

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences

MASTERARBEIT

im Studiengang Renewable Energy Systems

Analyse und Bilanzierung der Wirtschaftlichkeit
energetischer Modernisierung
einer Fachklinik für Rehabilitation orthopädischer,
pneumologischer sowie psychosomatischer
Indikationen mit mehr als 230 Behandlungsplätzen
im ländlichen Raum

Hamburg

am 11.05.2015

angefertigt von Kim Ayleen Laackmann

Matrikelnummer: 1918366

Betreuer: Prof. Dr. Heiner Kühle (HAW Hamburg)

Dipl.-Ing. Holger Krämer (sumbi INGENIEURE)

Die Masterarbeit wurde betreut und erstellt in der Firma
sumbi INGENIEURE Energieberatungs- und Planungsgesellschaft mbH.

Ein herzlicher Dank geht an meine beiden Betreuer, Prof. Dr. Heiner Kühle und Dipl.-Ing. Holger Krämer, für die Unterstützung, sowohl im Vorfeld als auch während Bearbeitungszeit dieser Arbeit.

Außerdem möchte ich mich bei allen Ansprechpartnern bedanken, die mir Unterlagen und Informationen zur Verfügung gestellt haben. Besonders sind hier die Mitarbeiter der Fachklinik Aukrug zu nennen. Vor allem Herr Greve war mit seiner ausführlichen Kenntnis zur Klinik eine große Hilfe.

Vielen Dank an meine Kollegen bei sumbi INGENIEURE und alle, die mich bei der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt haben.

Ein besonderer Dank gilt Kevin Dankert, meiner Schwester und meinen Eltern, die mein ganzes Studium über der größte Rückhalt waren.

Zusammenfassung

Inhalt dieser Arbeit ist die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen am Gebäudebestand einer Fachklinik für Rehabilitation. Die einzelnen Gebäude werden kurz vorgestellt und deren Wärme- und Stromverbräuche analysiert. Anhand eines Beispielgebäudes werden das Vorgehen bei der Datenaufbereitung und der Berechnungsvorgang beschrieben. Sanierungsmaßnahmen für die Bereiche Gebäudehülle, Anlagentechnik (Heizung und Raumluftechnik) und Beleuchtung werden entwickelt und das Einsparpotenzial für festgelegte Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete ermittelt. Es folgt die Berechnung der Wirtschaftlichkeit und die Auswertung der Ergebnisse für das Beispielgebäude und der gesamten Klinik.

Erkenntnis der Berechnungen ist, dass ein hydraulischer Abgleich als Optimierung der vorhandenen Anlagentechnik in jedem Fall sinnvoll ist und sich kurzfristig auszahlt. An der Gebäudehülle erweisen sich bei den Einzelmaßnahmen besonders Dämmmaßnahmen am oberen Abschluss, d.h. Dachflächen oder oberen Geschossdecken als mittelfristig wirtschaftlich. Einzelne Komplettsanierungen und Maßnahmenpakete liegen ebenfalls in diesem Bereich. Weitere Untersuchungen zur Lüftungstechnik sind nötig, um konkrete Aussagen zum Einsparpotenzial bei der Erneuerung der Anlagen zu machen. Im Bereich Beleuchtungsumstellung auf LED-Technik ist der Austausch in allen Bereichen eines Gebäudes kaum wirtschaftlich innerhalb der Nutzungszeit. Für einzelne Beleuchtungsbereiche mit hoher Brenndauer am Tag ist es jedoch ein wirtschaftlicher Schritt.

Die Einsparpotenziale für die Klinik werden in einer vereinfachten Betrachtung mit den politischen Zielen zur CO₂-Reduktion im Rahmen der politischen Ziele unter dem Mantel der „Energiewende“ abgeglichen. Das Resultat dieses Abgleichs wird mit Hilfe einer Modellbetrachtung übertragbar auf andere Einrichtungen gemacht. Es zeigt sich, dass die untersuchten Maßnahmen allein bei Nutzung konventioneller Energiequellen nicht ansatzweise den Zielwert zur CO₂-Reduktion erreichen können. Eine Umstellung auf erneuerbare Energiequellen zur Wärme- und Stromversorgung ist unerlässlich, um die politischen Zielvorgaben zu erreichen.

Inhalt

Zusammenfassung	III
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
2 Analysegegenstand und Gang der Untersuchung	3
3 Datenquellen	5
3.1 Ist-Zustand	5
3.2 Normative Vorgaben	5
3.2.1 Energieeinsparungsgesetz	5
3.2.2 Erneuerbare Energien und Wärmegesetz	5
3.2.3 Energiedienstleistungsgesetz	5
3.2.4 Energieeinsparverordnung	7
3.2.5 DIN-Normen	7
3.3 Software	7
4 Lageplan der Fachklinik	8
5 Gebäudenutzung und Bausubstanz	9
5.1 Heidhof	9
5.2 Haus 23	9
5.3 Café	10
5.4 Verwaltung	10
5.5 Haus am Teich	11
5.6 Therapiezentrum	11
5.7 Haus am Park	12
5.8 Schwimmbad und Gymnastik	12
5.9 Festsaal und Foyer	13
5.10 Küche und Speisesaal	13
6 Energieversorgung und Verbrauchsdaten	13

6.1	Datenlage der Wärme- und Stromversorgung.....	13
6.2	Wärmeversorgung	15
6.2.1	Organisation Wärmeversorgung	15
6.2.2	Preisstruktur	15
6.2.3	Auswertung Verbrauchsdaten	16
6.3	Stromversorgung.....	21
6.3.1	Organisation Stromversorgung und Leistungsmessung	21
6.3.2	Preisstruktur	21
6.3.3	Strommessungen und Auswertung der Verbrauchsdaten.....	23
6.3.4	Lastganganalyse	27
6.4	Erste Einschätzung: Einsparpotenziale anhand der Energieverbräuche	30
7	Energetische Berechnungen am Beispiel des Gebäudes Haus am Teich.....	32
7.1	Flächenberechnung und Zonierung	32
7.1.1	Datenerfassung	32
7.1.2	Zonierung	32
7.1.3	Flächenermittlung	41
7.2	Berechnungen im Energieberater	41
7.2.1	Einführung.....	41
7.2.2	Anlegen einer Raumliste, der Nutzungszonen und Bauteile	42
7.2.3	Zuordnung der Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile.....	43
7.2.4	Heizung und Warmwasserbereitung	45
7.2.5	Lüftungsanlagen.....	46
7.2.6	Beleuchtung.....	47
7.2.7	Ergebnisse Energiebedarfsberechnung	48
7.3	Anpassung der Bedarfsrechnung an den tatsächlichen Verbrauch	49
7.4	Sanierungsmaßnahmen: Gebäudehülle	51
7.4.1	Fenstertausch	52
7.4.2	Dämmung Außenwand	52

7.4.3	Dämmung Dach	52
7.5	Sanierungsmaßnahmen: Anlagentechnik und Beleuchtung	53
7.5.1	Hydraulischer Abgleich	53
7.5.2	Raumluftechnische Anlagen	54
7.5.3	Beleuchtung	54
7.6	Sanierung: Maßnahmenpakete	57
7.6.1	Paket 1: Fenstertausch und Dämmung Außenwand	57
7.6.2	Komplettsanierung	57
7.7	Wirtschaftlichkeitsberechnungen	57
7.7.1	Berechnungsgrundlagen	57
7.7.2	Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle	59
7.7.3	Hydraulischer Abgleich	60
7.7.4	Umstellung der Beleuchtung	60
7.7.5	Einordnung der geschätzten Kosten	61
8	Ergebnisse: Haus am Teich	62
9	Auswertung der Ergebnisse Haus am Teich	67
10	Ergebnisse: Fachklinik Aukrug	67
10.1	Vorgehen	67
10.2	Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle	69
10.3	Optimierung der Heizungstechnik	73
10.4	Maßnahmenbeispiel: Zirkulation Wannenbäder	74
10.5	Austausch der Lüftungstechnik	77
10.6	Umrüstung der Beleuchtung auf LED	81
10.7	Zusammenfassung und Fazit	83
11	Abgleich der Ergebnisse mit umweltpolitischen Zielen	88
	Literaturverzeichnis	93
	Anhang	102

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: ÜBERSICHTSKARTE DES GELÄNDES DER FACHKLINIK AUKRUG (GOOGLE EARTH 26.02.2015).....	4
ABBILDUNG 2: ÜBERSICHTSPLAN AUSZUG DIGITALERATLASNORD [DIGITALERATLASNORD2015] MIT EINGEZEICHNETEN GEBÄUDE FACHKLINIK AUKRUG (EIGENE ABBILDUNG)	8
ABBILDUNG 3: NORDANSICHT HEIDHOF (EIGENES FOTO, 3.07.2014)	9
ABBILDUNG 4: OSTANSICHT HAUS 23 (EIGENES FOTO, 25.09.2014)	10
ABBILDUNG 5: SÜDANSICHT CAFÉ (EIGENES FOTO, 18.07.2014)	10
ABBILDUNG 6: WESTANSICHT VERWALTUNG (EIGENES FOTO, 18.07.2014)	10
ABBILDUNG 7: SÜDANSICHT HAUS AM TEICH (EIGENES FOTO, 28.11.2014)	11
ABBILDUNG 8: SÜDANSICHT THERAPIEZENTRUM (EIGENES FOTO, 28.11.2014).....	11
ABBILDUNG 9: SÜDANSICHT HAUS AM PARK (EIGENES FOTO, 28.11.2014)	12
ABBILDUNG 10: NORDWESTANSICHT SCHWIMMBAD UND GYMNASTIK (EIGENES FOTO, 28.11.2014).....	12
ABBILDUNG 11: OSTANSICHT FESTSAAL UND FOYER (EIGENES FOTO, 28.11.2014).....	13
ABBILDUNG 12: SÜDWESTANSICHT KÜCHE UND SPEISESAAL (EIGENES FOTO, 18.07.2014)	13
ABBILDUNG 13: ÜBERSICHT DATENLAGE WÄRME- UND STROMVERSORGUNG (EIGENE ABBILDUNG)	14
ABBILDUNG 14: VERLAUF DES DURCHSCHNITTLICHEN JÄHRLICHEN WÄRMEVERBRAUCHS DER GEBÄUDETEILE DER FACHKLINIK AUKRUG VON 2010-2014 (EIGENE ABBILDUNG)	19
ABBILDUNG 15: PROZENTUALER ANTEIL AM WÄRMEVERBRAUCH DER EINZELNEN GEBÄUDE IM SANKEY DIAGRAMM (EIGENE ABBILDUNG).....	21
ABBILDUNG 18: TECHNIKZENTRALE (EIGENES FOTO, 03.07.2014).....	24
ABBILDUNG 18: EINZELNE PHASEN L1, L2 UND L3 MIT WANDLERN, DIE STROM MESSEN (EIGENES FOTO 03.07.2014)	24
ABBILDUNG 18: MESSKOFFER IN DER TECHNIKZENTRALE MIT ANGESCHLOSSENEN VERBRAUCHERN (EIGENES FOTO 03.07.2014)	24
ABBILDUNG 19: PROZENTUALE ANTEILE DER GEBÄUDETEILE AM STROMVERBRAUCH DER FACHKLINIK AUKRUG IN EINEM SANKEY DIAGRAMM (EIGENE ABBILDUNG).....	26
ABBILDUNG 20: LASTGANG FACHKLINIK AUKRUG JANUAR 2014 (EIGENE ABBILDUNG)	27
ABBILDUNG 21: LASTGANG FACHKLINIK AUKRUG JUNI 2014 (EIGENE ABBILDUNG)	28
ABBILDUNG 22: LASTGANG FACHKLINIK AUKRUG NOVEMBER 2014 (EIGENE ABBILDUNG)	29
ABBILDUNG 23: LASTGANG FACHKLINIK AUKRUG DEZEMBER 2014 (EIGENE ABBILDUNG).....	29
ABBILDUNG 24: SANKEY DIAGRAMM MIT GEMEINSAME DARSTELLUNG DER PROZENTUALEN VERBRÄUCHE WÄRME UND STROM DER FACHKLINIK AUKRUG (EIGENE ABBILDUNG)	31
ABBILDUNG 25: AUSZUG GRUNDRISS UNTERGESCHOSS DES HAUS AM TEICH [MUMM2014] MIT EINGEZEICHNETER ZONIERUNG (EIGENE ABBILDUNG).....	34
ABBILDUNG 26: AUSZUG GRUNDRISS ERDGESCHOSS DES HAUS AM TEICH [MUMM2014] MIT EINGEZEICHNETER ZONIERUNG (EIGENE ABBILDUNG)	35
ABBILDUNG 27: AUSZUG GRUNDRISS ERSTES OBERGESCHOSS DES HAUS AM TEICH [MUMM2014] MIT EINGEZEICHNETER ZONIERUNG (EIGENE ABBILDUNG).....	36

ABBILDUNG 28: AUSZUG GRUNDRISS ZWEITES OBERGESCHOSS DES HAUS AM TEICH [MUMM2014] MIT EINGEZEICHNETER ZONIERUNG (EIGENE ABBILDUNG).....	37
ABBILDUNG 29: AUSZUG GRUNDRISS DRITTES OBERGESCHOSS DES HAUS AM TEICH [MUMM2014] MIT EINGEZEICHNETER ZONIERUNG (EIGENE ABBILDUNG).....	38
ABBILDUNG 30: AUSZUG GRUNDRISS VIERTES OBERGESCHOSS DES HAUS AM TEICH [MUMM2014] MIT EINGEZEICHNETER ZONIERUNG (EIGENE ABBILDUNG).....	39
ABBILDUNG 31: ERFASSUNG DER RÄUME ODER TEILBEREICHE IM ENERGIEBERATER 18599 (SCREENSHOT, 04.05.2015)	42
ABBILDUNG 32: ZUORDNUNG VON BAUTEILEN UND ZONEN IM ENERGIEBERATER 18599 (SCREENSHOT, 04.05.2015)	43
ABBILDUNG 33: BAUTEILÜBERSICHT IM ENERGIEBERATER 18599 (SCREENSHOT, 04.05.2015).....	45
ABBILDUNG 34: GLOBALSTRAHLUNG IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND - JAHRESSUMMEN 2014 [DWD2015]	46
ABBILDUNG 35: ERGEBNISSE BEDARFSBERECHNUNG HAUS AM TEICH, AUSZUG AUS SOFTWARE ENERGIEBERATER 18599 (04.05.2015)	48
ABBILDUNG 36: ERGEBNISSE BEDARFSBERECHNUNG NACH DEM ABGLEICH DURCH PARAMETERANPASSUNG HAUS AM TEICH, AUSZUG AUS SOFTWARE ENERGIEBERATER 18599 (04.05.2015)	50
ABBILDUNG 37: TOLERANZGRENZEN FÜR SCHADENSERSATZFORDERUNGEN AUF GRUNDLAGE EINSCHLÄGIGER GERICHTSURTEILE [KOCHENDÖRFER2010, S. 150].....	61
ABBILDUNG 38: ENDENERGIEBEDARF DES GEBÄUDES NACH DURCHFÜHRUNG DER SANIERUNGSMAßNAHMEN IM VERGLEICH ZUM IST-ZUSTAND	64
ABBILDUNG 39: ERGEBNISSE WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG DER SANIERUNGSMAßNAHMEN AM HAUS AM TEICH, SORTIERT NACH WIRTSCHAFTLICHKEIT	65
ABBILDUNG 40: ERGEBNISSE WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG DER SANIERUNGSMAßNAHMEN AM HAUS AM TEICH, SORTIERT NACH HÖHE DER EINSPARUNGEN IN EURO PRO JAHR	66
ABBILDUNG 41: SANIERUNG DER GEBÄUDEHÜLLE - EINZELMAßNAHMEN UND MAßNAHMENPAKETE ALLER GEBÄUDE DER FACHKLINIK, SORTIERT NACH AMORTISATIONSZEIT	71
ABBILDUNG 42: SANIERUNG DER GEBÄUDEHÜLLE - EINZELMAßNAHMEN UND MAßNAHMENPAKETE ALLER GEBÄUDE DER FACHKLINIK, SORTIERT NACH AMORTISATIONSZEIT	72
ABBILDUNG 43: EINSPARUNGEN IN €/A UND WIRTSCHAFTLICHKEIT DES HYDRAULISCHEN ABGLEICHS	73
ABBILDUNG 44: AUSSCHNITT AUS GRUNDRISS UG THERAPIEZENTRUM [MARQUARDT2014A] MIT EINGEZEICHNETEM LEISTUNGSVERLAUF (EIGENE ABBILDUNG)	74
ABBILDUNG 45: ÜBERSICHTSPLAN LAGE UND TYP DER LÜFTUNGSANLAGEN.....	77
ABBILDUNG 46: EINSPARPOTENZIAL BEI AUSTAUSCH DER ALTEN LÜFTUNGSANLAGEN.....	80
ABBILDUNG 47: ANTEIL AM STROMVERBRAUCH DURCH DIE LÜFTUNGSANLAGEN MIT GEGENÜBERGESTELLTEM EINSPARPOTENZIAL DURCH EINE MODERNISIERUNG DER ANLAGEN	81
ABBILDUNG 48: ERGEBNISSE DER WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNGEN FÜR DIE UMRÜSTUNG DER BELEUCHTUNG AUF LED	82

ABBILDUNG 49: ÜBERSICHT DER EINZELMAßNAHMEN UND MAßNAHMENPAKETE FÜR ALLE GEBÄUDE, SORTIERT NACH AMORTISATIONSZEIT	84
ABBILDUNG 50: ÜBERSICHT DER EINZELMAßNAHMEN UND MAßNAHMENPAKETE FÜR ALLE GEBÄUDE, SORTIERT NACH GRÖßE DER EINSPARUNG	85
ABBILDUNG 51: AUFSTELLUNG DER SANIERUNGSMÄßNAHMEN NACH PROZENTUALER ENDENERGIEEINSPARUNG UND WIRTSCHAFTLICHKEIT	87
ABBILDUNG 52: REDUZIERTER CO ₂ EMISSIONEN DER VARIANTEN A UND B IM VERGLEICH ZUM IST-ZUSTAND ...	90

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: WÄRMEVERBRÄUCHE DER GEBÄUDE DER FACHKLINIK AUKRUG VON 2010 BIS 2014 WITTERUNGSBEREINIGT UND NORMIERT MIT ERRECHNETEN DURCHSCHNITTSWERTEN	17
TABELLE 2: AUFSTELLUNG DER KOSTENABRECHNUNGEN FEBRUAR 2014 BIS FEBRUAR 2015 FÜR DEN STROMBEZUG DER FACHKLINIK	22
TABELLE 3: ÜBERSICHT STROMMESSUNGEN UND ERRECHNETE ANTEILE AM GESAMTVERBRAUCH DER KLINIK .	25
TABELLE 4: ANGEWANDTE NUTZUNGSZONEN IM HAUS AM TEICH AUS DER DIN V 18599	33
TABELLE 5: TYPOLOGIEN BAUTEILE VON NICHTWOHNGBÄUDEN [BMVBS2011, S.34-35] (EIGENE TABELLE)	44
TABELLE 6: AUSTAUSCH DER AKTUELLEN BELEUCHTUNG DURCH LED - BERECHNUNGSGRUNDLAGEN UND ANNAHMEN ANHAND VON BEISPIELRÄUMEN	55
TABELLE 7: ANGESETZTE LEISTUNGSWERTE FÜR BELEUCHTUNG PRO QUADRATMETER NETTOGRUNDFLÄCHE UND INVESTITIONSKOSTENBERECHNUNG FÜR DAS HAUS AM TEICH	56
TABELLE 8: BERECHNUNGSPARAMETER WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG UND DATENQUELLEN	58
TABELLE 9: INVESTITIONSKOSTEN FÜR SANIERUNGSMABNAHMEN AN DER GEBÄUDEHÜLLE [KRÄMER2015A]...	59
TABELLE 10: KOSTENERMITTLUNG HYDRAULISCHER ABGLEICH GEBÄUDEWEISE	60
TABELLE 11: AUFSTELLUNG VON KENNZAHLEN ZUM IST-ZUSTAND DES HAUS AM TEICH UND DEN EINZELNEN SANIERUNGSMABNAHMEN BZW. SANIERUNGSPAKETEN MIT KOSTEN, EINSPARUNGEN IN EURO UND kWh PRO JAHR	63
TABELLE 12: FORMELZEICHEN ZU FORMEL 1 MIT IHRER DEFINITION UND EINHEIT UND DEM ANGENOMMENEN WERT	75
TABELLE 13: FORMELZEICHEN UND IHRE DEFINITIONEN UND EINHEITEN DER FORMEL 2 DEM ANGENOMMENEN WERT	76
TABELLE 14: SYSTEMEFFIZIENZ DER LÜFTUNGSANLAGEN IM VERGLEICH ZU NEUER ANLAGENTECHNIK	78
TABELLE 15: AUFSTELLUNG DER LÜFTUNGSANLAGEN DER FACHKLINIK AUKRUG	79

1 Einleitung

Umwelt- und Klimaschutzprobleme gelten für mehr als ein Drittel der deutschen Bevölkerung als die wichtigsten der Gegenwart. Dieses Bewusstsein ist in den letzten Jahren immer mehr gewachsen [UBA2013, S. 10]. In Zeiten, in denen „der Klimawandel“ sich großem gesellschaftlichem sowie medialem Interesse ausgesetzt sieht, bildet sich ein Problembewusstsein in Bezug auf die schonende Nutzung von Ressourcen und den damit verbundenen Einsatz energiesparender Technik. Daraus resultiert auch ein Verlangen nach mehr Aktivität der Politik in diesem Bereich. Fast zwei Drittel der Menschen fordern mehr Tatkraft der Bundesregierung für den Umweltschutz [UBA2013, S. 10].

Das wichtigste Instrument der Bundesregierung für den Klimaschutz ist die sogenannte „Energiewende“. Mit diesem Programm soll die Energieversorgung Deutschlands grundlegend umgebaut werden. Ziel ist es, gleichzeitig eine der energieeffizientesten und umweltschonendsten Volkswirtschaften der Welt zu werden sowie die Wettbewerbsfähigkeit und den Wohlstand zu stärken. Der Ausbau der erneuerbaren Energien und die Steigerung der Energieeffizienz sind die beiden Hauptkomponenten dieses Programms [Bundesregierung2015, S. 2].

Die Energiewende ist eine politische Agenda mit zwei zentralen Säulen: Sie liefert zum einen Hinweise darauf, was abstrakt für Deutschland möglich sein soll, verkörpert also Klimaschutzziele. So soll etwa bis zum Jahr 2050 bei Gebäuden der Primärenergiebedarf um 80 % reduziert werden. Neben diesen politischen Zielvorgaben stehen konkrete gesetzliche Vorgaben, die verbindliche Vorgaben normieren, beispielsweise für die Gebäudesanierung (vgl. EnEV2014).

Im Rahmen des Wechselspiels politisch-abstrakter und gesetzlich normierter Vorgaben sollen öffentliche Einrichtungen eine Vorbildfunktion erfüllen: Bzgl. der gesetzlichen Vorgaben der Gebäudesanierung sind sie dazu verpflichtet, bei Sanierungsmaßnahmen an bestehenden Gebäuden an die Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV) zu halten und Maßnahmen durchzuführen, die den Bedarf an Wärme und Strom senken. Dabei sind diese Sanierungsmaßnahmen – insbesondere bei steigenden Energiekosten – immer auch an Wirtschaftlichkeitserwägungen geknüpft. Die Maßnahmen gehen häufig mit erheblichen Investitionen einher. D.h. aus Sicht des Betreibers einer Einrichtung stehen zunächst häufig die finanziellen Aspekte im Vordergrund, etwa die Frage nach dem Zeitpunkt, an dem sich die Investitionen durch die Kosteneinsparungen aufgrund eines gesenktem Energiebedarfs wieder amortisiert haben.

An abstrakte politische Zielvorgaben sind sie jedoch ebenso wenig gebunden wie private Unternehmen oder Personen. Da politische Ziele in einem politischen Kontext entstehen, ist die scharfe Abgrenzung zur verbindlichen Gesetzgebung wichtig. Abstrakte Zielvorgaben können auch trotz fundierter prognostischer Einschätzungen nicht alle sich im stetigen Wandel befindlichen Faktoren (technologischer Wandel, Preisentwicklungen etc.) vorwegnehmen, sodass die individuellen Handlungsspielräume für Gebäudebetreiber bei der Wahl von Sanierungsmaßnahmen vergleichsweise groß bleiben müssen. An dieser Stelle könnte man sich aus Sicht des Eigentümers eines Gebäudes auf den Standpunkt zurückziehen, nur ein Minimum an Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen durchzuführen, um die gesetzlichen Vorgaben einzuhalten und die Investitionssummen möglichst klein zu halten. Nach dieser Perspektive wären a priori optimistische politische Ziele nur als Randnotiz zu betrachten, da beispielsweise die Reduktion von klimaschädlichen Treibhausgasen häufig nur mittelbar wirtschaftlichen Wert für den individuellen Gebäudebesitzer hat.

Mit dem Analysegegenstand dieser Arbeit, der Fachklinik Aukrug, stehen zunächst die wirtschaftliche Betrachtung und der Abgleich mit aktuellen Gesetzen im Vordergrund, da diese Aspekte für die konkrete Umsetzung Priorität haben. Mit der Perspektive auf konkrete Maßnahmen soll auch ein Abgleich mit den politischen Zielvorgaben erfolgen. Diese lassen sich zwar nicht direkt übertragen, die Makro-Perspektive der Umweltpolitik gibt aber Ankerpunkte vor, die über eine bloße wirtschaftliche Betrachtung hinausgehen. Dies kann auch für ein konkretes Projekt aus zwei Perspektiven interessant sein. Zum einen lassen sich politische Ziele auf ihre Validität im Einzelnen überprüfen, zum anderen können politische Zielvorgaben auch Anreize setzen, sich bei der Wahl konkreter Sanierungsmaßnahmen nicht allein von finanziellen Überlegungen leiten zu lassen.

Es sprechen drei Gründe dafür, sich nicht nur an wirtschaftlichen Ziele auszurichten, sondern auch die in der politischen Diskussion befindlichen Zielvorgaben in Bezug auf die Energiewende zu berücksichtigen:

1. Sanierungsmaßnahmen, die zunächst nicht wirtschaftlich erscheinen, können in einem sich verändernden Umfeld auch finanziell schneller rentieren. Risiken, wie z.B. unerwartet rapide steigende Energiekosten oder neue Gesetzgebung, können durch bestmögliche Sanierungsmaßnahmen abgedeckt werden.
2. Neben der rein wirtschaftlichen Betrachtung können sich Sanierungsmaßnahmen, die über Standardmaßnahmen hinausgehen, auch im Hinblick auf die Außenwirkung einer

Einrichtung auswirken: Zum einen steigt das Bewusstsein für Klimaschutz auch bei Verbrauchern, sodass moderne, energieeffiziente Anlagen einen positiven Eindruck hinterlassen. Zum anderen sind moderne Gebäude – insbesondere bei unter Umständen empfindlichen Patienten in einer Klinik – auch angenehm in Bezug auf ihr Raumklima (Wärmeverteilung, Raumluft etc.).

3. Ein dritter Aspekt ist vor allen Dingen damit verbunden, dass öffentlich betriebene Einrichtungen auch eine Vorbildfunktion haben: Wenn bestimmte Projekte besonders modern oder sogar innovativ saniert werden, kann dies Leuchtturmwirkung für andere öffentliche, aber auch private Einrichtungen haben.

Diese zentralen Aspekte, die das Interdependenzverhältnis von wirtschaftlichen und ökologischen Zielen gut auffangen, stellen für diese Arbeit den Ausgangspunkt dar. In den folgenden Kapiteln sollen zunächst in einer konventionellen Herangehensweise mögliche Varianten der Sanierung und Modernisierung einer Fachklinik dargestellt werden. In einem Transferkapitel folgt dann am Ende der Abgleich mit den dargestellten politischen Zielen.

2 Analysegegenstand und Gang der Untersuchung

Gegenstand der Analyse ist eine Reha-Fachklinik im ländlichen Raum mit mehr als 221 Betten.

