Gesamt CO₂-Emissionen und Einsparungspotenzial der Maßnahmen

Der größte Reduzierung der CO₂-Emissionen wird durch einer thermische Sanierung der Gebäudehülle erreicht, die Basissanierungsvariante 1 aus [Mitterndorfer et al., 2012] wird dafür aufgeführt. In diese Sanierungsvariante wird der oberste Geschoßdecke, der Kellerdecke, und Innenwände nach ungeheizte Räume gedämmt, die CO₂-Emissionen

nehmen dadurch um ca. $644 \text{ t CO}_2 \text{ Jahr}^{-1}$ ab. Mittels einer Sanierung der HLK-Stromverbrauchergruppen (bzw. Pumpen, Ventilatoren, und Kältemaschinen) können die CO_2 -Emissionen um 77 t Jahr^{-1} reduziert werden. Bei der Sanierung der Kältemaschinen wird von Sanierungsvariante 1 ausgegangen, wobei die Anlagen auf den Stand der Technik gebracht werden (siehe [Mitterndorfer et al., 2012]). Bei der Beleuchtung wurde die CO_2 -Reduzierung, auf Basis der Referenzpavillons, nach einer Sanierung einer aus T8-Leuchten bestehenden Beleuchtungsanlage ermittelt, wobei die T8-Leuchten durch T5-Leuchten ersetzt werden. In den Referenzpavillons ist ca. 60 % der Stromverbrauch der Beleuchtungsanlagen auf die T8-Leuchtstoffleuchten, und 25 % auf Kompaktleuchtstofflampen zurückzuführen. Das CO_2 -Einsparungspotenzial ist anhand dieser Gliederung ermittelt und weist eine Gesamtreduzierung von rund $127 \text{ t CO}_2 \text{ Jahr}^{-1}$ auf.

Das Einsparungspotenzial der PCs ist anhand der Leistungsaufnahme im Leerlaufbetrieb ermittelt, unter Annahme dass die PCs 24 Stunden pro Tag eingeschaltet sind. Dabei ist die Leistungsaufnahme von durchschnittlich 70 W auf 31 W reduziert worden. Die dadurch gewonnene CO_2 -Reduzierung beträgt rund $24 \text{ t CO}_2 \text{ Jahr}^{-1}$.

6 Spezifische Maßnahmen in der Krankenanstalt Rudolfstiftung

6.1 Energieverbrauchskennzahlen

6.1.1 Gesamtenergieverbrauchskennzahlen

In Abbildung 6-1 ist der Gesamtenergieverbrauch der KAR, sowie der Fernwärme-, Strom-, und Erdgasverbrauch, über den Bezugszeitraum 2007 bis 2010 dargestellt. Die KAR verbraucht durchschnittlich rund 792 kWh m⁻² Jahr⁻¹ an Energie, davon sind rund 53 % auf den Fernwärmeverbrauch (bzw. 416 kWh m⁻² Jahr⁻¹), 36 % auf den Stromverbrauch (bzw. 282 kWh m⁻² Jahr⁻¹), und 12 % (bzw. 93 kWh m⁻² Jahr⁻¹) auf den Erdgasverbrauch zurückzuführen (siehe Tabelle 6-1). Der Gesamtenergieverbrauch steigt über den Zeitraum mit 31 kWh m⁻² Jahr⁻¹ an, werden die Heizgradtage (HGT) berücksichtigt ist eine Senkung von 22 kWh m⁻² Jahr⁻¹ des Fernwärmeverbrauches fest zu stellen. Der Stromverbrauch steigt durchschnittlich mit 5 kWh m⁻² Jahr⁻¹ an, und der Gasverbrauch mit 8 kWh m⁻² Jahr⁻¹, was einen Senkung des Energieverbrauchs von 9 kWh m⁻² Jahr⁻¹ ergibt.

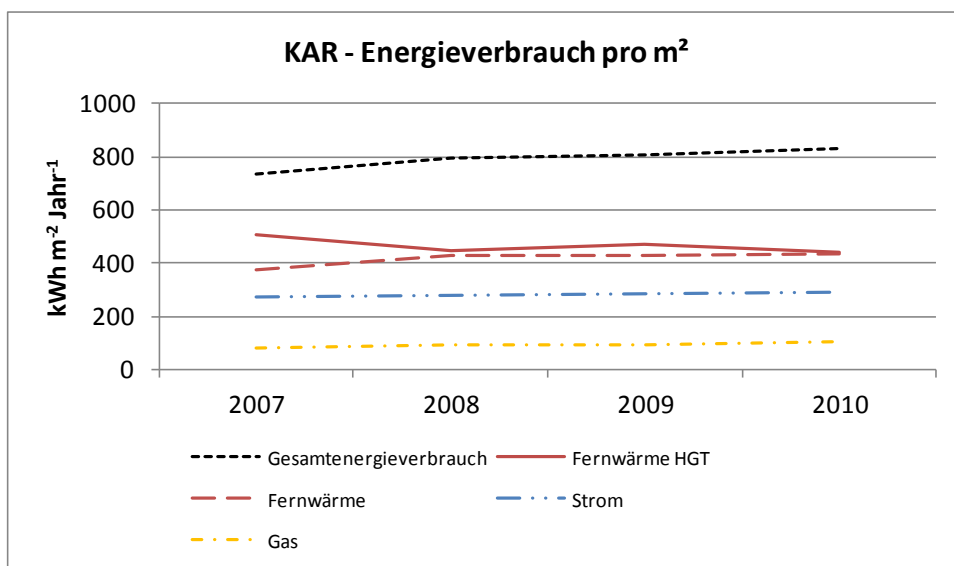


Abbildung 6-1: Energieverbrauchskennzahlen Energieverbrauch pro m² im KAR

Tabelle 6-1: Energieverbrauchskennzahlen des KAR gegliedert nach Energieträger

Energieträger	kWh m ⁻² Jahr ⁻¹	kWh Bett ⁻¹	kWh Pflage ⁻¹	kWh Aufnahme ⁻¹
Gesamtenergieverbrauch	792	52.839	161	1.045
Fernwärme	416	27.735	84	548
Strom	282	18.794	57	372
Gas	93,1	6.209	18,9	122,8
Diesel	1,5	100	0,3	2,0

In der Tabelle 6-1 sind die Energieverbrauchskennzahlen der KAR nach Energieträger gegliedert wiedergegeben. Die Kennzahlen basieren auf dem Vierjahresdurchschnitt über den Bezugsjahren 2007 bis 2010, und werden in Bezug zu Quadratmeter, Bettenanzahl,

Pflegetage, und Anzahl der Aufnahmen dargestellt. Die Kennzahlen wurden von Daten der Wirtschaftsabteilung der KAR aus verschiedenen betriebsinternen Quellen aufbereitet.

Der Energieverbrauch liegt pro Bett bei 52,8 MWh Jahr⁻¹, bei 161 kWh pro Pflegetag⁻¹, und bei 1.045 kWh je Aufnahme⁻¹. Schwerpunktmäßig werden die Hauptenergieträger Fernwärme und Strom betrachtet da die übrigen Energieträger (Gas, und Diesel) in geringerer Menge eingesetzt werden (12 % des Gesamtenergieverbrauchs).

6.1.2 Energieverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung

Die Energieverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung werden in [Mitterndorfer et al., 2012] nach Energieträger, Gerätekategorie, und Funktionsbereich gegliedert, und in Tabelle 6-2 und Tabelle 6-3 dargestellt. In diesem Bericht werden sie für die Vollständigkeit angeführt, eine ausführliche Beschreibung der Berechnung sowie Interpretation ist in [Mitterndorfer et al., 2012] zu finden. Die Energieverbrauchskennzahlen nehmen Bezug auf den jährlichen Energieverbrauch pro Quadratmeter konditionierter Nettogeschossfläche.

Tabelle 6-2: Stromverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung (Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012])

Funktionsbereiche	Stromverbrauchskennzahlen [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]		
	Ventilatoren	Kältemaschinen	Pumpen
Stationen / Sonstige Bereiche	43,6	42,0	23,4
Ambulanzen / Intensiv Stationen	176,2	169,8	94,7
OP	215,9	208,0	116,0
Diagnostik	43,6	42,0	23,4

Tabelle 6-3: Fernwärmeverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung (Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012])

Gebäudetype	Fernwärmeverbrauchskennzahlen [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]		
	Raumheizung	Befeuchtung	Warmwasseraufbereitung
Hochbau	170,1	143,1	60,6

6.1.3 Stromverbrauchskennzahlen

Der spezifische Stromverbrauch liegt bei rund 282 kWh m⁻² Jahr⁻¹ (siehe 6.1.1). In Abbildung 6-2 sind die Stromverbrauchskennzahlen der Gerätekategorien wiedergegeben. Wie bereits ersichtlich wurde in der Stromverbrauchsgliederung, dargestellt in Band 3 von Modul 2, dominiert der HLK-Bereich mit rund 136 kWh m⁻² Jahr⁻¹ den Stromverbrauch. Weiters stellen die Gebäudetechnische Geräte, die Beleuchtung, die Reinigungsgeräte, und die Büro- und Verwaltungsgeräte energetisch wesentliche Stromverbräuchergruppen dar.

Für eine weitere Gliederung der Gerätekategorien wird auf [Daxbeck et al., 2012] verwiesen.

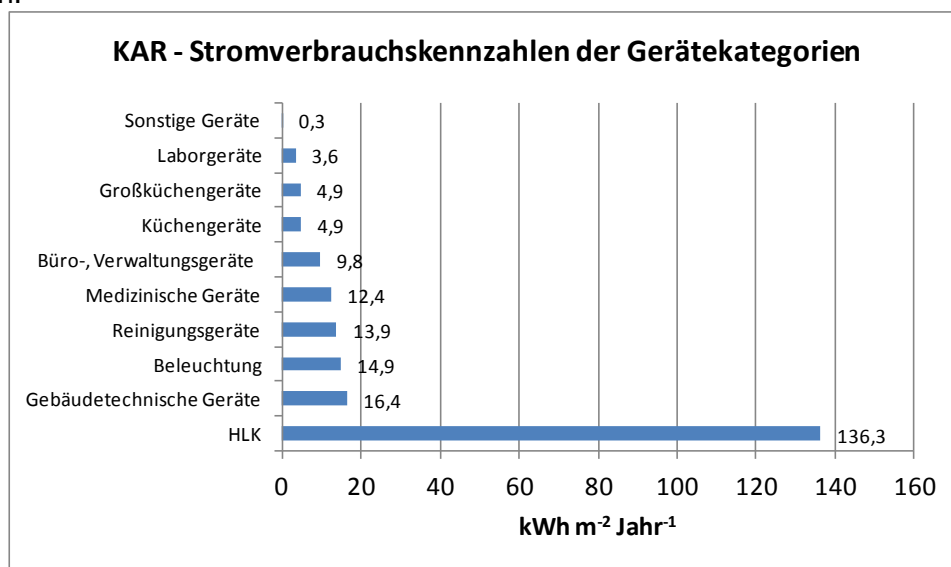


Abbildung 6-2: Stromverbrauchskennzahlen nach Gerätekategorien

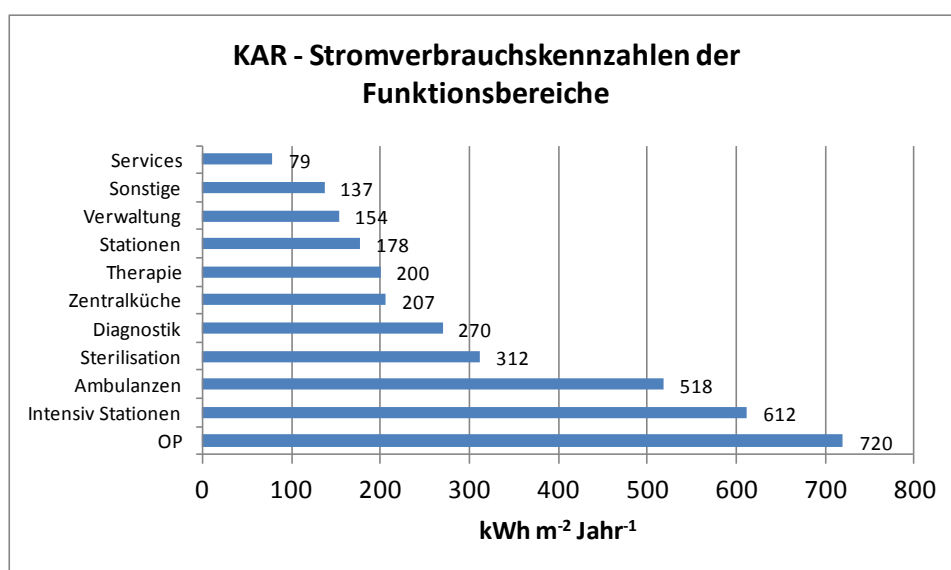


Abbildung 6-3: Stromverbrauchskennzahlen der Funktionsbereiche

In Abbildung 6-3 sind die Stromverbrauchskennzahlen der Funktionsbereiche dargestellt. Der OP, die Intensiv Stationen, und die Ambulanzen sind hinsichtlich des Stromverbrauches die größten Verbraucher, was auf die Anforderungen an die HLK zurückzuführen ist (siehe [Trnka et al., 2012] und [Mitterdorfer et al., 2012]). Der spezifischen Stromverbrauch dieser Funktionsbereiche liegt zwischen 520 und 720 kWh m⁻² Jahr⁻¹ (siehe Abbildung 6-3). Der spezifischen Stromverbrauch der Sterilisation und Diagnostik liegt bei rund 300 kWh m⁻² Jahr⁻¹, in der Sterilisation ist sie auf den Desinfektions- und Sterilisationsanlagen zurückzuführen, und in der Diagnostik größtenteils auf die diagnostischen Geräte (bzw. CT, MRT). Die Zentralküche verbraucht 207 kWh m⁻² Jahr⁻¹, durch den Einsatz von Dampf für die Koch- und Spülprozesse liegt die Stromverbrauchskennzahl der Zentralküche relativ niedrig im Vergleich mit den anderen Funktionsbereichen. Der Therapiebereich weist dahingegen einen hohen spezifischen Stromverbrauch auf, dies ist jedoch auf die Methodik zurückzuführen,

(die Nutzfläche des Therapiebereichs ist relativ klein wodurch den spezifischen Stromverbrauch sehr hoch dargestellt wird). Deswegen wird die Stromverbrauchskennzahl in der Realität bedeutend niedriger sein.

6.2 Energieeinsparungspotenziale

6.2.1 HLK

Die Einsparungspotenziale im Bereich der HLK werden in [Mitterndorfer et al., 2012] beschrieben und im Abschnitt 6.2.1.1 und 6.2.1.2 kurz zusammengefasst.

6.2.1.1 Thermische Sanierung der Gebäudehülle

In [Mitterndorfer et al., 2012] werden zwei Sanierungsvarianten für den Hochbau der KAR vorgeschlagen:

- Sanierungsvariante 1: thermische Sanierung nach die Mindestanforderungen an Bauteile folgend der OIB Richtlinie 6
- Sanierungsvariante 2: hocheffiziente thermische Fassadensanierung

Durch die Sanierungsvariante 2 des Hochbaus und des Westverbaus können jährlich 2.851 MWh an Endenergie eingespart werden, dies entspricht 41,0 % des derzeitigen Endenergiebedarfs für die Beheizung des Hochbaus und des Westverbaus. Die Sanierungsvariante 1 würde eine jährliche Endenergieeinsparung von 2.553 MWh oder 36,7 % an eingesparter Endenergie mit sich bringen [Mitterndorfer et al., 2012].

Für weiterführende Informationen über die Sanierungspakete und Einsparungspotenzialen wird auf [Mitterndorfer et al., 2012] verwiesen.

Tabelle 6-4: Auswirkung der Sanierungsvarianten auf der Fernwärmeverbrauchskennzahl (Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012])

Einsparungspotenzialen des Fernwärmeverbrauchs durch thermische Sanierung		
Ist-Situation / Sanierungsvarianten	Wärmeverbrauchskennzahl I [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Einsparungspotenzial [%]
Bestand	170,1	-
Sanierungsvariante 1	108,2	37
Sanierungsvariante 2	100,8	41

6.2.1.2 Komponententausch der HLK-Stromverbraucherguppen

In [Mitterndorfer et al., 2012] werden jeweils für Pumpen, Ventilatoren, und Kältemaschinen Sanierungspakete entwickelt. Das Sanierungspakt „Pumpen“ beinhaltet den Austausch von Pumpen und Pumpenmotoren. Das Sanierungspaket „Ventilatoren“ beinhaltet den Austausch der Antriebsmotoren gegen IE3-Motoren. Für die Kältemaschinen wurden zwei Sanierungsvarianten berechnet: Sanierungsvariante eins werden Altgeräte gegen neue Standardgeräte ausgetauscht, und Sanierungsvariante zwei werden Altgeräte gegen

hocheffizienten Kältemaschinen ersetzt. In Tabelle 5-5 bis Tabelle 5-7 sind die Ergebnisse der Sanierungspakete sowie die Einsparungspotenziale wiedergegeben.

Jährlich können durch Austausch der Kältemaschinen gegen hocheffizienten Kältemaschinen (bzw. Sanierungsvariante 2) 1.007 MWh an Strom eingespart werden. Die Sanierungsvariante 1 der Kältemaschinen würde zu einer jährlichen Stromersparung von 619 MWh führen. Durch die Sanierung der Ventilatorantriebe können 156 MWh Jahr⁻¹ an Strom eingespart werden, mit der Sanierung der Pumpen wird rund 111 MWh Jahr⁻¹ eingespart [Mitterndorfer et al., 2012].

Tabelle 6-5: Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Pumpen (Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012])

Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Pumpen			
Funktionsbereiche	Bestand [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Sanierung [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Einsparungspotenzial [%]
Stationen / Sonstige Bereiche	23,4	21,7	7
Ambulanzen / Intensiv Stationen	94,7	87,5	8
OP	116,0	107,2	8
Diagnostik	23,4	21,7	7

Tabelle 6-6: Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Ventilatoren (Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012])

Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Ventilatoren			
Funktionsbereiche	Bestand [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Sanierung [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Einsparungspotenzi al [%]
Stationen / Sonstige Bereiche	43,6	41,1	6
Ambulanzen / Intensiv Stationen	176,2	165,8	6
OP	215,9	206,1	5
Diagnostik	43,6	41,1	6

Tabelle 6-7: Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Kältemaschinen (Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012])

Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Kältemaschinen					
Funktionsbereiche	Bestand [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Sanierungsvariante [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]		Einsparungspotenziale n [%]	
		1	2	1	2
Stationen / Sonstige Bereiche	42,0	31,5	25,2	25	40
Ambulanzen / Intensiv Stationen	169,8	127,3	101,9	25	40

Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Kältemaschinen					
Funktionsbereiche	Bestand [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Sanierungsvariante [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]		Einsparungspotenziale n [%]	
		1	2	1	2
OP	208,0	156,0	124,8	25	40
Diagnostik	42,0	31,5	25,2	25	40

Für weiterführende Informationen über die Sanierungspakete und Einsparungspotenzialen wird auf [Mitterdorfer et al., 2012] verwiesen.

6.2.2 Beleuchtung

In Abbildung 6-4 ist der Stromverbrauch der Beleuchtungsszenarien eines Referenzgangbereichs in der KAR bei 50.000 Betriebsstunden wiedergegeben. Eine bestehende Beleuchtungsanlage wird von dem T8-KVG Szenario dargestellt, ein derartige Anlage verbraucht unter die in Kapitel 3 und Anhang 11.5 angeführten Annahmen und Rahmenbedingungen rund 58.500 kWh. Werden die KVGs gegen EVGs mit EEI-Klasse A2 ausgetauscht (das Vorschaltgeräte ein Effizienz von 90%) ist eine Stromersparnis von ca. 11 % zu realisieren. Werden hocheffizienten Steuerungsfähige EVGs der EEI-Klasse A1 bzw. A1-BAT verwendet (für weitere Informationen bezüglich der EEI-Klassen der Vorschaltgeräte siehe Anhang 11.5), sind Einsparungen von über 20 % möglich.

Der Stromverbrauch der LED-840- und T5-Szenarien ist mit 35.000 kWh bzw. 36.800 kWh sehr ähnlich. Im Vergleich mit dem T8-KVG Szenario weisen sie eine Stromersparnis von rund 40 % auf. Das LED-830-Szenario verbraucht mit 7.000 kWh mehr als der LED-840 Szenario dies ist auf den niedrigeren Wirkungsgrad der warmweißen LEDs zurückzuführen. Das LED-830-Szenario verbraucht um 28 % weniger Strom im Vergleich zum T8-KVG-Szenario.