Der Bau der ersten Gebäude auf dem Gelände der Fachklinik wurde 1928 begonnen, um eine Heilstätte für Tuberkulose zu errichten [Wiki2013]. Seitdem wurde die Nutzung mehrfach verändert und der Gebäudebestand stetig erweitert. Die Fachklinik Aukrug ist eine Klinik der Deutschen Rentenversicherung Nord mit 221 Betten. Es werden neben der stationären Rehabilitation auch teilstationäre und ambulante Leistungen erbracht. Die Behandlungsschwerpunkte der Fachklinik liegen bei der Behandlung orthopädischer, pneumologischer sowie psychosomatischer Indikationen [Fachklinik2015].

Das Klinikgelände befindet sich in der Nähe des Ortes Aukrug und ist mit seinem Standort im Naturschutzgebiet Tönsheider Wald besonders ruhig gelegen. Eine Übersichtskarte des Geländes ist in Abbildung 1 zu sehen.

Am Beispiel der Fachklinik Aukrug werden in dieser Arbeit die Werkzeuge zur energetischen Analyse von Gebäuden aufgezeigt. Der Gebäudebestand umfasst Bauten unterschiedlicher Baujahre mit unterschiedlicher Nutzung. Einige der Gebäude auf dem Gelände sind fremdvermietet und werden im Folgenden nicht weiter in die Analyse einbezo-

gen. Der Fokus dieser Arbeit liegt zum einen auf dem Hauptgebäude, das sich aus mehreren Gebäudeteilen zusammensetzt. Darüber hinaus sollen zwei Patientenunterkünfte und das Wirtschaftsgebäude, das Küche und Speisesäle beherbergt, untersucht werden. Für diese Gebäude werden Wärme- und Stromverbrauch analysiert. Dazu wird jedes Gebäude separat geprüft und der Energiebedarf mit Hilfe einer entsprechenden Software simuliert. Nachdem ein Abgleich mit realen Verbräuchen erfolgt ist, können Sanierungs- und Energieeinsparmaßnahmen entwickelt und abgebildet werden. Anhand geschätzter Investitionskosten für diese Maßnahmen lassen sich Wirtschaftlichkeit und Amortisationsdauer einzelner Maßnahmen und Maßnahmenpakete errechnen. Das Vorgehen wird beispielhaft anhand des Haus am Teich erläutert. Am Beispiel der Fachklinik Aukrug soll gezeigt werden, welches Potenzial zur Energieeinsparung vergleichbare Kliniken oder andere Nichtwohngebäude vergleichbarer Größe haben können und inwieweit sich abstrakte Klimaschutzziele der Bundesregierung durch Sanierungsmaßnahmen konkret umsetzen lassen.



Abbildung 1: Übersichtskarte des Geländes der Fachklinik Aukrug (Google Earth 26.02.2015)

3 Datenquellen

3.1 Ist-Zustand

Zur Beschreibung des Ist-Zustandes der Fachklinik werden verschiedene Datenquellen herangezogen, die jeweils in den einzelnen Kapiteln erläutert werden. Die Daten, denen die folgenden Berechnungen zugrunde liegen, stammen aus Planunterlagen, Revisionsunterlagen und Informationen von zuständigen Personen der Fachklinik. Zusätzlich wurden noch eigene Messungen durchgeführt um Primärdaten bezüglich des Stromverbrauchs zu ermitteln.

3.2 Normative Vorgaben

Normative Vorgaben (Gesetze, DIN-Normen) dienen insoweit als Datenquellen, als das sie einen Orientierungsrahmen für die Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen liefern. D.h. die gesetzlichen Rahmenbedingungen werden herangezogen, um Annahmen ableiten zu können, die zusammen mit einigen Erfahrungswerten die Grundlage für die weitere Analyse der Gebäude und deren Anlagentechnik bilden.

3.2.1 Energieeinsparungsgesetz

Das Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG) wurde im Jahre 1976 erstellt und zuletzt am 4. Juli 2013 geändert. Das Gesetz dient der Umsetzung der Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EnEG S.1). Die Bundesregierung wird mit diesem Gesetz ermächtigt, mit Zustimmung des Bundesrates Anforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden zu stellen (§ 1 Abs. 2 EnEG).

3.2.2 Erneuerbare Energien und Wärmegesetz

Im Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EEWärmeG) wird vorgeschrieben, wie viel Wärme und Kälte bei Neubauten und sanierten öffentlichen Gebäuden durch erneuerbare Energien gedeckt werden muss.

3.2.3 Energiedienstleistungsgesetz

Ziel der Maßnahmen nach dem Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G) ist die Effizienzsteigerung der Energienutzung durch Endkunden mit Hilfe von Energiedienstleistungen und anderen Energieeffizienzmaßnahmen (§ 3 Abs. 1 EDL-G). Der öffentlichen Hand wird hierbei eine besondere Vorbildfunktion zugesprochen und durchgeführte Maßnahmen sollen öffentlich bekannt gemacht werden

(§ 3 Abs. 3 EDL-G). Am 06. März 2015 wurde der Gesetzesentwurf der Bundesregierung durch den Bundesrat ohne Änderungen beschlossen und das novellierte Gesetz wird in Kürze in Kraft treten. Nach der Novellierung werden alle Unternehmen, die nicht unter die Definition der Kleinstunternehmen, kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) nach 2003/361/EG fallen, dazu verpflichtet, erstmals bis zum 5. Dezember 2015 ein Energieaudit durchzuführen. Danach muss dieses alle vier Jahre wiederholt werden. Alternativ kann ein Energiemanagementsystem nach DIN EN ISO 50001 eingeführt werden. Ziel ist es, die Effizienz der Energienutzung durch Endkunden in Deutschland mit Energiedienstleistungen und anderen Energieeffizienzmaßnahmen kostenwirksam zu steigern (§ 3 Abs. 1 EDL-G).

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle erarbeitet gerade ein Merkblatt für die Durchführung der Energieaudits, aus dem auch eine genauere Definition der betroffenen Unternehmen festgelegt wird. Aus diesem Entwurf geht hervor, dass auch Stellen der öffentlichen Verwaltung, die einen Austausch am Markt ausüben und eine gewisse organisatorische Selbstständigkeit aufweisen, betroffen sein können. Hoheitsbetriebe wie Universitäten, Ämter und Gerichte sollen nicht in diesen Bereich fallen. Als Beispiele für gewerbliche Betriebe werden unter anderem Altenheime und Hochschulkliniken genannt. Die Definition eines Nicht-KMU hat unterschiedliche Kriterien wie die Beschäftigungszahl (mehr als 250 Personen) oder den Jahresumsatz (mehr als 50 Mio. EUR Jahresumsatz und mehr als 43 Mio. EUR Jahresbilanzsumme). Außerdem sollen Verhältnisse zu anderen Unternehmen untersucht werden. Es können so auch KMU Unternehmen als Nicht-KMU gelten, wenn sie mit anderen Unternehmen verbunden sind oder ein Partnerunternehmen eines anderen Unternehmens mit entsprechender Größe sind. Dies gilt auch für die Beteiligung öffentlicher Stellen [BAFA2015, S. 4-8].

„Ein Unternehmen ist auch dann ein Nicht-KMU, wenn 25 % oder mehr seines Kapitals oder seiner Stimmrechte direkt oder indirekt von einer oder mehreren öffentlichen Stellen oder Körperschaften des öffentlichen Rechts einzeln oder gemeinsam kontrolliert werden.“ [BAFA2015, S. 8]

Für die konkrete Erarbeitung von Sanierungsmaßnahmen hat das EDL-G nur mittelbare Relevanz, jedoch können Pflichten für die Fachklinik erwachsen. Diese Pflichten haben zum einen wirtschaftliche Folgen, da sie u.U. der Beauftragung einer Prüfinstanz bedürfen. Über dies hinaus kann ein Audit dem Controlling dienen. Das EDL-G dient dazu, Potenziale zur Energieeinsparung zu identifizieren und die Wirksamkeit durchgeführter Maßnahmen abzusichern. Im Falle der Fachklinik und der Deutschen Rentenversicherung ist

die Einordnung nicht eindeutig und es sollte geprüft werden, ob die Deutsche Rentenversicherung und die Fachklinik in den Bereich Nicht-KMU fallen und somit vom EDL-G betroffen sind.

3.2.4 Energieeinsparverordnung

Die Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (EnEV) hat das Ziel der Einsparung von Energie in Gebäuden (§ 1 Abs. 1 EnEV). Die novellierte Energieeinsparverordnung basiert auf der EnEV 2009 und ist seit dem 1. Mai 2014 in Kraft. Sie soll schrittweise umgesetzt werden und ab dem 1. Januar 2016 vollständig gelten. Die Novellierung findet ihren Ursprung im Ziel der Bundesregierung, einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand bis 2050 zu erreichen [BMWi2010]. Es werden Anforderungen an die Eigenschaften von Gebäuden festgesetzt und die Erstellung von Energieausweisen beschrieben. Sobald ein Gebäude saniert wird, müssen die Vorgaben der EnEV eingehalten werden. Dies gilt z.B. für die Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile wie Außenwände, Fenster, Dachflächen etc.

3.2.5 DIN-Normen

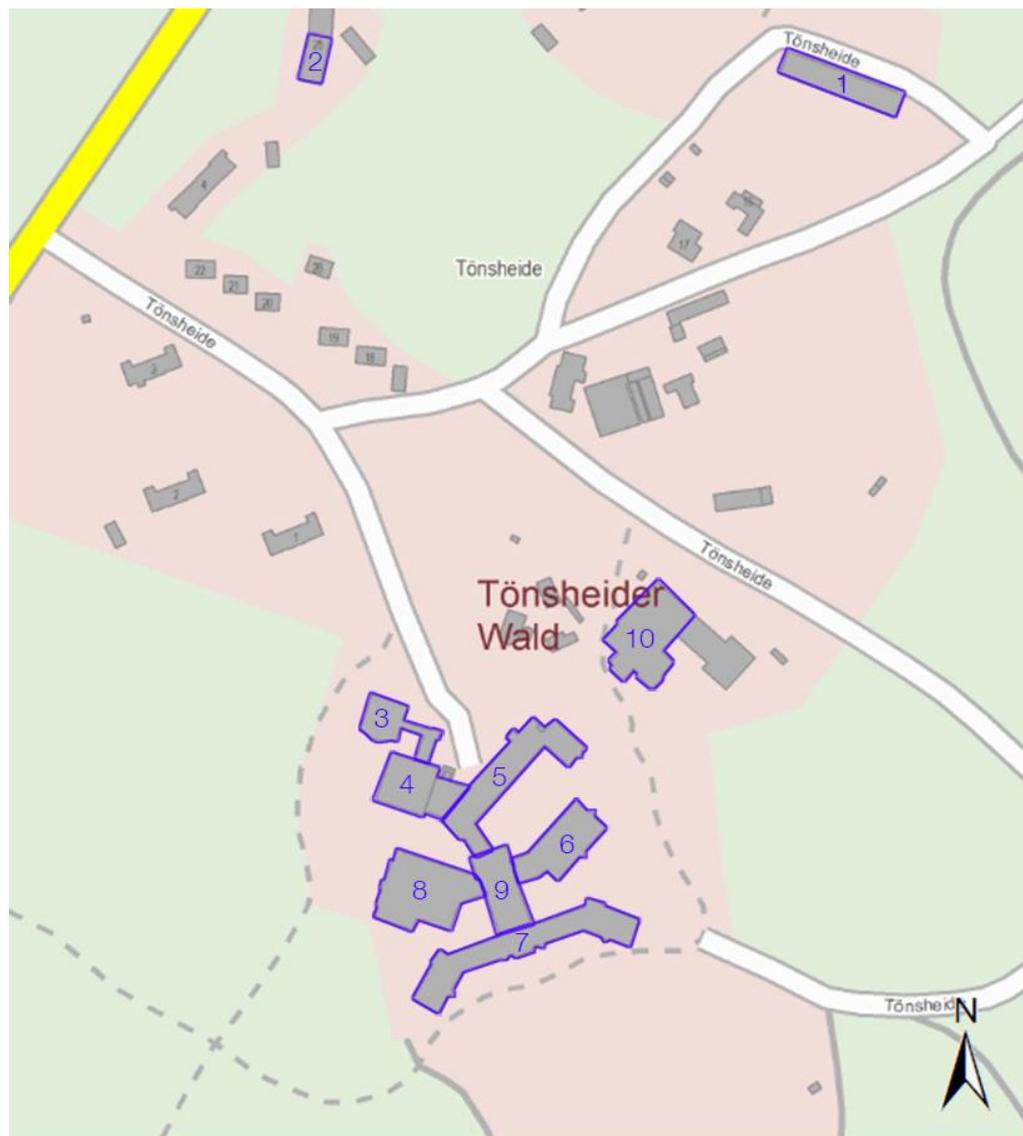
Herangezogen werden auch DIN-Normen, vor allem DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End-, und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwasser und Beleuchtung“. Es handelt sich um eine Vornormenreihe zur Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Das Verfahren der DIN V 18599 berücksichtigt auch die Wechselwirkungen von Energieströmen. Sie stellt neben dem Berechnungsverfahren nutzungs- und betriebsbezogene Randbedingungen zur Verfügung, die eine neutrale Bewertung der Energiebedarfsermittlung ermöglichen (DIN V 18599-1:2011-12, S. 5-6). Die aktuelle Fassung ist aus dem Dezember 2011.

3.3 Software

Die Ermittlung der Energiebedarfe erfolgt mit der Berechnungssoftware „Energieberater 18599“ von der Hottgenroth Software GmbH & Co. KG, die u.a. für entsprechende Simulationen Daten zuliefert. Die Software ermöglicht die energetische Bewertung und Planung von Gebäuden nach aktueller EnEV. Diese Berechnungen und Anforderungen sind im Programm hinterlegt und schaffen die Voraussetzung für eine Bilanzierung wahlweise nach DIN 4108-6 und DIN 4701-10/12 oder nach DIN V 18599 [Energieberater18599],

4 Lageplan der Fachklinik

Der Gebäudebestand der Fachklinik Aukrug umfasst Gebäude unterschiedlicher Baujahre und Nutzungen. Abbildung 2 zeigt eine Übersichtskarte des Geländes mit markierten Gebäuden, die im Folgenden untersucht werden. Die Gebäude 3 bis 9 in der Übersicht bilden zusammen das Hauptgebäude. In den Kapiteln 5.1 bis 5.10 werden die einzelnen Gebäude und deren Nutzung kurz vorgestellt, um einen Überblick über den Gebäudebestand vermitteln.



- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1 HEIDHOF | 6 THERAPIEZENTRUM |
| 2 HAUS 23 | 7 HAUS AM PARK (ALTBAU) |
| 3 CAFÉ (KOMUNIKATIONSZENTRUM) | 8 SCHWIMMBAD UND GYMNASTIK |
| 4 VERWALTUNG | 9 FESTSAAL UND FOYER |
| 5 HAUS AM TEICH (BETTENHAUS) | 10 KÜCHE UND SPEISESAAL |

Abbildung 2: Übersichtsplan Auszug DigitalerAtlasNord [DigitalerAtlasNord2015] mit eingezeichneten Gebäude Fachklinik Aukrug (eigene Abbildung)

5 Gebäudenutzung und Bausubstanz

Es kann vorweggenommen werden, dass in allen Gebäuden die Wärmeversorgung und Warmwasserbereitung über ein fernwärmeähnliches Versorgungsnetz erfolgt. Für jedes Gebäude, in dem warmes Wasser bereitgestellt wird, erfolgt die Warmwasserbereitung zentral. Es liegen keine Einzelzapfstellen vor, die mit Boilern oder Durchlauferhitzern bestückt sind. Weitere Beschreibungen zur Wärme- und Warmwasserversorgung sind in Kapitel 6.1 und 6.2 zu finden.

5.1 Heidhof

Der Heidhof wurde in zwei Etappen erbaut: Der Westflügel entstand 1934, der Ostflügel kam 1938 dazu. Auf zwei Etagen beherbergt der Heidhof Patienten der Fachklinik in Einzelzimmern. Die Patientenunterkunft befindet sich einige hundert Meter vom Hauptgebäude entfernt.

Die Außenwände sind massiv gebaut und ungedämmt. Die Holzfenster wurden in den 1970er Jahren erneuert und sind isolierverglast. Ein einzelnes Schmuckfenster



Abbildung 3: Nordansicht Heidhof (eigenes Foto, 3.07.2014)

über der Eingangstür ist einfach verglast. Das Dach ist mit Reet gedeckt und besitzt eine dünne Dämmschicht. Die Kellerdecke ist massiv, die obere Geschosdecke eine Holzkonstruktion.

In den Patientenzimmern befinden sich Flächenheizkörper mit Thermostatventilen, über die die Wärme an die Räume abgegeben wird.

5.2 Haus 23

Das ehemalige Schwesternwohnheim Haus 23 dient heute der Unterbringung von Patienten, die ihre Haustiere mitbringen möchten. Das Gebäude ist einseitig an das Haus 24-28 angebaut, das vermietet ist. Haus 23 wurde Anfang der 1960er Jahre erbaut. Das Gebäude entspricht vom Aufbau und der ursprünglichen Nutzung eher einem Wohngebäude, da mehrere einzelne Wohnungen mit Küche und Bad ausgestattet vorhanden sind. Die Küchen werden nicht genutzt, da die Patienten die Mahlzeiten im Speisesaal einnehmen. Aufgrund der Gebäudeaufteilung wird das Haus 23 als einziges der Gebäude der Fachklinik als Wohngebäude betrachtet. Die Berechnung in der Software unterscheidet sich von

der von Nichtwohngebäuden in der Komplexität und den Berechnungsgrundlagen. Die Berechnung erfolgt nach DIN 4108-6 (enthält alle wesentlichen Rechenverfahren zur Ermittlung des Heizwärmebedarfs in Wohngebäuden nach EnEV) und DIN 4701-10/12 (Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen).

Im gesamten Gebäude gibt es Flächenheizkörper mit Thermostatventilen, über die die Wärme an die Räume abgegeben wird.



Abbildung 4: Ostansicht Haus 23 (eigenes Foto, 25.09.2014)

5.3 Café

Das Café (auch Kommunikationszentrum genannt) dient der Freizeitgestaltung. Es ist ein Treffpunkt für Patienten untereinander, aber auch für Patienten und Besucher. Im Café können Getränke, Kuchen und unterschiedliche Snacks erworben und verzehrt werden. Zudem gibt es einen Fernsehraum, eine Bibliothek und Räumlichkeiten für Spiele (etwa Billard). Das Gebäude wurde 1995 errichtet.



Abbildung 5: Südansicht Café (eigenes Foto, 18.07.2014)

Es gibt sowohl Flächenheizkörper mit Thermostatventilen für die Raumwärme als auch Bodenkonvektoren, die vor allem das Erdgeschoss mit Wärme versorgen.

5.4 Verwaltung

Das Verwaltungsgebäude stammt aus den 1970er Jahren. Die Büroräume der Verwaltung und der Haupteingang mit dem Empfang der Patienten sind hier gelegen. Außerdem gibt es einige Technikräume und Räume für Besprechungen.



Abbildung 6: Westansicht Verwaltung (eigenes Foto, 18.07.2014)

In den Räumen des Verwaltungsgebäudes befinden sich Flächenheizkörper mit Thermostatventilen.

5.5 Haus am Teich

Das Haus am Teich ist ein sechsgeschosiger Bau aus der Zeit Ende der 1950er Jahre. Das Gebäude dient hauptsächlich als Patientenunterkunft, beherbergt zusätzlich aber einige Therapieräume und Büros sowie Technikräume. 2010 fand eine Sanierung des Gebäudes statt, bei der eine thermische Solaranlage auf dem Dach montiert worden ist.



Abbildung 7: Südansicht Haus am Teich (eigenes Foto, 28.11.2014)

Die Warmwasserbereitung wird über die Solarthermieanlage unterstützt. In den Räumen befinden sich Flächenheizkörper mit Thermostatventilen die das Haus am Teich mit Wärme versorgen. Anhand dieses Gebäudes werden in Kapitel 7 die Berechnungen erläutert.

5.6 Therapiezentrum

1999 wurde das Therapiezentrum fertiggestellt. Das Gebäude wird hauptsächlich für unterschiedliche therapeutische Anwendungen und Schulungen verwendet. Im Untergeschoss befindet sich ein Bereich für Wannenbäder, dieser wird jedoch nicht mehr genutzt und steht leer.



Abbildung 8: Südansicht Therapiezentrum (eigenes Foto, 28.11.2014)

Eine Änderung der Nutzung liegt ebenso für den Bereich Inhalation vor. Die Räume dienen Inhalationstherapien zur Befeuchtung der Atemwegsschleimhaut oder auch zur Verabreichung von Medikamenten [Lungenstiftung2008]. Die Räume dienen nun als Umkleidekabinen [Greve2015a]. Flächenheizkörper mit Thermostatventilen geben Wärme an die Räume des Therapiezentrums ab.

5.7 Haus am Park

Das Haus am Park wird auch als „Altbau“ bezeichnet und stammt aus dem Jahr 1931. Es besteht aus zwei symmetrisch aufgebauten Flügeln und wird zum größten Teil als Patientenunterkunft genutzt. Außerdem gibt es vor allem im Untergeschoss Technikräume.

Die Wärmeversorgung erfolgt ebenfalls über Flächenheizkörper mit Thermostatventilen.



Abbildung 9: Südansicht Haus am Park (eigenes Foto, 28.11.2014)

5.8 Schwimmbad und Gymnastik

Das Gebäude mit der Gymnastikhalle und dem Schwimmbad wurde 1975 erbaut. Letzteres besteht aus zwei innenliegenden Schwimmbecken und einem Außenbecken. Das Außenbecken wird nicht beheizt. Auf demselben Geschoss wie das Schwimmbad befinden sich außerdem eine Gymnastikhalle sowie ein Saunabereich, der nicht mehr genutzt wird. Neben den Technikräumen gibt es außerdem eine Kegelbahn.

Die Sporthalle wird über eine Luftheizung mit Wärme versorgt, das Schwimmbad teilweise mit einer Luftheizung, z.T. mit einer Fußbodenheizung, die auch die Bereiche der Umkleiden und Duschen versorgt. Die übrigen Räumlichkeiten besitzen Flächenheizkörper mit Thermostatventilen.



Abbildung 10: Nordwestansicht Schwimmbad und Gymnastik (eigenes Foto, 28.11.2014)

5.9 Festsaal und Foyer

Der Gebäudeteil Festsaal und Foyer bildet die Verbindung zwischen den übrigen Gebäudeteilen des Hauptgebäudes. In diesem Bereich sind verschiedene Behandlungs- und Therapieräume sowie Büros und Labore untergebracht. Der Festsaal befindet sich im dritten Obergeschoss. Alte Postkarten zeigen, dass der größte Teil dieses Bereiches zum Haus am Park gehört und somit das gleiche Baujahr hat.



Abbildung 11: Ostansicht Festsaal und Foyer (eigenes Foto, 28.11.2014)

Es ist also davon auszugehen, dass auch Verbindungen durch Strom und Leitungen der Heizung zum Haus am Park vorhanden sind.

Die Wärmeversorgung wird über Flächenheizkörper mit Thermostatventilen sichergestellt.

5.10 Küche und Speisesaal

Küche und Speisesaal wurden in den 1960er Jahren erbaut und in den Jahren 2011 bis 2012 komplett modernisiert. In den Speisesälen essen täglich Patienten und Mitarbeiter der Klinik zu allen drei Mahlzeiten.



Abbildung 12: Südwestansicht Küche und Speisesaal (eigenes Foto, 18.07.2014)

Flächenheizkörper mit Thermostatventilen versorgen die Räumlichkeiten mit Wärme.

6 Energieversorgung und Verbrauchsdaten

6.1 Datenlage der Wärme- und Stromversorgung

Ziel der Gebäudeanalyse ist die Darstellung des Ist-Zustandes der Gebäude und ihrer Energieverbräuche in Form von Wärme und Strom. Auf Grundlage dieser Daten können Maßnahmen zur Reduktion der Verbräuche und damit der Senkung der Energiekosten und klimaschädlichen Emissionen erarbeitet werden.

Wärme- und Stromverbrauchsdaten konnten zum einen durch Angaben der Energieversorger und zum anderen durch eigene Strommessungen zusammengetragen

werden. Die Übersichtskarte in Abbildung 13 zeigt, für welche Gebäude Daten der letzten vier Jahre zum Strom- und Wärmeverbrauch vorliegen. Die Wärmeverbräuche werden mit Wärmemengenzählern in den Gebäuden selbst erfasst, der Stromverbrauch liegt nur als Gesamtverbrauch für die Fachklinik vor. Die Kennzeichnung der Stromdaten bezieht sich also auf die Bestimmung der Anteile gebäudeweise, die durch eigene Messungen ermittelt werden konnten. Weitere Beschreibungen zu den Strommessungen finden sich in Kapitel 6.3. Den in Abbildung 13 grün gekennzeichneten Bereichen können Wärme und Stromdaten zugeordnet werden. Für die blauen (Strom) und roten (Wärme) Bereiche liegen nur jeweils für ein Medium Verbrauchsdaten vor. Bereiche, die nicht zugeordnet werden können, sind orangefarben dargestellt.

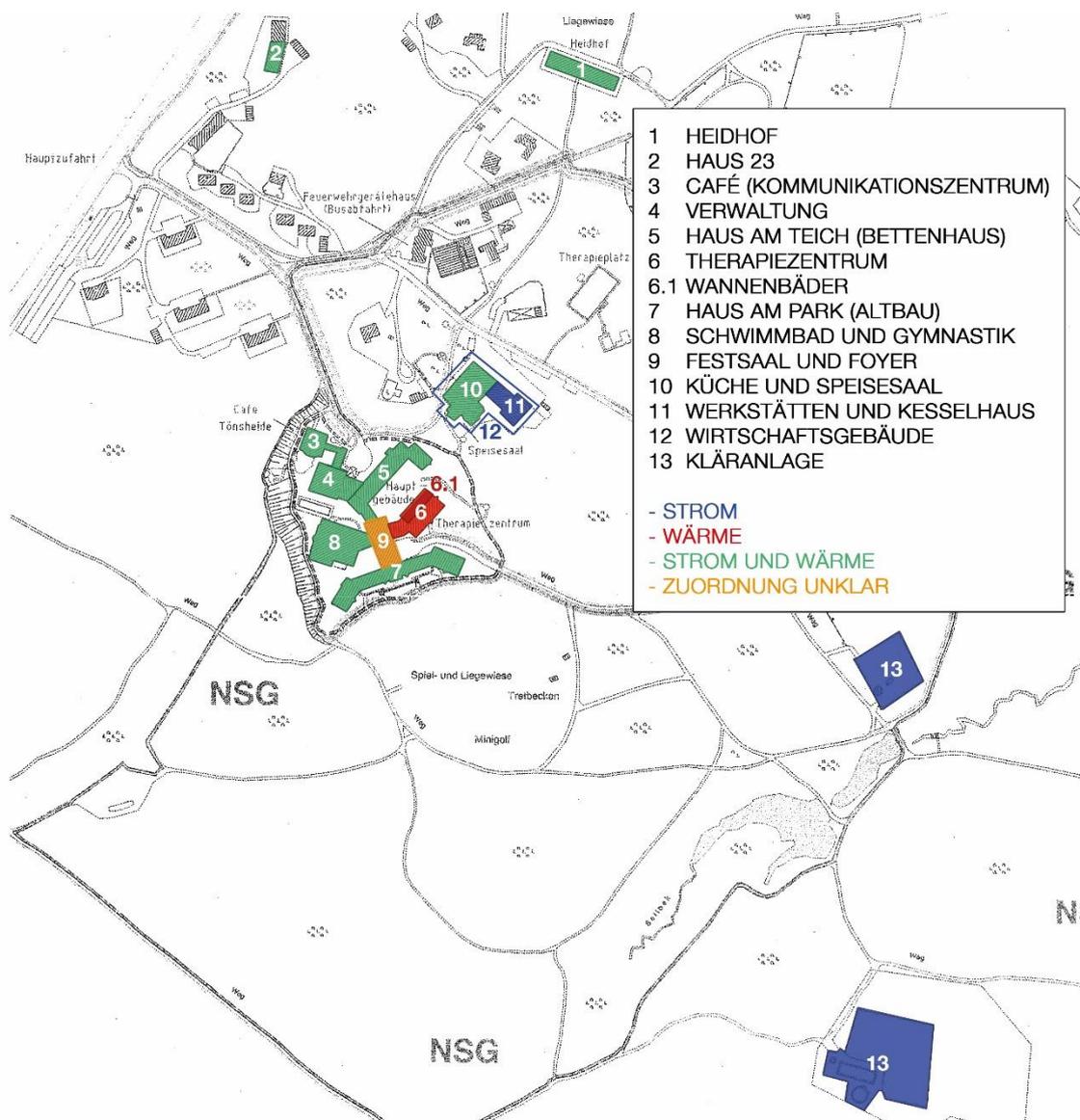


Abbildung 13: Übersicht Datenlage Wärme- und Stromversorgung (eigene Abbildung)

6.2 Wärmeversorgung

Die Struktur und Charakteristika wie Preisstruktur und Wärmeerzeugung der Wärmeversorgung der Fachklinik werden im folgenden Abschnitt beschrieben. Anschließend erfolgt die Auswertung der Daten zu den Wärmeverbräuchen.

6.2.1 Organisation Wärmeversorgung

Die Versorgung der Liegenschaft mit Wärme wird über ein Wärmeleitungsnetz gewährleistet. Das Wärmeverteilungsnetz gehört zur Fachklinik Aukrug. Das Leitungsnetz wird dem Versorger, den Stadtwerken Neumünster, bis zum Ende des Wärmeliefervertrages zur Verfügung gestellt. Im Heizhaus befinden sich zwei Erdgaskessel mit jeweils 1500 kW Leistung (diese und folgende Angaben stellen jeweils Maximalleistungsdaten dar). Einer der Kessel dient als Versorgungsreserve. Heizwasser aus einer Biogasanlage in Sarlhusen wird direkt zum Gelände geleitet und stellt die Hauptversorgung dar mit einer Leistung von 320-340 kW. Es befindet sich außerdem ein Blockheizkraftwerk (BHKW) auf dem Gelände, das mit Erdgas betrieben wird. Die elektrische Leistung beträgt 200 kW, die thermische Leistung 340 kW. Der erzeugte Strom wird direkt ins öffentliche Stromnetz eingespeist. Als 2010 der Anteil an Biowärme erhöht worden ist, ist die Laufzeit des BHKW reduziert worden und beträgt nur noch 500-1000 Stunden pro Jahr. Man kann also zusammenfassen, dass die Wärme-Grundversorgung zum einen durch Bio-Fernwärme sichergestellt wird, zum anderen durch die klinikeigene Erdgasverbrennung im BHKW. Die Versorgungsreserve stellen ein weiterer Erdgaskessel und das BHKW. Die Klinik ist folglich mit einer Leistung von 1840 kW und zusätzlich 1840 kW Reserve ausgestattet [Frahm2015]. Insgesamt kann für die Erzeugung von Wärme also auf eine Leistung von insgesamt maximal 3680 kW zurückgegriffen werden.

Vom 05.11.2009 bis 30.09.2010 wurden der Fachklinik 2989,74 MWh Bio-Fernwärme geliefert, in den Folgejahren etwa 3500 MWh/a. Der Primärenergiefaktor für die Wärmeversorgung der Klinik beträgt nach Berechnungen des Wärmeversorgers 0,0. Dies lässt sich einerseits mit dem überwiegenden Einsatz von Biowärme erklären sowie der Einspeisung von erzeugtem Strom ins öffentliche Stromnetz durch das BHKW [Frahm2014].

6.2.2 Preisstruktur

Im Wärmeliefervertrag sind der Jahresgrundpreis und der Arbeitspreis pro MWh für das Hauptgebäude festgelegt. Der Grundpreis wird regelmäßig angepasst [Frahm2015].

Der Stand vom 01.01.2014 für den Wärmepreis ergibt sich aus dem Jahresgrundpreis von 57.120 Euro brutto (48.000 Euro netto) und einem Arbeitspreis von 106,06 Euro brutto pro

MWh (89,13 Euro netto pro MWh) [Heitmann2014]. Werden die Gesamtkosten auf die Megawattstunde umgelegt, so kann man von einem Bruttopreis von etwa 122 Euro pro MWh sprechen.

Es handelt sich bei der Wärmeversorgung der Fachklinik nicht um eine „klassische“ Fernwärmeversorgung im Sinne der Wärmeerzeugung, die üblicherweise in großen Kraftwerken mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), kleineren Blockheizkraftwerken oder in Müllverbrennungsanlagen stattfindet. Abnehmer und Vertragspartner ist lediglich die Fachklinik. Die individuellen Randbedingungen der Versorgung, d.h. Preisstruktur und Primärenergiefaktor, fließen wie vom Versorger ermittelt in die Berechnungen ein. Aufgrund der Versorgung mit Heizwasser aus der Biogasanlage und der Verteilungsstruktur wird die Versorgung in Folgendem als Fernwärme bezeichnet. Auch die Faktoren der Preissteigerung für die Wärmeversorgung, die in die Wirtschaftlichkeitsberechnungen eingehen, werden entsprechend der Daten für Fernwärme gewählt.

Um einen Vergleich zu durchschnittlichen Fernwärmepreisen herstellen zu können, wird eine modellhafte Rechnung erstellt. Geht man von einer konstanten Wärmelieferung über das ganze Jahr aus, so lässt sich aus dem Durchschnittsverbrauch der letzten vier Jahre (etwa 3.500 MWh/a) eine Leistung von 400 kW errechnen. Diese 400 kW können zu 85 % durch die Bio-Fernwärme abgedeckt werden und entsprechen einer Abnahmeleistung zwischen den von dem Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. (AGFW) abgebildeten 160 kW und 600 kW [AGFW2014, S. 6]. Die durchschnittlichen Kosten als Mischpreis aus der Fernwärme-Preisübersicht bei einem Abnahmefall von 600 kW betragen 92,43 Euro pro MWh [AGFW2014, S. 6]. Die gelieferte MWh Wärme für die Fachklinik Aukrug ist etwa 25 % teurer im Vergleich zu konventioneller Fernwärmeversorgung.

6.2.3 Auswertung Verbrauchsdaten

Die Wärmeverbrauchsdaten für die Fachklinik wurden von den Stadtwerken Neumünster zur Verfügung gestellt und vor Ort konnten die Zählernummern der Wärmemengenzähler abgeglichen werden. Den Werten in Tabelle 1 liegen die Wärmeverbräuche des Versorgers zugrunde und wurden witterungsbereinigt und auf 365 Tage normiert.

Tabelle 1: Wärmeverbräuche der Gebäude der Fachklinik Aukrug von 2010 bis 2014 witterungsbereinigt und normiert mit errechneten Durchschnittswerten

Gebäude	Verbrauchsstelle	Zählernummer	Zeitraum	Verbrauch witterungsbereinigt und normiert 365 Tage	Verbrauch gemeinsame Zählung	Durchschnittswert	Anteil an gesamten Wärmeverbrauch
				Werte			
Heidhof		799234630	2010-2011	355,01		350,83	9,98%
			2011-2012	370,13			
			2012-2013	339,10			
			2013-2014	339,07			
Therapiezentrum		700705221	2010-2011	250,36		205,22	5,84%
			2011-2012	196,18			
			2012-2013	191,98			
			2013-2014	182,34			
Café		700705209	2010-2011	84,97		87,84	2,50%
			2011-2012	90,93			
			2012-2013	92,23			
			2013-2014	83,23			
Wannenbäder		700705215	2010-2011	66,38		76,69	2,18%
			2011-2012	86,27			
			2012-2013	88,12			
			2013-2014	66,00			
Schwimmbad		709619410	2010-2011	477,25		546,87	15,56%
			2011-2012	608,38			
			2012-2013	553,92			
			2013-2014	547,94			
Haus am Park		700701714	2010-2011	984,41		999,09	28,43%
			2011-2012	1.031,13			
			2012-2013	1.039,57			
			2013-2014	941,27			
Verwaltung		700705989	2010-2011	85,55		888,97	25,30% ^c
			2011-2012 ^a	20,20			
			2012-2013	0,00			
			2013-2014	0,00			
Haus am Teich		700702793	2010-2011	867,60	953,15		
			2011-2012	875,92	896,11		
			2012-2013	898,67	898,67		
			2013-2014	807,95	807,95		

Haus 23		700702573	2010-2011	66,11		67,97	1,93%
			2011-2012	57,70			
			2012-2013	74,15			
			2013-2014	73,92			
Küche	Küche Lüftung	700700181	2010-2011	429,20		290,24	8,26%
			2011-2012 ^b	103,90			
	Küche	700706042	2012-2013	215,59			
			2013-2014	213,30			
	Küche Heizung	700705363	2010-2011	87,31	516,51		
			2011-2012	82,12	186,03		
			2012-2013	22,97	238,56		
			2013-2014	6,58	219,88		
Gesamtverbrauch Fachklinik			2010-2011	3.754,15	3.754,15	3.513,73	100,00%
			2011-2012	3.522,86	3.522,86		
			2012-2013	3.516,30	3.516,30		
			2013-2014	3.261,60	3.261,60		

- a) Umstellung der Versorgung: Ab 2011/2012 Speisung über Haus am Teich
- b) Ausbau des Zählers am 27.08.2012: Neuer Zähler für Küche
- c) Gemeinsame Betrachtung Haus am Teich und Verwaltung
- d) Gesamtbetrachtung Küche

Aus diesen Werten konnten Durchschnittswerte für die Verbräuche der einzelnen Gebäude über vier Jahre sowie der prozentuale Anteil am Gesamtverbrauch ermittelt werden. Die Gebäude Haus am Teich und Verwaltung werden zusammen betrachtet, da die Versorgung zwischen Mai 2011 und Mai 2012 zusammengelegt worden ist [Greve2014a]. Der genaue Zeitpunkt ist nicht bekannt. Aufgrund dessen gibt es für die Verwaltung nur den Verbrauch eines Jahres von 2010-2011, der ein volles Abrechnungsjahr abbildet. Daraus lassen sich keine Durchschnittswerte errechnen, lediglich die Größenordnung des Wärmeverbrauchs kann geschätzt werden. Beeinflusst werden die Verbräuche außerdem von der Sanierung des Haus am Teich in 2010. Für die Küche sind zwei Verbrauchsstellen bekannt („Küche Lüftung/Küche“ und „Küche Heizung“). Diese Verbräuche werden zusammengefasst und gemeinsam als Verbrauch „Küche“ behandelt.

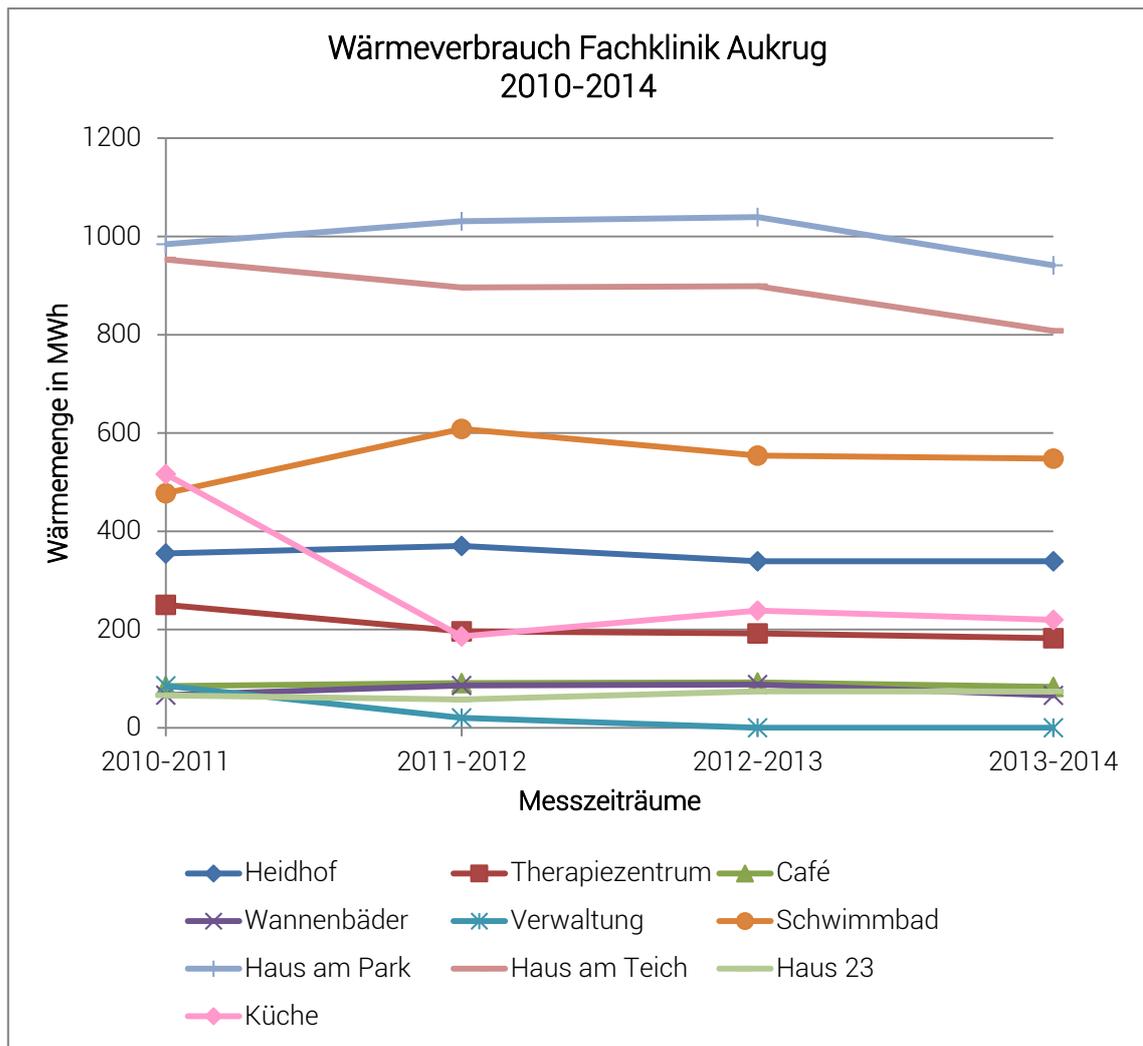


Abbildung 14: Verlauf des durchschnittlichen jährlichen Wärmeverbrauchs der Gebäudeteile der Fachklinik Aukrug von 2010-2014 (eigene Abbildung)

Eine grafische Darstellung der Entwicklung der Verbräuche von 2010 bis 2014 ist in Abbildung 14 zu sehen. Hier lässt sich erkennen, dass in 2011 für die Küche eine deutliche Reduktion der genutzten Wärme vorliegt. In diesem Zeitraum wurden eine Sanierung der Anlagentechnik und ein Umbau der Räumlichkeiten durchgeführt [Marquardt2014b]. Durch die Bauphase und die eingesetzte effizientere Technik ist dieser Rückgang zu erklären, der sich auch in den Folgejahren abzeichnet. In 2011 begann die Bauphase und der Küchenbetrieb wurde eingestellt, wodurch der Abfall in 2011-2012 zu erklären ist. Nach Fertigstellung der Arbeiten wurde der Betrieb in der Küche wieder aufgenommen, gleichzeitig fanden noch einige Arbeiten statt, der Verbrauch stieg also 2012-2013 wieder. In 2013-2014 zeigen sich die Einsparungen, die durch die Sanierungsmaßnahmen erzielt werden konnten. Abbildung 14 zeigt auch, dass die Verbräuche in den Jahren seit 2010 leicht zurückgegangen sind. Für die Verbräuche des Haus am Teich gab es trotz der Zuschaltung der Verwaltung kaum einen merklichen Anstieg des Verbrauchs. Es ist sogar

eher ein Rückgang des Wärmeverbrauchs zu verzeichnen. Das Verwaltungsgebäude hat einen geringen Anteil am Wärmeverbrauch der beiden Gebäude und besitzt keine Zapfstellen für Warmwasser. Durch die Verwaltung werden also keine Warmwasserverbräuche verzeichnet. Hauptsächlich wird der Rückgang des Verbrauchs seit 2010 mit Sanierungsmaßnahmen des Haus am Teich zu erklären sein. 2010 wurde die Anlagentechnik gegen eine effizientere getauscht und es wurde ein hydraulischer Abgleich durchgeführt. Es ist anzunehmen, dass Einsparungen erzielt werden konnten, die in den Folgejahren erkennbar sind.

Das Schwimmbad sowie die dazugehörige Gymnastikhalle sind potenziell große Verbrauchsfaktoren, etwa durch eine dazugehörige Sauna oder das beheizte Außenbecken. Jedoch wurde die Beheizung des Außenbeckens im Jahr 2012 eingestellt und die angeschlossene Sauna am 01.07.2013 geschlossen. Diese Maßnahmen, die mit der Wandlung bei Krankheitsbildern der Patienten (von körperlichen hin zu psychosomatischen Erkrankungen), und der Umstrukturierung einiger Behandlungen zusammenhängen, führten zu spürbaren Einsparungen.

Das Therapiezentrum bietet verschiedene Räumlichkeiten zur Behandlung der Patienten. Als großer Wärmeverbraucher sind die Wannenbäder zu bewerten. Dieser Bereich wurde Mitte 2014 stillgelegt, da die Nutzung im Rahmen der Therapien der Patienten stark abnahm [Greve2015a]. Er ist derzeit allerdings weiterhin beheizt und auch der Wärmetauscher für die Erwärmung des Badewassers und der Wasserspeicher ist noch in Betrieb [Greve2014b]. Wie sich der Wärmeverbrauch seit der Schließung dieses Bereiches entwickelt hat, wird erst in den nächsten Verbrauchsabrechnungen sichtbar werden.

Die prozentuale Aufteilung des Wärmeverbrauchs auf die einzelnen Gebäude ist im Sankey Diagramm in Abbildung 15 dargestellt. Es ist erkennbar, dass das Haus am Park, Haus am Teich und das Schwimmbad die größten Abnehmer darstellen.

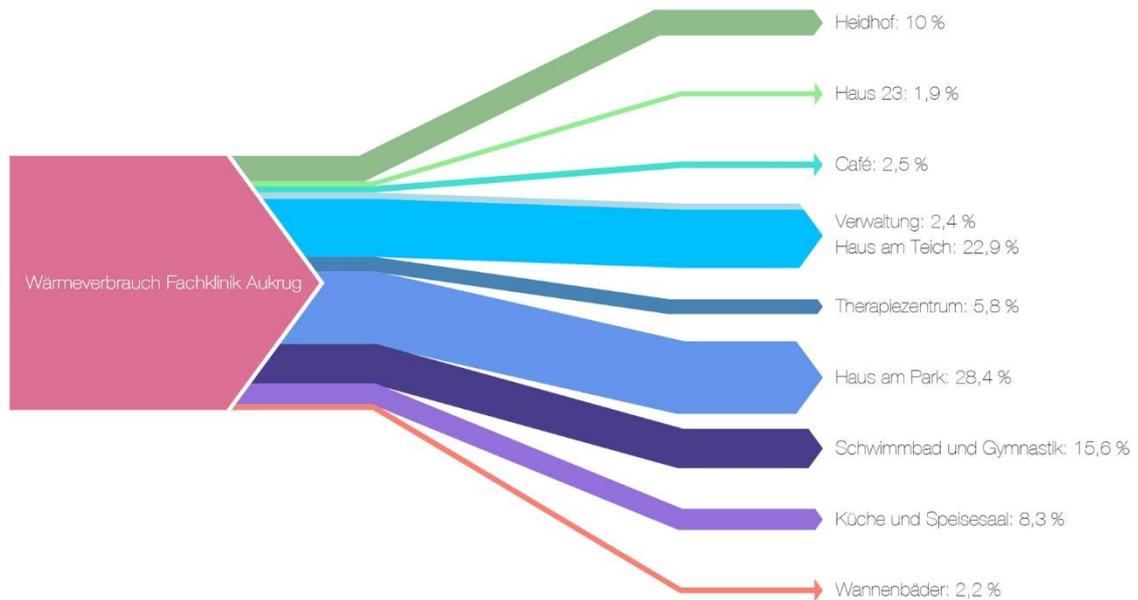


Abbildung 15: Prozentualer Anteil am Wärmeverbrauch der einzelnen Gebäude im Sankey Diagramm (eigene Abbildung)

6.3 Stromversorgung

Es folgt eine Beschreibung der Versorgung der Fachklinik mit Strom sowie der bestehenden Rahmenbedingungen der Stromlieferung.

6.3.1 Organisation Stromversorgung und Leistungsmessung

In einem Zwei-Jahres-Zyklus wird über eine Ausschreibung ein Stromversorger für die Fachklinik gesucht. Seit 01.01.2014 bis Ende 2015 übernimmt der Energieanbieter E.VITA GmbH die Versorgung der Liegenschaft.

Wie bei vielen Großkunden wird auch für die Fachklinik eine Leistungsmessung durchgeführt. Ein Messgerät erfasst sowohl den Verbrauch in kWh als auch viertelstündlich die Maximalleistung, also die gleichzeitige Stromentnahme aus dem Stromnetz. Diese Leistungsaufnahme dient zur Sicherstellung der Versorgung von Gewerbekunden mit hohen Leistungsaufkommen. Die Versorgungsnetze sind nur für bestimmte Versorgungsleistungen konzipiert und müssen den gesteigerten Energiebedarf der Gewerbekunden decken können. Mit Hilfe der Leistungsmessung lässt sich ermitteln, welche Leistung ständig bereitstehen muss.

6.3.2 Preisstruktur

Die abgerufene Leistung fließt auch in die monatlichen Kosten in Form des Leistungspreises mit ein. Außerdem bestehen die monatlichen Stromkosten noch aus Arbeitspreis,

Steuern, Abgaben und Netzentgelten sowie Gebühren für den Messbetrieb. Die Abrechnungen von Februar 2014 bis Februar 2015 wurden vom Energieversorger bereitgestellt [E.VITA2015a]. Hieraus konnte der durchschnittliche Strompreis über diesen Zeitraum ermittelt werden. Eine Aufstellung der monatlichen Kosten und des daraus resultierenden Durchschnittspreises pro Kilowattstunde ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Aufstellung der Kostenabrechnungen Februar 2014 bis Februar 2015 für den Strombezug der Fachklinik

Abrechnungszeitraum	Leistung kW	Verbrauch kWh	Leistungspreis € brutto	Arbeitspreis € brutto	Steuern, Abgaben und Netzentgelte € brutto	Gebühren € brutto	Gesamtkosten € brutto	Kosten €/kWh
Feb 14	275	100.893	1.754,52	4.663,23	12.814,52	89,33	19.321,60	0,1915
Mrz 14	258	113.404	1.942,51	5.241,48	14.434,33	98,88	21.717,20	0,1915
Apr 14	265	103.939	1.879,86	4.804,02	13.228,22	95,70	20.007,80	0,1925
Mai 14	275	107.850	1.942,51	4.984,77	13.632,92	98,88	20.659,08	0,1916
Jun 14	270	113.665	1.879,85	5.253,56	14.231,78	95,70	21.460,89	0,1888
Jul 14	282	117.793	2.231,20	5.444,35	14.746,87	98,88	22.521,30	0,1912
Aug 14	255	115.958	1.991,97	5.359,54	14.526,66	98,88	21.977,05	0,1895
Sep 14	274	115.278	1.927,69	5.328,11	14.425,36	95,70	21.776,86	0,1889
Okt 14	260	111.091	1.991,97	5.134,59	13.942,65	98,88	21.168,09	0,1905
Nov 14	416	107.424	11.179,28	4.965,08	13.482,88	95,70	29.722,94	0,2767
Dez 14	386	129.167	2.938,49	5.970,03	16.111,74	98,88	25.119,14	0,1945
Jan 15	302	129.099	2.938,50	5.966,89	15.471,90	98,88	24.476,17	0,1896
Feb 15	298	117.416	1.901,26	5.426,92	14.071,11	89,30	21.488,59	0,1830
Durchschnitt		114.075	2.807,66	5.272,51	14.240,07	96,43	22.416,67	0,1969

Der errechnete Durchschnittspreis beträgt 19,69 Cent pro Kilowattstunde. Der Primärenergiefaktor des gelieferten Stroms konnte nicht vom Stromversorger in Erfahrung gebracht werden. Die Zusammensetzung des Strommixes ist nach Angaben des Unternehmens folgendermaßen [E.VITA2015b]:

- 15,8 % Kernkraft
- 39,9 % Kohle
- 9,8 % Erdgas
- 4,4 % sonstige fossile Energieträger
- 29,4 % Erneuerbare Energien nach EEG (Energieeinsparungsgesetz)
- 0,7 % sonstige Erneuerbare

In folgenden Berechnungen wird von einem Primärenergiefaktor von 2,4 für den Strommix ausgegangen [DINV185992011, S.67 Tabelle A.1].

Die Verbräuche der Fachklinik werden über den Leistungsmesser in der Technikzentrale abgerechnet. Der Zähler unterscheidet zwischen Haupttarif (HT) und Nebentarif (NT).

Diese Tarifschaltzeiten werden vom Netzbetreiber vorgegeben. Von 6 Uhr bis 22 Uhr gilt der Haupttarif, in der übrigen Nachtzeit der Nebentarif. Für die aktuelle Abrechnung spielt diese Tarifunterscheidung keine Rolle, da kein Preisunterschied zwischen den Tarifen besteht [EVITA2014].

6.3.3 Strommessungen und Auswertung der Verbrauchsdaten

Aufgrund der historisch gewachsenen Struktur der Klinik ist eine genaue Zuordnung der Verbräuche der einzelnen Gebäude nicht möglich. Es gibt nur einen Hauptzähler, der die Stromverbräuche der Klinik erfasst. Es gibt keine Unterzähler in den einzelnen Gebäuden auf Basis derer Daten eine Aufteilung der Stromverbräuche ersichtlich wäre. Die Leistungsstruktur auf dem Gelände der Klinik ist nicht bekannt und es müssen zugängliche Leistungen gefunden werden, um durch Strommessungen Erkenntnisse über die Aufteilung der Verbräuche zu erhalten. Hat man eine solche Stelle ermittelt, ist oft nicht klar welche Verbraucher genau diese Zuleitung nutzen und ob eventuell Teile der Außenanlagen oder Nachbargebäude mit versorgt werden. Ein zentraler Verteilpunkt ist die Technikzentrale. Die Schaltschränke sind eindeutig beschriftet und es gibt Zugang zu vielen Zuleitungen.

Um den Gesamtverbrauch jeweils anteilig prozentual den Gebäudeteilen zuordnen zu können, wurden von sumbi INGENIEURE Messungen mit einem mobilen Zähler SMART-CHECK 725 des Herstellers SMARTEN durchgeführt. Der Messkoffer verfügt über 24 Ports, an denen acht verschiedene Verbraucher gemessen werden können. An den Verteilungen wird durch Wandler, die elektrische Ströme aufnehmen können, der aktuell fließende Strom aufgenommen [Smarten2014]. In zwei Messdurchgängen mit jeweils zweiwöchiger Laufzeit wurden Verteilungen in der Technikzentrale abgegriffen und die Verbräuche in der Zeit registriert. Bei jedem Messdurchgang wurden mehrere unterschiedliche Verbraucher dokumentiert. Ein Foto der Technikzentrale ist in Abbildung 18 zu sehen. Mit Hilfe eines für das Haus zuständigen Elektrikers und des technischen Leiters konnten die Verteilungen anhand der Beschriftungen an den Schaltschränken den Gebäuden zugeordnet und die Messvorrichtung angebracht werden. Der Aufbau der ersten Messung ist in Abbildung 18 dargestellt; die Wandler und Phasen erkennt man in Abbildung 18. Die Wandler werden um die Kabel gelegt und befestigt. Per WLAN Verbindung mit einem Laptop werden Einstellungen für die Messung gemacht und die Messplätze benannt und zugeordnet. Dies ermöglicht eine eindeutige Kennzeichnung der Messwerte. Die Ausgabewerte lassen sich später per Datenverbindung in das Webportal SMARTANALYTICS hochladen und von dort aus mit einem gesicherten Zugang abrufen.