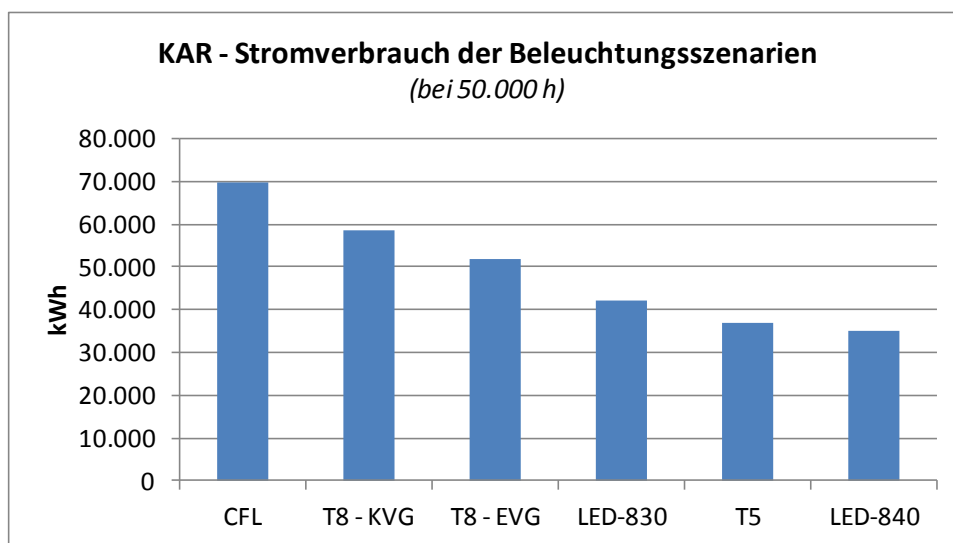


Abbildung 6-4: Stromverbrauch der KAR-Beleuchtungsszenarien bei t_B: 50.000 h

Ein Vergleich zwischen herkömmlicher (bzw. T8 mit KVGs) und neuer Beleuchtungstechnologie ist nur dann nützlich wenn die unterschiedlichen Technologien

untereinander verglichen werden. Wird die LED-Technologie mit einer neuwertige T5-Anlage verglichen, wird deutlich dass die T5-Anlage sehr gut abschneidet. In der gegenwärtigen Kostenlage der LED-Produkte ist das T5-Szenario hinsichtlich des Stromverbrauches und der Investitionskosten eine wirtschaftlich gut vertretbare Beleuchtungslösung.

Hinsichtlich der Klimawirkungen der Beleuchtungsszenarien sind die Verhältnisse ähnlich. Bei einem angenommenen CO₂-Emissionsfaktor bei Strom von 0,198 kg CO₂ kWh⁻¹ liegen die CO₂-Emissionen der Szenarien zwischen 6.930 kg CO₂ und 13.825 kg CO₂ bei 50.000 Betriebsstunden wie ersichtlich in Abbildung 6-5.

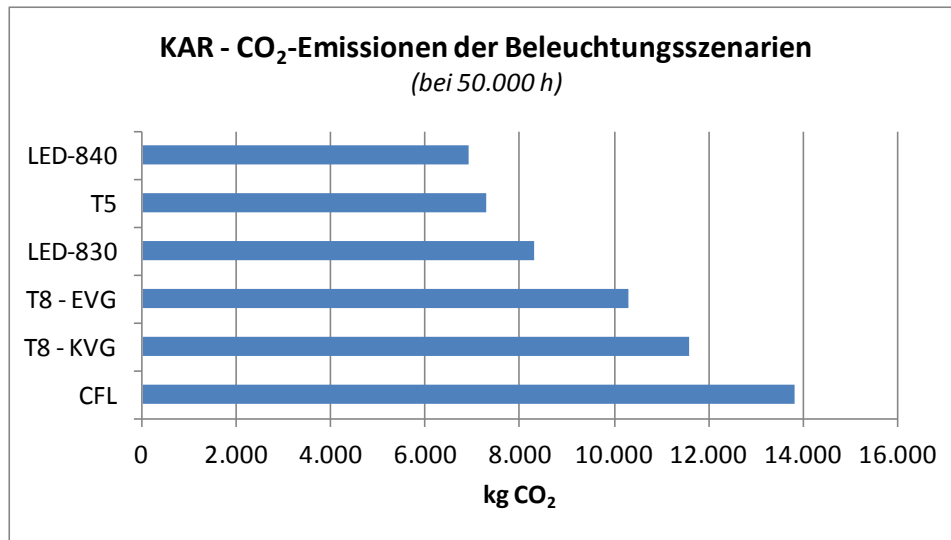


Abbildung 6-5: CO₂-Emissionen der KAR-Beleuchtungsszenarien bei t_B : 50.000 h

Die Beleuchtungsszenarien sind von mittlere Beleuchtungsstärke (bzw. \bar{E}_m) und Gleichmäßigkeit vergleichbar, zeigen jedoch in der Kostenrechnung wesentliche Unterschieden auf. In

Abbildung 6-6 sind die Gesamtkosten der Szenarien, unterteilt in die Fixkosten und Betriebskosten, wiedergegeben. Das T5-Szenario ist die günstigste Alternative was auf einen hohen Systemlichtausbeute der Leuchten (bzw. 72 lm W⁻¹) und sehr gute

Lichtverteilung des Optik zurückzuführen ist. Durch gute optische Eigenschaften einer Leuchte kann unter anderen die Anzahl der benötigten Leuchten optimiert werden.

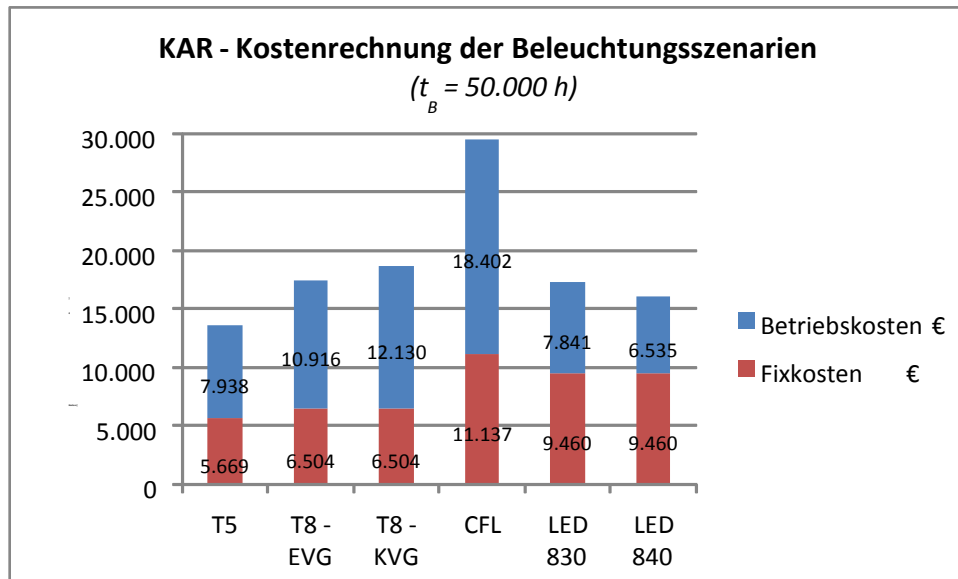


Abbildung 6-6: Kostenrechnung der KAR-Beleuchtungsszenarien

Die Gesamtkosten des LED830-Szenarios und des T8-Szenario liegen mit € 17.301,- bzw. € 17.421,- sehr nahe beieinander, das LED840-Szenario liegt mit € 15.995,- knapp darunter. Die Betriebskosten der T8-Anlage betragen mit ca. 63 % den größten Teil der Kosten, bei der LED-Anlagen betragen die Betriebskosten hingegen 45 bzw. 41 % der Gesamtkosten. Auch die Betriebskosten der T5- und CFL-Szenarien weisen eine Kostenverteilung von ca. 40/60 auf, bzw. 40 % entfallen auf die Fixkosten und 60 % entfallen auf die Betriebskosten. Dies bedeutet dass die LED-Anlagen kostengünstiger betrieben werden können, aber sich durch die hohen Investitionskosten in diesen Szenarien ökonomisch noch nicht durchsetzen gegenüber der Linearen Leuchtstofflampen (T5). Das CFL-Szenario ist bei weiten die teuerste Alternative was auf die vielen notwendigen Leuchten (bzw. Lichtverteilung / Punktbeleuchtung statt Linearbeleuchtung) und relativ niedrige Lichtausbeute der Leuchten zurückzuführen ist.

Die Erstinvestitionskosten der LED-Leuchte in diesem Beispiel sind ca. 1,7 Mal höher im Vergleich mit den T5-Leuchten¹³. Die Investitionskosten (Fixkosten) des T8-Szenario sind höher als das T5-Szenario weil 5 zusätzliche Leuchten nötig sind um die erforderliche Beleuchtungsstärke zu erreichen. In Abbildung 6-7 sind die Gesamtkosten der Szenarien als einen Funktion der Zeit dargestellt. Das LED-Szenario amortisiert sich innerhalb der angenommenen Lebensdauer von 50.000 Stunden nicht, nach dieser Periode werden Wartungskosten anfallen um die erforderliche Beleuchtungsstärke zu erhalten.

¹³ T5: - Philips Smartform TBS411 1x28W/830 HFP C8-VH PI: € 179,-; Philips Powerbalance RC462B LED28S/830 PSD W31L125 W: € 395,-

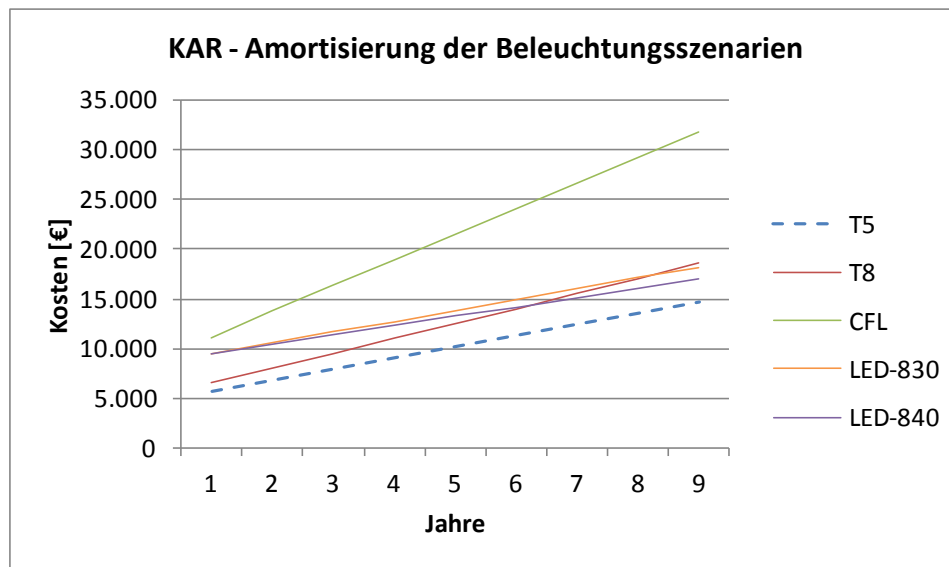


Abbildung 6-7: Amortisationsdauer der KAR-Beleuchtungsszenarien

6.2.3 Energieeffiziente Beschaffung (EBB) anhand das Beispiel PCs

Die Stromverbrauchseinsparungen können beim Neukauf von PCs realisiert werden indem die elektrische Leistungsaufnahme der PCs minimiert wird. In Abbildung 6-8 ist der Stromverbrauch von verschiedenen Szenarien bzw. PCs über ein Jahr wiedergegeben, die Annahme dabei ist dass die PCs 24 Stunden pro Tag eingeschaltet sind (bzw. sich in Leerlauf-Betrieb befinden). Der Rechner „Pi64“ ist repräsentativ für die derzeit im KAR ca. 635 eingesetzte Standard PCs. Der Rechner an „PiØ“ stellt einen „Bezugs-PC“ mit durchschnittliche Leistungsaufnahme im Leerlauf-Betrieb dar, woran Einsparungen gemessen werden können (siehe 4.3.3, Abbildung 4-2). Dabei deutet „Pi“ auf die Leistung im Idle-Modus (bzw. Leerlauf-Betrieb) und die Zahl auf die Leistungsaufnahme der PC hin. Da der Stromverbrauch direkt abhängig ist von der Leistungsaufnahme im Leerlauf ist diese Wert entscheidend für den Stromverbrauch und wird für die Bezeichnung der PCs verwendet.

Die Einsparungspotenziale werden in Bezug zur Leistungsaufnahme im Leerlauf-Betrieb des Altbestands sowie des derzeitigen Durchschnitts bei Neuanschaffung (PiØ) gemessen. Relativ zum Altbestand (Pi64) ist bei Neukauf von einem durchschnittlichen PC mit Leistungsaufnahme im Leerlauf-Betrieb von 42,5 W rund 122 MWh Jahr⁻¹ (35 % des Stromverbrauchs der PCs) Strom einzusparen¹⁴ (siehe Abbildung 6-8). Bei dieser Einsparung wird der Altbestand wieder auf den „durchschnittlichen“ Stand der Technik gebracht. Dies stellt im Wesentlichen eine Mindestanforderung für die Beschaffung von PCs dar.

¹⁴ Diese Einsparung wird erreicht bei vollständiger Erneuerung des Altbestandes, Teile des Bestandes können aber auch in zwei oder drei Jahresrhythmus erneuert werden.

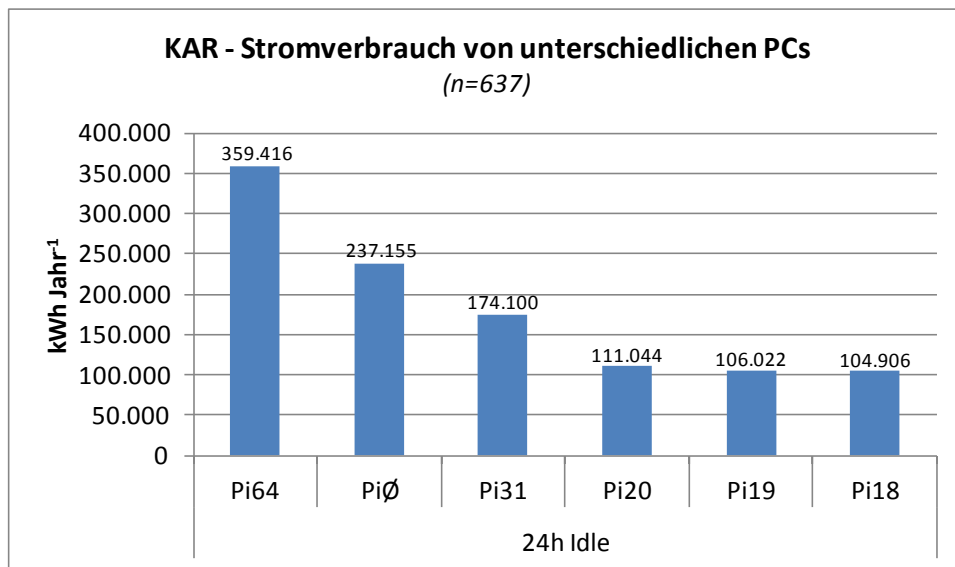


Abbildung 6-8: Stromverbrauchsszenarien von verschiedener PCs im KAR

Einsparungen gemessen am aktuellen Stand der Technik werden anhand der PCiØ bestimmt. Für die Bestimmung der Einsparungspotenzialen sind vier PCs ausgewählt mit einer Leistung von 70 % und 50 % der durchschnittlichen Leistungsaufnahme im Leerlauf-Betrieb (siehe auch Abschnitt 3.2.3.1, Tabelle 3-2). Bei Neukauf von PCi31 (bzw. 70 % der durchschnittlichen Leistung in Leerlauf-Betrieb) ist eine Stromverbrauchseinsparung ca. 63 MWh Jahr⁻¹ (bzw. 25 %) zu realisieren bei einer vollständigen Bestandserneuerung (siehe Abbildung 6-8). Werden PCs mit 50 % der durchschnittlichen Leistung im Leerlauf-Betrieb gewählt (bzw. Pi20, Pi19, Pi18), ist eine Stromverbrauchseinsparung von 126 bis 132 MWh Jahr⁻¹ möglich (siehe Abbildung 6-8).

Der Altbestand, simuliert im Szenario mit PCi64, zeigt einen Jahresstromverbrauch von 360 MWh auf, dies entspricht rund 71 Tonnen CO₂-Emissionen bei einem Emissionsfaktor von 198 g CO₂ kWh⁻¹. Wird der Altbestand auf den Stand der Technik gebracht, so ist eine Einsparung von ca. 122 MWh Jahr⁻¹ zu realisieren, was eine Reduzierung der CO₂-Emissionen von 24 Tonnen ergibt. Dies entspricht der Mindesteinsparung die bei vollständiger Erneuerung des Altbestands zu erreichen ist. Werden effizientere PCs gewählt ist eine weitere Reduzierung der CO₂-Emissionen von 12 bis 26 Tonnen CO₂ pro Jahr möglich (siehe Abbildung 6-9).

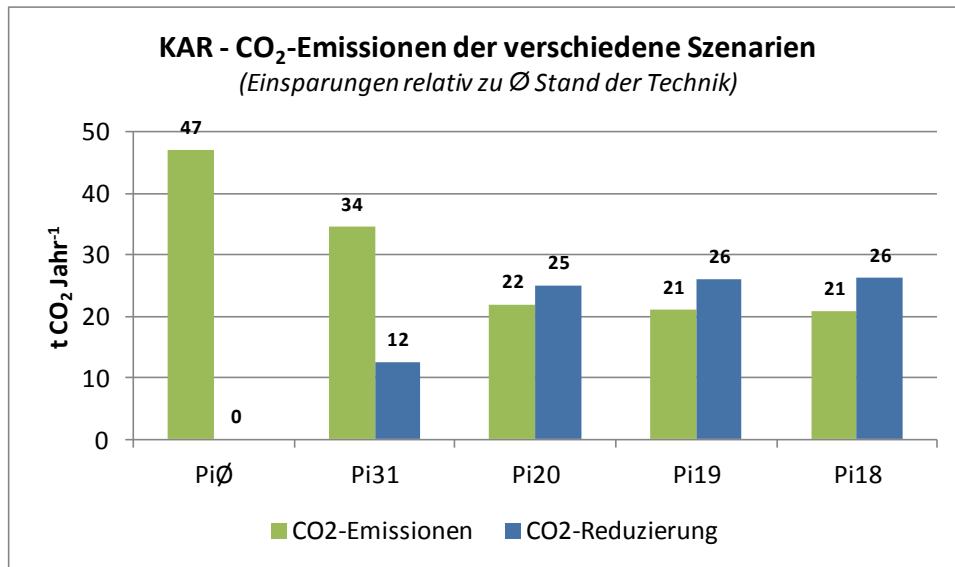


Abbildung 6-9: CO₂-Emissionen und CO₂-Einsparpotenziale der KAR-Szenarien

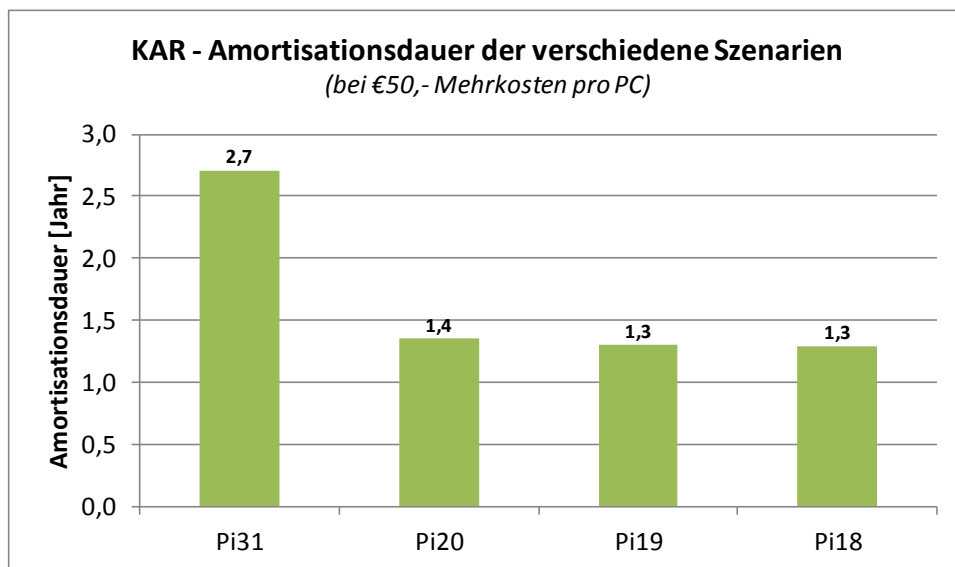


Abbildung 6-10: Amortisationsrechnung für PCs bei € 50,- Mehrkosten pro PC

Energieeffiziente PCs sind nicht unbedingt teurer als PCs die relativ betrachtet mehr Strom verbrauchen. Dies ist aber je PC und Hersteller unterschiedlich und muss Fallweise analysiert werden. Um trotzdem einen Überblick zu geben wird eine Amortisationsrechnung unter der Annahme von € 50,- Mehrkosten pro PC durchgeführt. Die Amortisation wird an dem durchschnittlichen Stand der Technik (PCiØ) die der Mindestanforderung der Energieeffizienz entspricht gemessen. Wird PCi31 gewählt (70 % der durchschnittliche Leistung in Leerlauf-Betrieb), und fallen dabei € 50,- Mehrkosten pro PC an, amortisieren sich die Mehrkosten der Beschaffung innerhalb von 3 Jahren (siehe Abbildung 6-10). Wird ein PC mit rund 50 % der durchschnittliche Leistung in Leerlauf-Betrieb gewählt rechnen sich die Mehrkosten innerhalb von 1,5 Jahr (siehe Abbildung 6-10)

6.3 Quantifizierung der Klimaauswirkungen

Basierend auf dem Gesamtenergieverbrauch und der CO₂-Emissionsfaktoren der eingesetzten Energieträger, werden jährlich rund 5.616 Tonnen CO₂ emittiert. In Abbildung 6-11 sind die CO₂-Emissionen und CO₂-Einsparpotenziale dargestellt. Anhand ausgewählter Einsparungsmaßnahmen ist eine Reduzierung der CO₂-Emissionen von 473 t CO₂ Jahr⁻¹ möglich, dies entspricht einer Reduzierung der Emissionen von ca. 8 %.