Abbildung 18: Technikzentrale (eigenes Foto, 03.07.2014)

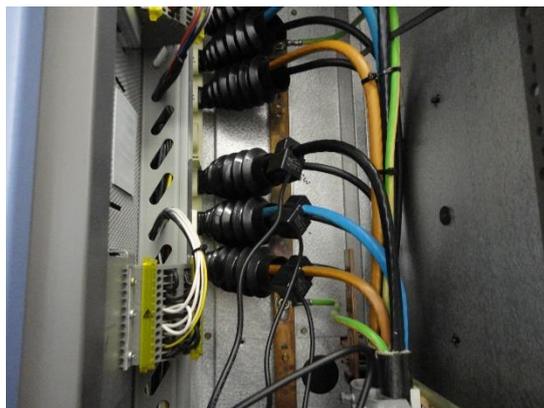


Abbildung 18: Einzelne Phasen L1, L2 und L3 mit Wandlern, die Strom messen (eigenes Foto 03.07.2014)

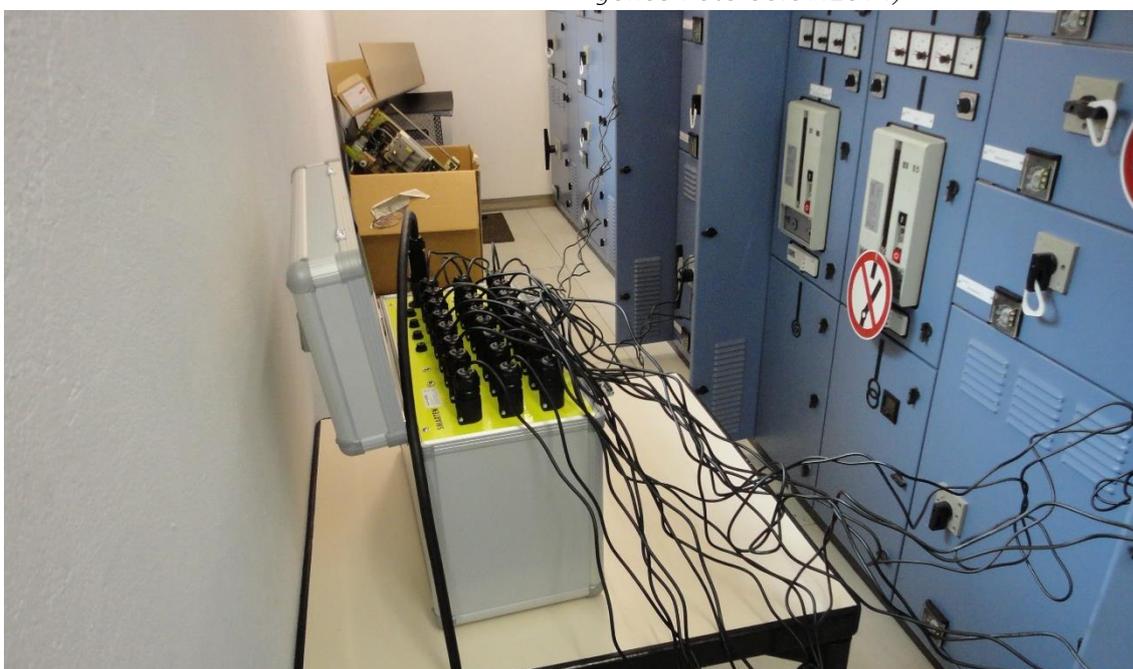


Abbildung 18: Messkoffer in der Technikzentrale mit angeschlossenen Verbrauchern (eigenes Foto 03.07.2014)

Die erste Messung wurde vom 03.07.2014 bis zum 18.07.2014 durchgeführt. Direkt darauf folgend begann die zweite Messung am 18.07.2014 und endete am 01.08.2014. Nicht auf alle gewünschten Verteilungen konnte von der Technik Zentrale aus zugegriffen werden und nach Auswertung der Messergebnisse wurde entschieden, eine dritte Messreihe durchzuführen. Grund hierfür war ein erheblicher Anteil am Verbrauch, der keinem der Gebäude zugeordnet werden konnte. Um diesen Anteil aufzuschlüsseln, erfolgte eine dritte Messung im „Gebäude Schwimmbad und Gymnastik“. Vom 21.11.2014 bis 28.11.2014 zeichnete der Messkoffer die Verbräuche der Verteilungen im Technikraum des Gebäudes Schwimmbad und Gymnastikhalle auf. Die Zählerstände eines Unterzählers im Therapiezentrum wurden zu Messbeginn und –ende dokumentiert. Die Vermutung

war, dass der Unterzähler die Verbräuche des Gebäudes zählt. Es stellte sich allerdings heraus, dass Außenbeleuchtung und vereinzelte Pumpenverbräuche gezählt worden waren, die nicht weiter bestimmt werden konnten. Weitere Messungen wurden im Rahmen dieses Projektes nicht durchgeführt.

Die Ergebnisse der drei Messdurchgänge und der Zählerablesung sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Übersicht Strommessungen und errechnete Anteile am Gesamtverbrauch der Klinik

Messung	Messstelle	Messung Start	Messung Ende	Verbrauch kWh	Gesamtverbrauch Klinik aus Lastgang kWh	Gesamtverbrauch Klinik Ablesung HZ kWh	Abweichung Verbrauch Lastgang und Ablesung Zähler %	Anteil an gesamtem Stromverbrauch %
1	Küche	03.07.2014 13:00	18.07.2014 08:00	6.899,08	56028,06	56.990,30	1,72	12,31
	Haus 23	03.07.2014 13:00	18.07.2014 08:00	848,53	56028,06	56.990,30	1,72	1,51
	Werkstätten/Kesselhaus	03.07.2014 13:00	18.07.2014 08:00	3,23	56028,06	56.990,30	1,72	0,01
	Wirtschaftsgebäude	03.07.2014 13:00	18.07.2014 08:00	35,30	56028,06	56.990,30	1,72	0,06
	Kläranlage	03.07.2014 13:00	18.07.2014 08:00	1.396,44	56028,06	56.990,30	1,72	2,49
	Haus am Teich	03.07.2014 13:00	18.07.2014 08:00	5.811,33	56028,06	56.990,30	1,72	10,37
2	Haus am Park	18.07.2014 09:00	01.08.2014 08:00	6.291,79	52612,84	53.465,50	1,62	11,96
	Café	18.07.2014 09:00	01.08.2014 08:00	2.605,83	52612,84	53.465,50	1,62	4,95
	Heidhof	18.07.2014 09:00	01.08.2014 08:00	2.572,56	52612,84	53.465,50	1,62	4,89
	Verwaltung	18.07.2014 09:00	01.08.2014 08:00	3.072,88	52612,84	53.465,50	1,62	5,84
3	Schwimmbad	21.11.2014 10:00	28.11.2014 08:00	5.207,27	27848,164			18,70
	Zähler Therapie	21.11.2014 08:20	28.11.2014 09:00	27,36	28391,148			0,10
	Sonstige							26,90

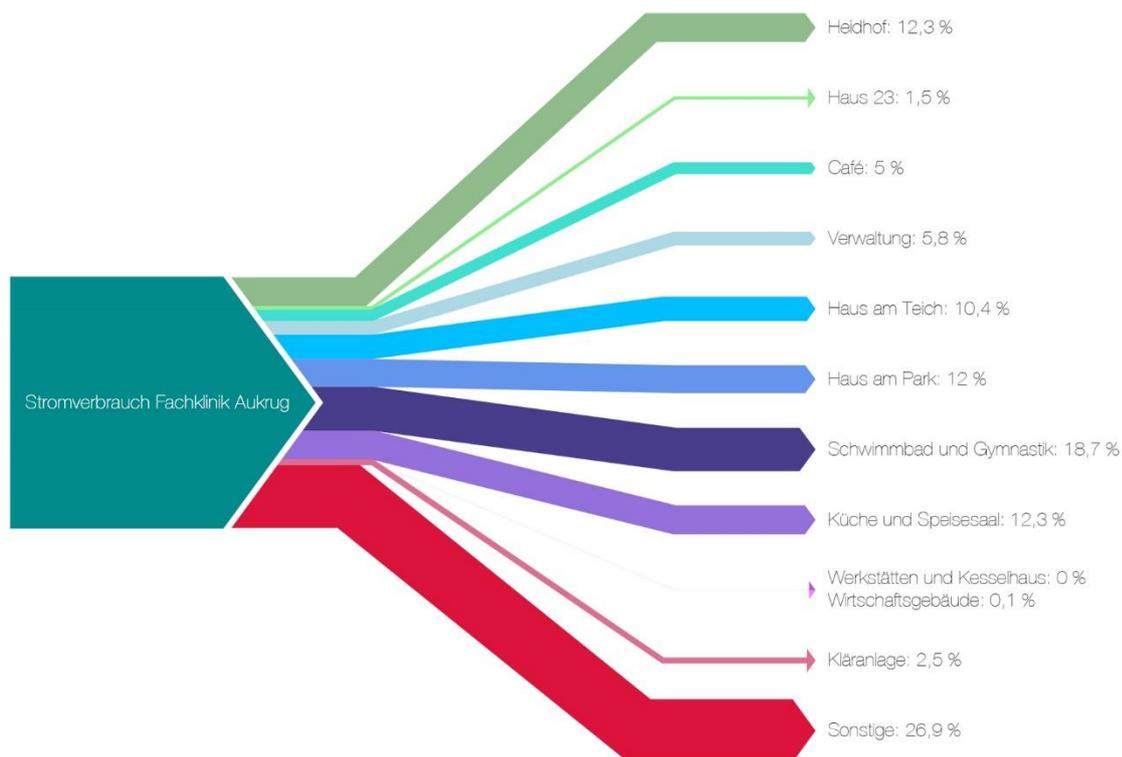


Abbildung 19: Prozentuale Anteile der Gebäudeteile am Stromverbrauch der Fachklinik Aukrug in einem Sankey Diagramm (eigene Abbildung)

Die prozentuale Aufteilung des Stromverbrauchs gebäudeweise anhand der Messdaten ist in einem Sankey Diagramm in Abbildung 19 zusammengefasst.

Aus Tabelle 3 und Abbildung 19 lässt sich erkennen, dass die größten Verbraucher Schwimmbad und Gymnastikhalle, Haus am Park, Küche und Haus am Teich sind. 26,9 % können nicht eindeutig zugeordnet werden, da keine weiteren Messungen in den Gebäuden Therapiezentrum und Festsaal und Foyer durchgeführt worden sind. Eventuell gibt es weitere Verbraucher, z.B. auch bei den Außenanlagen, wie etwa die Beleuchtung. Diese konnten nicht durch die Messdurchgänge erfasst werden.

6.3.4 Lastganganalyse

Wie schon in 6.3.1 beschrieben, wird eine Leistungsmessung für die Stromversorgung der Fachklinik durchgeführt. Diese Ergebnisse der Leistungsmessung wurden vom Stromversorger E.Vita zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe eines Excel Tools (der Firma sumbi INGENIEURE) wurden die Viertelstundenwerte in einem Rasterdiagramm und einem Liniendiagramm visualisiert, um diese analysieren zu können.

Das Rasterdiagramm ordnet die Viertelstunden-Messwerte fünf gleich großen Intervallen zu und stellt diese in Zusammenhang mit Datum und Uhrzeit dar. Da hier die Messwerte des gesamten Jahres 2014 in das Excel-Tool eingelesen wurden, ist der Maximalwert der größte gemessene Wert des ganzen Jahres. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, fehlende Werte oder Nullleistungen farblich separat zu kennzeichnen (vgl. Abbildung 22). Auszugsweise werden in Abbildung 20, Abbildung 21, Abbildung 22 und Abbildung 23 die Lastgänge von Januar, Juni, November und Dezember 2014 gezeigt.

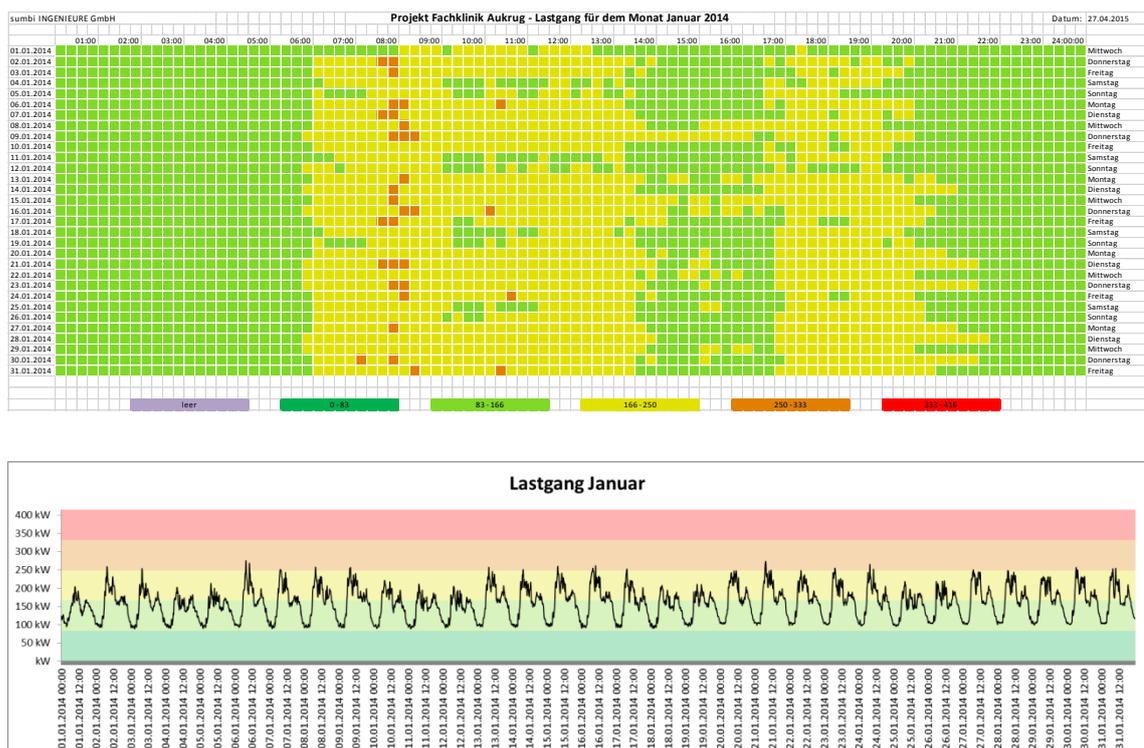


Abbildung 20: Lastgang Fachklinik Aukrug Januar 2014 (eigene Abbildung)

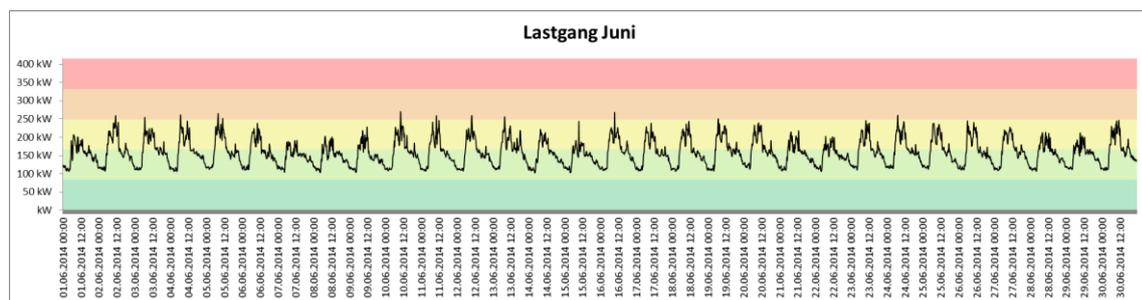
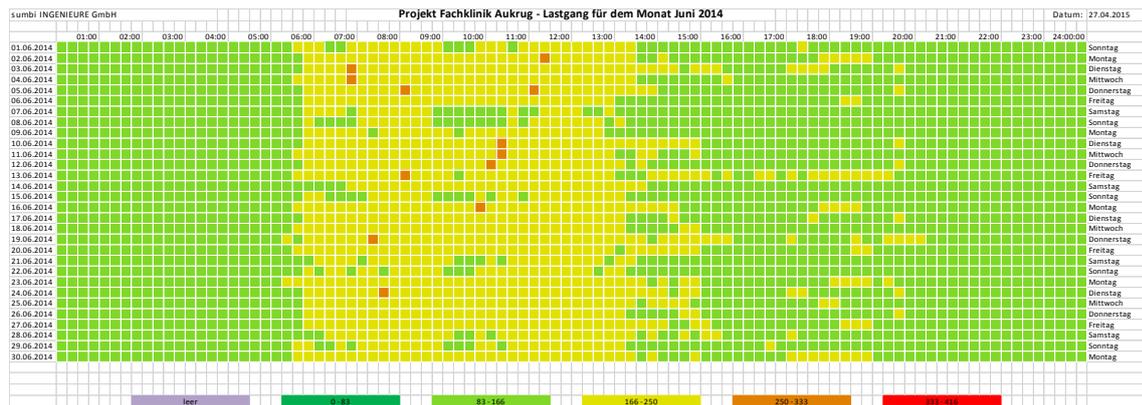


Abbildung 21: Lastgang Fachklinik Aukrug Juni 2014 (eigene Abbildung)

Für die Monate Januar und Juni sind sehr regelmäßige Verläufe sichtbar; die Grundlast von etwa 100 kW ist gut ablesbar und der tägliche Betrieb kann nachvollzogen werden. An den Wochenenden ist eine etwas geringere Last zu verzeichnen und die „grünen Inseln“ zwischen zehn und elf Uhr morgens zeigen einen eingeschränkten Therapiebetrieb. Die Lastspitzen finden sich morgens gegen sieben Uhr bei Start des täglichen Betriebes und zwischen zehn und elf Uhr, wenn die Vorbereitungen für das Mittagessen in der Küche beginnen (und die Geräte angeschaltet werden). Vergleicht man die abendlichen Lasten der beiden Monate, sind im Januar höhere Werte festzustellen. Eine mögliche Erklärung liegt im veränderten Freizeitverhalten der Patienten: Im Wintermonat Januar wird es früher dunkel, sodass die Innenräume mit einer entsprechenden Beleuchtung eine Mehrnutzung erfahren. Folglich steigt auch der Stromverbrauch.

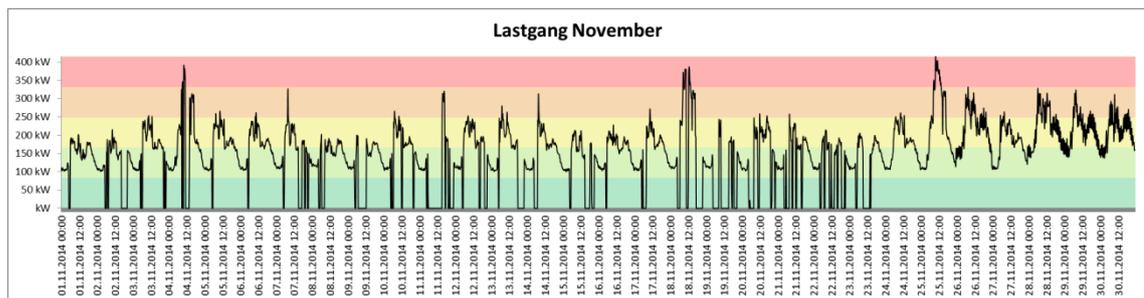
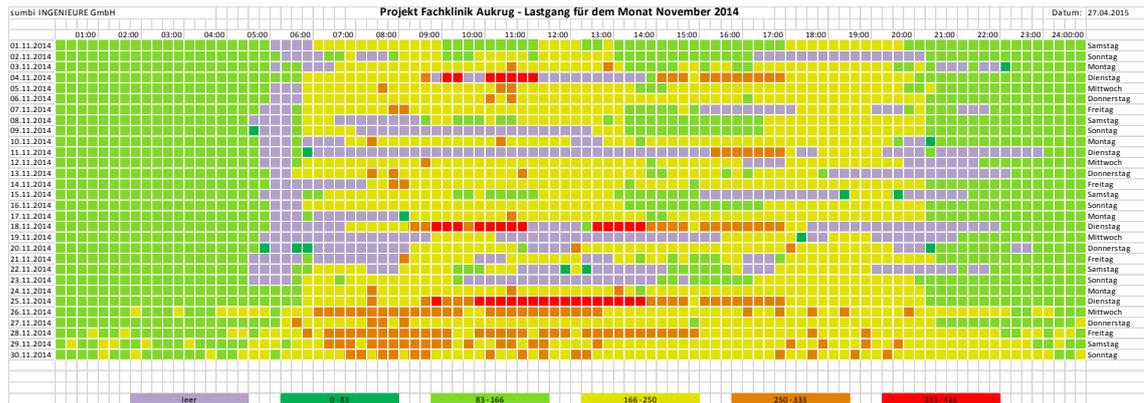


Abbildung 22: Lastgang Fachklinik Aukrug November 2014 (eigene Abbildung)

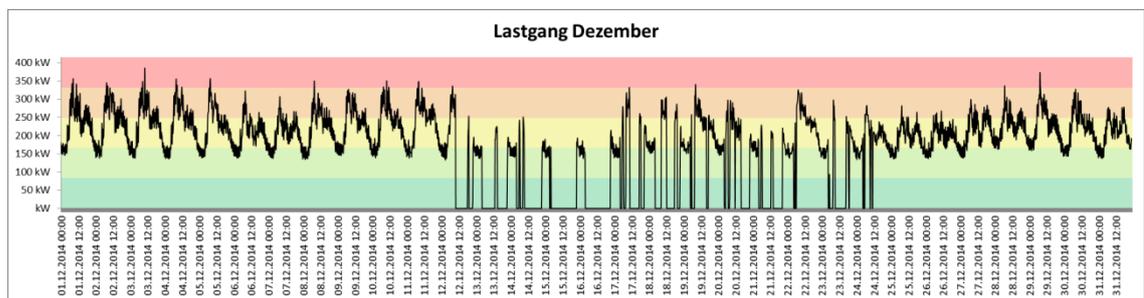
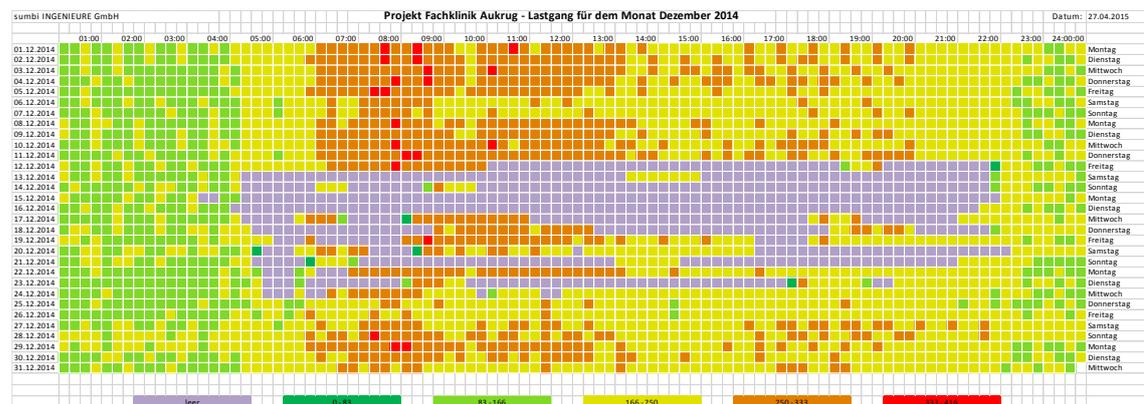


Abbildung 23: Lastgang Fachklinik Aukrug Dezember 2014 (eigene Abbildung)

Die Monate November und Dezember fallen durch Unregelmäßigkeiten in den Lastprofilen auf: Zum einen sind Nullwerte erkennbar, die bei einer Klinik eigentlich nicht möglich sind. Dabei sollte gerade hier eine deutlich von Null unterscheidbare Grundlast anfallen.

Zum anderen sind die Lastspitzen deutlich höher als bei den vorherigen Monaten. Liegen die Lastspitzen im Juni noch bei etwa 250 kW, so sind im November und Dezember Werte von bis zu 350-400 kW sichtbar. Sowohl die Nullwerte als auch die Lastspitzen sind in dieser Form nicht logisch nachvollziehbar. Es liegt nahe, dass die Messungen innerhalb dieser zwei Monate fehlerhaft sind. Eine Anfrage beim Netzbetreiber wurde mit der Aussage beantwortet, die übertragenen Werte seien so in Ordnung [EVITA2015c].

Eine weitere Nachforschung und stetige Kontrolle der Lastgangdaten wird empfohlen. Insbesondere da der Strompreis direkt vom höchsten Leistungswert abhängig ist, sollte die weitere Kontrolle auch im Interesse der Fachklinik liegen. Die entsprechende Stromabrechnung vom November zeigt einen deutlichen Anstieg des Leistungspreises (siehe Tabelle 2). Es wird ein Zusammenhang zwischen den Nullwerten und den hohen Spitzenwerten vermutet, weil beide Fehlertypen in vorangegangenen Messungen in dieser Form nicht aufgetreten sind. Sollten sich in den Folgemonaten weiterhin Unregelmäßigkeiten zeigen, wird eine Überprüfung der Messeinrichtung dringend empfohlen.

Eine Möglichkeit kostspielige Lastspitzen zu reduzieren, wäre die Einführung eines Lastmanagements. Ein Managementsystem ermöglicht die Steuerung verschiedener Verbraucher und schafft so einen Ausgleich in Zeiten hoher Lasten. Beispielsweise könnten vormittags bei Beginn des Betriebes kurzzeitig die Kühleinrichtungen der Küche abgeschaltet werden, um so die Last zu reduzieren. Dies hat keine Beeinträchtigung der Kühlung zur Folge, da sich die niedrigen Temperaturen in Kühlräumen über einen längeren Zeitraum halten [Kamper2010].

Im Fall der Fachklinik sind in den Lastprofilen kaum extreme Leistungsspitzen zu erkennen, was eine Reduktion und Lastverschiebung vereinfachen sollte, da keine großen Lasten verschoben werden müssten. Es sollte geprüft werden, welche Verbraucher geeignet sind, sich an einem Managementsystem zu beteiligen.

6.4 Erste Einschätzung: Einsparpotenziale anhand der Energieverbräuche

Die vorangegangenen Kapitel 6.2 (Wärmeversorgung) und 6.3 (Stromversorgung) erläutern die Energieversorgung der Fachklinik mit den dazugehörigen Rahmenbedingungen wie die Preisgestaltung. Die Auswertung der Verbrauchsdaten ermöglicht bereits eine erste Einschätzung, bei welchen Gebäuden ein genauerer Blick auf Gebäudehülle und Anlagentechnik sinnvoll sein wird. Bei der getrennten Betrachtung der Medien Strom und Wärme kann der prozentuale Anteil am Gesamtverbrauch ohne die Kenntnis der Größe der Gebäude eine gewisse Unsicherheit mit sich bringen. Um die Verhältnisse von Strom

und Wärme innerhalb der einzelnen Gebäude darzustellen, wurde ein Flussdiagramm erstellt, welches den prozentualen Anteil an der Wärme- und Stromversorgung zusammen darstellt (vgl. Abbildung 24). Durch diese Form der Darstellung ist es möglich, große Verbraucher zu erkennen und gleichzeitig die Verhältnisse Strom und Wärme unabhängig von der Größe des Gebäudes an der Färbung der einzelnen Flüsse abzulesen.

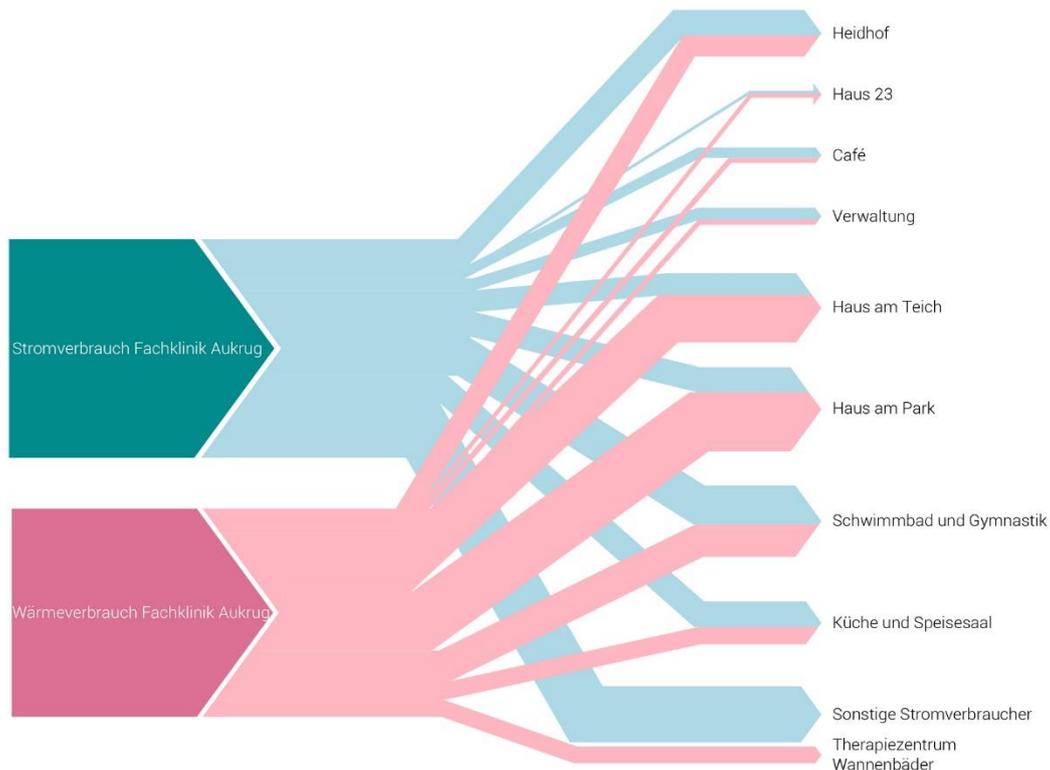


Abbildung 24: Sankey Diagramm mit gemeinsamer Darstellung der prozentualen Verbräuche Wärme und Strom der Fachklinik Aukrug (eigene Abbildung)

Es lässt sich erkennen, dass in den beiden großen Patientenunterkünften (Haus am Park und Haus am Teich) ein Verhältnis von einem Drittel Strom und zwei Drittel Wärme beim Energieverbrauch besteht. Dagegen ist der Anteil am Stromverbrauch bei „Schwimmbad und Gymnastik“, „Küche und Speisesaal“ und der „Verwaltung“ bei mehr als 50 %. Daher sollte beispielsweise in den Patientenunterkünften der Fokus auf der thermischen Hülle der Gebäude liegen, während bei der Küche die Stromverbraucher interessanter sein könnten.

7 Energetische Berechnungen am Beispiel des Gebäudes Haus am Teich

Zur energetischen Bewertung von Nichtwohngebäuden wird seit der Einführung der Energieeinsparverordnung 2007 ein ausführliches Verfahren gemäß DIN-Norm V 18599 vorgeschrieben [Dena2007, S. 7]. Die Darstellung der Errechnung des Energiebedarfs jedes einzelnen Gebäudes anhand bekannter Größen und Nutzungsrandbedingungen für Nichtwohngebäude nach DIN V 1855 soll am Beispiel eines ausgewählten Gebäudes erfolgen. Das Haus am Teich ist mit seiner gemischten Nutzung ein für dieses Vorhaben geeignetes Objekt, da DIN V 18599 Vorgaben für die Klassifizierung von Nutzungszonen macht. Diese Zonierung dient dazu, Berechnungsgrundlagen anhand verschiedener Nutzungen zuzuweisen. Das Haus am Teich ist mit seiner gemischten Nutzung daher ein geeignetes Objekt, um im Folgenden die Vorgehensweise für die Datenaufnahme und die Berechnungen des Energiebedarfs aufzuzeigen.

7.1 Flächenberechnung und Zonierung

7.1.1 Datenerfassung

An erster Stelle einer Datenaufnahme steht die Sichtung der Planunterlagen, etwa von Grundrissen, Schnitten und Ansichten. Ebenfalls sollte ein Abgleich der Pläne mit dem aktuellen Stand vor Ort erfolgen, da es möglich ist, dass z.B. Umbauten oder Sanierungsmaßnahmen vorgenommen worden sind, die nicht aus den Zeichnungen hervorgehen. Bei einer Begehung am 25. September 2014 konnte das Gebäude in Bezug auf die Bauteile, Nutzung der Räume, Anlagentechnik und Beleuchtung aufgenommen werden. Im Rahmen der Planung für Umbauten im Jahre 2010 wurden durch ein Architekturbüro neue Pläne für das Haus am Teich erstellt, auf Grundlage derer die Flächenerfassung und Zuordnung der Nutzungszonen erfolgt. Tabelle 5 der DIN V 18599 listet eine Reihe von Nutzungsrandbedingungen auf. In Anhang A werden diese Nutzungsprofile ausführlich dargestellt. Es können Kenngrößen wie Nutzungszeiten, Raumkonditionen, Mindestaußenluftvolumenstrom, Beleuchtung, Personenbelegung, interne Wärmequellen und Automationsgrad entnommen werden. [DINV185992011, S.18-75] All diese Kenngrößen gehen in die Berechnungen ein und ermöglichen somit den Vergleich von Nichtwohngebäuden.

7.1.2 Zonierung

Das Haus am Teich wird geschossweise in insgesamt elf unterschiedliche Zonen unterteilt. Jedem Raum wird bei der Zonierung eine Nutzung zugeordnet. Eine Übersicht der

zugeordneten Zonen ist in Tabelle 4 abzulesen. Die Zone 16 WC und Sanitärräume wurde aufgrund unterschiedlicher anlagentechnischer Zuordnung in zwei Zonen unterteilt, die auf der einen Seite die zu den Patientenzimmern gehörigen Bäder abbilden, auf der anderen Seite die Sanitärräume, die sich öffentlich zugänglich auf den Fluren befinden.

Tabelle 4: Angewandte Nutzungszonen im Haus am Teich aus der DIN V 18599

Nr.	Nutzungen	Beschreibung/Zuordnung
2	Gruppenbüro	zwei bis sechs Arbeitsplätze
4	Besprechung, Sitzung, Seminar	
6	Einzelhandel/Kaufhaus	
11	Hotelzimmer	
14	Küche in Nichtwohngebäuden	
16	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden	
16	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden	Hotelzimmer
17	Sonstige Aufenthaltsräume	Sammelzone z.B. für: Pausenraum, Wartezimmer
19	Verkehrsfläche	Flur
20	Lager, Technik, Archiv	
37*/39**	Untersuchungs- und Behandlungsräume	

* Nummer der entsprechenden Zone in Tabelle 5, DIN V 18599 S. 27

** Nummer der entsprechenden Zone in Tabelle A.39, DIN V 18599 S. 71

Farblich markiert werden die den Räumen zugeordneten Nutzungszonen in die Grundrisse eingetragen. Für die Nummerierung der Räume wurden die Bezeichnungen aus den Plänen übernommen und in die Flächenberechnung entsprechend übertragen. Die folgenden Abbildungen (Abbildung 25 bis Abbildung 30) zeigen die Grundrisse der sechs Stockwerke des Haus am Teich mit eingezeichneten Nutzungszonen.



Abbildung 25: Auszug Grundriss Untergeschoss des Haus am Teich [Mumm2014] mit eingezeichneter Zonierung (eigene Abbildung)



Abbildung 27: Auszug Grundriss erstes Obergeschoss des Haus am Teich [Mumm2014] mit eingezeichneter Zonierung (eigene Abbildung)



Abbildung 28: Auszug Grundriss zweites Obergeschoss des Haus am Teich [Mumm2014] mit eingezeichneter Zonierung (eigene Abbildung)

Die Auswahl der Zonen für das Haus am Teich erfolgt entweder direkt anhand der Nutzung oder, sofern keine passende Zone vorhanden ist, entsprechend der Nutzungszeiten und Raumkonditionen. Es ist beispielsweise eindeutig, welche Nutzung in Büros oder Besprechungsräumen vorliegt, dementsprechend erfolgt die Zuordnung in „Gruppenbüro“ und „Besprechung, Sitzung, Seminar“. Gleichzeitig gibt es keine Zone, die den Friseur direkt abbildet, die Nutzungszeiten und Raumkonditionen passen aber zu der Zone „Einzelhandel“. Die Zonen 2,4,14,16 und 37 sind eindeutig durch die Nutzung zuzuordnen. Im Erdgeschoss und im ersten Obergeschoss gibt es einen Friseur, Fußpflege und Kosmetikanwendungen sowie eine Apotheke für die Patienten. Zugeordnet sind diese Bereiche der Nutzung „Einzelhandel“.

Die Eingruppierung der Patientenzimmer in eine Zone nach DIN V 18599 ist nicht ganz trivial. Zunächst wurde geprüft, ob diese Zimmer als sog. „Bettenzimmer“ eingeordnet werden können. Das Nutzungsprofil zehn, das Bettenzimmer, bildet das Patientenzimmer in einem klassischen Krankenhaus ab, in dem Patienten hauptsächlich Tag und Nacht versorgt werden und nur je nach Mobilität das Zimmer für Untersuchungen, Spaziergänge oder Besuch verlassen. Zwar ist die Fachklinik Aukrug eine medizinische Einrichtung, zur korrekten Zonierung kommt es aber im Kern auf die tatsächliche Nutzung an. Da die DIN V 18599 keine vergleichbare Nutzungszone für diese Art von Klinik vorsieht, wurde im Katalog vorhandener Nutzungszonen nach vergleichbaren Typen gesucht. Alle Mahlzeiten werden im außerhalb der Zimmer im Speisesaal eingenommen und die meiste Zeit des Tages sind die Patienten im Hauptgebäude bei Therapien oder nutzen die Aufenthaltsräume. D.h. die Patienten der Fachklinik verbringen die meiste Zeit außerhalb der Zimmer und halten sich in der Regel nur am Abend und in der Nacht dort auf. Für die Patientenzimmer wird die Nutzungszone „Hotelzimmer“ anhand der Nutzungszeiten gewählt, da der Aufenthalt in der Fachklinik Aukrug mit einem Hotelaufenthalt vergleichbar ist. Auch in Hotels ist es üblich, dass Gäste sich regelmäßig nur zu Abend- und Nachtzeiten in ihren Zimmern aufhalten.

Als „sonstige Aufenthaltsräume“ gelten, wie im Nutzungsprofil schon näher definiert, Pausenräume, Wartebereiche, Umkleidekabinen und ähnliches. Die Flure sind „Verkehrsflächen“ und alle Räume, die für Technik, als Lager oder Archiv genutzt werden, sind der entsprechenden Zone zugeordnet.

Die Anwendung der Zonierung für Nichtwohngebäude anhand von Nutzungsrandbedingungen zeigt, dass es für einige Nichtwohngebäude bzw. Zonen in Nichtwohngebäuden

keine passenden definierten Nutzungen gemäß DIN V 18599 gibt und für jeden Bereich individuell entschieden oder recherchiert werden muss, welche die passende Nutzung im Sinne der Norm ist. Für das Gebäude Schwimmbad und Gymnastikhalle wurde beispielsweise eine Publikation des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) herangezogen, die eine Fortschreibung der Nutzungsrandbedingungen für die Bereiche Freizeit- und Sporteinrichtungen, Laboratorien, Krankenhäuser, Lager- und Montagehallen darstellt [BMVBS2009, S. 4]. Das Schwimmbad konnte so anhand der dort erarbeiteten Nutzungsrandbedingungen inklusive der Umkleidekabinen und Duschen abgebildet werden. Eine passende Nutzung innerhalb der bestehenden Vorgaben zu finden, ist nicht möglich, da insbesondere Schwimmbäder oder Fitnessbereiche besondere Fälle darstellen.

7.1.3 Flächenermittlung

Basierend auf der Zonierung des Gebäudes wird eine Flächenberechnung angefertigt, die mit Hilfe von Pivot-Tabellen eine detaillierte Erfassung zulässt und gleichzeitig für die Übertragung in das Berechnungsprogramm sinnvolle Zusammenfassungen von Flächen ermöglicht. Die Berechnung dient der Ermittlung der einzelnen Bauteilflächen des Gebäudes. Im Speziellen bei der Berechnung eines Gebäudes nach DIN V 18599 ist diese Flächenberechnung ebenso an die Zonierung des Gebäudes geknüpft. Während der Flächenermittlung kommen diverse Bauteile zusammen, die zu unterschiedlichen Zonen gehören. Beispielsweise kann eine Außenwand mit Nordausrichtung in sieben Teilflächen unterteilt sein, da die angrenzenden Räume entsprechend unterschiedliche Nutzungen aufweisen. Wird dies für ein sechsstöckiges Gebäude so fortgesetzt, erhält man eine lange Liste kleinerer Flächenabschnitte. Würde man dies in der Form in die Software übertragen wollen, so hätte man einen enormen Aufwand und am Ende fehlte es an Übersichtlichkeit. Daher ist die Nutzung von Pivot Tabellen sinnvoll, die Zusammenhänge übersichtlich darstellen. So wird es möglich, die eben im Beispiel genannte Außenwand als Ganzes in das Programm zu übertragen und sie später anteilig den verschiedenen Zonen zuzuordnen. Es werden also die Bauteile des Gebäudes entsprechend der Zonen flächenmäßig ermittelt, um eine Übertragung in die Berechnungssoftware durchzuführen.

7.2 Berechnungen im Energieberater

7.2.1 Einführung

Die Software „Energieberater 18599“ des Herstellers Hottgenroth lässt eine sehr detaillierte Gebäudeerfassung mit diversen Parametereinstellungen zu. Im Folgenden sollen die

für die Berechnungen von Nichtwohngebäuden nach DIN V 18599 wesentlichen Schritte und Eingaben beschrieben werden, um die Vorgehensweise und die Berechnungsergebnisse einordnen zu können. Auf einige Einzelwerte und Parameter, die teilweise aus entsprechenden DIN-Normen stammen, wird nicht weiter eingegangen. Vieles lässt sich aus den ausführlichen Berechnungsunterlagen ablesen, die im Anhang zu finden sind.

7.2.2 Anlegen einer Raumliste, der Nutzungszonen und Bauteile

Die Übertragung in die Software der Gebäudedaten erfolgt Schritt für Schritt, indem zunächst eine Raumliste erstellt wird. In der Raumliste werden den Räumen die Grundfläche und lichte Höhe eingepflegt, woraus sich das Volumen der Räume errechnet. Ein Auszug aus der Software mit der Eingabemaske für die Räume ist in Abbildung 31 zu sehen.

Kürzel / Name	Bezeichnung / Beschreibung	Fläche ANGE [m²]	Höhe * [m]	Volumen* [m³]	Volumen [m³]	Zone Doppelklick zum Auswählen	Beleuchtungsbereich ** nur falls mehrere in der Zone
U02		16,63			45,73	Lager, Technik, Archiv	
U09		17,48			48,07	Lager, Technik, Archiv	
U12		10,93			30,06	Lager, Technik, Archiv	
U13		12,07			33,19	Lager, Technik, Archiv	
U14		9,35			25,71	Lager, Technik, Archiv	
U16		31,92			87,78	Lager, Technik, Archiv	
U17/18		88,63			243,73	Lager, Technik, Archiv	
U20		24,56			67,54	Lager, Technik, Archiv	
U21		17,89			49,20	Lager, Technik, Archiv	
U15		58,18			160,00	Lager, Technik, Archiv	
1.34	EG	11,90			32,73	Gruppenbüro	
1.22		20,40			56,10	Gruppenbüro	
2.017-2.018		88,00			242,00	Besprechung, Sitzung, Se	
1.26		11,37			31,27	WC, Sanitärraum	
1.28		7,00			19,25	WC, Sanitärraum	
1.27		8,41			23,13	WC, Sanitärraum	
1.36		4,89			13,45	WC, Sanitärraum	
1.35		4,34			11,93	WC, Sanitärraum	
1.37		2,19			6,02	WC, Sanitärraum	
1.33		10,99			30,22	Sonstige Aufenthaltsraum	

mittlere lichte Raumhöhe im Gebäude: * 2,75 m

*) Das Luftvolumen kann direkt eingegeben werden (hat Vorrang) oder es wird aus der Fläche x mittlerer lichter Raumhöhe automatisch bestimmt (Höhe leer -> dann mit dem Gebäudewert).

**) Beleuchtungsbereiche müssen nur zugeordnet werden, falls es davon mehrere in einer Zone gibt.

Abbildung 31: Erfassung der Räume oder Teilbereiche im Energieberater 18599 (Screenshot, 04.05.2015)

Anschließend werden die ermittelten Zonen angelegt und daraufhin die Flächen der Bauteile eingepflegt. Die Verknüpfung der Zonen mit Bauteilen und Volumina spielt für die Berechnung eine wichtige Rolle, um die Eigenschaften der jeweiligen Zonen des Gebäudes abzubilden. Daher kommt es auf eine bedachte Zusammenstellung der Daten an. Ergeben sich nämlich später Änderungen in der Zonierung oder der Bauteilliste, so kann eine Anpassung des Datensatzes sehr aufwändig sein. In einem weiteren Schritt werden für jedes Bauteil die Zonenanteile prozentual oder als Fläche in der Software zugeordnet. Diesen Vorgang kann man in Abbildung 32 in einem Screenshot aus der Software erkennen.

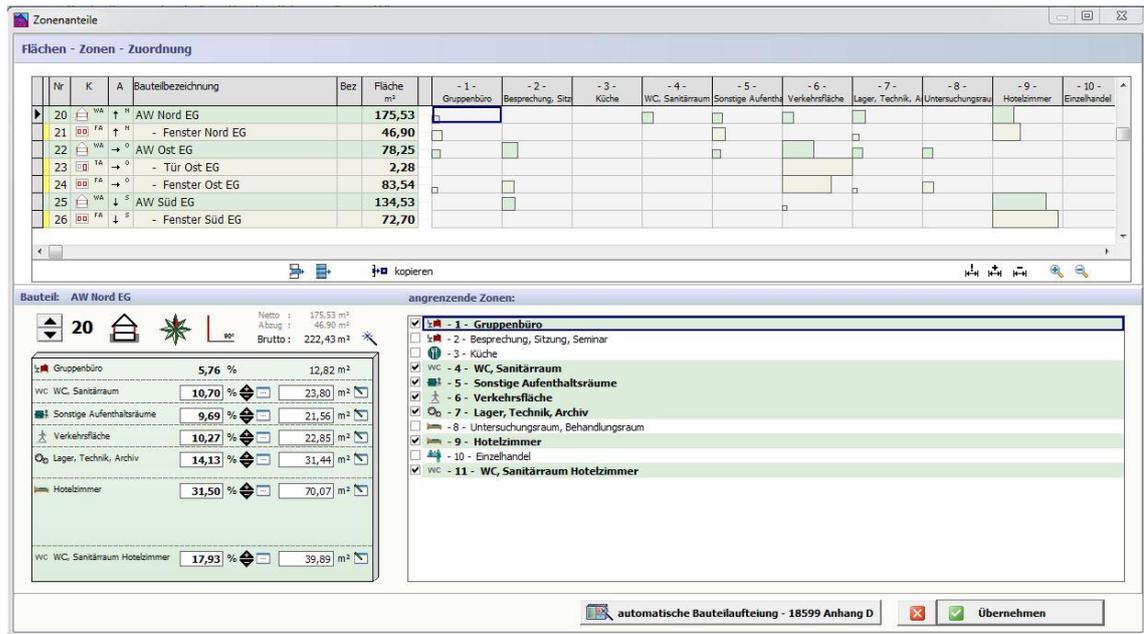


Abbildung 32: Zuordnung von Bauteilen und Zonen im Energieberater 18599 (Screenshot, 04.05.2015)

7.2.3 Zuordnung der Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile

Die Aufbauten der Bauteile und der daraus resultierenden Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) des Ist-Zustandes werden für gewöhnlich anhand der vorhandenen Planunterlagen, Vor-Ort-Besichtigungen oder baualterstypisch ermittelt. Im Falle der Fachklinik konnten jedoch keine aussagekräftigen Informationen zu Bauteilaufbauten abgelesen werden. Die Termine vor Ort lieferten Hinweise durch das äußere Erscheinungsbild, Wandstärken oder andere von außen sichtbare Details. Darüber hinaus konnte der technische Leiter weitere Informationen über die Gebäude beitragen. Da keine detaillierten Angaben zu Bauteilaufbauten und U-Werten der Fenster vorliegen, werden die Bauteile baualterstypische Werte als Grundlage für die Berechnung gewählt. Zusammen mit den gesammelten Informationen ergibt sich ein Gesamtbild des Gebäudes. Die Wärmedurchgangskoeffizienten wurden einer Veröffentlichung des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) entnommen, das sich speziell mit der Typologisierung beheizter Nichtwohngebäude beschäftigt. Es wurden typische Vertreter einzelner Gebäudearten identifiziert und deren charakteristische Merkmale beschrieben [BMVBS2011, S.5]. In Tabelle 5 sind die U-Werte der Bauteile von Nichtwohngebäuden nach Baualterklassen der Gebäude unterteilt aufgelistet.

Tabelle 5: Typologien Bauteile von Nichtwohngebäuden [BMVBS2011, S.34-35] (eigene Tabelle)

Baualtersklasse		Bauteil	U-Wert
			W/m ² K
Baualtersklasse 1	bis 1976	Außenwand	1,50
		Fenster	2,90
		oberer Abschluss	1,00
		unterer Abschluss	1,20
Baualtersklasse 2	von 1977 bis 1983	Außenwand	1,20
		Fenster	2,90
		oberer Abschluss	0,45
		unterer Abschluss	0,85
Baualtersklasse 3	von 1984 bis 1994	Außenwand	0,85
		Fenster	1,90
		oberer Abschluss	0,30
		unterer Abschluss	0,40
Baualtersklasse 4	ab 1995	Außenwand	0,35
		Fenster	1,30
		oberer Abschluss	0,30
		unterer Abschluss	0,40

Die Bauteilliste besteht also zunächst aus den reinen Flächen, die auf die einzelnen Zonen aufgeteilt werden, je nach Flächenanteil, der sich aus der Flächenermittlung ergibt. Anschließend wird jedem Bauteil ein Wärmedurchgangskoeffizient zugeordnet. Das Haus am Teich entspricht mit einem Baujahr von 1958 der Baualtersklasse 1. Somit werden die U-Werte entsprechend der Tabelle 5 in das Programm eingegeben.

Eine Übersicht der Bauteile mit zugehörigen Zonen und U-Werten ist in einem Auszug aus dem Energieberater in Abbildung 33 zu sehen. Ist die Gebäudehülle vollständig eingegeben, erfolgt die Eingabe der Anlagentechnik. Dazu gehören Heizung, Kühlung, Lüftung und die Warmwasserbereitung.

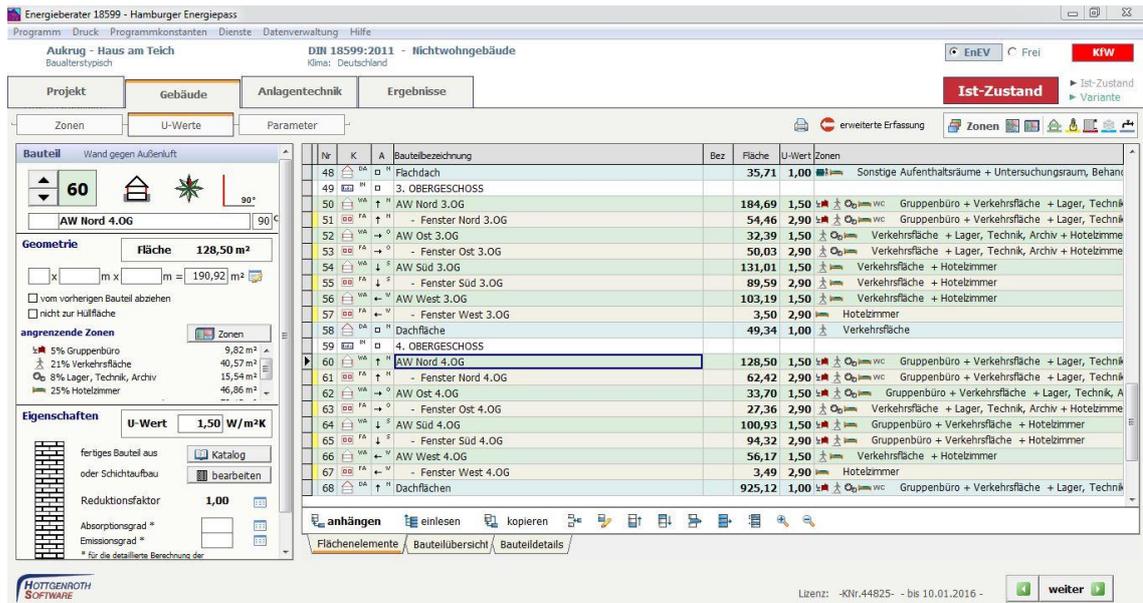


Abbildung 33: Bauteilübersicht im Energieberater 18599 (Screenshot, 04.05.2015)

7.2.4 Heizung und Warmwasserbereitung

Das Haus am Teich wird – wie alle anderen Gebäude – über Fernwärme versorgt. Über diese erfolgt auch die Warmwasserbereitstellung. Vorhanden ist zudem eine thermische Solaranlage auf dem Dach des Gebäudes, die die Warmwasserbereitung unterstützt. Diese Anlage kann nicht in der vorliegenden Version der Energieberater Software abgebildet werden. Zunächst wird zwar eine solche Option angeboten, dann wird jedoch auf externe Software verwiesen. Zumindest ein Eindruck des möglichen Ertrags der thermischen Solaranlage kann abgeschätzt werden. Für die thermische Bewertung des Gebäudes spielt die Solarthermie Anlage insofern eine Rolle, als dass ihr Mitwirken an der Warmwasserbereitung sich auf den Wärmebedarf aus der Fernwärmeversorgung auswirkt. Durch den Rückgriff auf diese alternative Wärmequelle wird der Bedarf der Zufuhr an Wärme aus konventionellen Quellen reduziert. Um eine Abschätzung zu treffen, wie viel Wärme die Solaranlage erzeugen kann, wird das Tool TSol Pro 5.5 der Valentin Software GmbH verwendet. Hier wird eine einfache Solaranlage mit Speicher und den 24 Flachkollektoren Logasol SKS 4.0 von Buderus mit den Klimadaten von Würzburg simuliert [RevisionHaT2009]. Die Informationen zur Größe und den Kollektoren stammen vom technischen Leiter und aus den Revisionsunterlagen. Die Berechnung ergibt eine Leistung von etwa 27.300 kWh/a, die äquivalent als Einsparung an Fernwärme für das Haus am Teich zu sehen ist. Die Simulation basiert auf dem Standort Würzburg und so ist für den realen Standort in Schleswig-Holstein ein etwas geringerer Ertrag anzunehmen, da die Globalstrahlung hier geringer ist (vgl. Abbildung 34). Für schlussendliche Ausbeute an Warmwasser aus einer Solarthermie Anlage spielen unterschiedliche Faktoren eine Rolle, die

hier nicht berücksichtigt werden können, etwa die Ausrichtung, Verschattung oder die Art des Speichers.

Eine Kontrolle, wie effektiv die Anlage arbeitet und wie viel Warmwasser eingespist und genutzt werden kann, ist über einen Zähler möglich. Aktuell wird dieser jedoch unregelmäßig abgelesen. Eine Empfehlung wäre daher, dass die Ableseung in Zukunft routiniert erfolgen sollte und vom technischen Personal analysiert wird, um den Gesamtnutzen der Anlage bewerten zu können. Da die solarthermische Anlage nicht der energetischen Berechnung im Energieberater 18599 berücksichtigt wird, wird in den Ergebnissen die benötigte Endenergie für die Warmwasserbereitung durch die Fernwärme gedeckt.

Warmwasserbedarfe gibt es in den Zonen „WC und Sanitärräume Hotel“ und „Küche in Nichtwohngebäuden“. In den übrigen Zonen befinden sich entweder keine Wasserentnahmestellen oder nur der Zugang zu kaltem Wasser. Für die Zone „WC und Sanitärräume Hotel“ wurde der Warmwasserbedarf mit 30 Liter pro Tag und Patient angesetzt. Dies entspricht etwa dem Warmwasserbedarf eines Hotels mit einfacher Ausstattung [BdE2004]. Der geschätzte Warmwasserbedarf der Küche liegt bei 0,4 kWh/d je Menü mit zehn Menüs pro Tag [Energieberater18599].