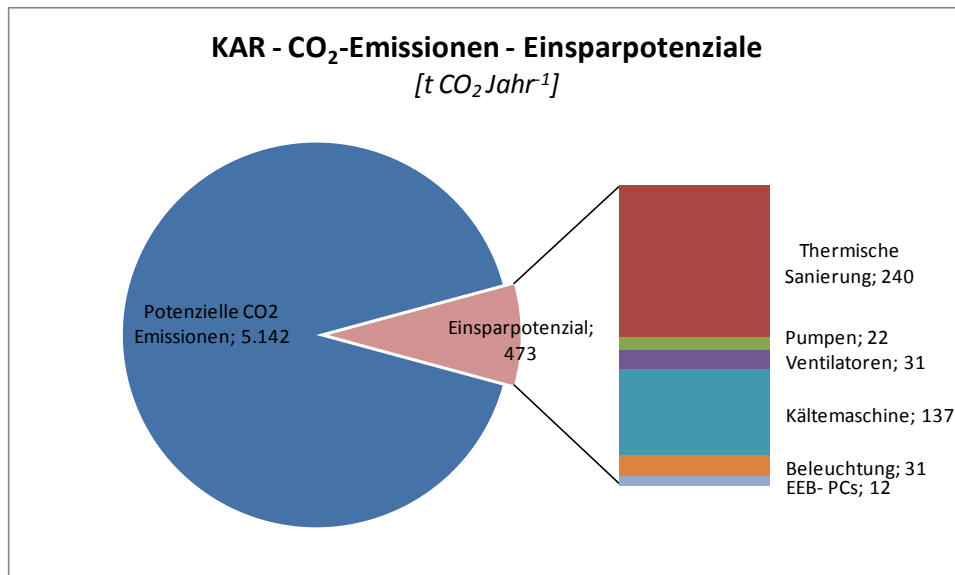


Abbildung 6-11: Gesamt CO₂-Emissionen und Einsparungspotenzial der Maßnahmen

Die größte Reduzierung der CO₂-Emissionen wird durch einer thermische Sanierung der Gebäudehülle erreicht, die Basissanierungsvariante 1 aus [Mitterdorfer et al., 2012] wurde für die Ermittlung des Einsparungspotenzials verwendet. Diese Sanierungsvariante umfasst eine thermische Sanierung der Fassade entsprechend der Mindestanforderung an Bauteile nach der OIB Richtlinie 6 und bewirkt eine Reduzierung von 245 t CO₂ Jahr⁻¹. Mittels einer Sanierung der HLK-Stromverbrauchergruppen (Pumpen, Ventilatoren, und Kältemaschinen) können die CO₂-Emissionen um 190 t Jahr⁻¹ reduziert werden. Bei der Sanierung der Kältemaschinen wird von der Sanierungsvariante 1 ausgegangen, wobei die Anlagen auf den Stand der Technik gebracht werden (siehe [Mitterdorfer et al., 2012]).

Bei der Beleuchtung wurde die CO₂-Reduzierung, auf Basis der Referenzbereiche, nach einer Sanierung einer aus T8-Leuchten bestehenden Beleuchtungsanlagen ermittelt, wobei die T8-Leuchten durch T5-Leuchten ersetzt werden. In den Referenzbereichen ist ca. 80 % des Stromverbrauches der Beleuchtungsanlagen auf die T8-Leuchtstoffleuchten zurückzuführen. Das CO₂-Einsparungspotenzial ist anhand dieser Gliederung ermittelt und weist eine Gesamtreduzierung von rund 31 t CO₂ Jahr⁻¹ auf.

Das Einsparungspotenzial der PCs ist anhand der Leistungsaufnahme in Leerlauf Betrieb ermittelt, unter Annahme dass die PCs 24 Stunden pro Tag eingeschaltet sind. Dabei ist der Leistungsaufnahme von durchschnittlich 70 W auf 31 W reduziert worden. Die dadurch gewonnen CO₂-Reduzierung beträgt rund 12 t CO₂ Jahr⁻¹.

7 Spezifische Maßnahmen im Krankenhaus Hietzing (KHR)

7.1 Energieverbrauchskennzahlen

7.1.1 Gesamtenergieverbrauchskennzahlen

In Abbildung 7-1 ist der Gesamtenergieverbrauch des KHR, sowie der Fernwärme, Stromverbrauch, und Erdgasverbrauch, über den Bezugszeitraum 2007 bis 2010 dargestellt. Das KHR verbraucht rund $332 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$ an Energie, davon sind rund 58 % auf den Fernwärmeverbrauch ($193 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$), 28 % auf den Stromverbrauch ($94 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$), und 13 % ($42 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$) auf den Erdgasverbrauch zurückzuführen (siehe Tabelle 7-1). Der Gesamtenergieverbrauch sinkt über den Zeitraum mit $3 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$ leicht ab, werden die Heizgradtage (HGT) berücksichtigt ist eine Senkung von $20 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$ beim Fernwärmeverbrauch fest zu stellen. Der Stromverbrauch steigt durchschnittlich mit $1 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$ an, und der Gasverbrauch mit $3 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$, was einen Senkung des Energieverbrauchs von $16 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$ ergibt.

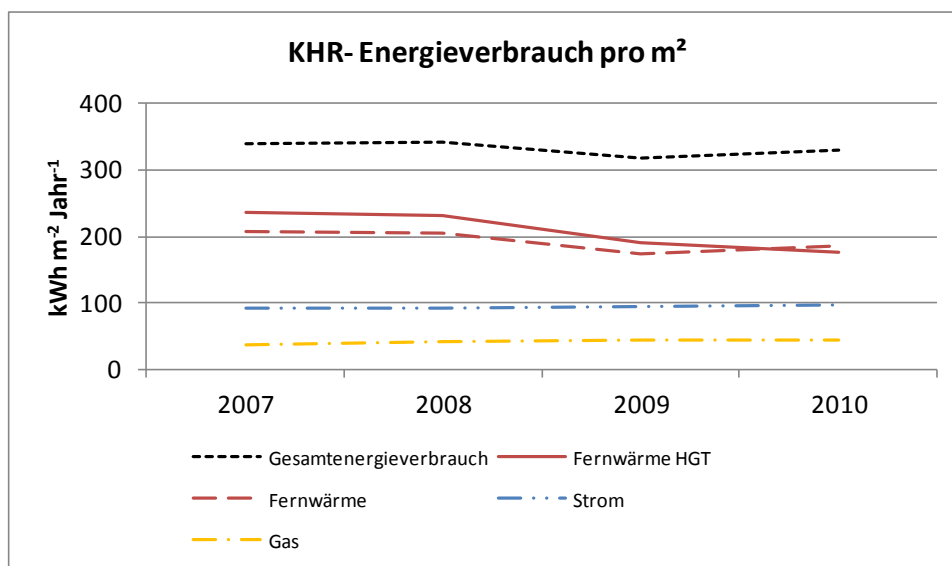


Abbildung 7-1: Energieverbrauchskennzahlen Energieverbrauch pro m² im KHR

In der Tabelle 7-1 sind die Energieverbrauchskennzahlen des KHR nach Energieträger gegliedert wiedergegeben. Die Kennzahlen basieren auf dem Vierjahresdurchschnitt über den Bezugsjahren 2007 bis 2010 des Gesamtenergieverbrauchs, und werden in Bezug zu den Quadratmeter, Bettenanzahl, Pflage tage, und Anzahl der Aufnahmen dargestellt. Die Kennzahlen wurden von Daten der Finanzverwaltung des KHR aus verschiedenen betriebsinternen Quellen aufbereitet.

Der Energieverbrauch liegt bei $34,9 \text{ MWh Jahr}^{-1}$ pro Bett, 107 kWh pro Pflage tag⁻¹, und 750 kWh pro Aufnahme⁻¹. Schwerpunktmäßig werden die Hauptenergieträger Fernwärme und Strom analysiert da die übrige Energieträger (Gas, und Diesel) weniger eingesetzt werden (14 % des Gesamtenergieverbrauchs).

Tabelle 7-1: Energieverbrauchskennzahlen des KHR gegliedert nach Energieträger

Energieträger	kWh m ⁻² Jahr ⁻¹	kWh Bett ⁻¹	kWh Pflege ¹ tag ⁻¹	kWh Aufnahme ¹
Gesamtenergieverbrauch	332	34.921	107	750
Fernwärme	193	20.289	62	436
Strom	94	9.900	30	212
Gas	42,0	4.412	13,5	94,6
Diesel	3,0	320	1,0	6,9

7.1.2 Energieverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung

Die Energieverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung werden in [Mitterndorfer et al., 2012] nach Energieträger, Gerätekategorie, und Funktionsbereich gegliedert, und in Tabelle 7-2 und Tabelle 7-3 dargestellt. Eine ausführliche Beschreibung der Berechnung sowie Interpretation ist in [Mitterndorfer et al., 2012] zu finden. Die Energieverbrauchskennzahlen nehmen Bezug auf der jährlicher Energieverbrauch pro Quadratmeter konditionierter Nettogeschoßfläche. Der Wärmeverbrauch für die Raumheizung ist für den Pavillon II wiedergegeben (siehe Tabelle 5-3).

Tabelle 7-2: Stromverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung*

Funktionsbereiche	Stromverbrauchskennzahlen [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]			
	Ventilatoren	Dampfbefeuchter	Kältemaschinen	Pumpen
Stationen / Sonstige Bereiche	18,6	0,0	0,0	3,7
Ambulanzen / Intensiv Stationen	18,0	0,0	0,0	3,6
OP	92,9	109,6	70,8	18,4
Diagnostik	18,0	0,0	0,0	3,6

* Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012]

Tabelle 7-3: Fernwärmeverbrauchskennzahlen der HLK und Warmwasseraufbereitung*

Gebäudetype	Fernwärmeverbrauchskennzahlen [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	
	Raumheizung	Warmwasseraufbereitung
Pavillon II	290,6	44,4

* Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012]

† OGD: Oberste Geschoßdecke

7.1.3 Stromverbrauchskennzahlen

Der spezifische Stromverbrauch liegt bei rund 94 kWh m⁻² Jahr⁻¹ (siehe 7.1.1). In Abbildung 7-2 sind die Stromverbrauchskennzahlen der Gerätekategorien wiedergegeben. Wie bereits ersichtlich wurde in der Stromverbrauchsgliederung, dargestellt in Band 3 von Modul 2, dominieren HLK mit rund 33 kWh m⁻² Jahr⁻¹, und Beleuchtung mit rund 18 kWh m⁻²

Jahr⁻¹, den Stromverbrauch. Weiters umfassen die Gerätekategorien „Reinigungsgeräte“ und „Büro- und Verwaltungsgeräte“, jeweils mit einen spezifische Stromverbrauch zwischen 9 und 12 kWh m⁻² Jahr⁻¹, wesentliche Stromverbraucher. Für einer weitere Gliederung der Gerätekategorien wird auf [Daxbeck et al., 2012] verwiesen.

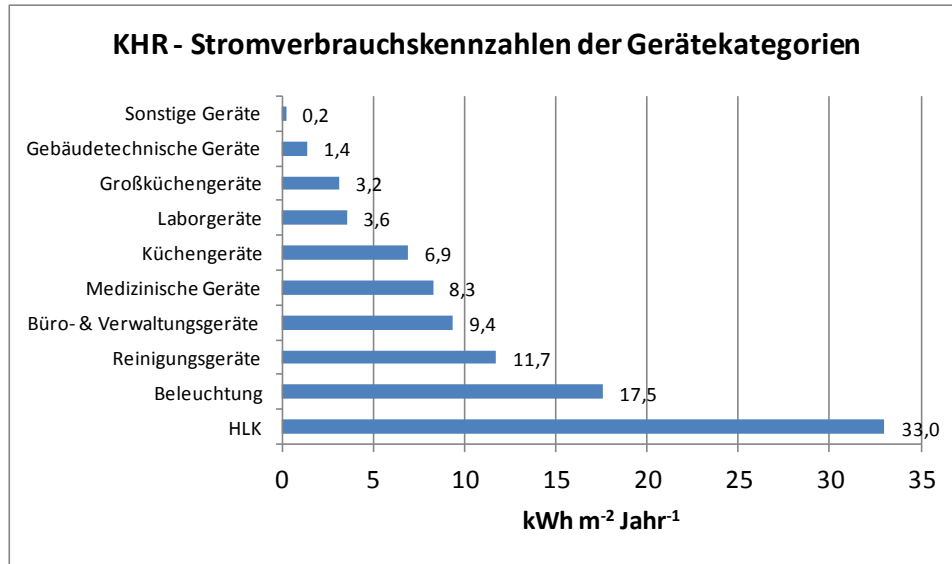


Abbildung 7-2: Stromverbrauchskennzahlen der Gerätekategorien

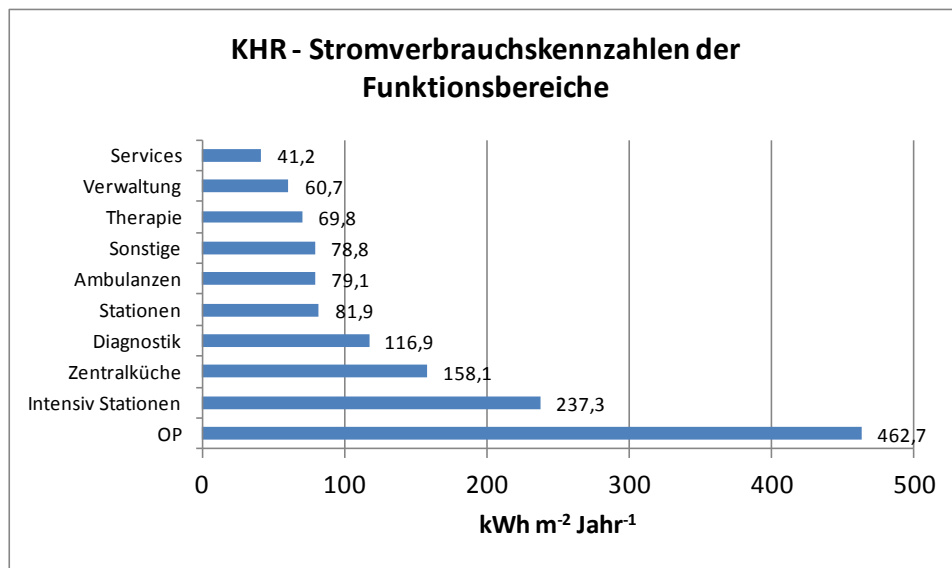


Abbildung 7-3: Stromverbrauchskennzahlen der Funktionsbereiche

In Abbildung 7-3 sind die Stromverbrauchskennzahlen der Funktionsbereiche dargestellt. Der OP weist mit rund 460 kWh m⁻² Jahr⁻¹, den höchsten spezifischen Stromverbrauch der Funktionsbereiche auf, und die Intensiv Stationen mit 237 kWh m⁻² Jahr⁻¹ den Zweithöchsten. In beide Bereiche ist der Stromverbrauch in Wesentlichen auf die HLK-Anlage zurückzuführen (siehe [Trnka et al., 2012] und [Mitterndorfer et al., 2012]). Die Zentralküche verbraucht rund 158 kWh m⁻² Jahr⁻¹ dies ist auf Großküchengeräte zurückzuführen (siehe [Daxbeck et al., 2012]). Der Funktionsbereich „Diagnostik“ verbraucht rund 117 kWh m⁻² Jahr⁻¹ an Strom, was größtenteils den diagnostische Geräte (bzw. MRT und CT) und Beleuchtung zuzuteilen ist.

7.2 Energieeinsparungspotenziale

7.2.1 HLK

Die Einsparungspotenziale im Bereich der HLK werden in [Mitterndorfer et al., 2012] beschrieben und im Abschnitt 7.2.1.1 und 7.2.1.2 kurz zusammengefasst.

7.2.1.1 Thermische Sanierung der Gebäudehülle

In [Mitterndorfer et al., 2012] werden drei Sanierungsvarianten vorgeschlagen:

- Sanierungsvariante 1: beinhaltet eine Dämmung der obersten Geschößdecke, und eine Dämmung der Innerwände zu unbeheizten Räumen sowie eine Dämmung der Kellerdecke.
- Sanierungsvariante 2: beinhaltet einen Austausch der Fenster und Türen zusätzlich zu der Maßnahmen der thermischen Basissanierung (Sanierungsvariante 1)
- Sanierungsvariante 3: beinhaltet zusätzlich zu den Maßnahmen der thermischen Basissanierung (Sanierungsvariante 1) und ein Austausch der Fenster und Türen (Sanierungsvariante 2), eine Dämmung der Außenwand.

Durch die Sanierungsvariante 3 können jährlich 9.138 MWh an Energie eingespart werden, dies entspricht einer prozentuellen Einsparung von 40 %. Mit Sanierungsvariante 2 können rund 3.640 MWh Jahr⁻¹ (bzw. 16 %) an Endenergie eingespart werden. Die Sanierungsvariante 1 würde zu einer jährlichen Energieeinsparung von 9 % oder 2.060 MWh Jahr⁻¹ führen [Mitterndorfer et al., 2012].

Für weiterführende Informationen über die Sanierungspakete und Einsparungspotenzialen wird auf [Mitterndorfer et al., 2012] verwiesen.

Tabelle 7-4: Auswirkung der Sanierungsvarianten auf der Fernwärmeverbrauchskennzahl (Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012])

Einsparungspotenzialen des Fernwärmeverbrauchs durch thermische Sanierung		
Ist-Situation / Sanierungsvarianten	Wärmeverbrauchskennzahl [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Einsparungspotenzial [%]
Bestand	290,6	-
Sanierungsvariante 1	264,3	9
Sanierungsvariante 2	244,3	16
Sanierungsvariante 3	174,2	40

7.2.1.2 Komponententausch der HLK-Stromverbraucherguppen

In [Mitterndorfer et al., 2012] werden jeweils für Pumpen, Ventilatoren, und Kältemaschinen Sanierungspakete entwickelt. Das Sanierungspakt „Pumpen“ beinhaltet den Austausch von Pumpen und Pumpenmotoren. Das Sanierungspaket „Ventilatoren“ beinhaltet den Austausch der Antriebsmotoren gegen IE3-Motoren. Für die Kältemaschinen wurden zwei Sanierungsvarianten berechnet: In Sanierungsvariante 1 werden Altgeräte gegen neue Standardgeräte ausgetauscht, und in Sanierungsvariante 2 werden Altgeräte gegen

hocheffizienten Kältemaschinen ersetzt. In Tabelle 7-5 bis Tabelle 7-7 sind die Ergebnisse der Sanierungspakete sowie die Einsparungspotenziale wiedergegeben.

Durch die Sanierung der Ventilatoren ist eine Einsparung von 195 MWh Jahr⁻¹ zu erreichen. Mit dem Austausch der alten Kältemaschinen gegen hocheffizienten Kältemaschinen kann rund 124 MWh Jahr⁻¹ eingespart werden, werden Standardgeräte verwendet liegt die Einsparung bei rund 78 MWh Jahr⁻¹. Durch die Sanierung der Pumpen ist eine jährliche Energieeinsparung von 109 MWh (bzw. 29 %) möglich [Mitterndorfer et al., 2012].

Für weiterführende Informationen über die Sanierungspakete und Einsparungspotenzialen wird auf [Mitterndorfer et al., 2012] verwiesen.

Tabelle 7-5: Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Pumpen (Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012])

Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Pumpen			
Funktionsbereiche	Bestand [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Sanierung [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Einsparungspotenzial [%]
Stationen / Sonstige Bereiche	3,7	2,6	30
Ambulanzen / Intensiv Stationen	3,6	2,5	31
OP	18,4	12,7	31
Diagnostik	3,6	2,5	31

Tabelle 7-6: Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Ventilatoren (Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012])

Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Ventilatoren			
Funktionsbereiche	Bestand [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Sanierung [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Einsparungspotenzial [%]
Stationen / Sonstige Bereiche	18,6	16,7	10
Ambulanzen / Intensiv Stationen	18,0	15,3	15
OP	92,9	86,6	7
Diagnostik	18,0	15,3	15

Tabelle 7-7: Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Kältemaschinen (Quelle: [Mitterndorfer et al., 2012])

Einsparungspotenziale des Stromverbrauchs durch Sanierung der Kältemaschinen					
Funktionsbereiche	Bestand [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]	Sanierungsvariante [kWh m ⁻² Jahr ⁻¹]		Einsparungspotenzialen [%]	
		1	2	1	2
OP	70,84	53,13	42,51	25	40

7.2.2 Beleuchtung

In Abbildung 7-4 ist der Stromverbrauch der Beleuchtungsszenarien eines Referenzgangbereichs (Gangbereich im EG des Pavillons II) im KHR bei 50.000 Betriebsstunden wiedergegeben. Die bestehende Beleuchtungsanlage wird durch das T8-KVG Szenario dargestellt, ein derartige Anlage verbraucht unter die in Kapitel 3 und Anhang 11.5 angeführten Annahmen und Rahmenbedingungen rund 56.000 kWh. Werden die KVGs gegen EVGs mit EEI-Klasse A2 ausgetauscht (Vorschaltgeräte mit einer Effizienz von 90%) ist 11 % Stromersparnis zu realisieren. Werden hocheffizienten Steuerungsfähige EVGs der EEI-Klasse A1 bzw. A1-BAT verwendet (für weitere Informationen bezüglich der EEI-Klassen der Vorschaltgeräte siehe Anhang 11.5), sind Einsparungen von über 20 % möglich.

Der Stromverbrauch der LED-840- und T5-Szenarien ist mit 33.250 kWh bzw. 38.400 kWh sehr ähnlich. Im Vergleich mit den T8-KVG Szenario weisen sie eine Stromersparnis von rund 47 % bzw. 39 % auf. Das LED-830-Szenario verbraucht ca. 6.650 kWh mehr als das LED-840 Szenario dies ist auf den niedrigeren Wirkungsgrad der warmweißen LEDs zurückzuführen. Das LED-830-Szenario verbraucht um 39 % weniger Strom im Vergleich zu dem T8-KVG-Szenario.

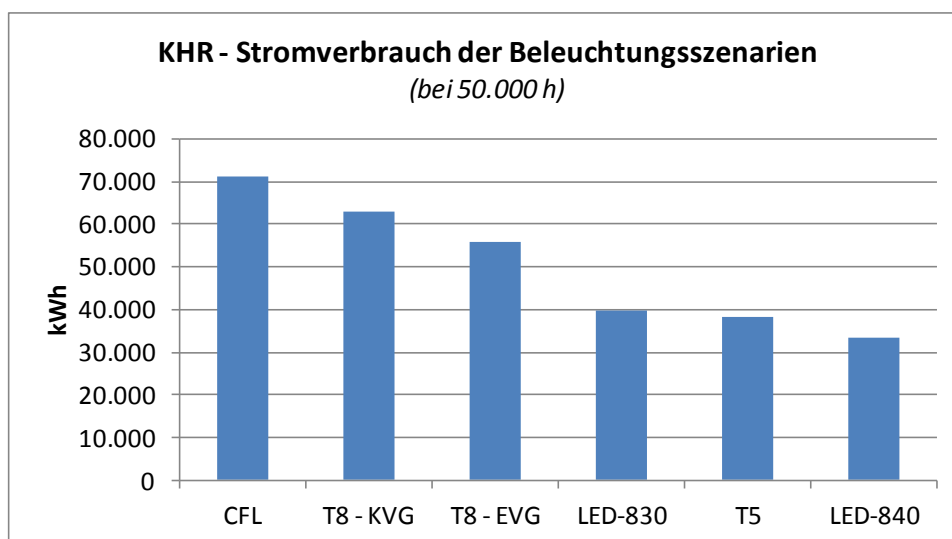


Abbildung 7-4: Stromverbrauch der KHR-Beleuchtungsszenarien bei t_B : 50.000 h

Ein Vergleich zwischen herkömmlicher (bzw. T8 mit KVGs) und neuer Beleuchtungstechnologie ist nur dann nützlich wenn die unterschiedlichen Technologien untereinander verglichen werden. Wird die LED-Technologie mit einer neuwertige T5-Anlage verglichen, wird deutlich dass die T5-Anlage sehr gut abschneidet. In der gegenwärtigen Kostenlage der LED-Produkte ist das T5-Szenario hinsichtlich des Stromverbrauches und der Investitionskosten eine wirtschaftlich gut vertretbare Beleuchtungslösung.

Hinsichtlich der Klimawirkungen der Beleuchtungsszenarien sind die Verhältnisse ähnlich. Bei einem angenommenen CO_2 -Emissionsfaktor bei Strom von $0,198 \text{ kg CO}_2 \text{ kWh}^{-1}$ liegen die CO_2 -Emissionen der Szenarien zwischen 6.584 kg CO_2 und 14.108 kg CO_2 bei 50.000 Betriebsstunden wie ersichtlich in Abbildung 7-5.

Die Beleuchtungsszenarien sind von mittlere Beleuchtungsstärke (bzw. \bar{E}_m) und Gleichmäßigkeit vergleichbar, zeigen jedoch in der Kostenrechnung wesentliche Unterschieden auf. In Abbildung 7-6 sind die Gesamtkosten der vier Szenarien, unterteilt in die Fixkosten und Betriebskosten, wiedergegeben. Das T5-Szenario ist mit € 14.198,- das günstigste Alternativ was auf einen hohen Systemlichtausbeute der Leuchten (bzw. 72 lm W^{-1}) und sehr gute Lichtverteilung des Optik (bzw. OLC-Micro-/Minilamellen und Microlinsenoptiken) zurückzuführen ist. Durch gute optische Eigenschaften einer Leuchte kann unter anderen das Anzahl benötigte Leuchte um den Wert der Beleuchtungsstärke zu erreichen optimiert werden, bzw. das Anzahl Leuchten wird minimiert was sich sowohl auf die Feste Kosten als auch auf die Betriebskosten günstig auswirkt (siehe auch Anhang 11.5).

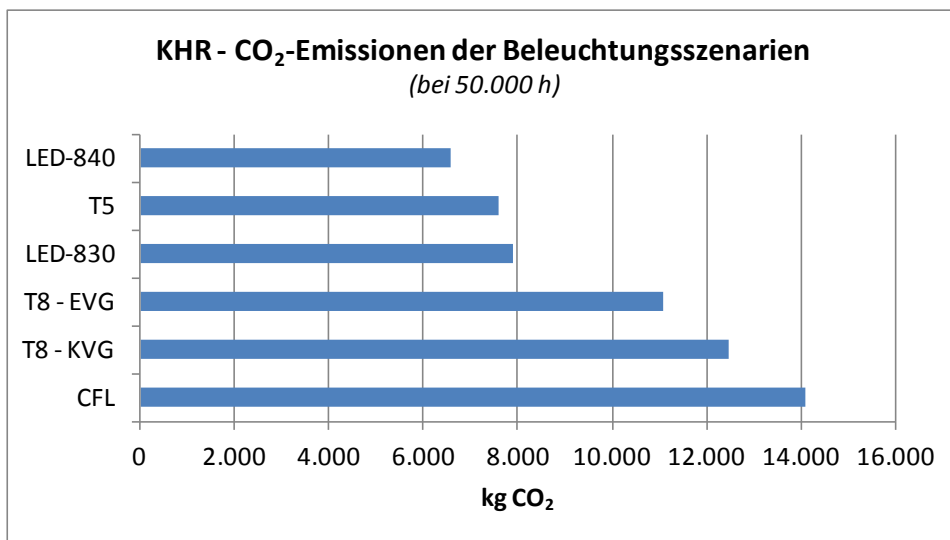


Abbildung 7-5: CO₂-Emissionen der KHR-Beleuchtungsszenarien bei t_B: 50.000 h

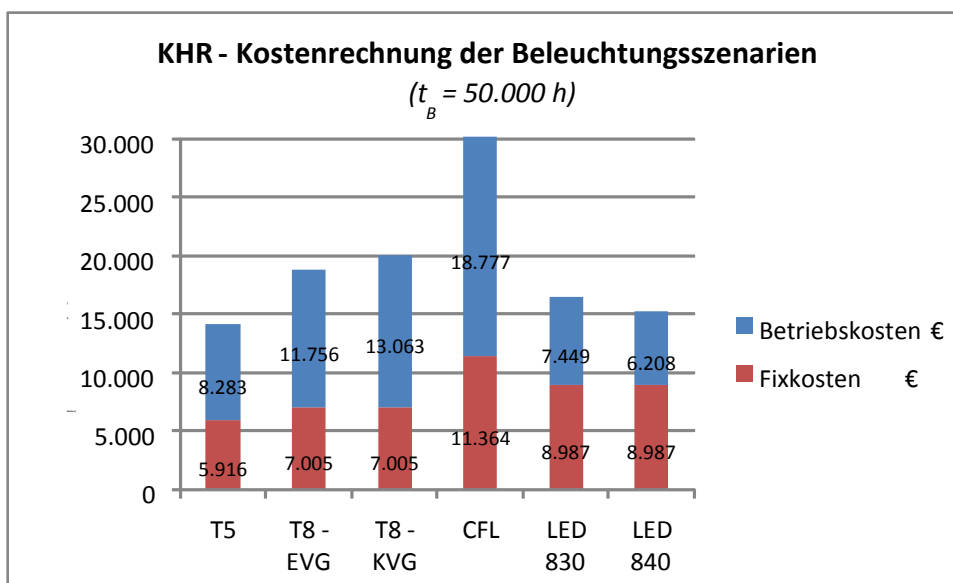


Abbildung 7-6: Kostenrechnung der KHR-Beleuchtungsszenarien

Das LED840-Szenario liegt mit € 15.195,- an der zweiten Stelle und weist Mehrkosten von knapp unter € 1.000,- im Vergleich mit dem T5-Szenario auf. Auch das LED830-Szenario

schneidet mit € 16.436,- noch gut ab. Die T8-Szenarien sowie auch das CFL-Szenario schneiden in diesem Beispiel mit Gesamtkosten zwischen € 18.761,- bis € 30.141,- deutlich schlechter ab. Die Mehrkosten sind, wie in Abbildung 7-6 ersichtlich, auf die Betriebskosten der Anlage zurückzuführen. Neben der höhere Stromverbrauch sind Ersatzlampen und zusätzliche Wartungsarbeiten notwendig was die Gesamtkosten steigert. Bei das CFL-Szenario kommt zusätzlich noch dazu dass die Investitionskosten durch die große Anzahl benötigter Lampen (bzw. Lichtverteilung / Punktbeleuchtung statt Linearbeleuchtung) sehr hoch sind.

Die Erstinvestitionskosten der LED-Leuchte in diesem Beispiel sind ca. 1,5 Mal höher im Vergleich mit den T5-Leuchten¹⁵. Die Investitionskosten (Fixkosten) des T8-Szenario sind höher als jene des T5-Szenario weil 4 zusätzliche Leuchten nötig werden um die erforderliche Beleuchtungsstärke zu erreichen. In Abbildung 7-7 sind die Gesamtkosten der Szenarien als einen Funktion der Zeit dargestellt. Das LED-Szenario amortisiert sich innerhalb der angenommenen Lebensdauer von 50.000 Stunden (ca. 5 bis 6 Jahre) nicht, nach dieser Periode werden Wartungskosten anfallen um die erforderliche Beleuchtungsstärke zu erhalten.

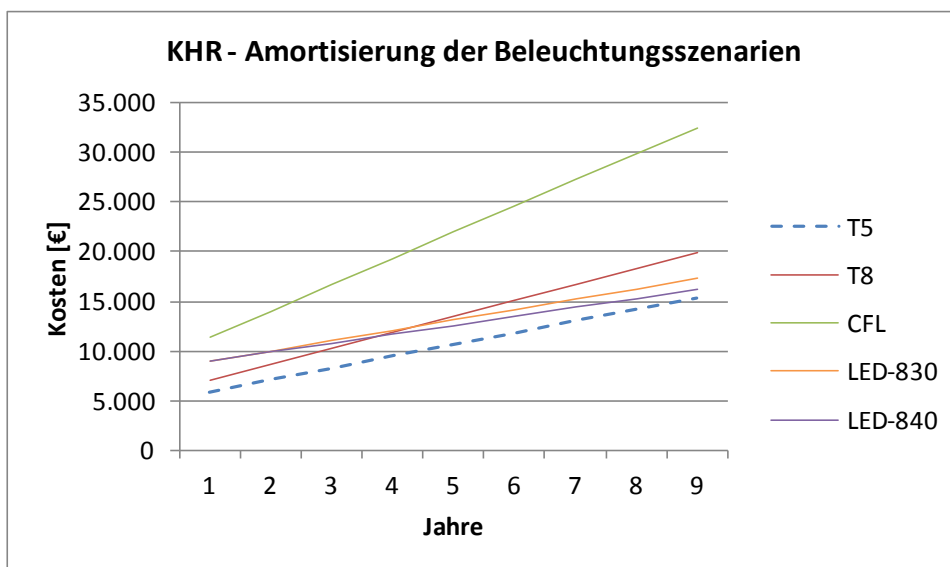


Abbildung 7-7: Amortisationsdauer der KHR-Beleuchtungsszenarien

7.2.3 Energieeffiziente Beschaffung (EEB) anhand das Beispiel PCs

Die Stromverbrauchseinsparungen können bei Neukauf von PCs realisiert werden indem die elektrische Leistungsaufnahme der PCs minimiert wird. In Abbildung 7-8 ist der Stromverbrauch von verschiedenen Szenarien bzw. PCs über ein Jahr wiedergegeben, die Annahme dabei ist dass die PCs 24 Stunden pro Tag eingeschaltet sind (bzw. sich in Leerlauf-Betrieb befinden). Der Rechner mit Pi64 angedeutet ist repräsentativ für die derzeit im KHR ca. 1.150 eingesetzte Standard PCs. Der Rechner PiØ stellt einen „Bezugs-PC“ mit durchschnittliche Leistungsaufnahme in Leerlauf-Betrieb dar, woran Einsparungen gemessen werden können (siehe 4.3.3, Abbildung 4-2). Da der Stromverbrauch direkt

¹⁵ T5: - Philips Smartform TBS411 1x28W/830 HFP C8-VH PI: € 179,-; Philips Powerbalance RC462B LED28S/830 PSD W31L125 W: € 395,-

abhängig ist von der Leistungsaufnahme im Leerlauf ist diese Wert entscheidend für den Stromverbrauch und wird für die Bezeichnung der PCs verwendet. Dabei deutet „Pi“ auf die Leistung im Idle-Modus (bzw. Leerlauf-Betrieb) und die Zahl auf die Leistungsaufnahme der PC hin.

Die Einsparungspotenziale werden in Bezug zur Leistungsaufnahme im Leerlauf-Betrieb des Altbestands sowie des derzeitigen Durchschnitts bei Neuanschaffung (PiØ) gemessen. Relativ zum Altbestand (bzw. Pi64) ist bei Neukauf von einem durchschnittlichen PC mit einer Leistungsaufnahme im Leerlauf-Betrieb von 42,5 W rund 220 MWh Jahr⁻¹ (ca. 35 % des Stromverbrauchs der PCs) Strom einzusparen¹⁶ (siehe Abbildung 7-8). Dies stellt im Wesentlichen eine Mindestanforderung für die Beschaffung von PCs dar.

Einsparungen gemessen an dem aktuellen Stand der Technik werden anhand der PCiØ bestimmt. Für die Bestimmung der Einsparungspotenzialen sind PCs ausgewählt mit einer Leistung von 70 % und 50 % der durchschnittliche Leistungsaufnahme im Leerlauf-Betrieb (siehe auch Abschnitt 3.2.3.1, Tabelle 3-2). Bei Neukauf von PCi31 (bzw. 70 % der durchschnittlichen Leistung in Leerlauf-Betrieb) ist einen Stromverbrauchseinsparung von ca. 114 MWh Jahr⁻¹ (bzw. 25 %) zu realisieren (siehe Abbildung 7-8). Werden PCs mit 50 % der durchschnittliche Leistung im Leerlauf-Betrieb gewählt (bzw. Pi20, Pi19, Pi18), ist einen Stromverbrauchseinsparung von 227 bis 238 MWh Jahr⁻¹ möglich bei einer vollständigen Bestandserneuerung (siehe Abbildung 7-8).

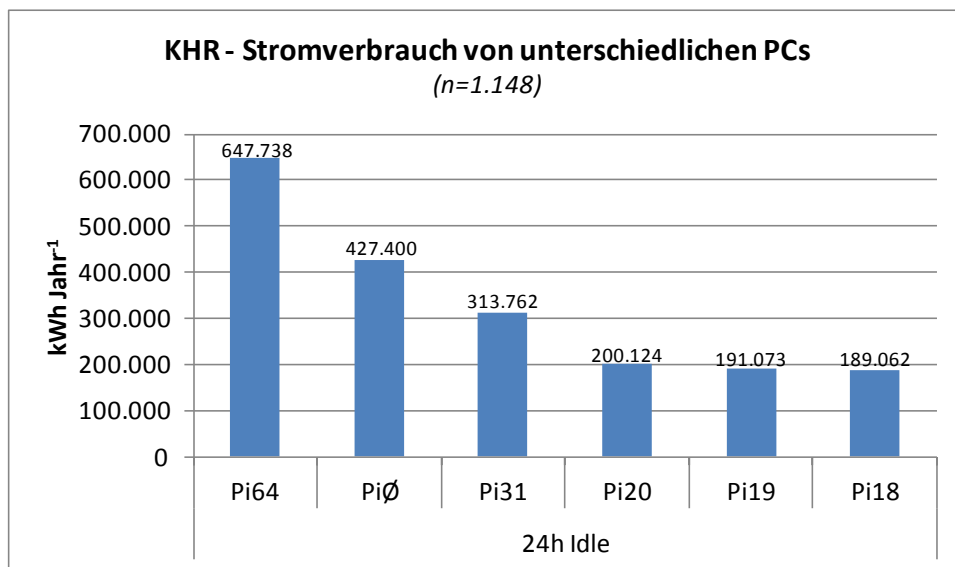


Abbildung 7-8: Stromverbrauchsszenarien von verschiedener PCs im KHR

Der Altbestand simuliert im Szenario mit PCi64 zeigt ein Jahresstromverbrauch von 648 MWh auf, dies entspricht rund 128 Tonnen CO₂-Emissionen bei einem Emissionsfaktor von 198 g CO₂ kWh⁻¹. Wird das Altbestand auf den durchschnittlichen Stand der Technik gebracht, so ist eine Einsparung von ca. 220 MWh Jahr⁻¹ zu realisieren, was eine Reduzierung der CO₂-Emissionen mit 44 Tonnen ergibt. Dies entspricht der Mindesteinsparung die bei vollständiger Erneuerung des Altbestands erreicht werden soll.

¹⁶ Diese Einsparung wird erreicht bei vollständiger Erneuerung des Altbestandes, Teile des Bestandes können aber auch in zwei oder drei Jahresrhythmus erneuert werden.

Werden effizientere PCs gewählt ist eine weitere Reduzierung der CO₂-Emissionen von 23 bis 47 Tonnen CO₂ pro Jahr möglich (siehe Abbildung 7-9).