7.2.5 Lüftungsanlagen

Die raumlufttechnischen Anlagen im Haus am Teich wurden im Zuge der Sanierung 2010 erneuert. Aus den Revisionsunterlagen sind Informationen zu den einzelnen Anlagen ersichtlich. Es handelt sich dabei um eines der wenigen Gebäude, für die verlässliche Informationen zur Anlagentechnik vorliegen. Die Küche ist eine Lehrküche, in der Patienten gesundes Kochen lernen. Es handelt sich also nicht um eine klassische Küche für die Produktion von Speisen im Sinne eines Restaurants oder einer Kantine. Dementsprechend ist eine Abluftanlage im Datensatz hinterlegt, die nach Bedarf angeschaltet wird. Da keine

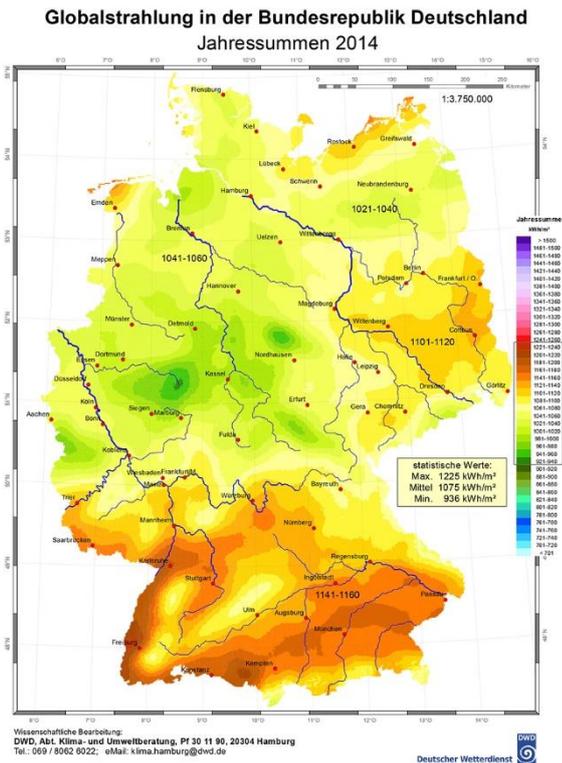


Abbildung 34: Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland - Jahressummen 2014 [DWD2015]

genauen Laufzeiten und Volumenströme bekannt sind, werden die voreingestellten Werte für die entsprechende Zone herangezogen, die sich aus der DIN V 18599 ableiten.

Mit Einzelraumlüftungsgeräten sind die WC und Sanitärräume der Hotelzimmer sowie die für Besucher zugänglichen Sanitärräume ausgestattet. Hierzu liegen detailliertere Informationen aus den Revisionsunterlagen vor. Es handelt sich um Lüftungsgeräte FoX Typ 6 der Ventilair Group GmbH. Diese Lüftungsgeräte mit integrierter Wärmerückgewinnung sind jeweils im Bereich über der abgehängten Decke im Sanitärbereich der Patientenzimmer und den öffentlichen WC-Räumen angebracht. Die Abluft wird in den WC-Räumen über ein Lüftungsventil in der Decke abgesaugt und über den Dachboden und durch eine Dachhaube nach außen geführt. Die Zuluft wird über einen Steigestrang und zentralen Außenluftkanal angesaugt, durch den Kreuzstrom-Wärmetauscher erwärmt und in die Patientenzimmer geleitet. Laut Datenblatt beträgt der Rückgewinnungsgrad des Kreuzstromwärmetauschers maximal 82 % [DatenblattFoX2012]. Die Steuerung der Lüftungsgeräte erfolgt über die Bedienung des Lichtschalters. Das Lüftungsgerät wird direkt bei Betätigung des Lichtschalters eingeschaltet und hat nach Ausschalten des Lichts eine Nachlaufzeit von fünf Minuten. Die Regelung ist zweistufig und wird über einen Kippschalter bedient. Die Lüftungsstufe 1 entspricht Volllast mit 100 m³/h, die Lüftungsstufe 2 Teillast mit 40 m³/h. Die Stufe 2 ist Standardeinstellung für die Lüftungsgeräte [Revision-HaT2009]. In der Berechnungssoftware ist für die betreffenden Zonen eine Lüftungsanlage zur vollständigen Belüftung angesetzt.

7.2.6 Beleuchtung

Jede Zone hat einen oder mehrere Beleuchtungsbereiche. Hier werden die Fensterfläche und der Bereich der Räume hinterlegt, der durch Tageslicht abgedeckt ist. Außerdem werden die installierte Beleuchtungsleistung sowie die Lampenart eingegeben, die bei den Vor-Ort-Terminen aufgenommen wurden. Die quadratmeterbezogene Beleuchtungsleistung ergibt sich aus Beleuchtungsleistungen einzelner Räume, die stellvertretend für das übrige Gebäude errechnet wurden. Hauptsächlich besteht die Beleuchtung der Patientenzimmer aus Energiesparlampen, die übrigen Bereiche werden mit Leuchtstofflampen versorgt. 2010 wurden im Zuge der Umbauten die Vorschaltgeräte durch elektronische Vorschaltgeräte ersetzt [Greve2015b]. Zum Teil werden mehrere Beleuchtungsbereiche für eine Zone angelegt, damit das Tageslicht entsprechend abgebildet werden kann. Diese Unterteilung wird für die Verkehrsflächen und die WC sowie Sanitärräume der Hotelzimmer vorgenommen, die teilweise innenliegend sind.

7.2.7 Ergebnisse Energiebedarfsberechnung

Anhand des vollständigen Datensatzes lassen sich nun unter anderem Primär- und Endenergiebedarf insgesamt sowie unterteilt in die Bereiche Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Warmwasser ablesen. Da keine Kühlung vorliegt, gibt es keinen Bedarf. Abbildung 35 zeigt die Ergebnisse der Bedarfsberechnung pro Jahr für das Haus am Teich gesamt und in die verschiedenen technischen Bereiche unterteilt für Nutzenergie, Endenergie und Primärenergie.

Energiebilanz: Gebäude

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	934479	837261	0	0	43294	53925
	172,03	154,13	0	0	7,97	9,93
Endenergie	1311091	1109950	0	69781	43294	88067
	241,36	204,33	0	12,85	7,97	16,21
Primärenergie	276744	4213	0	167473	103905	1153
	50,95	0,78	0	30,83	19,13	0,21

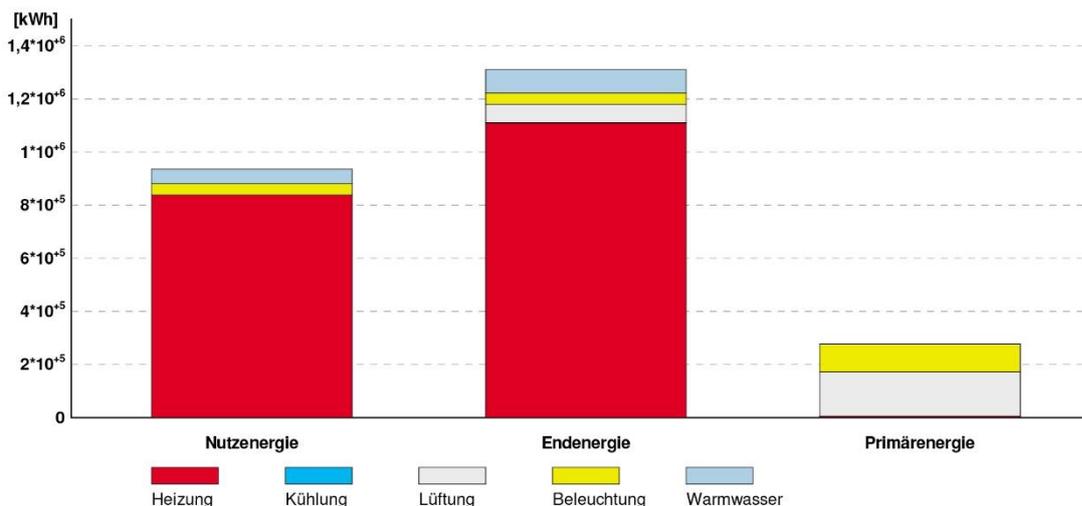


Abbildung 35: Ergebnisse Bedarfsberechnung Haus am Teich, Auszug aus Software Energieberater 18599 (04.05.2015)

Aus dem Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser zusammen ergibt sich ein Wert von 1.197.071 kWh/a. Vergleicht man diesen Wert mit dem witterungsbereinigten, normierten Durchschnittsverbrauch an Heizwärme der letzten vier Jahre von 888.970 kWh/a, ergibt sich eine Abweichung von etwa 26 %. Zwischen errechneten Bedarfswerten und gemessenen Verbräuchen liegt in der Regel eine Differenz in dieser Größenordnung vor [Oschatz2009].

Weiterhin ist zu beachten, dass seit 2012 das Verwaltungsgebäude über die Verteilung des Haus am Teich mit Wärme versorgt wird (siehe Kapitel 6.2). Zusammen betrachtet mit dem errechneten Bedarf für die Verwaltung ergibt sich eine Differenz von etwa 40 %.

Somit ist dieser Umstand für die weiteren Schritte und die Bewertung der Ergebnisse mit einzubeziehen. Die hinterlegten Werte zur Berechnung des Gebäudes nach DIN V 18599 entsprechen den Randbedingungen aus der Norm. Im folgenden Kapitel werden diese Rahmenbedingungen angepasst.

7.3 Anpassung der Bedarfsrechnung an den tatsächlichen Verbrauch

Ziel der Anpassung der Parameter ist eine möglichst gute Annäherung an die tatsächlichen Verbrauchswerte, um belastbare Ergebnisse zu erhalten. Eine eins zu eins Deckung des errechneten Bedarfs und des tatsächlichen Verbrauchs ist in der Regel schwer zu erreichen. Dies ist vermutlich auf den starken Einfluss Berechnungsparameter der DIN V 18599 zurückzuführen, die der Vergleichbarkeit der analysierten Gebäude dienen sollen. Daher können sie zum Teil deutlich von den tatsächlichen Umständen des Gebäudes und der Nutzung abweichen.

Das Beiblatt 1 der DIN V 18599 beinhaltet ein Verfahren, das dem Anwender ermöglicht, einen Abgleich zwischen Bedarfs- und Verbrauchsdaten durchzuführen oder bei fehlenden oder unzureichenden Verbrauchsdaten eine realistische Energiebilanz zu erreichen [DIN V 18599 BBI 1, S. 5-6]. In Kapitel 2.1 des Beiblatts 1 der Norm wird das schrittweise Vorgehen eines Abgleichs dargestellt und deutlich gemacht, dass die Parameter unterschiedliche Bilanzinflüsse von sehr gering bis sehr hoch besitzen. Die Schritte eins bis vier, Erhebung der Verbrauchsdaten, Korrektur der Verbrauchswerte, Erstellung einer ersten Bedarfsbilanz nach DIN V 18599 und Überprüfung der Zonierung und geometrischen Daten, sind bereits ausgeführt und in den Kapiteln 7.1.2 und 7.1.3 beschrieben. Abschnitte fünf bis acht werden in diesem Kapitel durchgeführt und behandelt. Im Wesentlichen handelt es sich um eine sukzessive Anpassung der Parameter und eine gleichzeitige Kontrolle bzw. ein Vergleich der Bedarfs- und der korrigierten Verbrauchswerte. Zunächst wird abgesteckt, welche Parameter verändert und welche sinnvollerweise nicht angetastet werden. Für das Haus am Teich kann festgehalten werden, dass aufgrund der baualterstypischen Annahmen für die Gebäudehülle und fehlender Informationen zum Stromverbrauch der Lüftungsanlagen, diese Bereiche nicht verändert werden sollten. Den Nutzungszeiten und den Raumtemperaturwerten wird im Beiblatt ein sehr hoher Einfluss auf die Bilanz zugesprochen. Diese Werte wurden mit den abgefragten Nutzungszeiten abgeglichen [Solleske2015]. Tendenziell sind die Durchschnittstemperaturen und Nutzungszeiten der Fachklink geringer als bei den Standardwerten gemäß DIN V 18599 vorgesehen.

Um die Berechnung an den tatsächlichen Verbrauch anzupassen werden daher die Nutzungszeiten und die Raumtemperaturwerte für alle Gebäude reduziert, insoweit es aus

den Abgaben der Nutzungszeiten und aus den Eindrücken vor Ort hervor geht. Die Betriebsdauer der Lüftungsanlagen wird auf die Nutzungsstunden heruntergesetzt, ebenso wie die tägliche Dauer des Heizbetriebs. All diese Parameter haben einen hohen Bilanz einfluss. Außerdem wurde beim Haus am Teich die Wärmerückgewinnung der raumluft-technischen Anlagen im Datensatz vom Standardwert 60 % auf 70 % angehoben. Laut Datenblatt soll der Wärmerückgewinnungsgrad maximal 82 % betragen. Dieser Wert ist als theoretischer Wert unter optimalen Bedingungen zu sehen. Die angenommenen 70 % sind ein realistischer und gängiger Wert für moderne Lüftungsanlagen.

Nach Durchführung der Anpassungen innerhalb der Berechnungssoftware wird der neu berechnete Energiebedarf ausgegeben. Die Ergebnisse der Bedarfsberechnung nach der Veränderung der Nutzungszeiten und Raumtemperaturen ist in Abbildung 36 dargestellt.

Energiebilanz: Gebäude

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	743840	652793	0	0	43162	47885
	136,93	120,17	0	0	7,95	8,82
Endenergie	950567	788373	0	38805	43162	80227
	174,99	145,13	0	7,14	7,95	14,77
Primärenergie	200804	3315	0	93132	103590	768
	36,97	0,61	0	17,14	19,07	0,14

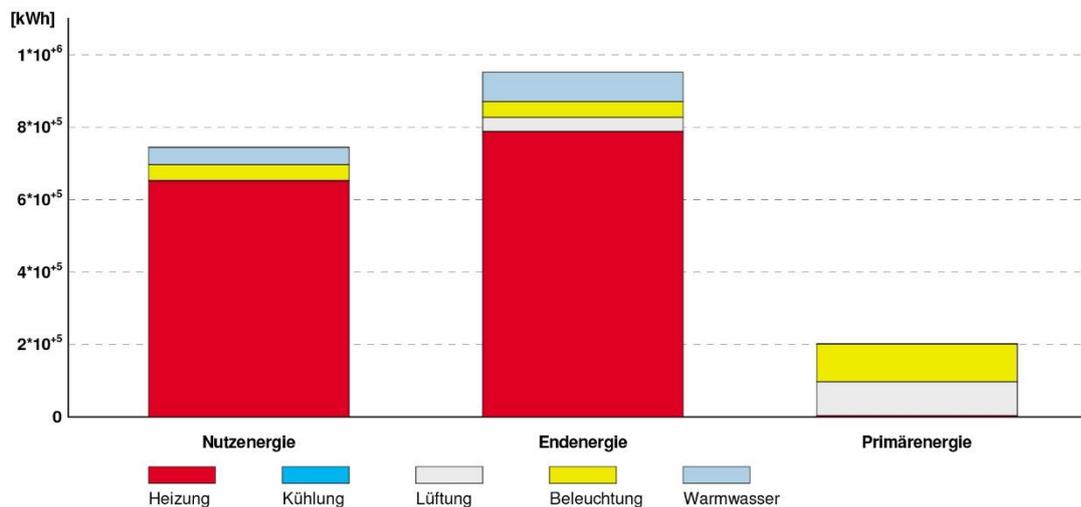


Abbildung 36: Ergebnisse Bedarfsberechnung nach dem Abgleich durch Parameteranpassung Haus am Teich, Auszug aus Software Energieberater 18599 (04.05.2015)

Die Summe der Bedarfe für Heizwärme und Warmwasser ist nun mit 868.600 kWh/a zu beziffern. Dies entspricht einer Abweichung vom witterungsbereinigten, normierten Durchschnittsverbrauch (888.970 kWh/a) von etwa 2,3 %. An dieser Stelle soll der Umstand wieder ins Gedächtnis gerufen werden, dass der Durchschnittsverbrauch neben

den Verbräuchen des Haus am Teich auch die Verbräuche der Verwaltung impliziert. Diese Verbräuche der Verwaltung können nicht genauer beziffert werden, was einen weiteren Unsicherheitsfaktor darstellt. Zieht man die abgeglichene Berechnung (Angepasste Nutzungszeiten und Raumtemperaturen) für die Verwaltung mit heran, kommt es zu einer Abweichung von etwa 22 % zwischen summierten Bedarfswerten und dem durchschnittlichen Verbrauch. Der Datensatz bildet den Ist-Zustand des Gebäudes ab, auf dessen Grundlage die Berechnungen zu den Sanierungsmaßnahmen erfolgen. Um einen Vergleich mit anderen Nichtwohngebäuden ähnlicher Nutzung herstellen zu können, wurde der Wärmebedarf in kWh/m² umgerechnet. Diese Werte konnten mit Vergleichswerten aus dem Tool zum Forschungsbericht der ages GmbH Studie (Verbrauchswerte 2005) verglichen werden. In der Regel lagen die errechneten Wärmebedarfe im Bereich des Mittels oder sogar darunter (vgl. Anhang Tabelle 1) [AGES2007].

Bei weiteren Berechnungen und der Einordnung der Ergebnisse muss bedacht werden, dass diese Abweichungen vorliegen, die sich auf tatsächliche sowie potenzielle Einsparungen auswirken.

7.4 Sanierungsmaßnahmen: Gebäudehülle

Im Zuge der Sanierungsarbeiten vor ein paar Jahren wurden keine Veränderungen an der thermischen Hülle des Gebäudes vorgenommen. Es besteht also ein Potenzial, mit Dämmmaßnahmen an den einzelnen Teilen der Gebäudehülle Heizwärme und somit Kosten einzusparen. Um einen Richtwert zu bestimmen, welcher Wärmedurchgangskoeffizient erreicht werden soll, wurde die aktuelle Energieeinsparverordnung herangezogen. Die Anlage 3 der EnEV 2014 beinhaltet Anforderungen bei Änderungen von Außenbauteilen und gibt somit einen entsprechenden einzuhaltenden U-Wert vor, den das Bauteil nach Abschluss der Sanierungsarbeiten erreichen muss. Es ist zu beachten, dass die Dämmstärken, die zur Einhaltung der Vorgabewerte aus der Anlage 3 vorgegeben sind, nicht zwingend dem wirtschaftlichen Optimum entsprechen. Es kann z.B. eine kürzere Amortisationsdauer ergeben, wenn die Dämmstärke für die Außenwände höher gewählt wird, obwohl die Investitionskosten zunächst höher sind. Wenige Zentimeter mehr Dämmung aufzubringen kostet oft im Vergleich nur wenige Euro mehr pro Quadratmeter, da die Kosten für Arbeitszeit, Gerüstaufstellung und weitere Grundkosten gleich bleiben oder sich geringfügig ändern. In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Sanierungsmaßnahmen für die Gebäudehülle vorgestellt. Jede Maßnahme wird zunächst einzeln betrachtet und anschließend zu Maßnahmenpaketen zusammengefasst. Durch einfache Addition der Einsparungen einzelner Maßnahmen kann man nicht eine Kombination mehrerer

Maßnahmen abbilden. Als Grund hierfür kann beispielsweise ebenfalls das Baugerüst aufgeführt werden, dessen Kosten nur einmal in die Berechnung eines Maßnahmenpakets eingehen.

7.4.1 Fenstertausch

Die Holzfenster werden gegen neue wärmeschutzverglaste Kunststofffenster mit einem U_w -Wert von $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ersetzt. Dieser U_w -Wert entspricht den Anforderungen der EnEV (vgl. EnEV 2014, Anlage 3, Tabelle 1). Ein Einbau von Holzfenstern wäre aufgrund der höheren Anschaffungskosten als teurer einzuschätzen bei gleicher Energieeinsparung. Es ist zu beachten, dass die Erneuerung der Fenster ohne gleichzeitige Außenwanddämmung aufgrund bauphysikalischer Zusammenhänge nicht sinnvoll ist. Ist der U_w -Wert der Fenster niedriger als der U_w -Wert der Außenwände, so fällt das Tauwasser, nicht wie normalerweise an Fenstern, sondern an den Wänden aus und kann zu Feuchteproblemen führen.

7.4.2 Dämmung Außenwand

Die Außenwand wird mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) mit der Wärmeleitgruppe 035, das heißt einer Wärmeleitfähigkeit λ von $0,035 \text{ W/(mK)}$, einer Dicke von 12 cm gedämmt und mit einem Putz versehen. Die Wärmeleitung ist umso besser, je kleiner die Wärmeleitgruppe (WLG). Als Dämmmaterial wird Mineralwolle (MiWo) gewählt. Das mineralische Material ist beständig gegen Schimmel und Fäulnis. Außerdem hat es eine hohe Hitzebeständigkeit, was dem Brandschutz des Gebäudes dient [Isover2014].

Es ist zu beachten, dass sich durch das Aufbringen von Putz das Erscheinungsbild des Gebäudes deutlich verändern würde. Um das Erscheinungsbild eines Sichtmauerwerks wieder herzustellen, gibt es die Möglichkeit, mit Klinkerriemchen zu arbeiten. Die dünnen Ziegelscheiben vermitteln den Eindruck eines massiven Mauerwerks und werden mit speziellen Klebstoffen auf die Wärmedämmung aufgebracht. Die Variante mit Klinkerriemchen hat höhere Investitionskosten als die Variante mit dem Putz bei gleicher Energieeinsparung. Durch die neuaufgebrachte Dämmung lässt sich ein U-Wert von $0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ erreichen. Dieser Wert entspricht der EnEV-Anforderung [EnEV2014, Anlage 3, Tabelle 1].

7.4.3 Dämmung Dach

Die massive obere Geschossdecke kann aufgrund der Lüftungstechnik, die im Dachraum verlegt ist, nicht vollständig gedämmt werden. Daher wird das Dach des Gebäudes und eines Zwischengangs, der zum Haus am Teich gezählt wird, mit 16 cm MiWo 035 zwischen den Sparren gedämmt. Außerdem gibt es noch zwei Bereiche mit einem Flachdach,

die mit 14 cm Polystyrol 035 gedämmt und abgedichtet werden. Es wird jeweils ein U-Wert von $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ erreicht. Dieser liegt unterhalb der Anforderung der EnEV 2014 mit $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ [EnEV2014, Anlage 3, Tabelle 1].

7.5 Sanierungsmaßnahmen: Anlagentechnik und Beleuchtung

7.5.1 Hydraulischer Abgleich

Der hydraulische Abgleich beschreibt ein Verfahren, mit dem innerhalb einer Heizungsanlage jeder Heizkörper oder Heizkreis einer Flächenheizung (bei einer festgelegten Vorlauftemperatur der Heizungsanlage) genau mit dem Volumenstrom versorgt wird, der für die Beheizung des Raumes bei gegebener Außentemperatur benötigt wird. Auf diese Weise werden sowohl Energie als auch Geld gespart. Voraussetzungen sind voreinstellbare Thermostatventile und eventuell Strangdifferenzdruckregler.

Der hydraulische Abgleich ist Bestandteil vieler nationaler und europäischer Normen. Unter anderem verlangt auch die EnEV den hydraulischen Abgleich bei Neubauten und Modernisierungen (Anlage 1 bzw. 2, EnEV 2014). Außerdem ist er Voraussetzung für viele Fördermittel. Beispielsweise ist der hydraulische Abgleich für KfW-Effizienzhäuser oder bei Dämmmaßnahmen bei Gebäuden erforderlich mit einem Bauantrag nach dem 31.10.1977 oder wenn mehr als 50 % der wärmeübertragenden Umfassungsfläche verbessert werden [KfW2014, S. 33].

Unabhängig von der Beantragung solcher Fördermittel gelten die Förderstufen der KfW als anerkannte Standards, die basierend auf der EnEV die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes bewerten.

Bei Maßnahmen an der Gebäudehülle, die zu Energieeinsparungen führen, ist die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs des Heizungssystems eine sinnvolle Maßnahme. Die Anlagentechnik sollte an den verringerten Wärmebedarf angepasst werden. Durch den optimierten Betrieb werden weitere Energieeinsparungen (z.B. durch geringere Betriebstemperaturen) erreicht. Im Fall des Haus am Teich ist ein solcher hydraulischer Abgleich im Zuge der Sanierungsmaßnahmen im Jahr 2010 erfolgt und wird daher nicht erneut als mögliche Einzelmaßnahme aufgeführt. Diese Maßnahme wird lediglich in Kombination mit einer Verbesserung der Gebäudehülle erwogen. Da bereits der Ist-Zustand ein hydraulisch abgeglichenes Heizungssystem enthält, ist es nicht möglich, in der Software weitere Verbesserungen zu simulieren. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Komplettsanierung des Haus am Teich beinhaltet Kosten für einen hydraulischen Abgleich, da eine gewisse Summe für die Anpassung der Anlagentechnik eingeplant werden sollte.

7.5.2 Raumluftechnische Anlagen

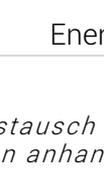
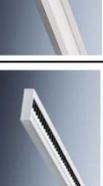
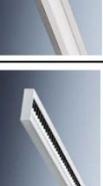
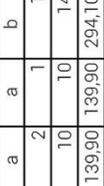
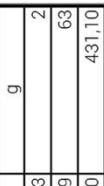
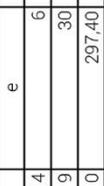
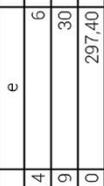
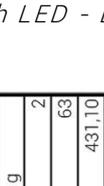
Die Lüftungsanlagen des Haus am Teich sind erst vier Jahre alt, da sie im Zuge der Sanierungsmaßnahmen eingebaut worden sind. Es werden keine Sanierungsmaßnahmen für das Haus am Teich in diesem Bereich angesetzt.

7.5.3 Beleuchtung

LEDs (light-emitting diodes) gelten als Beleuchtung der Zukunft. Sie sind energiesparend und haben neben einer langen Lebensdauer auch eine hohe Lichtqualität [Licht2014, S.10]. Entgegen der Vorurteile aus der Anfangszeit der LED ist das Licht nicht ausschließlich „kalt“, sondern in unterschiedlichen Farbtemperaturen erhältlich, also von ≥ 2.700 (warmweiß) bis 6.500 Kelvin (kaltweiß) [Licht2010, S. 56]. Es gibt individuelle Lösungen für verschiedene Anwendungsbereiche. Häufig werden LEDs im Gesundheitsbereich eingesetzt, da sie mit ihrem sehr guten Farbwiedergabewert und minimaler Wärmeentwicklung zum Beispiel in Untersuchungsräumen für optimale Lichtbedingungen sorgen [Licht2012, S. 28].

Die Beleuchtung im Haus am Teich setzt sich vor allem aus Leuchten mit Energiesparlampen und Leuchtstoffröhren mit elektronischen Vorschaltgeräten zusammen. Für einige Beispielmräume, deren Beleuchtung bei Begehungen aufgenommen worden sind, wurden Austauschleuchten mit LEDs des Herstellers Trilux ermittelt. Ein Mitarbeiter von Trilux war bei der Produktauswahl behilflich und machte Angaben zu Kosten der Leuchten und Installation. Es wurden außerdem die Datenblätter der Leuchten zur Verfügung gestellt. Für die Leuchten fallen keine weiteren Verluste an, da es sich bei den Werten zur Leistungsaufnahme aus den Datenblättern um die Leistung inklusive Treiber handelt. Als Treiber werden die elektronischen Betriebsgeräte der LED Leuchten bezeichnet [Trilux2015a]. Mit Hilfe dieser Daten werden die Leistung in W/m^2 und die Investitionskosten in $\text{€}/\text{m}^2$ errechnet. Bei den verwendeten Kosten handelt es sich um Bruttokosten. So lassen sich für Beleuchtungsbereiche und für das gesamte Gebäude der Verbrauch und das Einsparpotenzial ermitteln. Die Aufstellung der Räume mit ihrer Beleuchtung ist in Tabelle 6 dokumentiert.