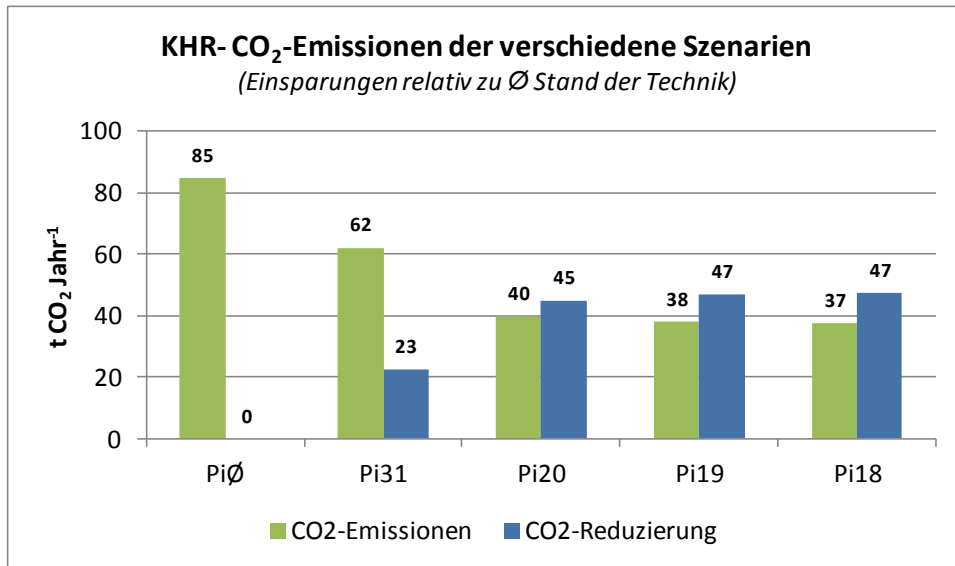


Abbildung 7-9: CO₂-Emissionen und CO₂-Einsparpotenziale der KHR-Szenarien

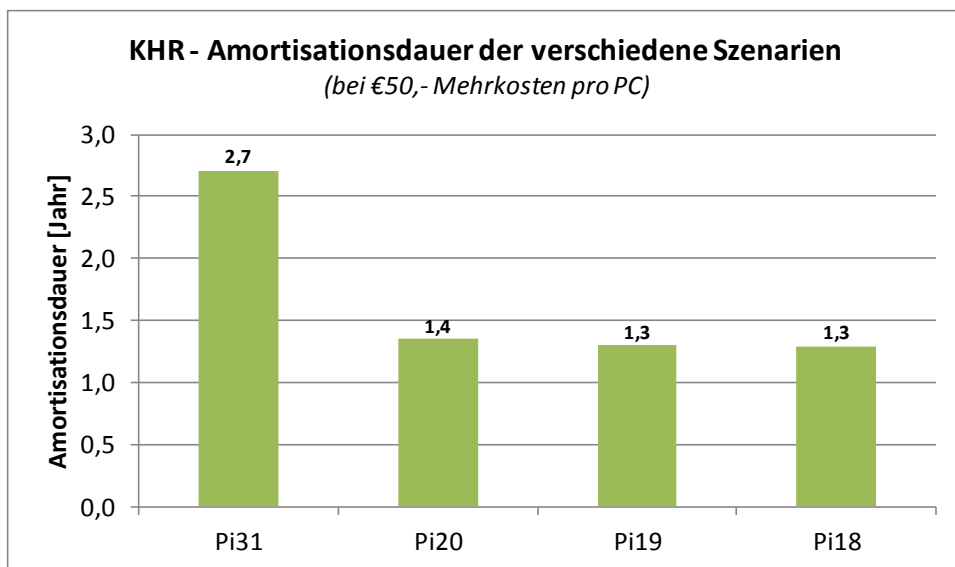


Abbildung 7-10: Amortisationsrechnung für PCs bei € 50,- Mehrkosten pro PC

Energieeffiziente PCs sind nicht unbedingt teurer als PCs die relativ betrachtet mehr Strom verbrauchen. Dies ist aber je PC und Hersteller unterschiedlich und muss Fallweise analysiert werden. Um trotzdem einen Überblick zu geben wird eine Amortisationsrechnung unter der Annahme von € 50,- Mehrkosten pro PC durchgeführt. Die Amortisation wird an dem durchschnittlichen Stand der Technik (PCiØ) die der Mindestanforderung der Energieeffizienz entspricht gemessen. Wird PCi31 gewählt (70 % der durchschnittliche Leistung in Leerlauf-Betrieb), und fallen dabei € 50,- Mehrkosten pro PC an, amortisieren sich die Mehrkosten der Beschaffung innerhalb von 3 Jahren (siehe Abbildung 7-10). Wird ein PC mit rund 50 % der durchschnittliche Leistung in Leerlauf-Betrieb gewählt rechnen sich die Mehrkosten innerhalb von 1,5 Jahr (siehe Abbildung 7-10).

7.3 Quantifizierung der Klimaauswirkungen

Basierend auf dem Gesamtenergieverbrauch und der CO₂-Emissionsfaktoren der eingesetzten Energieträger, werden jährlich rund 4.163 Tonnen CO₂ emittiert. In Abbildung 7-11 sind die CO₂-Emissionen und CO₂-Einsparpotenziale dargestellt. Anhand ausgewählter Einsparungsmaßnahmen ist eine Reduzierung der CO₂-Emissionen von 376 t CO₂ Jahr⁻¹ möglich, dies entspricht einer Reduzierung der Emissionen von ca. 9 %.

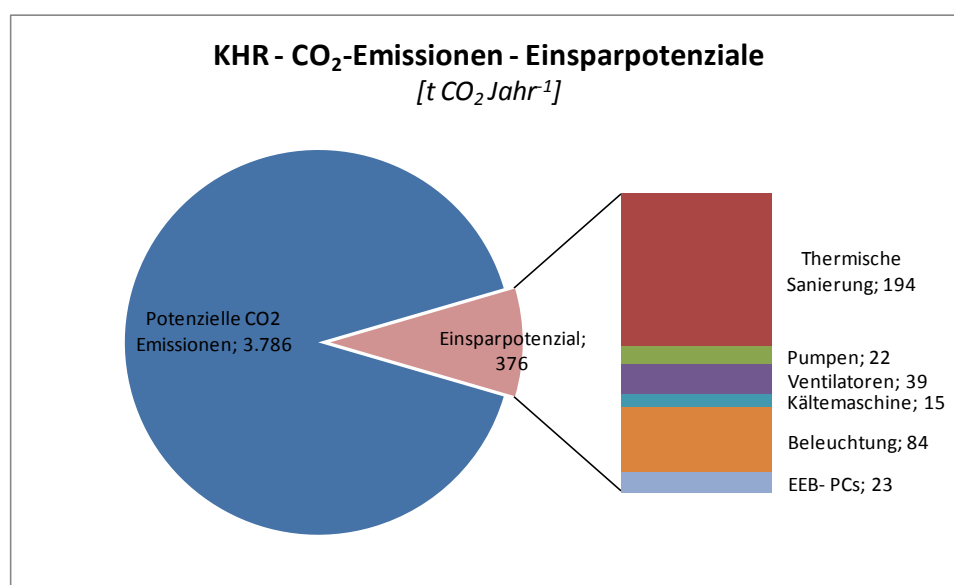


Abbildung 7-11: Gesamt CO₂-Emissionen und Einsparungspotenzial der Maßnahmen

Die größte Reduzierung der CO₂-Emissionen wird durch einer thermische Sanierung der Gebäudehülle erreicht, die Basissanierungsvariante 1 aus [Mitterndorfer et al., 2012] wird dafür aufgeführt. In dieser Sanierungsvariante werden die oberste Geschoßdecke, die Kellerdecke, und die Innenwände angrenzend zu ungeheizte Räume gedämmt, die CO₂-Emissionen nehmen dadurch um ca. 198 t CO₂ Jahr⁻¹ ab. Mittels einer Sanierung der HLK-Stromverbrauchergruppen (Pumpen, Ventilatoren, und Kältemaschinen) können die CO₂-Emissionen um 76 t Jahr⁻¹ reduziert werden. Bei der Sanierung der Kältemaschinen wird von Sanierungsvariante 1 ausgegangen, wobei die Anlagen auf den Stand der Technik gebracht werden (siehe [Mitterndorfer et al., 2012]).

Bei der Beleuchtung wurde die CO₂-Reduzierung, auf Basis der Referenzpavillons mit einer bestehenden Beleuchtungsanlage mit T8-Leuchten, wobei die T8-Leuchten durch T5-Leuchten ersetzt werden. In den Referenzpavillons ist ca. 60 % des Stromverbrauches der Beleuchtungsanlagen auf die T8-Leuchtstoffleuchten, und 25 % auf Kompaktleuchtstofflampen zurückzuführen. Das CO₂-Einsparungspotenzial ist anhand dieser Gliederung ermittelt und weist eine Gesamtreduzierung von rund 84 t CO₂ Jahr⁻¹ auf.

Das Einsparungspotenzial der PCs ist anhand der Leistungsaufnahme in Leerlauf Betrieb ermittelt, unter Annahme dass die PCs 24 Stunden pro Tag eingeschaltet sind. Dabei ist die Leistungsaufnahme von durchschnittlich 70 W auf 31 W reduziert worden. Die dadurch gewonnen CO₂-Reduzierung beträgt rund 23 t CO₂ Jahr⁻¹.

8 Maßnahmenkatalog

Es werden 18 Energieeinsparmaßnahmen beschrieben, es werden speziell auf Krankenhäuser abgestimmte und allgemeine Maßnahmen angeführt. In Tabelle 8-1 bis Tabelle 8-3 sind die Maßnahmen je Spital und Einsparungspotenzial, Kosten und Amortisationsdauer zusammengefasst. Die Maßnahmen werden nach ihrer Priorität gereiht.

Legende bei Tabelle 8-1 bis Tabelle 8-3:

++	sehr hoch	Ø	durchschnittlich
+	hoch	k.A.	keine Angabe
o	mittel	indirekt	keine direkte Einsparungen, ermöglichende Maßnahme
-	niedrig		

8.1 Maßnahmenkatalog für das Otto-Wagner Spital (OWS)

Tabelle 8-1: Maßnahmenkatalog für das OWS

Bezeichnung der Maßnahme	Priorität	Potenzial	Kosten	Amortisation
Thermische Sanierung Pavillon: Sanierungsvariante 1 - Dämmung der obersten Geschoßdecke, der Innerwände zu unbeheizten Räumen, und der Kellerdecke.	-	20%	++	20 Jahre
Thermische Sanierung Pavillon: Sanierungsvariante 2 - sanierungsvariante 1 zusätzlich ein Austausch der Fenster und Türen	-	28%	++	>30 Jahre
Thermische Sanierung Pavillon: Sanierungsvariante 3: Sanierungsvariante 1 und 2 zusätzlich zu eine Dämmung der Außenwand.	-	56%	++	>30 Jahre
Sanierungspakt Pumpen: Austausch von Pumpen und Pumpenmotoren	+	Ø: 27%	o	5-10 Jahre
Sanierungspaket Ventilatoren: Austausch der Antriebsmotoren gegen IE3-Motoren	++	Ø: 12%	o	<1 Jahr
Kältemaschinen: Sanierungsvariante 1 -Austausch der Altgeräte gegen neue Standardgeräte	+	Ø: 21%	+	4-7 Jahre
Kältemaschinen: Sanierungsvariante 2 - Austausch der Altgeräte gegen hocheffizienten Kältemaschinen	+	Ø: 37%	+	4-7Jahre
Energiepolitik - Formulieren und ratifizieren einer vom Management breit getragene Energiepolitik	+	indirekt +	-	k.A.
Innerbetriebliche (und evt. außerbetriebliche) Kommunikation der Energiepolitik anhand Kommunikationsplan	+	indirekt +	-	k.A.
Energiemonitoring - Einführen eines angemessene Energiemonitoringsystem	++	indirekt ++	o	k.A.
Energieeffiziente Beschaffung - Einführen einer Lebenszykluskostenrechnung für die Bewertung der Ausschreibungsangebote hinsichtlich die Energiekosten	++	++	-	k.A.
Energieeffiziente Beschaffung - Energieverbrauch von neu zu beschaffen Geräte in die Beschaffungskriterien aufnehmen anhand von bereits existierende Energiekennzeichnungen bzw. Energielabels und Ökokaufrichtlinien	o	+	-	k.A.

Bezeichnung der Maßnahme	Priorität	Potenzial	Kosten	Amortisation
Energienutzungsverhalten - z.B. Gezielte Interventionen Entwickeln hinsichtlich die Senkung des Heizwärmeverbrauchs	++	bis 20%	-	<1 Jahr
Energienutzungsverhalten - z.B. Gezielte Interventionen Entwickeln hinsichtlich die Senkung des Stromverbrauchs in wesentlichen Energieeinsatzbereiche	++	bis 10%		<1 Jahr
Energie Contracting - Für wesentliche Energieeinsatzbereiche, wo Finanzierungsschwierigkeiten bestehen bezüglich der Umsetzung der Einsparungsmaßnahmen, ist zu prüfen ob mittels Energie Contracting Einsparungen realisiert werden können.	-	k.A.	-	k.A.
Beleuchtung - Altanlagen mit niedrigen Effizienz sanieren bzw. auf der Stand der Technik bringen durch Einsatz von hocheffizienten Leuchtmittel, Vorschaltgeräte, und Optik	+	28%	o	<1 Jahr
Beleuchtung - Neuanlagen mittels Konstantlichtsteuerung auf die normgerechte Beleuchtungsstärke regeln	-	k.A.	k.A.	k.A.
EEB - Energieeffiziente PCs	+	25 bis 50%	-	1,5 - 3 Jahre
Optimierte Betriebsmodi der PCs	+	++	o	k.A.

8.2 Maßnahmenkatalog für die Krankenanstalt Rudolfstiftung (KAR)

Tabelle 8-2: Maßnahmenkatalog für das KAR

Bezeichnung der Maßnahme	Priorität	Potenzial	Kosten	Amortisation
Thermische Sanierung Hochbau: Sanierungsvariante 1 - thermische Sanierung nach die Mindestanforderungen an Bauteile folgend der OIB Richtlinie 6	-	37%	++	x
Thermische Sanierung Hochbau: Sanierungsvariante 2 - hocheffiziente thermische Fassadensanierung	-	41%	++	x
Sanierungspakt Pumpen: Austausch von Pumpen und Pumpenmotoren	+	Ø: 8%	o	5-10 Jahre
Sanierungspaket Ventilatoren: Austausch der Antriebsmotoren gegen IE3-Motoren	++	Ø: 6%	o	<1 Jahr
Kältemaschinen: Sanierungsvariante 1 -Austausch der Altgeräte gegen neue Standardgeräte	-	Ø: 25%	+	4-7 Jahre
Kältemaschinen: Sanierungsvariante 2 - Austausch der Altgeräte gegen hocheffizienten Kältemaschinen	-	Ø: 40%	+	4-7Jahre
Energiepolitik - Formulieren und ratifizieren einer vom Management breit getragene Energiepolitik	+	indirekt +	-	k.A.
Innerbetriebliche (und evt. außerbetriebliche) Kommunikation der Energiepolitik anhand Kommunikationsplan	+	indirekt +	-	k.A.
Energiemonitoring - Einführen eines angemessene Energiemonitoringsystem wo die Wesentlichen Energieeinsatzbereiche anhand der energie bezogene Leistung in regelmäßige Zeitabstand bewertet und evaluiert werden	++	indirekt ++	o	k.A.
Energieeffiziente Beschaffung - Einführen einer Lebenszykluskostenrechnung für die Bewertung der	++	++	-	k.A.

Bezeichnung der Maßnahme	Priorität	Potenzial	Kosten	Amortisation
Ausschreibungsangebote hinsichtlich die Energiekosten				
Energieeffiziente Beschaffung - Energieverbrauch von neu zu beschaffen Geräte in die Beschaffungskriterien aufnehmen anhand von bereits existierende Energiekennzeichnungen bzw. Energielabels und Ökokaufichtlinien	o	+	-	k.A.
Energienutzungsverhalten - z.B. Gezielte Interventionen Entwickeln hinsichtlich die Senkung des Heizwärmeverbrauchs	+	bis 20%	-	<1 Jahr
Energienutzungsverhalten - z.B. Gezielte Interventionen Entwickeln hinsichtlich der Senkung des Stromverbrauchs in wesentlichen Energieeinsatzbereichen	++	bis 10%		<1 Jahr
Energie Contracting - Für wesentliche Energieeinsatzbereiche, wo Finanzierungsschwierigkeiten bestehen bezüglich der Umsetzung der Einsparungsmaßnahmen, ist zu prüfen ob mittels Energie Contracting Einsparungen realisiert werden können.	-	k.A.	-	k.A.
Beleuchtung - Altanlagen mit niedrigen Effizienz sanieren bzw. auf der Stand der Technik bringen durch Einsatz von hocheffizienten Leuchtmittel, Vorschaltgeräte, und Optik	+	22%	o	<1 Jahr
Beleuchtung - Neuanlagen mittels Konstantlichtsteuerung auf der normgerechte Beleuchtungsstärke regeln	-	k.A.	k.A.	k.A.
EEB - Energieeffiziente PCs	+	25 bis 50%	-	1,5 - 3 Jahre
Optimierte Betriebsmodi der PCs	+	++	o	k.A.

8.3 Maßnahmenkatalog für das Krankenhaus Hietzing (KHR)

Tabelle 8-3: Maßnahmenkatalog für das KHR

Bezeichnung der Maßnahme	Priorität	Potenzial	Kosten	Amortisation
Thermische Sanierung Pavillon: Sanierungsvariante 1 - Dämmung der obersten Geschoßdecke, der Innerwände zu unbeheizten Räumen, und der Kellerdecke.	-	9%	++	22 Jahre
Thermische Sanierung Pavillon: Sanierungsvariante 2 - sanierungsvariante 1 zusätzlich ein Austausch der Fenster und Türen	-	16%	++	x
Thermische Sanierung Pavillon: Sanierungsvariante 3: Sanierungsvariante 1 und 2 zusätzlich zu eine Dämmung der Außenwand.	-	40%	++	>30 Jahre
Sanierungspakt Pumpen: Austausch von Pumpen und Pumpenmotoren	+	Ø: 31%		5-10 Jahre
Sanierungspaket Ventilatoren: Austausch der Antriebsmotoren gegen IE3-Motoren	o	Ø: 12%		<1 Jahr
Kältemaschinen: Sanierungsvariante 1 -Austausch der Altgeräte gegen neue Standardgeräte	+	Ø: 25%		4-7 Jahre
Kältemaschinen: Sanierungsvariante 2 - Austausch der Altgeräte gegen hocheffizienten Kältemaschinen	+	Ø: 40%		4-7Jahre
Energiepolitik - Formulieren und ratifizieren einer vom Management breit getragene Energiepolitik	+	indirekt +	-	k.A.
Innerbetriebliche (und evt. außerbetriebliche)	+	indirekt	-	k.A.

Bezeichnung der Maßnahme	Priorität	Potenzial	Kosten	Amortisation
Kommunikation der Energiepolitik anhand Kommunikationsplan		+		
Energiemonitoring - Einführen eines angemessene Energiemonitoringsystem wo die Wesentlichen Energieeinsatzbereiche anhand der energie bezogene Leistung in regelmäßige Zeitabstand bewertet und evaluiert werden	++	indirekt ++	o	k.A.
Energieeffiziente beschaffung - Einführen einer Lebenszykluskostenrechnung für die Bewertung der Ausschreibungsangebote hinsichtlich die Energiekosten	++	++	-	k.A.
Energieeffiziente Beschaffung - Energieverbrauch von neu zu beschaffen Geräte in die Beschaffungskriterien aufnehmen anhand von bereits existierende Energiekennzeichnungen bzw. Energielabels und Ökokaufrichtlinien	o	+	-	k.A.
Energienutzungsverhalten - z.B. Gezielte Interventionen Entwickeln hinsichtlich die Senkung des Heizwärmeverbrauchs	++	bis 20%	-	<1 Jahr
Energienutzungsverhalten - z.B. Gezielte Interventionen Entwickeln hinsichtlich die Senkung des Stromverbrauchs in wesentlichen Energieeinsatzbereiche	+	bis 10%		<1 Jahr
Energie Contracting - Für wesentliche Energieeinsatzbereiche, wo Finanzierungsschwierigkeiten bestehen bezüglich der Umsetzung der Einsparungsmaßnahmen, ist zu prüfen ob mittels Energie Contracting Einsparungen realisiert werden können.	-	k.A.	-	k.A.
Beleuchtung - Altanlagen mit niedrigen Effizienz sanieren bzw. auf der Stand der Technik bringen durch Einsatz von hocheffizienten Leuchtmittel, Vorschaltgeräte, und Optik	+	30%	o	<1 Jahr
Beleuchtung - Neuanlagen mittels Konstantlichtsteuerung auf der normgerechte Beleuchtungsstärke regeln	-	k.A.	k.A.	k.A.
EEB - Energieeffiziente PCs	+	25 bis 50%	-	1,5 - 3 Jahre
Optimierte Betriebsmodi der PCs	+	++	o	k.A.

9 Schlussfolgerungen

Für das Globalbudget eines Krankenhauses haben Energiekosten eine untergeordnete ökonomische Relevanz. Werden die Personalkosten jedoch abgezogen, sind die Ausgaben für Energie nicht unerheblich. Die Energiepreise werden in Zukunft steigen, daher steigen die Einsparungspotentiale und gesetzte Maßnahmen werden in Zukunft immer mehr wert. Die Einsparungspotenziale sind, wie in diesem Projekt gezeigt, erheblich und bereits bei einer Einsparung von wenigen Prozent des Gesamtenergieverbrauchs werden bereits eine Menge Geld und CO₂ eingespart. Diese Einsparungen können verwendet werden um für das Personal die notwendige Ressourcen zu schaffen weiter Einsparungsmöglichkeiten zu identifizieren und Maßnahmen zu entwickeln. Alternativ kann Energie-Contracting verwendet werden, die Arbeit wird dann an eine externe Firma vergeben und wird durch Energieeinsparungen finanziert.

Energieverbrauchskennzahlen zeigen, wenn diese regelmäßig und einheitlich ermittelt werden, wie sich der Energieverbrauch im Bezug zu den Leistungskennzahlen entwickelt, damit werden Energieverbrauchstrends sichtbar. Sie bieten dem Management die Richtwerte um einerseits Energieziele zu formulieren, und andererseits um Unregelmäßigkeiten im Energieverbrauch frühzeitig identifizieren zu können und entsprechende Maßnahmen zu setzen.

Die Energiepolitik muss von der obersten Managementetage getragen und gelebt werden. Eine eindeutige Stellungnahme des Top-Managements bietet die Grundlage für jegliche Aktivitäten der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen hinsichtlich der Reduzierung des Energieverbrauchs.