Tabelle 6: Austausch der aktuellen Beleuchtung durch LED - Berechnungsgrundlagen und Annahmen anhand von Beispierräumen

Zone	Hotelzimmer				Verkehrsfläche				Büro						
	Haus am Teich		Haus am Park		Haus am Teich		Haus am Park		Haus am Teich		Haus am Park		Haus am Teich		
Gebäude	EG		1.OG		EG		UG		UG		UG		UG		
Beispielraum	1.04		1.20		1.29		U18		U44		U33		U35		
Fläche m²	18,5		26		144		144		155		17,6		35		
Beschreibung	Einzelzimmer	Bad	Einzelzimmer	Bad	Flur		Flur		Flur		Büro		Büro		
Beispielbild															
	Anzahl Leuchten	1	1	3	2	1	2	19	19	12	7	6	8	8	2
Anzahl Lampen	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	1	1	2	
Leistung W	18	11	11	18	11	11	8	21	18	18	18	18	18	49	
Gesamt W	18	11	33	36	11	22	152	399	432	252	324	144	144	196	
Leistung W/m²	3,35		2,65		3,83		3,00		1,63		7,35		8,18		5,60
Beispielbild															
	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940
Bezeichnung	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940
	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940	TOC 6374940
Informationen und Bild															
Anzahl	2	1	1	2	1	1	20	9	12	14	6	3	3	2	2
Leistung W	10	10	14	10	10	14	185,10	9	33	9	30	39	39	63	63
Preis €	139,90	139,90	294,10	139,90	139,90	294,10	185,10	185,10	317,10	185,10	297,40	373,40	373,40	431,10	431,10
Installation €	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70
Gesamt €	351,20	175,60	329,80	351,20	175,60	329,80	4416,00	3091,20	4233,60	3091,20	1998,60	1227,30	1227,30	933,60	933,60
Leistung W/m²	2,38		1,69		1,25		2,75		0,81		4,09		6,65		3,60
Invest €/m²	46,30		32,95		30,67		29,40		19,94		45,42		69,73		26,67

Quelle Produktinformationen und Produktbilder jeweils [TriluxProdukte2015a...f]

Die Beispielräume dienen als Vorgabe für andere Räume der entsprechenden Zone, um Annahmen für die mögliche Beleuchtung bei einem Austausch zu treffen. Nicht für alle Zonen wurde ein Beispielraum erfasst. So werden die vorhandenen Ergebnisse entsprechend einer ähnlichen Zone gewählt. Auf die Zone Untersuchungs-/Behandlungsraum werden beispielsweise die Werte der Zone Büro angewendet, auf die Zone „Lager, Technik, Archiv“ die Werte der Verkehrsbereiche.

Es werden für das Haus am Teich die Varianten LED Beleuchtung im ganzen Gebäude und jeweils für die Zonen Verkehrsfläche und Büros ermittelt. Die Tabelle 7 zeigt die Leistung pro Quadratmeter, die in der Berechnung angesetzt wird für die einzelnen Zonen sowie die dazugehörigen Investitionskosten, die in der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt werden.

Tabelle 7: Angesetzte Leistungswerte für Beleuchtung pro Quadratmeter Nettogrundfläche und Investitionskostenberechnung für das Haus am Teich

Nutzungszonen	NGF m ²	Leistung W/m ²	Leistung W	Kosten €/m ²	Gesamt €
02 Gruppenbüro	309,03	3,60	1.112,51	26,67	8.241,83
04 Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar	124,57	3,60	448,45	26,67	3.322,28
06 Einzelhandel/Kaufhaus	85,85	4,09	351,13	45,42	3.899,31
11 Hotelzimmer	2.243,22	2,38	5.338,86	46,30	103.861,09
14 Küche in Nichtwohngebäuden	26,37	4,09	107,85	45,42	1.197,73
16 WC und Sanitärräume	65,89	2,38	156,82	46,30	3.050,71
17 Sonstige Aufenthaltsräume	150,75	2,38	358,79	46,30	6.979,73
19 Verkehrsfläche	1.929,50	2,75	5.306,13	29,40	56.727,30
(19 Verkehrsfläche)	1.929,50	1,25	2.411,88	30,67	59177,76)
20 Lager, Technik, Archiv	441,68	2,75	1.214,62	29,40	12.985,39
37 Untersuchungsraum, Behandlungsraum	17,89	2,38	42,58	46,30	828,31
Gesamtergebnis	7.324,25				201.093,66

Es gibt mehrere Berechnungsvarianten für die Umstellung der Beleuchtung im Haus am Teich, die in Tabelle 7 farbig markiert sind: die Umstellung der Beleuchtung auf LED nur der Büroflächen und Besprechungsräume (orange), nur der Verkehrsflächen (grün), eine andere LED-Beleuchtung für die Verkehrsflächen (blau) sowie für das gesamte Gebäude. Die grün markierte LED-Beleuchtung für die Verkehrsflächen entspricht der Alternative für das Untergeschoss des Haus am Teich (Tabelle 7), die blau markierte Alternative bildet die Variante für das Erdgeschoss mit den Spots ab. Beide Varianten sind als Beleuchtung für die Flure denkbar und an diesem Beispiel soll gezeigt werden, dass vor allem im Bereich der Beleuchtung die Wahl und die individuellen Anforderungen an die Beleuchtungsbereiche einen großen Einfluss auf Einsparpotenzial und Wirtschaftlichkeit haben. Der

umfassende Austausch für das gesamte Gebäude wird mit der blauen Möglichkeit für die Verkehrsflächen erstellt. Für die übrigen Gebäude wird zum einen ein Austausch der gesamten Beleuchtung abgebildet. Zum anderen wird ein Austausch der Beleuchtung in Bereichen mit hoher Laufzeit der Leuchten pro Tag betrachtet.

7.6 Sanierung: Maßnahmenpakete

Die im Folgenden behandelten Kombinationen von Maßnahmen, die bereits als Einzelmaßnahmen vorgestellt worden sind, sind eine Auswahl anhand derer gezeigt werden kann, welche Effekte auf Einsparungen und Wirtschaftlichkeit wirken. Es wären weitere Kombinationen denkbar, für die energetische und wirtschaftliche Berechnungen durchgeführt werden müssten.

7.6.1 Paket 1: Fenstertausch und Dämmung Außenwand

In dieser Variante werden die Außenwanddämmung mit 12 cm MiWo 035 und Putz wie in Kapitel 7.4.1 beschrieben und der Tausch der Fenster aus Kapitel 7.4.1 gemeinsam betrachtet. Eine Kombination der beiden Maßnahmen ist sinnvoll: Wie bereits erwähnt, kann es zu Problemen mit Tauwasserausfall kommen, sollte der Wärmedurchgangskoeffizient der Fenster niedriger sein als der der Außenwände.

7.6.2 Komplettsanierung

Eine Komplettsanierung Haus am Teich beinhaltet die Maßnahmen Fenstertausch, Außenwanddämmung mit WDVS und Putz, Dämmung des Dachs (beschrieben in den Kapiteln 7.4.1 bis 7.4.3) sowie den hydraulischen Abgleich (beschrieben in Kapitel 7.5.1).

7.7 Wirtschaftlichkeitsberechnungen

7.7.1 Berechnungsgrundlagen

Anhand der vorgesehenen Sanierungsmaßnahmen lässt sich mit Hilfe von Kostenschätzungen die Wirtschaftlichkeit einzelner Maßnahmen und Maßnahmenpakete errechnen. Die Software Energieberater 18599 stellt ein Berechnungstool zur Verfügung, das mit vorgegebenen Berechnungsparametern wie Teuerungsraten von Brennstoffen und Zinsvorgaben eine Amortisationszeit anhand der Brennstoffeinsparungen mit der Annuitätenmethode errechnet. Diese Form der Berechnungsmethoden ist eine anschauliche Möglichkeit, die Wirtschaftlichkeit von Investitionen zu beurteilen. Es werden die durchschnittlichen Jahreskosten ermittelt, d.h. der Gesamtbetrag aller laufenden Kosten und Investiti-

onskosten inklusive Zinsen (Kapitalwert) wird in gleich hohe Jahresraten unterteilt [Hessisches Umweltministerium 1999, S. 132]. Gleichermaßen werden auf der anderen Seite die durch die energetischen Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen eingesparten Kosten in Jahreswerte gesplittet. Beide Werte werden gegengerechnet. Eine Investition ist als positiv zu bewerten, wenn der für die Annuität ausgegebene Wert gleich oder größer null ist [Hutzschenreuter 2009, S. 134].

Die Nutzungsdauer liegt bei Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle bei 25 Jahren, für einen hydraulischen Abgleich werden ebenfalls 25 Jahre veranschlagt. [Energieberater 18599] Die Beleuchtung mit LED wird mit einer Nutzungsdauer von 20 Jahren angenommen.

In Tabelle 8 sind die angenommenen Berechnungsparameter für die Wirtschaftlichkeitsberechnung mit deren Herkunft aufgeführt.

Tabelle 8: Berechnungsparameter Wirtschaftlichkeitsberechnung und Datenquellen

Parameter	Wert	Quelle
Betrachtungszeitraum	25,0 Jahre	gängiger Betrachtungszeitraum für Maßnahmen Gebäudehülle und Anlagentechnik [IWU2006]
Kalkulationszinssatz	1,70%	Methodensammlung Wirtschaftlichkeitsberechnung der Deutschen Rentenversicherung [DRV2012] Verweis auf: vom Bundesministerium der Finanzen veröffentlichter Kalkulationszinssatz für alle Zahlungen: Personal- und Sachkosten für Kostenberechnungen/Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen (PKS), Bundesministerium der Finanzen Mai 2014 [BMF2014]
Investitionssteuersatz	0,00%	nicht berücksichtigt
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	1,30%	„Verbraucherpreisindex insgesamt“ durchschnittlich 2010-2014, Statistisches Bundesamt [DESTATIS2015]
Teuerungsrate Wartungskosten	1,20%	Verbraucherpreisindex "andere Waren und Dienstleistungen" durchschnittlich 2010-2014, Statistisches Bundesamt [DESTATIS2015]
Teuerungsrate für Brennstoff im Istzustand (Fernwärme)	3,20%	Teuerungsrate Fernwärme der letzten 10 Jahre gemittelt, AGFW Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. [AGFW2014]
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand (Fernwärme)	3,20%	Teuerungsrate Fernwärme der letzten 10 Jahre gemittelt, AGFW Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. [AGFW2014]
Teuerungsrate für Brennstoff im Istzustand (Strom)	7,20%	Strompreissteigerung 2010-2013 gemittelt, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Entwicklung von Energiepreisen und Preisindizes [BMWi2014]
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand (Strom)	7,20%	Strompreissteigerung 2010-2013 gemittelt, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Entwicklung von Energiepreisen und Preisindizes [BMWi2014]

7.7.2 Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle

Maßnahmen an der Gebäudehülle werden über den Preis pro Quadratmeter in das Programm eingepflegt. Die angewandten Werte für die Investitionskosten für Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle für alle Gebäude sind in Tabelle 9 aufgelistet. Diese Netto-Werte stammen aus Kostenkatalogen oder Angeboten für Bauvorhaben mit gleichen Maßnahmen und wurden in Bruttokosten umgerechnet [Krämer2015a].

Tabelle 9: Investitionskosten für Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle [Krämer2015a]

Bauteil	Maßnahme	Material	Dämmstärke cm	WLG	Kosten		Anmerkungen	Quelle
					netto €/m ²	brutto €/m ²		
Fenstertausch	Uw=1,3 W/m ² K				399,00 €	474,81 €	Fenster einflügelig mit Fensterfalzlüftern, Kunststofffenster	Angebot BV in Hamburg vom 18.11.2014 und Baupreislexikon Stand Februar 2015
Außenwand	WDVS Putz	MiWo	12	035	130,00 €	154,70 €	inkl. Baustelleneinrichtung, Gerüst und Nebenarbeiten, Veränderung der Dämmstärke um 1 cm entspricht Kostenänderung von ca. 1 EUR/m ²	Angebot BV in Hamburg vom 18.11.2014
Außenwand	WDVS mit Klinkerriemchen	MiWo	12	035	220,00 €	261,80 €	je nach Klinkerauswahl liegen die Mehrkosten im Bereich 60 - 95 EUR/m ² , dafür hält diese länger und erfordert weniger Aufwand in der Instandhaltung	Erfahrungswert
obere Geschossdecke	Dämmung auf massiver Decke	Poly	14	035	56,00 €	66,64 €	Dämmung einbringen von oben ohne vorbereitende Arbeiten (z.B. Aufnehmen alter Beläge) inkl. Abdeckung mit Holzfaserplatte	Baupreislexikon Stand Februar 2015
Dachflächen	Zwischensparrendämmung	MiWo	16	035	56,00 €	66,64 €	Nur Dämmung ohne Aufnehmen der Dachdeckung oder Verkleidung von Innen	Baupreislexikon Stand Februar 2015

7.7.3 Hydraulischer Abgleich

Der hydraulische Abgleich wird als Maßnahme manuell angelegt. Die Kosten hierfür sind stark von der Anzahl der Heizkörper abhängig. Mit dieser Hochrechnung können die Kosten pro Quadratmeter Nettogrundfläche ermittelt werden. Hier ergab sich nach Berücksichtigung einer Preissteigerung von 3,4 % pro Jahr¹ ein Preis von 2,34 €/m² brutto [Krämer2015b]. Diese Kosten wurden entsprechend für jedes Gebäude hochgerechnet. Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für alle Gebäude. Anhand der in Tabelle 9 und Tabelle 10 dargestellten Investitionskosten wird eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für die einzelnen Maßnahmen und Maßnahmenpakete an der Gebäudehülle sowie die Optimierung der Heizungstechnik durchgeführt.

Tabelle 10: Kostenermittlung hydraulischer Abgleich gebäudeweise

Gebäude	NGF	Preis Hydraulischer Abgleich	Kosten gesamt
	m ²	€/m ² brutto	€ brutto
Haus 23	868,14	2,34	2.035
Schwimmbad & Gymnastikhalle	2228,15	2,34	5.222
Festsaal & Foyer	2982,43	2,34	6.990
Haus am Park	6157,62	2,34	14.431
Haus am Teich	4748,48	2,34	11.129
Küche und Speisesaal	1603,12	2,34	3.757
Verwaltung	2462,56	2,34	5.771
Heidhof	1362,33	2,34	3.193
Therapiezentrum	2392,68	2,34	5.608
Café	1219,29	2,34	2.858

7.7.4 Umstellung der Beleuchtung

Die Umstellung der Beleuchtung auf LED wird anhand des in Kapitel 7.5.3 beschriebenen Vorgehens berechnet. Die Investitionskosten für die einzelnen Beleuchtungsbereiche und aufsummiert für den Austausch der gesamten Beleuchtung des Haus am Teich sind in Tabelle 7 ersichtlich. Die Beispielräume dienen als Vorgabe für andere Räume der gleichen Zone. Nicht für alle Zonen wurde ein Beispielraum erfasst. So werden die vorhandenen Ergebnisse auch auf andere Zonen übertragen. Für die Zone „Untersuchungs-/Behandlungsraum“ werden beispielsweise die Werte der Zone „Büro“ verwendet, für die Zone „Lager, Technik, Archiv“ die Werte der „Verkehrsflächen“ (vgl. Anhang Tabelle 2). Es werden für das Haus am Teich die folgenden Varianten erstellt: LED Beleuchtung im gan-

¹ Durchschnittliche Preissteigerung von 2010-2014 im Bauleistungen am Bauwerk - Bereich Heizungsanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen [DESTATIS2015]

zen Gebäude, LED Beleuchtung Verkehrsflächen und nur LED Beleuchtung Büros. Die Tabelle 7 zeigt die Leistung pro Quadratmeter, die in der Berechnung in jeder Zone angesetzt wird. Die dazugehörigen Investitionskosten, die in der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt werden, gehen ebenfalls aus der Tabelle hervor.

Wie schon der hydraulische Abgleich, wird der Tausch der Leuchten im Berechnungstool manuell angelegt.

Sollte innerhalb des Nutzungszeitraums ein Defekt auftreten oder die Helligkeit deutlich abnehmen, so ist kein Leuchtmitteltausch wie bei konventioneller Beleuchtung möglich, sondern die Leuchten müssen komplett getauscht werden. In Einzelfällen können einzelne Bauteile ausgetauscht werden, wofür aber besondere Anforderungen vor Ort gelten müssen. Oft können diese Anforderungen auf nicht erfüllt werden [Trilux2015b].

Der Austausch von Leuchten aufgrund der vorher genannten Gründe wurde nicht weiter untersucht und in der Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht berücksichtigt.

7.7.5 Einordnung der geschätzten Kosten

Eine wesentliche Grundlage für eine Investitionsentscheidung sind die damit verbundenen Kosten. Zur Genauigkeit von Kostenschätzungen geben weder die DIN 276-1, die zur Ermittlung der Projektkosten sowie des Honorars für Architekten und Ingenieure dient, noch die HOAI Hinweise. Die Unsicherheiten in einer Kostenermittlung können auf Grundlage von Gerichtsurteilen angenommen werden. Diese Urteile bestimmen Toleranzrahmen für die unterschiedlichen Projektphasen. Anzustreben sind wesentlich geringere Unsicherheiten bis zum letztendlichen Kostenanschlag, vor allem um nicht Investitionsentscheidungen bei einer Unsicherheit von 30 % treffen zu müssen. Voraussetzung für eine Toleranzgrenze von 8-12 % sind aussagefähige Vorplanungen und Planungskonzepte, die mit hoher Kompetenz erstellt wurden [Kochendörfer2010, S. 148-150].

Abbildung 37 zeigt die Toleranzgrenzen auf Grundlage einschlägiger Gerichtsurteile für die einzelnen Planungsphasen.

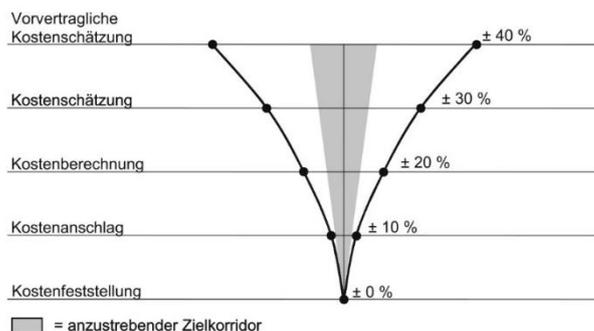


Abbildung 37: Toleranzgrenzen für Schadensersatzforderungen auf Grundlage einschlägiger Gerichtsurteile [Kochendörfer2010, S. 150]

Die Kostenannahmen für die Investitionen für die Sanierungsmaßnahmen an den Gebäuden der Fachklinik Aukrug liegen im Bereich der vorvertraglichen Kostenschätzung [Krämer2015a]. Es ist also von einer Unsicherheit von bis zu $\pm 40\%$ auszugehen.

Für das Haus am Teich werden die in Kapitel 7.4.1 bis 7.4.3 beschriebenen Einzelmaßnahmen für die Gebäudehülle betrachtet, ein hydraulischer Abgleich (Kapitel 7.5.1) sowie die Maßnahmenpakete aus Kapitel 7.6.1 bis 7.6.2.

8 Ergebnisse: Haus am Teich

Das Haus am Teich hat laut der Energiebedarfsberechnung nach dem Abgleich mit den realen Verbräuchen (der verwendete „Ist-Zustand“) einen Endenergiebedarf von 950.567 kWh/a. Bei Durchführung der zu untersuchenden Sanierungsmaßnahmen würden sich für jede der Maßnahmen Einsparungen im Endenergiebedarf ergeben. Aufgrund dieser Reduzierung würden auch die Brennstoffkosten pro Jahr entsprechend sinken. Dies sorgt dafür, dass die Investitionskosten nach einigen Jahren durch die Einsparungen wieder eingeholt werden können. Diese Zeitspanne nennt sich Amortisationszeit und ist ein Indiz für die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme.

Welche Einsparungen für den Endenergiebedarf erzielt werden können, ist in Abbildung 38 zu sehen. Im Gegensatz dazu gibt es für die primärenergetische Betrachtung so gut wie keine Einsparungen für die hier betrachteten Fälle. Dies liegt daran, dass sich die angesetzten Maßnahmen an der Gebäudehülle und der Anlagentechnik auf den Wärmebedarf auswirken und nur geringe Effekte auf den Strombedarf haben. Der Austausch der Beleuchtung hat nur ein geringes Einsparpotenzial. Im Bereich Wärme wird für die Fachklinik, wie schon in Kapitel 6.2 beschrieben, mit null gerechnet. Dadurch gibt es kein primärenergetisches Einsparpotenzial. Für die Stromversorgung lautet der Primärenergiefaktor 2,4. Dies macht die Einsparungen im Primärenergiebedarf aus. In Tabelle 11 sind die Ergebnisse der Energiebedarfsberechnung sowie der Wirtschaftlichkeitsberechnung aufgelistet. Es ist zu erkennen, dass fünf der insgesamt zehn betrachteten Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenkombinationen für die angenommene Nutzungsdauer von 25 Jahren bzw. 20 Jahren bei der Beleuchtung nicht wirtschaftlich sind. Die Einsparungen der Einzelmaßnahmen Fenstertausch und WDVS mit Klinkerriemchen können nicht die hohen Investitionskosten aufwiegen. Alle Ergebnisse sind in den Diagrammen Abbildung 39 und Abbildung 40 dargestellt. Eine Sortierung der Maßnahmen nach aufsteigender Amortisationszeit ist in Abbildung 39 zu sehen. Das Diagramm Abbildung 40 zeigt eine Sortierung nach Einsparungen, beginnend mit der größten Einsparung in Euro pro Jahr.

Tabelle 11: Aufstellung von Kennzahlen zum Ist-Zustand des Haus am Teich und den einzelnen Sanierungsmaßnahmen bzw. Sanierungspaketen mit Kosten, Einsparungen in Euro und kWh pro Jahr

Bezeichnung/Sanierungsmaßnahme	Kosten	Gesamtinvestitionskosten	Einsparung	Amortisationszeit	Endenergiebedarf	Einsparung	Einsparung
	€/m ² oder €	€	€/a	a	kWh/a	kWh/a	%
Ist-Zustand					950600		
Fenstertausch Uw=1,3 W/m ² K	475	578777	-6564	>25	812400	138200	14,54%
WDVS 12 cm MiWo 035	155	551736	12169	19	703600	247000	25,98%
WDVS 12 cm MiWo 035 Klinkerriemchen	262	932613	-6671	>25	703600	247000	25,98%
Dachflächen 16 cm MiWo 035, Flachdach 14 cm Poly 035	67/87	73545	9121	9	872700	77900	8,19%
Paket 1: Fenstertausch und WDVS 12cm MiWo	1130514	1130514	3748	24	577000	373600	39,30%
Komplettsanierung: Gebäudehülle und Anlagentechnik	1215188	1215188	11044	22	504000	446600	46,98%
Beleuchtung mit LED im gesamten Gebäude	201094	201094	-5124	>20	942600	8000	0,84%
Beleuchtung mit LED Büros	27	11564	-289	>20	950200	400	0,04%
Beleuchtung mit LED Verkehrsflächen	29	56727	-526	>20	947600	3000	0,32%
Beleuchtung LED Verkehrsflächen Spots	20	38474	1952	14	946200	4400	0,46%

Tabelle 11 zeigt, dass die Endenergieeinsparungen der Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle sich nicht einfach aufsummieren lassen. Nimmt man beispielsweise das Paket 1 mit einer Einsparung von 373600 kWh/a und vergleicht diesen Wert mit der Summe der zwei Einzelmaßnahmen von 385200 kWh/a, so kommt man auf eine Differenz von 3,10 %. Das Maßnahmenpaket hat also ein geringeres Einsparpotenzial, als man von der Summe der Einzelwerte erwarten würde. Dies liegt daran, dass die Sanierungsmaßnahmen sich in ihrer Wirkung gegenseitig beeinflussen und so für jede Kombination an Maßnahmen eine separate Berechnung erfolgen muss. Außerdem zeigt sich, dass die Wärmedämmung der Außenwand mit einem Wärmedämmverbundsystem wirtschaftlich realisierbar

ist, solange die Lösung mit einer verputzten Oberfläche gewählt wird. Die Variante mit Klinkerriemchen ist mit den deutlich höheren Investitionskosten bei gleichem Einsparpotenzial über die Nutzungsdauer von 25 Jahren nicht wirtschaftlich.

Das Einsparpotenzial und der verminderte Endenergiebedarf der Maßnahmen im Vergleich zum Ist-Zustand ist in Abbildung 38 dargestellt.

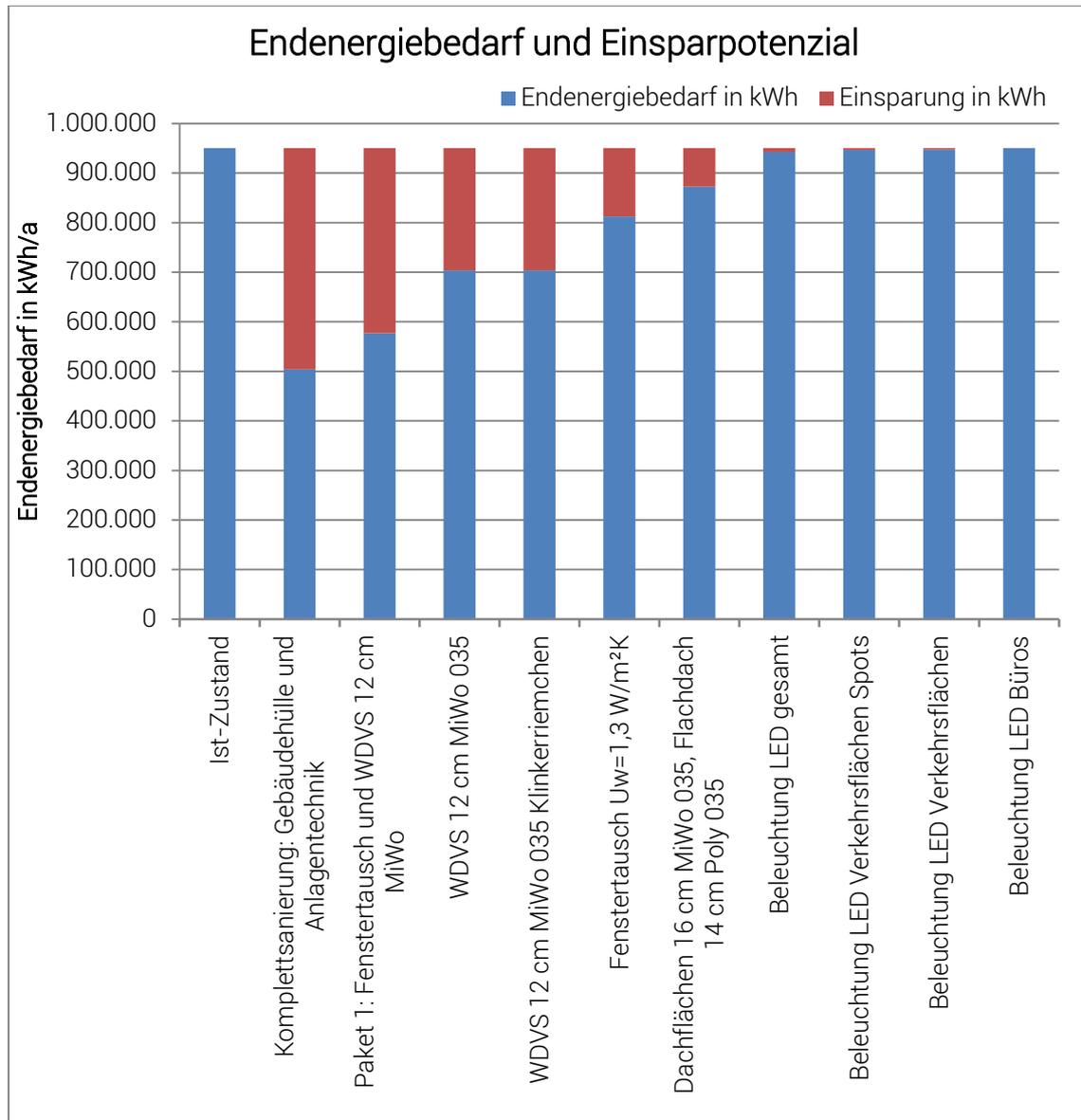


Abbildung 38: Endenergiebedarf des Gebäudes nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen im Vergleich zum Ist-Zustand

Die darauf folgenden Diagramme zeigen die Einsparungen und die Wirtschaftlichkeit über den Betrachtungszeitraum von 25 Jahren, sortiert nach Amortisationszeit in Jahren (Abbildung 39) und sortiert nach Einsparungen in Euro pro Jahr (Abbildung 40). Aus dieser Form der Darstellung ist schnell ersichtlich, welche Maßnahmen sich kurz-, mittel und langfristig rechnen und wo das größte monetäre Einsparpotenzial liegt.