Energiemonitoring ist eine Grundvoraussetzung damit Energieverbrauchstrends dokumentiert und analysiert werden können. Es wird die Möglichkeit geschaffen, Maßnahmen zu operationalisieren und zu überprüfen. In den drei teilnehmenden Krankenhäusern wird ein systematische Überwachung und Bewertung des Energieverbrauches nicht durchgeführt. Der Energieverbrauch von wesentlichen Energieeinsatzbereichen ist in regelmäßige Abständen zu erfassen, anhand von Leitungskennzahlen untereinander in einen Bezug zu setzten, und folglich zu bewerten. Wesentliche Energieeinsatzbereiche sind in erste Linie die HLK-Anlagen, insbesondere bei der Bausubstanz Hochbau, und in die Funktionsbereiche OPs, Intensiv Stationen, und Ambulanzen.

Bereits mit der Beschaffung bzw. in Ausschreibungen wird der Grundstein für energieeffiziente Geräte gelegt. Dies wird durch die Implementierung der Lebenszykluskosten in die Ausschreibungskriterien möglich. Der Anschaffungspreis stellt heute das Hauptkriterium für die Entscheidung zwischen Ausschreibungsangebote. Der Anschaffungspreis entspricht jedoch nicht die Gesamtkosten die hinsichtlich eines Geräts für das Krankenhaus anfallen, dazu ist der Lebenszykluskostenrechnung einzusetzen. Die Lebenszykluskostenrechnung erlaubt die monetäre Bewertung der anfallenden Kosten in alle für das Krankenhaus relevanten „Lebensphasen“ eines Geräts, inklusive der Energieverbrauchskosten.

Einsparpotenziale sind durch eine thermische Sanierung der Gebäudehülle zu realisieren. Je nach Maßnahme und Bausubstanz sind Energieverbrauchseinsparungen von 10 bis 55 % möglich. Die Umsetzung von Einsparungsmaßnahmen sind jedoch an hohe Investitionskosten gebunden und wenn, dann rechnen sie sich nur über der langfristige Termin (bzw. 20 Jahre oder mehr).

Bei der HLK-Stromverbrauchergruppen (bzw. Pumpen, Ventilatoren, und Kältemaschinen) sind Einsparungspotenzialen zwischen 5 bis 40 % vorhanden. Die Amortisationsdauer der Einsparungsmaßnahmen befindet sich je nach Gruppe und Sanierungsvariante zwischen <1 Jahr und 10 Jahre. Die Investitionskosten sind entsprechend niedriger wodurch Maßnahmen sich mittelfristig, und in bestimmten Fälle wie zum Beispiel bei der Ventilatoren, bereits kurzfristig amortisieren.

Bei Beleuchtungs-Altanlagen können wesentliche Stromersparnisse realisiert werden durch Umstellung auf Effiziente Beleuchtungskomponenten. Die Komponenten, bzw. Vorschaltgeräte, Leuchtmittel, und Optik, sind als System zu betrachten. Die LED-Technologie ist vielversprechend, derzeit aber noch relativ teuer und im Vergleich mit hocheffizienten Leuchtstoffanlagen sind die praktisch realisierbare Stromersparnisse kaum ausreichend um die Mehrinvestitionskosten zu rechtfertigen. LED-Technologie wird sich über die nächste Jahren jedoch durchsetzen wenn die Massenanfertigung der LEDs ausgereift ist und dadurch die Kosten erheblich reduziert werden können.

10 Literatur

Abrahamse, W.; Steg, L.; Vlek, C.; Rothengatter, T. (2005) A review of intervention studies aimed at household energy conservation. In: Journal of Environmental Psychology. 25. S. 273-291.

Ameling, W.; Gerhards, F.; Knopp, W.; Leonards, P. (2009) Der Faktor Mensch im Mittelpunkt: Gezielte Modifikation des Energienutzungsverhalten von Krankenhauspersonal (Exposée).

Bell, P. A.; Greene, T. C.; Fischer, J. D.; Baum, A. (1996) Environmental Psychology. Hrsg. v. Hartcourt Brace College Publishers.

Bridgelux Inc. (2011) BRIDGELUX DEMONSTRATES DRAMATIC ADVANCEMENTS IN GaN-ON-SILICON TECHNOLOGY FOR SOLID STATE LIGHTING. <http://bridgelux.com/media-center/press-releases/bridgelux-demonstrates-dramatic-advancements-in-gan-on-silicon-technology-for-solid-state-lighting/>. 31.10.2012.

CELMA - Federation of National Manufacturers Associations for Luminaires and Electrotechnical Components for Luminaries in the European Union (2000) Guide for the application of Directive 2000/55/EC on energy efficiency requirements for ballasts for fluorescent lighting.

Cheng-Chih Hsieh (2012) Analysis of LED Technologies for Solid State Lighting Markets. University of California Berkeley.

Daxbeck, H.; Gassner, A.; Lixia, R.; de Neef, D.; Neumayer, S. (2011) Länderübergreifende Informationsdrehscheibe: Energie- und Ressourceneffizienz im Gesundheitswesen. (Projekt L00069 - HEALTH). Arbeitspaket 4 - Energie 2. Band 1: Darstellung des gesamten Energie- und Wasserverbrauchs. Hrsg. v. Programm zur grenzüberschreitenden Kooperation Österreich - Ungarn 2007-2013 gefördert aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung. Wien.

Daxbeck, H.; Gassner, A.; Lixia, R.; de Neef, D.; Neumayer, S. (2012) Länderübergreifende Informationsdrehscheibe: Energie- und Ressourceneffizienz im Gesundheitswesen. (Projekt L00069 - HEALTH). Arbeitspaket 4 - Energie 2. Band 3: Analyse des Verbrauchs von elektrischer Energie außerhalb von HLK. Hrsg. v. Programm zur grenzüberschreitenden Kooperation Österreich - Ungarn 2007-2013 gefördert aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung. Wien.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (DENA) (2009) Beschaffungsleitfaden. Energieeffiziente Bürogeräte professionell beschaffen. Deutsche Energie-Agentur GmbH (DENA). Berlin.

Die Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik (2011) Green-IT. Ein Leitfaden zur Optimierung des Energieverbrauchs des IT-Betriebes.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2008) DIN EN 15193 - Energetische Bewertung von Gebäuden - Energetische Anforderungen an die Beleuchtung. 78.

Energieagentur NRW (2012) <http://www.energieagentur.nrw.de/themen/aktionswochee-fit-5195.asp>. 13.08.2012.

ETAP NV (2011) Dossier LED: Beleuchtung mit einer neuen Lichtquelle.

Europäische Kommission (2009) VERORDNUNG (EG) Nr. 245/2009 DER KOMMISSION vom 18. März 2009 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Leuchtstofflampen ohne eingebautes Vorschaltgerät, Hochdruckentladungslampen sowie Vorschaltgeräte und Leuchten zu ihrem Betrieb und zur Aufhebung der Richtlinie 2000/55/EG des Europäischen Parlaments und des Rates.

Europäische Parlament (2010) Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Angabe des Verbrauchs an Energie und anderen Ressourcen durch energieverbrauchsrelevante Produkte mittels einheitlicher Etiketten und Produktinformationen.

Europäisches Parlament (2000) RICHTLINIE 2000/55/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 18. September 2000 über Energieeffizianzorderungen an Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen.

Gadocha, S.; Egger, C.; Öhlinger, C.; Dell, G. (2007) Energie-effiziente Bürogeräte: Entscheidungshilfe für den Kauf energiesparender Bürogeräte.

Hoffart, C.; Hirsch, T. (2011) Approach for successful LCC data collection and analysis. 24th International Congress on Condition Monitoring and Diagnostics Engineering Management. Stavanger, Norway. Hrsg. v. Singh, M.; Rao, R. B. K. N.; Liyanage, J. P.

Jeff Perkins (2009) LED Manufacturing - Technologies & Costs. YOLE Developpement.

Kapusta, F.; Starnberger, S.; Reisinger, S. (2011) Systematisch Energiekosten senken - Kompass zum Einstieg ins betriebliche Energiemanagement. Energieinstitut der Wirtschaft GmbH. Hrsg. v. Friedrich Kapusta. Wien.

Lisa Pattison (2011) OLED Tutorial - DOE Market Intoduction Workshop 2011. Solid State Lightings Services Inc.

Matthias Bucher; Christian Helm (2012) Fachdidaktische Arbeit - Leuchtmittel. ETH Zürich, Departement Fachdidaktik Physik.

Matthias Gallati; Heinrich Gugerli; Annette Aumann; Markus Feer; Claudio Durisch; Andreas Hofer; Peter Schmid; Franz Sprecher (2011) Nutzerverhalten beim Wohnen. Analyse, Relevanz und Potenzial von Maßnahmen zu Reduktion des Energieverbrauchs. Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, Fachstelle Nachhaltiges Bauen. Zürich.

Matthies, E.; Krömker, D. (2000) Participatory Planning - A heuristic for adjusting interventions to the context. In: Journal of Environmental Psychology. 20. S. 65-74.

Mitterndorfer, M.; Trnka, G.; Simander, G.; Barth, T. (2012) Länderübergreifende Informationsdrehscheibe: Energie- und Ressourceneffizienz im Gesundheitswesen. (Projekt L00069 - HEALTH). Arbeitspaket 4 - Energie 3. Band 1: Analyse und Bewertung des Energieeinsparpotenzials von HLK Systemen in Krankenanstalten Hrsg. v. Programm zur grenzüberschreitenden Kooperation Österreich - Ungarn 2007-2013 gefördert aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung. Wien.

Öhlinger, C. (2009) Buy Smart. Energie-effiziente Beschaffung. O.Ö. Energiesparverband. Linz.

ÖNORM EN ISO 50001 (2011) Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung. ISO EN 50001. Wien. Austrian Standards Institute. 29.

Österreichisches Normungsinstitut (2003) ÖNORM EN 12464-1 Beleuchtung von Arbeitsstätten und Innenräumen.

Paula Doe (2012) Semiconductor industry moves toward automated LED production on 6-inch wafers. In: LED Magazine. Tulsa, OK.

Philips Internation B.V. (2012) Philips Concern Photometric Database.

Richter, H.-J. (2004) Planungshilfe 12464 - Beleuchtung von Arbeitsstätten und Innenräumen. TRILUX-LENZE GmbH + Co KG.

Ris, H. R. (2008) Beleuchtungstechnik für Praktiker. Hrsg. v. VDE Verlag GmbH. Berlin.

Scharp, M.; Knoll, M.; Barth, F. (2010) BewareE - Handbuch: Energiedienstleistungen für Mieter und die Wohnungswirtschaft. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung. Berlin.

Siddha Pimputkar; James S. Speck; Steven P. DenBaars; Shuji Nakumara (2009) Prospects for LED lighting. In: Nature Photonics. 3.

Specht, O.; Woerner, M. (2003) In die Zukunft geschaut - Lebenszykluskostenrechnung in der Energiewirtschaft. BWK Das Energie-Fachmagazin. Springer VDI Verlag. 55.

Trnka, G.; Mitterndorfer, M.; Simander, G.; Barth, T. (2012) Länderübergreifende Informationsdrehscheibe: Energie- und Ressourceneffizienz im Gesundheitswesen. (Projekt L00069 - HEALTH). Arbeitspaket 4 - Energie 2. Band 2: Analyse des Energieverbrauchs des Heizungs-, Lüftungs-, Klimasystems (HLK) und energetische Beurteilung der Gebäude. Hrsg. v. Programm zur grenzüberschreitenden Kooperation Österreich - Ungarn 2007-2013 gefördert aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung. Wien.

U.S. Department of Energy (2012) Soli-State Lighting Research and Development: Multi-Year Program Plan.

VDMA (2006) VDMA-Einheitsblatt 34160:2006-06 - Prognosemodell für die Lebenszykluskosten von Maschinen und Anlagen. Berlin. Beuth Verlag.

Yokio Narukawa; Masatsugu Ichikawa; Diasuke Sanga; Masahiko Sano; Takashi Mukai (2010) White light emitting diodes with super-high luminous efficacy. In: Journal of Physics D: Applied Physics. 43. 35.

11 Anhang

11.1 Praxisbeispiel 1 Energiepolitik

Quelle:

http://www.energieinstitut.net/portal/page/portal/EIW_HOME/PROJEKTE/EN%2016001/Energiepolitik_Formulierungen_EIW.docx

Anwendungsbereich und Grenzen des Energiemanagementsystems

- Wir, das <<Unternehmen>> verpflichten uns hiermit zu einem verantwortungsvollen Energiemanagement, welches in unserem gesamten Firmengelände und sich über sämtliche Verbraucher erstreckt.

Verpflichtung zur ständigen Verbesserung der Energieeffizienz

- Wir, verpflichten uns hiermit, unseren Energieverbrauch langfristig zu reduzieren und unsere Energieeffizienz in einem ständigen Verbesserungsprozess zu steigern.
- Die Realisierung der Energiepolitik, die von <Unternehmen > erreicht wird, erfolgt durch Einführung eines Energiemanagementsystems in welchem:
 - die Energieströme aufgezeichnet und auf aktuellem Stand gehalten werden
 - Energiesparmaßnahmen geplant und eingeführt werden
 - die Ergebnisse der Energiesparmaßnahmen in periodischen Abständen evaluiert werden
 - die geplanten Aktivitäten zur Verbesserung der Energieeffizienz kontinuierlich auf den neuesten Stand gebracht werden.
- Für alle unsere Produkte/Diensten streben wir eine sukzessive Reduktion des spezifischen Energieverbrauches an und wollen so die Energieeffizienz unserer Produktion kontinuierlich verbessern.

Sicherstellung der Verfügbarkeit von Informationen sowie aller notwendigen Ressourcen

- Die erforderlichen finanziellen und strukturellen Voraussetzungen sind sichergestellt.
- Die Anzahl der mit Energiemanagement Beschäftigten, ihre verschiedenen Kompetenzen und die geplanten Investitionen (z.B. 10% unserer jährlichen Ausgaben für Energie) entsprechen den Erfordernissen für die Aktivitäten.
- Um die Energiepolitik umzusetzen, wird ein **Energiekoordinator** ernannt und ein jährliches Budget zur Verfügung gestellt. Ihm werden die zur Koordination des Energiemanagements erforderlichen personellen und finanziellen Ressourcen zur Verfügung gestellt.

Festlegung und Überprüfung strategischer und operativer Energieziele

- In der Energieversorgung streben wir eine ausreichende und sichere Versorgung durch entsprechende Vereinbarungen mit namhaften und verlässlichen Energielieferanten zu bestmöglichen Preisen an.

- Der Einsatz erneuerbarer Energieträger wird bei entsprechenden ökologischen Vorteilen im Rahmen der ökonomischen Vorgaben angestrebt.
- Kurzfristige Ziele:
 - Wir wollen die Kontrolle über unseren Energieverbrauch gewinnen indem wir unsere Einkaufs- und Betriebsgewohnheiten einer kritischen Prüfung unterziehen und sie verbessern.
- Langfristigen Ziele:
 - Energieträger zu den wirtschaftlichsten Kosten beschaffen
 - Energieträger so effizient wie möglich zu nutzen
 - wo immer möglich, die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern durch den Einsatz erneuerbarer Energieträger zu verringern

Verpflichtung zur Einhaltung aller geltenden Anforderungen bezüglich ihrer Energieaspekte, ob aufgrund gesetzlicher Verpflichtungen oder einer Selbstverpflichtung durch die Organisation

- Zur Umsetzung dieser Ziele führen wir ein Energiemanagementsystem nach der Norm EN 16001 ein.
- Die relevanten Gesetze und Regulierungen ebenso wie die Vereinbarungen, die im Rahmen von < Unternehmen > getroffen wurden, werden erfüllt.
- Das < Unternehmen > tritt für eine Energiepolitik ein, die den gesetzlichen Vorgaben und den Selbstverpflichtungen der Industrieverbände sowie den Anforderungen von Ökologie und Ökonomie gleichermaßen gerecht wird.

Dokumentieren, einführen und aufrechterhalten der Energiepolitik sowie allen Personen oder Organisationen bekanntgeben

- Die Belegschaft wird aktiv in die Umsetzung der Energiepolitik einbezogen.
- Unterstützt wird das Energiemanagement durch die Einführung eines Systems, welches in die Struktur des bereits vorhandenen Managementsystems integriert wird.
- Umfangreiche Kommunikation, Motivation, Trainings sowie die gezielte Nutzung des KVP-Systems unterstützen und fördern das Energieeffizienzverhalten aller Mitarbeiter.

Regelmäßige Überprüfung und Aktualisierung

- Energieaspekte / Energiedaten werden ständig ermittelt und überprüft.
- Die Ergebnisse durch ein periodisches Audit werden gemessen und überprüft.
- Alle Energiemanagementaktivitäten werden regelmäßigen Beurteilungen und einer jährlichen Überprüfung unterzogen, um sie in die jährliche Budgetierung mit einzubeziehen.
- Die formale Kommunikation betreffend die Kontrolle des Energieverbrauchs durch die Endverbraucher oder Budgetverantwortlichen wird durch den Energiekoordinator gesteuert.

11.2 Praxisbeispiel 2 Energiepolitik

Quelle: [Kapusta et al., 2011]

Die <Unternehmen> tritt für eine Energiepolitik ein, die den gesetzlichen Vorgaben und den Selbstverpflichtungen der Industrieverbände sowie den Anforderungen von Ökologie und Ökonomie gleichermaßen gerecht wird.

Im Sinne unserer Verantwortung zum sorgsamem Umgang mit den begrenzten fossilen Rohstoffen sowie zum nachhaltigen Klimaschutz ist eine effiziente Energienutzung zwingend erforderlich, die gleichzeitig zur langfristigen Verbesserungen unser Wettbewerbsfähigkeit beiträgt.

Die effiziente Energienutzung werden wir durch ständige Verbesserung unserer Prozesse unter Einsatz modernster Technologien erreichen.

Zur operativen Umsetzung der Energiepolitik hat <Unternehmen> einen Energiemanager ernannt, der die weltweiten Aktivitäten zur Minimierung des Energieeinsatzes durch aktive Einbindung aller Mitarbeiter koordiniert. Ihm werden die zu Koordination des Energiemanagements erforderlichen personellen und finanziellen Ressourcen zur Verfügung gestellt.

Zu den Hauptaufgaben des Energiemanagements gehören die systematische Erfassung und Bewertung von Energieströmen sowie die Ableitung und Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen. Alle Aktivitäten zur Steigerung der Energieeffizienz werden dabei kontinuierlich überwacht.

Unterstützt wird das Energiemanagement durch die Einführung eines Systems, welches in die Struktur des bereits vorhandenen Managementsystems integriert wird.

Ort, Datum

Name, Unterschrift

11.3 Praxisbeispiel 3 Energiepolitik

Quelle:

http://www.energymanagement.at/fileadmin/elearning/Tools_Startaktivitaeten/Energiepolitik.pdf

<Name der Organisation> widmet seine/ihre Aufmerksamkeit der strukturellen Reduktion seines/ihres betrieblichen Energieverbrauchs auf Basis von:

- relevanten Gesetzen und Regulierungen
- Vereinbarungen mit <Projekt oder Organisation, in deren Rahmen Sie relevante Vereinbarungen getroffen haben >
- Perspektiven zur Optimierung der Abläufe

Die Realisierung der Energiepolitik, die von <Name Ihrer Organisation> erreicht wird, erfolgt durch Implementierung eines vollständigen Energiemanagementsystems in welchem:

- der Energieverbrauch systematisch evaluiert wird
- die Energieströme aufgezeichnet und auf aktuellem Stand gehalten werden
- Energiesparmaßnahmen geplant und eingeführt werden
- die Ergebnisse der Energiesparmaßnahmen in regelmäßigen Abständen evaluiert werden
- die geplanten Aktivitäten zur Verbesserung der Energieeffizienz kontinuierlich auf den neuesten Stand gebracht werden

Um die Energiepolitik umzusetzen, wird ein Energiekoordinator ernannt und ein jährliches Budget zur Verfügung gestellt. Die Voraussetzung dafür ist, dass vorhandenen Ressourcen und Zeit so effektiv wie möglich eingesetzt werden und dazu eine pragmatische Vorgangsweise gefunden wird.

Zur Erfüllung der Energiepolitik wird sich <Name Ihres Unternehmens> kontinuierlich darum bemühen:

- die relevanten Gesetze und Regulierungen ebenso wie die Vereinbarungen, die im Rahmen von <Projekt oder Organisation, in deren Rahmen Sie relevante Vereinbarungen getroffen haben > getroffen wurden, zu erfüllen
- geeignete und effektive technologische, organisatorische oder verhaltensändernde Maßnahmen zu ergreifen <Gegebenenfalls hier die Regulierungen oder Vereinbarungen anführen, die die Bedingung für diese Maßnahmen bilden>
- die verschiedenen Energieverbrauchszahlen zu messen, aufzuzeichnen und zu überprüfen
- die Belegschaft aktiv in die Umsetzung der Energiepolitik einzubeziehen
- Energieeffiziente Alternativen zu gegebener Zeit sorgfältig zu beurteilen

Datum..... Ort.....

Der Vorstand <Name des Unternehmens>

Name:

Funktion:

Unterschrift:

11.4 Praxisbeispiel 4 Energiepolitik

Quelle:

http://www.energymanagement.at/fileadmin/elearning/Tools_Startaktivitaeten/Energiepolitik.pdf

<p>Teil 1: Erklärung</p> <p>Unternehmensbeschluss</p> <p>Firma <<Name>> erzeugt <<Produktbeschreibung>> (Hintergrundinformation zur Firma). Als Teil unserer Umweltstrategie verpflichten wir uns zu einem verantwortungsvollen Energiemanagement und werden Energieeffizienz auf unserem gesamten Firmengelände, in Anlagen und der Ausstattung, wo immer es kosteneffizient ist, anwenden.</p> <p>Politik</p> <p>Unsere Politik besteht darin, unseren Energieverbrauch zu kontrollieren, um:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ unnötigen Kostenaufwand zu vermeiden ■ die Wirtschaftlichkeit, Produktivität und Arbeitsbedingungen zu verbessern ■ die Umwelt zu schützen ■ die Verfügbarkeit fossiler Energieträger für nützliche Zwecke zu verlängern <p>Ziele</p> <p>Unsere langfristigen Ziele sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Energieträger zu den wirtschaftlichsten Kosten zu erstehen ■ Energieträger so effizient wie möglich zu nutzen ■ die Verschmutzung und insbesondere die Treibhausgasemissionen, die durch unseren Energieverbrauch entstehen, zu reduzieren ■ wo immer möglich, unsere Abhängigkeit von fossilen Energieträgern durch den Einsatz erneuerbarer Energieträger zu verringern <p>Kurzfristige Ziele</p> <p>Wir wollen die Kontrolle über unseren Energieverbrauch gewinnen indem wir unsere Einkaufs- und Betriebsgewohnheiten einer kritischen Prüfung unterziehen und sie verbessern.</p>	<p>Teil 2: Zuständigkeiten und Prozesse</p> <p>Zuständigkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Benennung einer verantwortlichen Person, die die Energieverbräuche ausfindig macht und überwacht ■ Benennung einer Person, die für den Kostenaufwand verantwortlich ist ■ Benennung einer Person, die für die Koordination der Energiemanagementaktivitäten zuständig ist ■ Benennung von Mitgliedern des Implementierungskomitees und Definition ihrer Rollen ■ Benennung einer Person bzw. eines Komitees, das für die Formulierung und Implementierung der Energiepolitik zuständig ist ■ Festlegung, dass der Energiekoordinator in jenem Unternehmensbereich oder in jener Abteilung angesiedelt wird, die in der laufenden Phase für das Energiemanagement am relevantesten ist und dafür die beste Unterstützung bieten kann <p>Struktur</p> <p>Der Energiekoordinator wird seinem Vorgesetzten monatlich über Energiemanagementaktivitäten Bericht erstatten und durch seinen Vorgesetzten einen Quartalsbericht ans Energiemanagement Komitee abliefern.</p> <p>Kommunikationsstruktur</p> <p>Die formale Kommunikation betreffend die Kontrolle des Energieverbrauchs durch die Endverbraucher oder Budgetverantwortlichen wird durch den Energiekoordinator gesteuert. Dieser wird gegebenenfalls auch an deren Vorgesetzte, Vorstände oder das Energiemanagement-Implementierungskomitee herantreten (Organigramm einfügen)</p>	<p>Teil 3: Projektplan zur Implementierung von Energiemanagement</p> <p>Ressourcen</p> <p>Die Anzahl der mit Energiemanagement Beschäftigten (führen Sie Aktivitäten an, die von dafür bestimmten Personen auszuführen sind), ihre verschiedenen Kompetenzen, und die geplanten Investitionen (10% unserer jährlichen Ausgaben für Energie) entsprechen den Erfordernissen für die Aktivitäten.</p> <p>Überprüfung</p> <p>Alle Energiemanagementaktivitäten werden regelmäßigen Beurteilungen und einer jährlichen Überprüfung unterzogen, um sie in die jährliche Budgetierung mit einzubeziehen.</p> <p>Aktionsplan</p> <p>Im kommenden Jahr werden die folgenden Energiemanagementaktivitäten gesetzt werden, nach Priorität: (listen Sie Aktivitäten auf).</p>
---	--	---

11.5 Leuchtstoffbeleuchtung & LED

Die Wirkungsgrade des Vorschaltgeräts, des Leuchtmittels, und der Optik bestimmen die Energieeffizienz einer Leuchte (siehe Formel 11-1).

Formel 11-1: Effizienz einer Leuchte

$$\eta_{Leuchte} = \eta_{Vorschaltgerät} \times \eta_{Lampe} \times \eta_{Optik}$$

11.5.1 Vorschaltgeräte und Treiber

Der Eingangsstrom einer Leuchtstofflampe wird mittels ein Vorschaltgeräte stabilisiert. Ein Vorschaltgerät hat die Aufgabe die Lampenelektroden genügend vorzuheizen, einen Spannungsspitze zur Zündung zu erzeugen (meistens mithilfe eines Starters), und den Lampenstrom richtig einzustellen [Ris, 2008]. Die LEDs brauchen wie Leuchtstofflampen auch einen Strombegrenzung, diese mit zum Beispiel ein Vorwiderstand oder integrierte Strom- und Spannungsregler realisiert [Ris, 2008]. Hier spricht man jedoch nicht von einen Vorschaltgerät, aber von einem Treiber. In beide Fälle ist der Wirkungsgrad der Strombegrenzung (Vorschaltgeräte oder Treiber) mit bestimmend für der Effizienz der Leuchte.

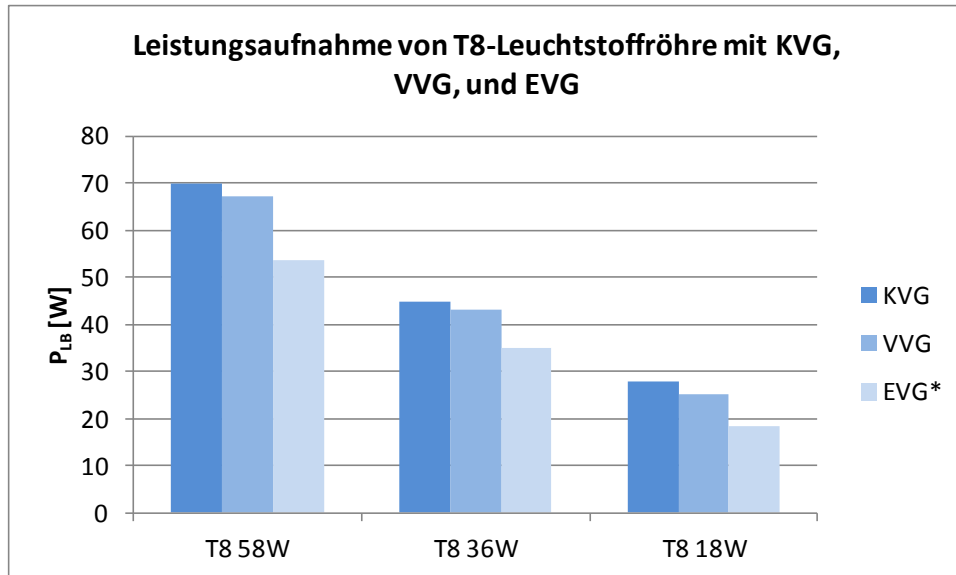
Für Leuchtstofflampen kommen Konventionelle Vorschaltgeräte (KVG), Verlustarme Vorschaltgeräte (VVG), und Elektronische Vorschaltgeräte (EVG) in der Praxis zum Einsatz. Die Verluste der Vorschaltgeräte betragen bei den älteren KVGs bis zu 20 %, und die VVGs zeigen Verluste von bis zu 15 % auf [Ris, 2008]. Die EVGs weisen wesentlich niedrigere Verluste auf und können außerdem die Lichtstrom bis zu 10 % anheben mittels Frequenzsteigerung [Ris, 2008]. Hochwertige Treiber weisen laut [ETAP NV, 2011] einen Wirkungsgrad von mindestens 90 % auf.

In der Abbildung 11-1 sind beispielsweise die Leistungsaufnahmen von drei T8 Leuchtstoffröhren mit unterschiedlicher Lampenleistung anhand die Anforderungen an steuerungsunfähige Vorschaltgeräte der Richtlinie 2000/55/EG des Europäischen Parlaments [Europäisches Parlament, 2000] sowie die EG-Verordnung 245/2009 [Europäische Kommission, 2009] dargestellt. Ausgehend von einem KVG sind die Einsparungen durch die Verwendung von einem VVG mit ca. 5 % eher gering. Bei Einsatz eines EVG werden in das Beispiel von Abbildung 11-1 Einsparungen von 22 % bis 35 % erreicht.

Die Vorschaltgeräte sind (wie vorgeschlagen von [CELMA - Federation of National Manufacturers Associations for Luminaires and Electrotechnical Components for Luminaries in the European Union, 2000]) in der EG-Verordnung 245/2009 [Europäische Kommission, 2009] nach ihrer Energieeffizienz in 7 Energie-Effizienz-Index (EEI) Kategorien klassifiziert (siehe Tabelle 11-1). Die Kategorien werden definiert anhand einer maximalen Eingangsleistung und errechnet sich anhand des Verhältnisses zwischen der Lampenleistung und der Eingangsleistung.

Obwohl die EEI-Klassifizierung prinzipiell keinen direkten Bezug auf die verschiedene Technologien nimmt, werden in Tabelle 11-1 die EEI-Klassen und typischen Vorschaltgeräte

aufgelistet. Die Vorschaltgeräte mit EEI-Klasse C und D sind seit 2005 bzw. 2002 nicht mehr zulässig, weiters gibt es in der A1- und A2-Klassen eine zusätzliche BAT (Best Available Technology) Angabe. Die Wirkungsgradgrenzwerte der EEI-Klassen werden in EG-Verordnung 245/2009 [Europäische Kommission, 2009] in Tabelle 17, 18, und 19 wiedergegeben.



* mit HF-Effizienzsteigerung

Abbildung 11-1: Leistungsaufnahme von T8-Leuchtstoffröhren in Abhängigkeit von verwendeten Vorschaltgerät.

Durch den Einsatz von steuerfähigen EVGs kann zum Beispiel durch Frequenzänderung im Hochfrequenzteil die Leistungsaufnahme der Lampe und damit der Lichtstrom geregelt werden [Ris, 2008]. Die Anfangsbeleuchtungsstärke einer Neuanlage kann somit auf die benötigte ‚Wartungswert der Beleuchtungsstärke‘ reduziert werden und wird Strom eingespart, diese Systeme werden als ‚Konstantlichtkontroll-Systeme‘ bezeichnet [DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2008]. Die steuerfähigen Vorschaltgeräte werden nach der EG-Verordnung 245/2009 [Europäische Kommission, 2009] in den EEI-Klassen A1 und A1 BAT eingeteilt, stellen damit die effizientesten Vorschaltgeräte verfügbar am Markt dar.

Tabelle 11-1: EEI-Klassifizierung und typische Vorschaltgeräte

EEI-Klasse	Typische Vorschaltgeräte
A1 /A1 BAT	Dimmbare elektronische Vorschaltgeräte (EVG)
A2 / A2 BAT	Elektronische Vorschaltgeräte mit reduzierten Verluste (EVG)
A3	Elektronische Vorschaltgeräte (EVG)
B1	Magnetische Vorschaltgeräte mit sehr geringen Verluste (VVG)
B2	Magnetische Vorschaltgeräte mit geringen Verluste (VVG)
C	Magnetische Vorschaltgeräte mit mäßige Verluste (KVG)
D	Magnetische Vorschaltgeräte mit sehr hohe Verluste (KVG)

Quelle: [CELMA - Federation of National Manufacturers Associations for Luminaires and Electrotechnical Components for Luminaries in the European Union, 2000]

11.5.2 Leuchtmittel

Der Lichtausbeute ist ein Maß für die Effizienz einer Lampe [Ris, 2008] und stellt der Verhältnis zwischen der Lichtstrom und der Leistung einer Lampe dar (siehe Formel 11-2). Die Lichtausbeute wird in der Praxis oft verwendet um den Energieeffizienz einer Lampe zu evaluieren. Der Lichtausbeute kann auch auf das System (bzw. Vorschaltgerät, Lampe, Optik) bezogen werden, dies wird als Systemlichtausbeute bezeichnet. In Tabelle 11-2 sind beispielsweise die typischen Lichtausbeute verschiedener Lampen nach [Ris, 2008] und [Cheng-Chih Hsieh, 2012] dargestellt. Für die Innenbeleuchtung in Krankenhäuser kommen üblicherweise Leuchtstofflampen (bzw. T8, T5, Kompaktleuchtstofflampen) mit einer Lichtausbeute bis zu 100 lm W^{-1} zum Einsatz¹⁷.

Formel 11-2: Lichtausbeute

$$\eta = \frac{\Phi_{LP}}{P_{LP}}$$

η : Lichtausbeute [lm W^{-1}]

Φ_{LP} : (Lampen)Lichtstrom [lm]

P_{LP} : Elektrische (Lampen)Leistung [W]

Tabelle 11-2: Typische Werte der Lichtausbeute verschiedene Lampentypen

Lampentyp	Lichtausbeute [lm W^{-1}]*	Nutzbare Lichtausbeute [lm W^{-1}] [†]
Glühlampen	10 – 15	12 – 15
Halogenglühlampen	15 – 25	15 – 20
Leuchtstofflampen	60 – 100	-
T8	-	80 – 90
T5	-	75 – 85
Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	40 – 55	-
Natriumdampf-Hochdrucklampen	100 – 150	-
Halogen-Metallampfen	60 – 100	30 – 40
Natriumdampf-Niederdrucklampen	150 – 200	-
LED	40 – ...	-
LED Kaltweiß	150	100 – 120
LED Warmweiß	100	65 – 75

* Quelle: [Ris, 2008]

[†] Quelle: [Cheng-Chih Hsieh, 2012]

Basierend auf die ständige Verbesserung der Leuchtausbeute von LEDs in die letzten Jahre (siehe u.a. [Yokio Narukawa et al., 2010]), kann man annehmen das auch die Lichtausbeute

¹⁷ Die Natriumdampf Nieder- und Hochdrucklampen weisen zwar auch eine hohe Lichtausbeute auf, kommen durch die eingeschränkte Farbwiedergabeeigenschaften und lange Einbrennzeiten eher nicht zum Einsatz für die allgemeine Innenbeleuchtung.

von LEDs in realen Beleuchtungsanwendungen in vergleichbare Einsatzbereiche, die Effizienz der Leuchtstofflampen übersteigen wird. Die theoretische obere Grenze der Lichtausbeute liegt bei einer Wellenlänge von 555 nm (bzw. grünes Licht) bei 683 lm W^{-1} , bzw. die maximale Hellempfindlichkeit des menschlichen Auge [Ris, 2008]. Das theoretische Limit für weiße LEDs (blaue LED mit gelbes Phosphor) liegt rund 263 lm W^{-1} [Siddha Pimputkar et al., 2009] was mit der spektralen Zusammensetzung des Lichtes zusammenhängt.

In Laborumgebung sind bereits Lichtausbeute von über 200 lm W^{-1} erreicht, zum Beispiel wurde von [Yokio Narukawa et al., 2010] fast das theoretische Limit erreicht bei einer Lichtausbeute von 249 lm W^{-1} bei 20 mA. Der Lichtstrom ist durch den niedrigen Strom mit $14,4 \text{ lm}$ jedoch sehr gering. Bei einer zweiten LED wurde Werte rund 183 lm W^{-1} erreicht bei 350 mA, einen übliche Betriebsstrom für Praxisanwendungen, und einen Lichtstrom von 203 lm. Bei einer dritten LED wurde der Strom auf 1 A angehoben was eine Lichtausbeute von 135 lm W^{-1} und einen Lichtstrom von 1913 lm ergab.

Am Markt sind LEDs mit diesen hohen Werten von Lichtausbeute jedoch noch nicht verfügbar. Die Hersteller Osram bietet zum Beispiel die LED Golden Dragon Plus¹⁸ mit einer Lichtausbeute von 110 lm W^{-1} bei 350 mA, Cree verspricht mit seinen XP-G-Series¹⁹ 120 lm W^{-1} bei 350 mA. In realen Beleuchtungsanwendungen liegt dieser Wert meistens niedriger wie auch in Abbildung 11-2 ersichtlich ist. Die von Hersteller angegebene Lichtausbeute gilt meistens bei einer Temperatur der ‚Junction‘ (bzw. der Übergang zwischen N- und P-Material in der LED) von 25°C , obwohl diese meistens eher rund 85°C liegt und der Lichtstrom sich entsprechend reduziert hat [ETAP NV, 2011]. Es kann durchaus sinnvoll sein die ‚wärme-Lumenwerte‘ bei der Hersteller zu hinterfragen um die Effizienz während der Beleuchtungsanwendung genauer bestimmen zu können.

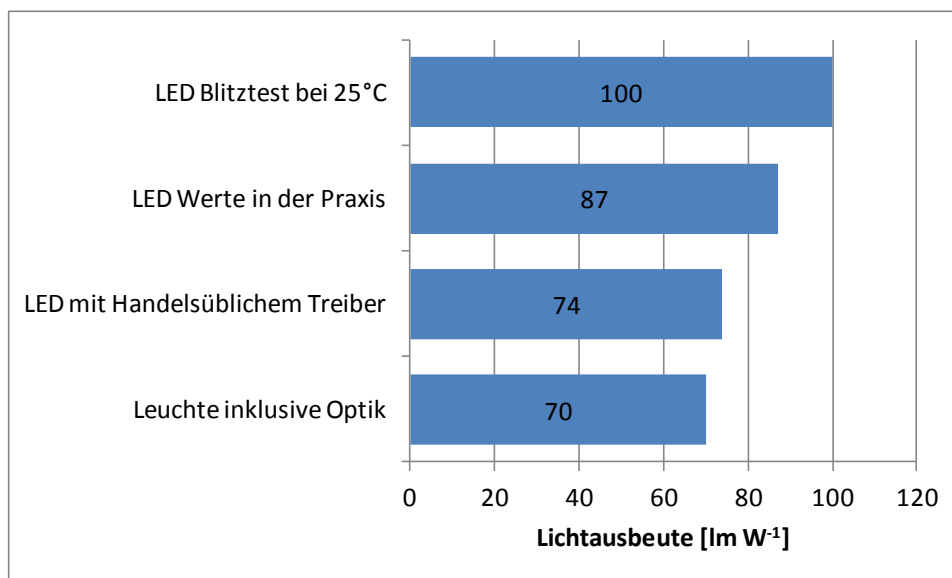


Abbildung 11-2: Beispiel der Lichtausbeute von einem LED-System (Quelle: [ETAP NV, 2011])

¹⁸ www.osram-os.com

¹⁹ www.cree.com

Anhand von zwei Großhersteller von Leuchtmittel (bzw. Philips und Osram) ist in Abbildung 11-3 das Anzahl Leuchtmittel nach ihre Lichtausbeute kategorisiert. Dabei stellt sich heraus dass die T5- und T8-Leuchtstoffröhre durchschnittlich eine hohe Lichtausbeute besitzen. Auch unter Berücksichtigung der benötigten Vorschaltgeräte (siehe Anhang 11.5 und Abbildung 11-4) schneiden diese Leuchtmittel noch immer sehr gut ab im Vergleich mit anderen Leuchtmitteln, LEDs inklusive. Obwohl dieser Darstellung nicht alle Leuchtmittelhersteller umfasst, bieten diese zwei Großhersteller einen guten Einblick über was derzeit auf dem Markt verfügbar ist.

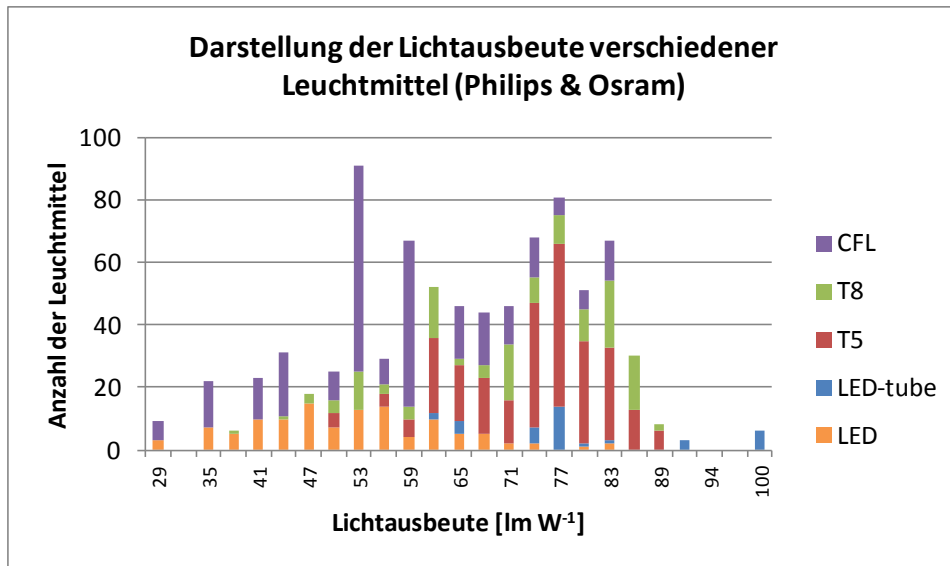


Abbildung 11-3: Lichtausbeute verschiedener Leuchtmittel der Hersteller Philips und Osram

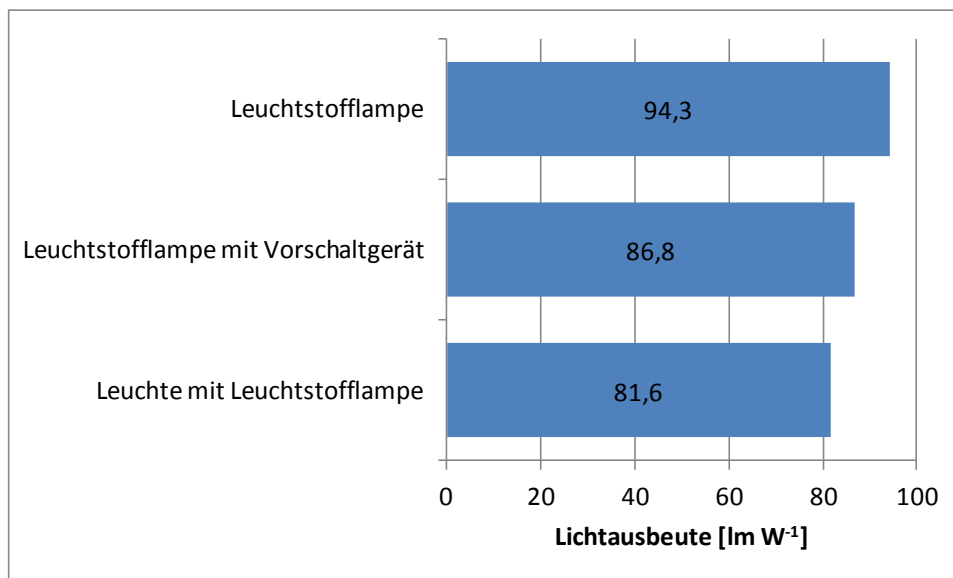


Abbildung 11-4: Beispiel der Lichtausbeute von einen Leuchtstofflampe-System (Quelle: [ETAP NV, 2011])

11.5.3 Optik

Die Optik der Leuchten ist mit entscheidend für den Wirkungsgrad eines Leuchtensystems (siehe Formel 11-1). Beispielsweise ist in Tabelle 11-3 eine Leuchte (bzw. TBS411) mit einer T5-Lampe von 28 W mit verschiedenen möglichen Optiken dargestellt. Der Lampenlichtstrom (Φ_{LP}) ist überall gleich, sowie die Lampenleistung (P_{LP}) und der Systemleistung (P_{LB}) was zeigt dass den gleichen Vorschaltgeräte verwendet werden. Die Leuchtenwirkungsgrad (η_{LB}) unterscheidet sich jedoch zwischen den verschiedenen Optiken von 0,53 bis 0,93. Dies hat eine direkte Auswirkung auf Leuchtenlichtstrom (Φ_{LB}) und der Systemlichtausbeute der Leuchte (η) der variiert zwischen 43 lm W^{-1} bis 76 lm W^{-1} .

Tabelle 11-3: Effekt der Optik auf der Lichtausbeute

Philips Smartform TBS411 1xTL-5 28W						
Optik	Φ_{LP} [lm]	η_{LB}	Φ_{LB} [lm]	P_{LP} [W]	P_{LB} [W]	η [lm W^{-1}]
MLO-PC	2.625	0,53	1.391	28	32	43
O	2.625	0,66	1.733	28	32	54
M	2.625	0,71	1.864	28	32	58
C8	2.625	0,74	1.943	28	32	61
D8	2.625	0,74	1.943	28	32	61
C8-C	2.625	0,82	2.153	28	32	67
D8-C	2.625	0,82	2.153	28	32	67
D8-VH	2.625	0,87	2.284	28	32	71
C8-VH	2.625	0,88	2.310	28	32	72
T D8-BD	2.625	0,88	2.310	28	32	72
T D8-VH	2.625	0,92	2.415	28	32	75
T C8-VH	2.625	0,93	2.441	28	32	76

Quelle der Leuchtendaten: [Philips Internation B.V., 2012]

Tabelle 11-4: Anzahl benötigte Leuchten für einen gleichen mittlere Beleuchtungsstärke (\bar{E}_m) bei verschiedene Optiken

Philips Smartform TBS411 1xTL-5 28W			
Optik	$\eta_{B-k:0,9}^*$	n	P_{Anlage} [W]
MLO-PC	0,38	39	1.252
O	0,41	37	1.174
M	0,50	30	951
C8	0,56	27	849
D8	0,56	27	849
C8-C	0,66	23	721
D8-C	0,66	23	721
D8-VH	0,66	23	726
C8-VH	0,67	22	715
T D8-BD	0,63	24	761
T D8-VH	0,71	21	675
T C8-VH	0,71	21	675

* Interpoliert aus den Herstellerangaben mit Reflexionsgrade $\rho_{Decke}:0,7$ $\rho_{Wände}:0,5$ $\rho_{Boden}:0,2$ und Raumindex $k:0,9$

Für eine Beleuchtungsanlage hat die Wirkungsgrad der Leuchte einen Einfluss auf die Anzahl benötigte Leuchten um den erforderliche Wert der mittlere Beleuchtungsstärke (\bar{E}_m) zu erreichen. In die Tabelle 11-4 sind als Beispiel die Anzahl benötigte Leuchten, basiert auf die Rahmenbedingungen der Beleuchtungsszenarien, berechnet nach Formel 3-4. Der Beleuchtungswirkungsgrad (η_B) ist das Produkt der Leuchtenwirkungsgrad (η_{LB}) und der Raumwirkungsgrad (η_R) die anhand der Raumindex und die Reflexionsgrade der Decke, Wände, und Boden bestimmt wird. Der Wartungsfaktor wurde gemäß EN 12464 bestimmt auf 0,79.

Die Anzahl benötigte Leuchten für ein ähnliches Ergebnis bezüglich der mittleren Beleuchtungsstärke \bar{E}_m variiert von 21 Stück bei einem hohen Leuchtenwirkungsgrad, bis 39 Stück bei einem niedrigen Leuchtenwirkungsgrad. Dadurch wird auch die elektrische Leistung der Beleuchtungsanlage (P_{Anlage}) betroffen wie ersichtlich in der letzte Spalte der Abbildung 11-4. Der Anlage mit dem höchsten Leuchtenwirkungsgrad weist einen Gesamtleistung von 675 W auf, knapp ein Faktor 2 niedriger als der Anlage mit dem niedrigsten Leuchtenwirkungsgrad.

11.5.4 Beurteilungskriterien LED

Die Licht Emittierende Dioden (LED) stellen den neusten Entwicklung in der Beleuchtungstechnik dar wobei die Verbesserungen in Effizienz sich in den letzten Jahre in rasches Tempo nachfolgen (siehe [Yokio Narukawa et al., 2010]). In der vorliegende Studie wird untersucht ob die LED-Technologie bereits genügend ‚ausgereift‘ ist für den wirtschaftlichen Einsatz im allgemeine Bereiche des Gesundheitswesens (bzw. Flure, Stiegenhäuser, Eingangsbereiche, Technikräume, usw.).

Grundsätzlich wird die (Wirtschaftlichkeit) LED-Beleuchtung anhand von der Lichtausbeute, der Farbtemperatur, der Farbwiedergabeindex, der Lebensdauer, und der Preis evaluiert. Die **Lichtausbeute** stellt ein Maß für die Effizienz einer Lampe dar [Ris, 2008], es errechnet sich als der Verhältnis zwischen der Lichtstrom und der Eingangsleistung einer Lampe (siehe Formel 11-2). Der Lichtausbeute kann auch auf das System (bzw. Treiber, Lampe, Optik) bezogen werden, dies wird als der Systemlichtausbeute bezeichnet. Die Systemlichtausbeute ist für Praxisanwendungen wichtig weil obwohl bereits sehr hohen Lichtausbeute von LED-Lampen erreicht werden können, die Effizienz (bzw. Wirkungsgrad) der weitere Komponenten wie der Treiber und Optik, den Effizienz der LED-Technologie maßgebend beeinflussen (siehe das Beispiel in Abbildung 11-2 und Abbildung 11-4).

Mit der **Farbtemperatur** wird die Lichtfarbe einer Lampe gekennzeichnet in Bezug zu ein schwarzes Körper²⁰ [Ris, 2008]. Wird das schwarze Körper erhitzt, nimmt es bei unterschiedlichen Temperaturen bestimmten Farben an, von Dunkelrot bei niedrigen Temperaturen bis Hellblau bei hohen Temperaturen [Ris, 2008]. Der Lichtfarbe wird anhand der entsprechenden Temperatur des schwarzen Körpers in Kelvin (K) angedeutet. Die LEDs können derzeit mit einen Farbtemperatur zwischen 2.500 K und 10.000 K hergestellt werden [Siddha Pimputkar et al., 2009], dabei variieren die Kosten sowie die Effizienz sich bei den unterschiedlichen Farbtemperaturen. LEDs mit einen höhere Farbtemperatur haben einen höheren Wirkungsgrad im Vergleich mit LEDs mit einer niedrigeren Farbtemperatur [ETAP

²⁰ Ein schwarzes Körper ist eine ideale Weiß-Licht-Quelle wie zum Beispiel die Sonne

NV, 2011]. Welche Farbtemperatur eingesetzt wird ist grundsätzlich Subjektiv, jedoch werden im Westen Lampen mit eher niedrigen Farbtemperaturen eingesetzt. In der Tabelle 11-5 sind die Farbtemperaturen Gemäß EN12464 wiedergegeben.

Tabelle 11-5: Farbtemperaturverteilung für allgemeine Beleuchtungszwecke gemäß EN 12464

Beschreibung	Kürzel	Farbtemperatur [K]
Tageslichtweiß	tw	> 5.300
Neutralweiß	nw	3.300 – 5.300
Warmweiß	ww	< 3.300

Der von Menschen empfundene Farbeindruck hängt von dem spektralen Zusammensetzung der Lampe ab, dabei ist einen natürlichen Farbeindruck nur dann möglich wenn das ganze Spektrum vorhanden ist [Ris, 2008]. Die Abweichung der Farbeindruck zwischen ein Lichtquelle und ein Bezugslichtquelle (bzw. schwarzer Körper, Tageslicht) wird anhand der **Farbwiedergabeindex** (R_a) angedeutet. Wenn einen Farbe in das Spektrum fehlt kann ein Objekt dass diese Farbe aufweist diese nicht reflektieren, bzw. das Objekt kann farblich nicht identifiziert werden [Ris, 2008]. Der höchst mögliche R_a -Wert ist 100, die LED-Weißlichtlampen haben derzeit ein Farbwiedergabeindex zwischen 60 und 98 [Siddha Pimputkar et al., 2009]. In Innenbereiche mit normalen Sehaufgaben, wie zum Beispiel Flure im Gesundheitswesen, sind Lampen mit einen $R_a \geq 80$ einzusetzen [Österreichisches Normungsinstitut, 2003]. Die Farbwiedergabeindex ist mit abhängig von der Farbtemperatur und beeinflusst die Effizienz des Beleuchtungssystems.

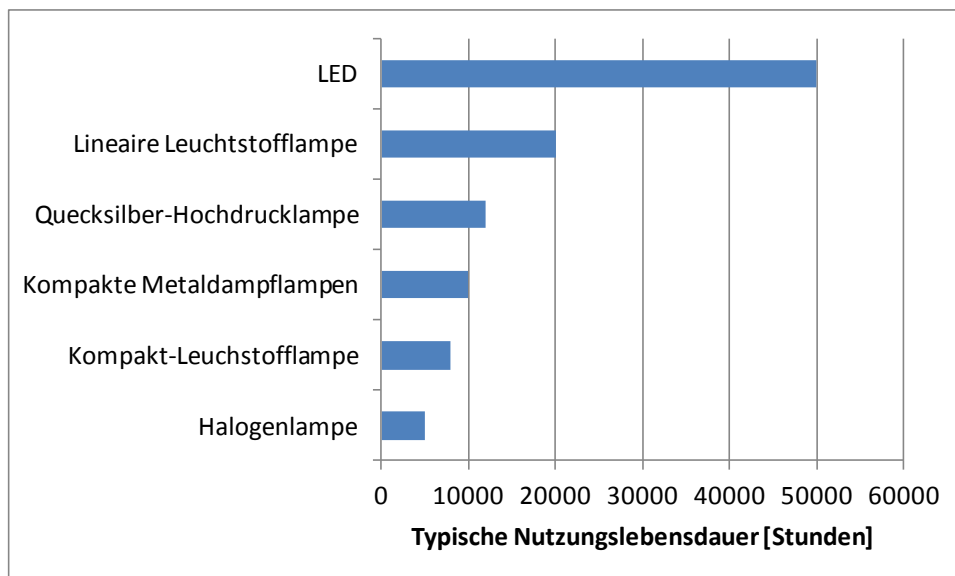


Abbildung 11-5: Typische Werte für der Nutzungsdauer verschiedene Leuchtmittel (Quelle: [ETAP NV, 2011])

Ein wesentlicher Faktor in der Wirtschaftlichkeitsevaluierung von LEDs ist die **Lebensdauer** der Lampe. Üblicherweise werden von LED-Hersteller die mittlere Lebensdauer oder die Nutzlebensdauer einer LED-Lampe angedeutet. Der mittlere Lebensdauer entspricht der Zeit der zumindest 50 % der Lampen von einen Stichprobe noch Funktioniert [Ris, 2008]. Der Nutzlebensdauer ist der Zeit worin der Lampe noch 70 % der Anfangslichtstrom liefert

(üblicherweise mit L70 angedeutet) [ETAP NV, 2011], ist in dem Sinne eher eine wirtschaftliche Betrachtung der Lebensdauer. Für LEDs ist die Einhaltung von vorgeschriebenen Temperaturgrenzen essenziell für die Lebensdauer (aber auch für die Effizienz der LEDs, siehe Abschnitt 11.5.2). Grundsätzlich gilt dass desto kühler die Umgebung, desto effizienter der LED und länger der Lebensdauer.

Der **Preis** von LED-Lampen ist derzeit höher im Vergleich mit herkömmlichen Leuchtmittel. Das liegt daran dass die Produktionskosten von LEDs hoch sind, teils durch den verwendeten Rohstoffen (z.B. Saphir, Phosphor) aber hauptsächlich weil das Produktionsprozess noch nicht für die Massenanfertigung optimiert ist. Zum Beispiel werden durch den Umstieg von synthetischen Saphirsubstraten auf Siliciumsubstraten²¹ die Materialkosten reduziert, der wirkliche Vorteil ist dass die hocheffizienten und automatisierten Produktionsinfrastruktur der Halbleiterindustrie für die Herstellung der Siliciumscheiben verwendet werden kann [Paula Doe, 2012]. Zusätzlich werden die Produktionsprozesse und Produkteigenschaften Standardisiert wodurch die Versorgungskette sowie die Produktionsprozesse ausreifen können [Paula Doe, 2012]. Wie sich die neue Entwicklungen in z.B. Lichtausbeute und der Produktionsprozesse sich auf der Preis auswirken werden, und auf welche Termin Preisreduzierungen am Markt spürbar werden, ist nicht mit Sicherheit im Voraus zu sagen. Man kann jedoch, anhand die Technologische Entwicklungen, mit bestimmten Sicher erwarten das die Preise der LED-Beleuchtung sich in der nahe Zukunft reduzieren werden. Dies bedeutet auch dass die LEDs sich derzeit über Kostenersparnisse wie zum Beispiel Strom- und Wartungskosten amortisieren müssen um deren Einsatz zu rechtfertigen. Dabei ist zumindest eine gleiche Beleuchtungsqualität der Anlage vorausgesetzt.

Die Evaluierung der LED-Beleuchtung auf Produktebene hilft bei der Einschätzung ob sich eine Umstellung auf LED-Beleuchtung aus ökonomischer Sicht rechnet. Um den Evaluierung zu Vervollständigen ist zusätzlich zu einen Produktvergleich (bzw. LED – T5 – T8 – CFL), einen Vergleich der jeweilige **Beleuchtungsszenarien** durch zu führen. Die Beleuchtungsszenarien helfen die Qualitätsanforderungen (z.B. Beleuchtungsstärke, Gleichmäßigkeit) sowie die Umfang der Anlage (bzw. Anzahl Leuchten) zu bestimmen und bieten damit die Grundlage für den Anwendungsbezogene Vergleich der Beleuchtungstechnologien und die entsprechende Kostenrechnung.

11.5.5 Schlussfolgerungen

Beleuchtungsanlagen von älter als 10 bis 15 Jahre entsprechen aus energetischer und lichttechnischer Hinsicht nicht mehr den aktuellen Stand der Technik [Ris, 2008]. Lampen mit einen höhere Lichtausbeute, Leuchten mit einen höheren Wirkungsgrad, und hocheffizienten elektronische Vorschaltgeräte, eventuell in Kombination mit ein Steuerungssystem (z.B. Tageslicht- und Konstantlichtsteuerung) können die Energiekosten erheblich reduzieren. Die LED-Technologie ist derzeit durch die hohen Investitionskosten aus wirtschaftlicher Hinsicht noch sehr Kostenintensiv, die niedrige Betriebskosten bzw. Stromkosten sind jedoch jetzt schon Sichtbar (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Dies bedeutet dass derzeit die Leuchtstoff-Technologie (bzw. T5-Leuchtstoffleuchten), mit

²¹ <http://bridgelux.com/media-center/press-releases/bridgelux-demonstrates-dramatic-advancements-in-gan-on-silicon-technology-for-solid-state-lighting/>; http://www.siemens.com/innovation/en/news/2012/e_inno_1215_1.htm

Verwendung von hocheffizienten elektronische Vorschaltgeräte, Optik, und eventuell Steuerung sich wirtschaftlich sehr gut vertreten lässt, aber auch auf energetischem Gebiet sehr hohen Effizienz betrieben werden kann.

Zukünftig wird die LED-Technologie sich durch eine Erhöhung der Lichtausbeute und eine Preisreduzierung der LED-Produkte auf dem Markt durchsetzen und die herkömmliche Leuchtstoffbeleuchtung ersetzen. Für die allgemein Beleuchtung wird in [Jeff Perkins, 2009] einen Schwelle von 150 lm W^{-1} für Marktdurchdringung des Segments der allgemein Beleuchtung angesetzt, in [Matthias Bucher & Christian Helm, 2012] wird auf einen Lichtausbeute von 250 lm W^{-1} für Marktdurchdringung in alle Marktsegmenten eingesetzt. Wann dies genau passieren wird kann nicht mit Sicherheit hervor gesagt werden. Die Wirtschaftlichkeit ist bei der Planung von Sanierungen oder Neuanlagen anhand die in diesen Bericht angeführten Parameter und Methode zu überprüfen.

Wie in 11.5.4 beschrieben ist die Umstellung auf Siliziumscheiben einer vielversprechenden Entwicklung im Zuge der Reduzierung der Produktionskosten der LEDs. Die Standardisierung des Produktionsprozesses sowie die Verwendung der hocheffizienten und automatisierten Produktionsinfrastruktur der Halbleiterindustrie sind dabei ausschlaggebend und könnte laut [Bridgelux Inc., 2011] die LED-Produktionskosten um ca. 75 % reduzieren. Wie auch bei der Lichtausbeute ist es ungewiss wie sich dies genau entwickeln wird, und wie die Reduzierung der Produktionskosten der Endverbraucher durchgerechnet werden. Sicher ist jedoch dass die Ausreifung der Produktionsprozesse zu wesentliche Preissenkungen leiten werden.

Eine weitere Entwicklung interessant für die allgemeine Beleuchtung im Gesundheitswesen sind die Organische Licht Emittierende Dioden, oder OLED. Das Prinzip der OLED-Technologie ist im Wesentlichen gleich an die von LEDs, nur ist das elektroluminiszierende Halbleitermaterial aus organischen, bzw. Kohlenstoffbasierte, Material [Lisa Pattison, 2011]. Im Vergleich zu LEDs produzieren OLEDs ein Licht mit einer relativ niedrigen Intensität (bzw. Blendfrei) über eine große Fläche, dies macht OLEDs prinzipiell gut geeignet für allgemeine Beleuchtungszwecke. Im Vergleich mit herkömmlicher Leuchtstoffbeleuchtung ist die Lichtausbeute von OLEDs noch wesentlich niedriger [U.S. Department of Energy, 2012], und werden laut diese Projektion erst zwischen 2015 und 2020 die Lichtausbeute der Leuchtstoffleuchten übersteigen. Auch ist der Preis durch die hohen Produktionskosten im Vergleich sehr hoch (bzw. es wird relativ viel Material benötigt, Massenanfertigung noch nicht entwickelt).