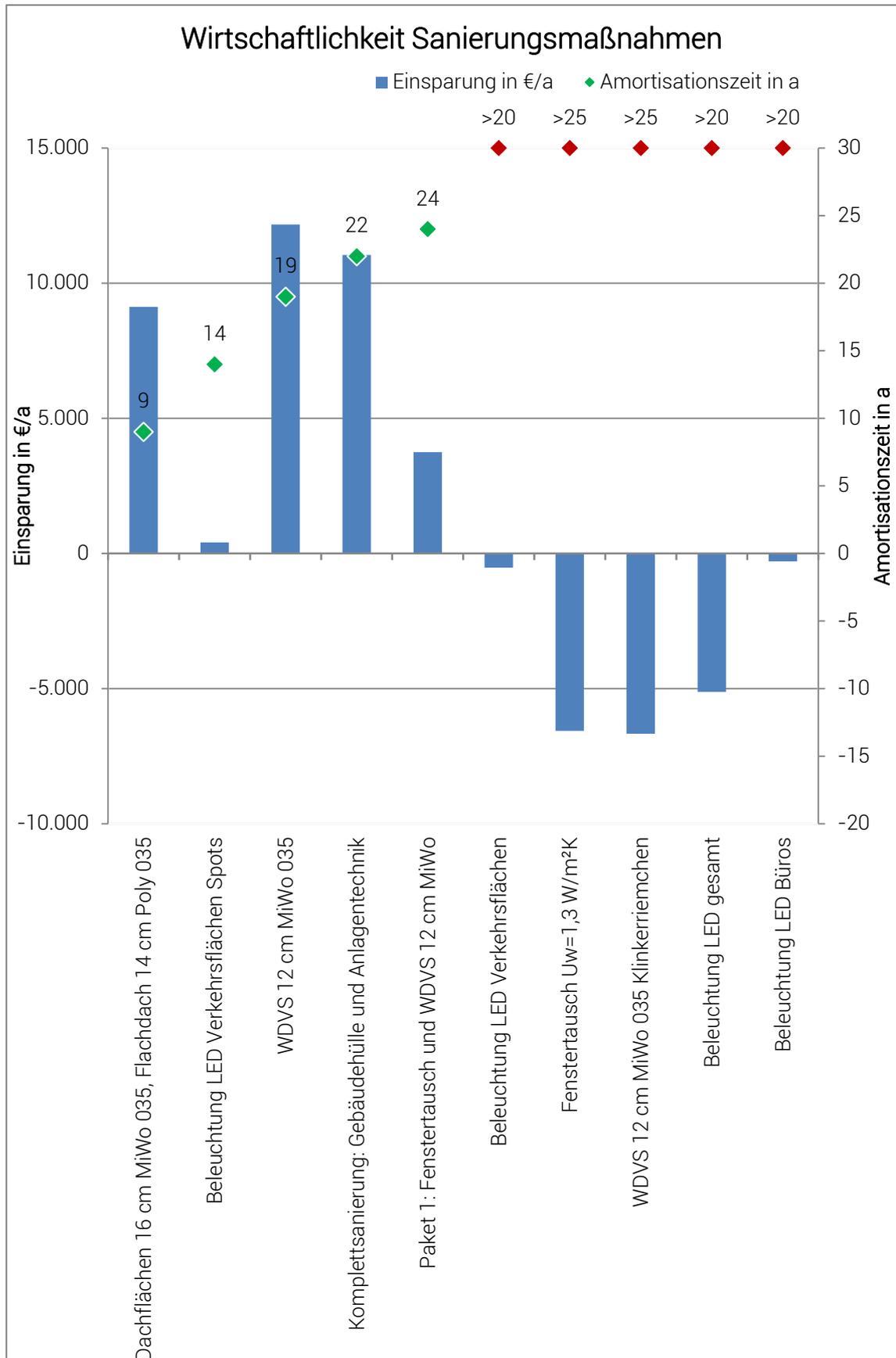


Abbildung 39: Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsberechnung der Sanierungsmaßnahmen am Haus am Teich, sortiert nach Wirtschaftlichkeit

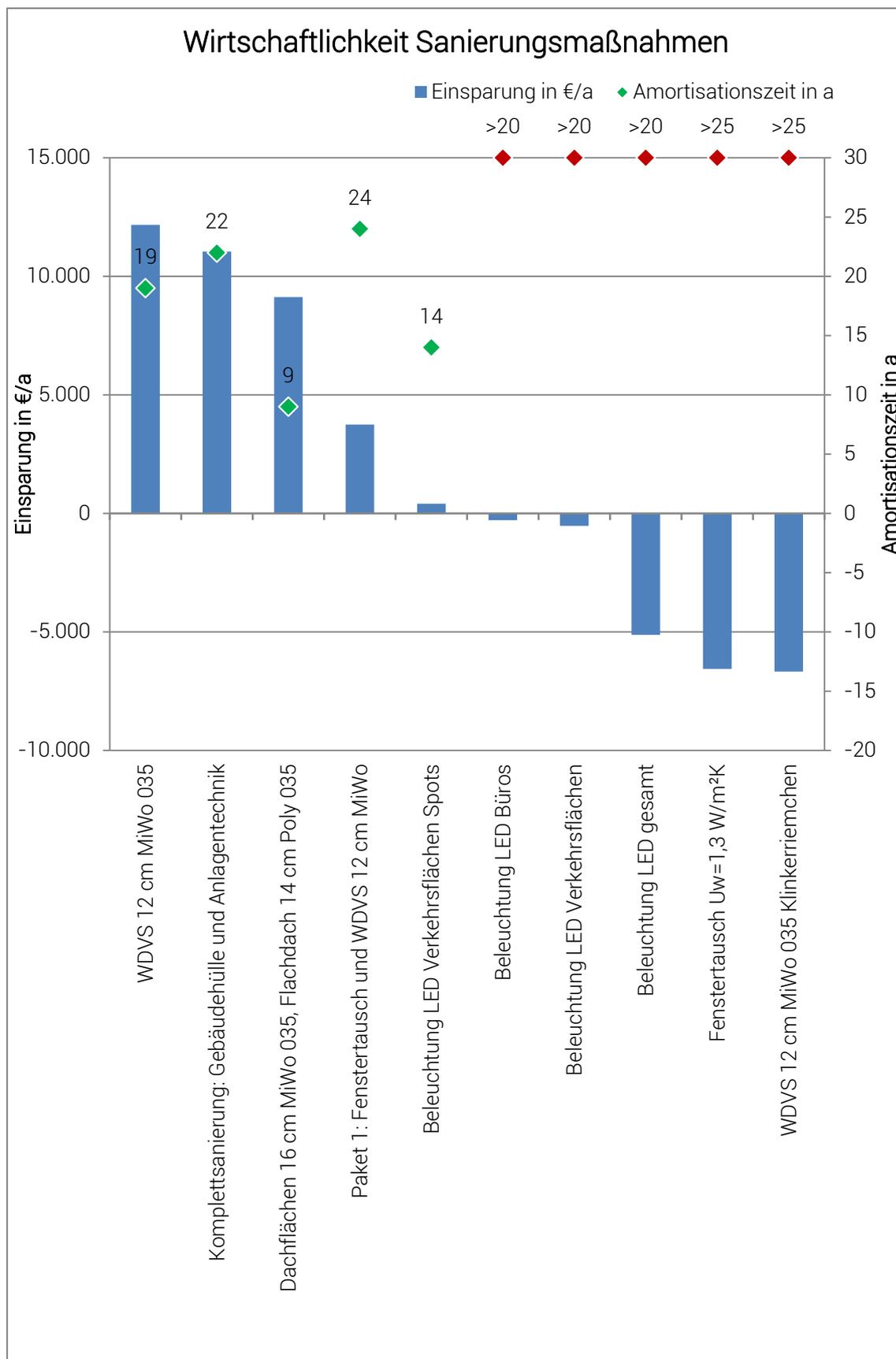


Abbildung 40: Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsberechnung der Sanierungsmaßnahmen am Haus am Teich, sortiert nach Höhe der Einsparungen in Euro pro Jahr

9 Auswertung der Ergebnisse Haus am Teich

Das Potenzial Endenergie einzusparen ist, wie aus Abbildung 38 hervorgeht, zunächst für die Komplettsanierung am größten. Darauf folgen das Paket 1 sowie die Außenwanddämmung mit Putz und Klinkerriemchen mit dem gleichen Potenzial. Der Fenstertausch und die Dachdämmung weisen das geringste Einsparpotenzial auf. Schließlich folgen die vier Beleuchtungsvarianten, die alle nur ein Einsparpotenzial von unter einem Prozent aufweisen. Die Abbildung 39 und Abbildung 40 verdeutlichen die wirtschaftliche Seite, nämlich die Einsparungen in Euro pro Jahr mit Einbezug der Investitionskosten und der daraus resultierenden Dauer bis zur Amortisation der Maßnahme. Keine der Einzel- oder Maßnahmenpakete rechnet sich im Falle des Haus am Teich kurzfristig.² Als mittelfristig lohnenswert³ sind die Dämmung der Dachflächen und die Umstellung auf LED-Spots für die Verkehrsflächen einzuordnen, die Außenwanddämmung mit Putz, das Paket 1 und die Komplettsanierung lohnen sich langfristig.⁴ Nicht rentabel innerhalb der Nutzungsdauer von 25 Jahren sind der Fenstertausch und die Außenwanddämmung mit Klinkerriemchen. Innerhalb der Nutzungsdauer von 20 Jahren sind die übrigen Beleuchtungsvarianten nicht wirtschaftlich.

10 Ergebnisse: Fachklinik Aukrug

10.1 Vorgehen

Das beschriebene schrittweise Vorgehen für das Haus am Teich ist so auf die einzelnen Gebäude übertragbar. Zusammenfassend ergibt sich die Abfolge:

- 1) Datenerfassung und Auswertung
 - a. Pläne
 - b. Verbräuche
 - c. Bauteile
 - d. Technische Ausrüstung
 - e. Nutzung des Gebäudes
 - f. ergänzende Informationen aus Interviews und Revisionsunterlagen
- 2) Zonierung und Flächenberechnung
- 3) Übertragung in die Berechnungssoftware für die Bedarfsberechnung
 - a. Raumliste

² Amortisationszeiten bis 5 Jahre

³ Amortisationszeiten 5-15 Jahre

⁴ Amortisationszeiten ab 15 Jahre

- b. Zonen
 - c. Flächen mit Zonierung
 - d. U-Werte Bauteile
 - e. Heizungsanlage
 - f. Lüftungsanlage
 - g. Beleuchtungsbereiche
- 4) Abgleich von Bedarf und Verbrauch anhand der witterungsbereinigten Verbrauchsdaten
- a. Nutzungszeiten
 - b. Raumtemperaturen
- 5) Entwicklung von Sanierungsmaßnahmen
- a. Gebäudehülle
 - b. Heizungstechnik
 - c. Lüftungstechnik
 - d. Beleuchtung
- 6) Sanierungsvarianten in Programm abbilden
- 7) Kostenschätzungen durchführen
- 8) Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die einzelnen Maßnahmen und Maßnahmenpakete
- 9) Bewertung der Ergebnisse

Da sich die Gebäude grundlegend in Baujahr, Form und Nutzung unterscheiden, sind keine Vereinfachungen möglich und jedes Gebäude wird individuell anhand der vorliegenden Informationen behandelt. Für einige Gebäude war die Datenlage umfangreicher als für andere. Das Haus am Teich ist, wie schon erwähnt, aufgrund der vor wenigen Jahren erfolgten Sanierung eines der besser dokumentierten Gebäude. Es wurden beispielsweise neue Pläne angefertigt, es liegen Revisionsunterlagen mit Informationen zur Lüftungstechnik und zu der Solarthermie Anlage vor und auch das technische Personal konnte wertvolle Informationen in Interviews mitteilen, da bei den Umbauten aktiv mitgearbeitet wurde.

Besondere Abweichungen beim Vorgehen für die übrigen Gebäude werden an dieser Stelle kurz zusammengefasst.

Für den Heidhof wurden Bauteilaufbauten baualterstypisch in den Datensatz eingepflegt. Aufgrund des Alters und der besonderen Bauweise, wie z.B. der Eindeckung des Dachs mit Reet, bedarf es einer differenzierteren Herangehensweise. Anhaltspunkte gab „U-

Werte alter Bauteile“ von Böhmer und Güsewelle [Böhmer 2005, S. 2, 3, 7, 9, 11]. Eine Anpassung erfolgte nach Erkenntnissen, die vor Ort gewonnen werden konnten.

Das Haus 23 wurde als Wohngebäude berechnet und dementsprechend wird der Verbrauch Beleuchtung nicht separat berechnet. Hier wurde auf eine externe Berechnung für die Beleuchtung verzichtet. Außerdem gibt es Abweichungen in Form der U-Werte der Bauteile des Gebäudes, die sich aufgrund der Betrachtungsweise an baualterstypischen Werten von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein richten, vgl. Gebäudetypologie Schleswig-Holstein [Dittmann2012, S. 94].

Von einer Analyse von Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle wurde beim Café und Therapiezentrum abgesehen. Aufgrund des Baualters um 1995 sind die U-Werte schon sehr nahe an den Vorgaben der EnEV.

10.2 Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle

Die erarbeiteten Sanierungsvarianten sind für jedes Gebäude anwendbar und bestehen aus Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpaketen. Die Maßnahmenpakete basieren auf einer Kombination der Einzelmaßnahmen. Welche der Maßnahmen für die jeweiligen Gebäude angewendet werden, hängt vom Aufbau des Gebäudes und der thermischen Hülle ab. Außerdem richtet es sich danach, wo bereits Sanierungen durchgeführt worden sind. Die Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete sind wie folgt zusammengestellt worden:

- 1) Einzelmaßnahmen
 - a) Fenstertausch $U_w=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - b) Dämmung Außenwand WDVS MiWo WLG 035 mit Putz
 - c) Dämmung Außenwand WDVS MiWo WLG 035 mit Klinkerriemchen
 - d) Dämmung obere Geschossdecke
 - e) Dämmung Gauben
 - f) Dämmung Dachflächen
 - g) Dämmung Kellerdecke
- 2) Maßnahmenpakete
 - a) Paket 1: Fenstertausch und Dämmung Außenwand Putz
 - b) Paket 2: Fenstertausch, Dämmung Außenwand Putz, hydraulisches Abgleich
 - c) Paket 3: Dämmung oberer Abschluss
 - (1) Obere Geschossdecke
 - (2) Gauben
 - (3) Dachflächen
 - d) Komplettsanierung

Das Paket 3 wird für die betreffenden Gebäude individuell zusammengestellt. Meist handelt es sich um Gebäude, deren thermische Grenze sowohl obere Geschossdecke als auch Gauben und Dachflächen betrifft. Die Komplettsanierung setzt sich aus allen ausgewählten Einzelmaßnahmen zusammen. Es wird hier bei jedem Gebäude die Außenwanddämmung mit Putz verwendet.

Eine Übersicht der berechneten Maßnahmen für alle Gebäude der Fachklinik sortiert nach Amortisationszeit mit Anzeige der Einsparungen in Euro pro Jahr gibt die Abbildung 49. Sortiert nach Einsparung pro Jahr ist das Ganze in Abbildung 50 dargestellt.

Die roten Rauten markieren Sanierungsmaßnahmen, die sich nicht innerhalb des Betrachtungszeitraums von 25 Jahren rentieren. Keine der betrachteten Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle rentiert sich kurzfristig, dafür gibt es eine größere Zahl mittelfristiger und einige langfristig rentabler Maßnahmen.

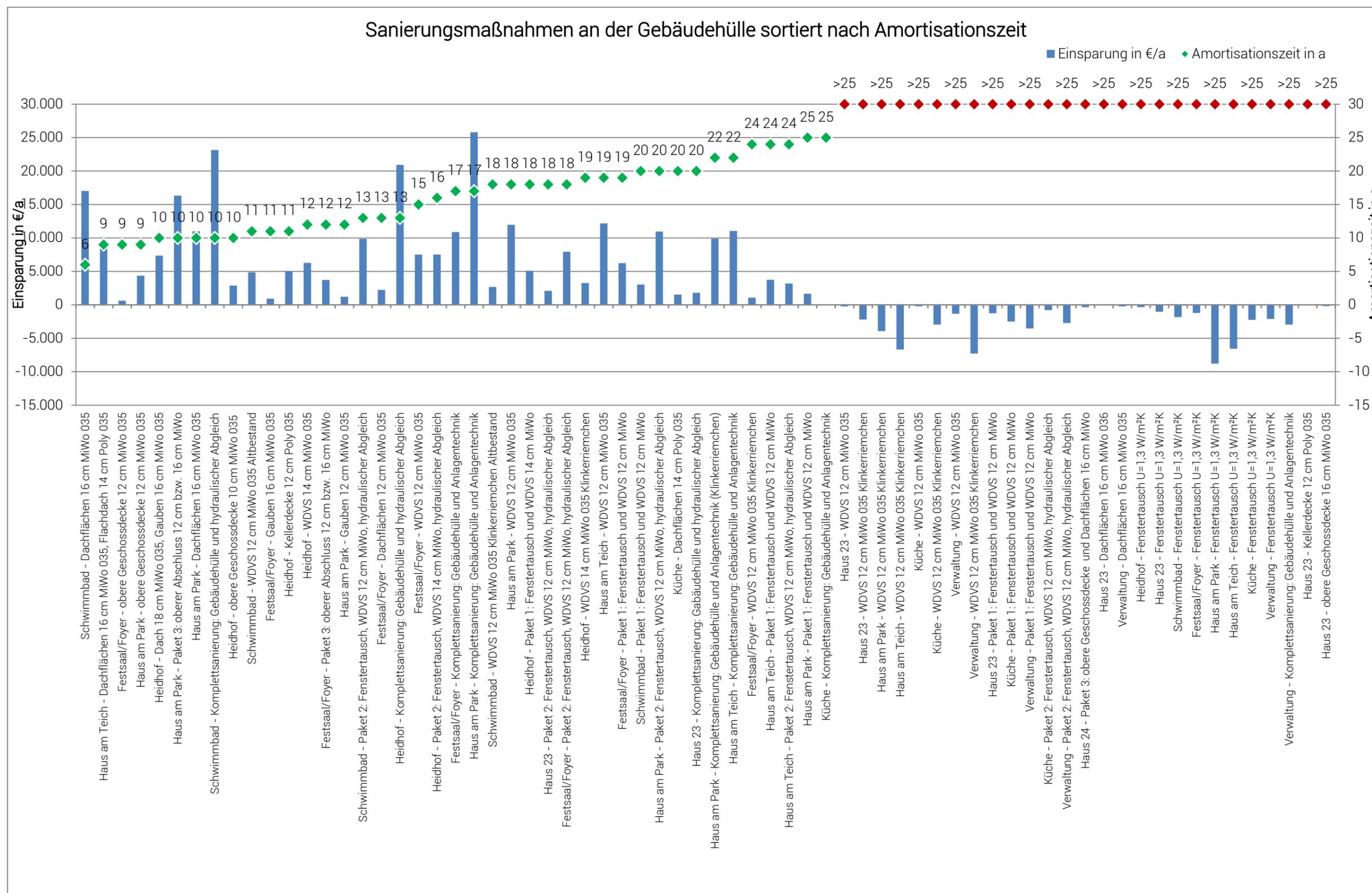


Abbildung 41: Sanierung der Gebäudehülle - Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete aller Gebäude der Fachklinik, sortiert nach Amortisationszeit

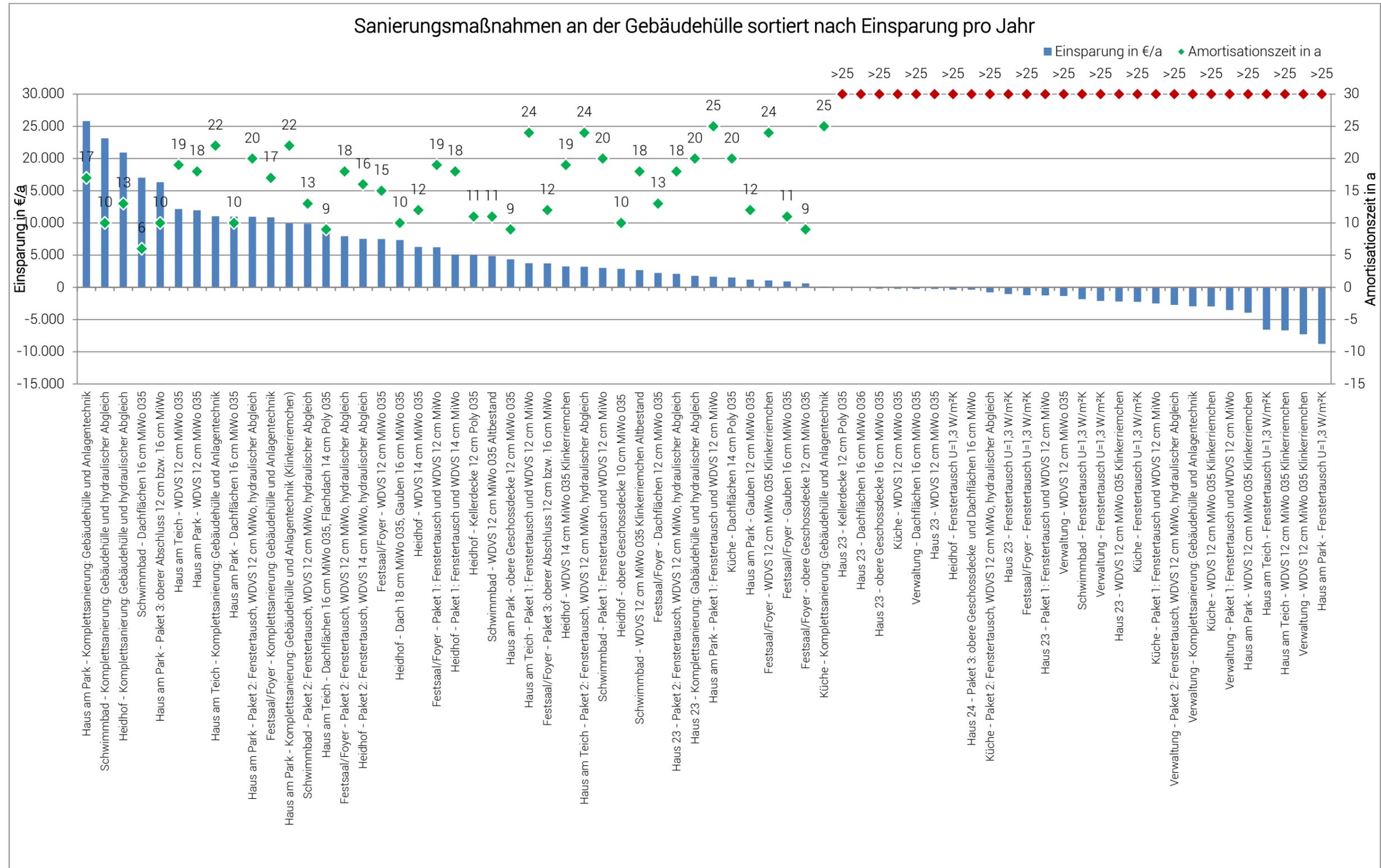


Abbildung 42: Sanierung der Gebäudehülle - Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete aller Gebäude der Fachklinik, sortiert nach Amortisationszeit

10.3 Optimierung der Heizungstechnik

Der hydraulische Abgleich wird zur Optimierung der Anlagentechnik eingesetzt. Bis auf die Heizungsanlage beim Haus am Teich wurde bei keiner bisher ein hydraulischer Abgleich durchgeführt. Dieser wird sowohl als Einzelmaßnahme als auch in Paket 2 und in der Komplettsanierung eingeplant.

Die Ergebnisse der Berechnungen zum hydraulischen Abgleich sind in Abbildung 43 zu sehen.

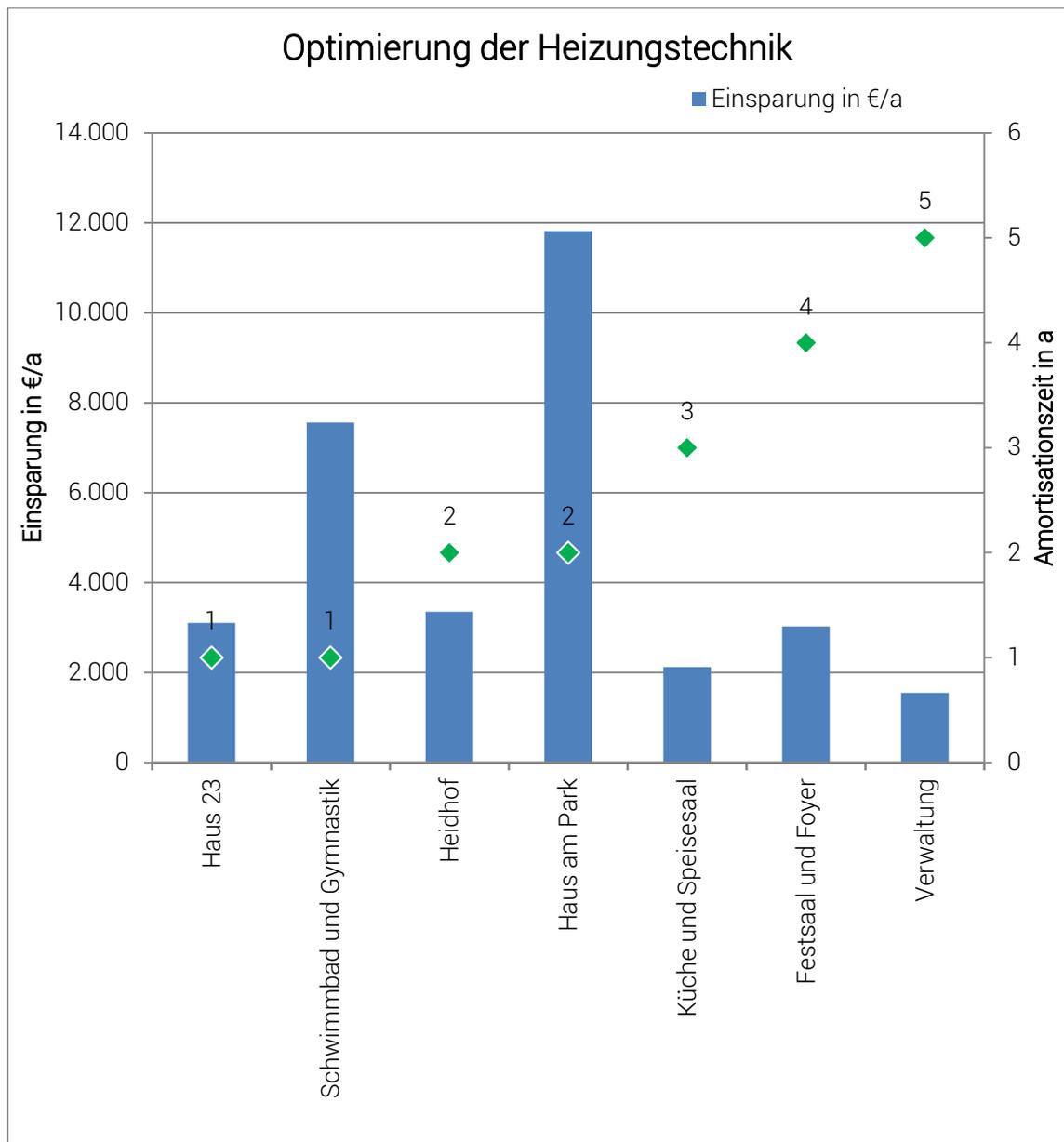


Abbildung 43: Einsparungen in €/a und Wirtschaftlichkeit des hydraulischen Abgleichs

Es ist erkennbar, dass alle betrachteten hydraulischen Abgleiche eine Amortisationszeit von bis zu fünf Jahren haben, sie gleichen also kurzfristig die Investitionskosten durch die Einsparungen aus.

10.4 Maßnahmenbeispiel: Zirkulation Wannenküden

Ein besonderes Beispiel für eine Maßnahme an der Wärmeversorgungstechnik bietet das Therapiezentrum. Es soll deutlich gemacht werden, dass in vielen Fällen Umnutzungen von Räumlichkeiten Einsparpotenziale mit sich bringen, die nicht erkannt oder die erforderlichen Anpassungen nicht umgesetzt werden. Die Wannenküden im Therapiezentrum sind Mitte des Jahres 2014 still gelegt worden. Trotz des Wegfalls des Warmwasserbedarfs läuft die Zirkulation für diesen Bereich jedoch weiterhin. Mit einer einfachen Abschätzung soll deutlich gemacht werden, welche Verluste diese Zirkulation durch ihre Aktivität mit sich bringt.

Anhand der Lage des Technikraums und des zu versorgenden Bereichs wurde eine Rohrlänge abgeschätzt, die Vor- und Rücklauf beinhaltet. Dies ist in Abbildung 44 eingezeichnet dargestellt.

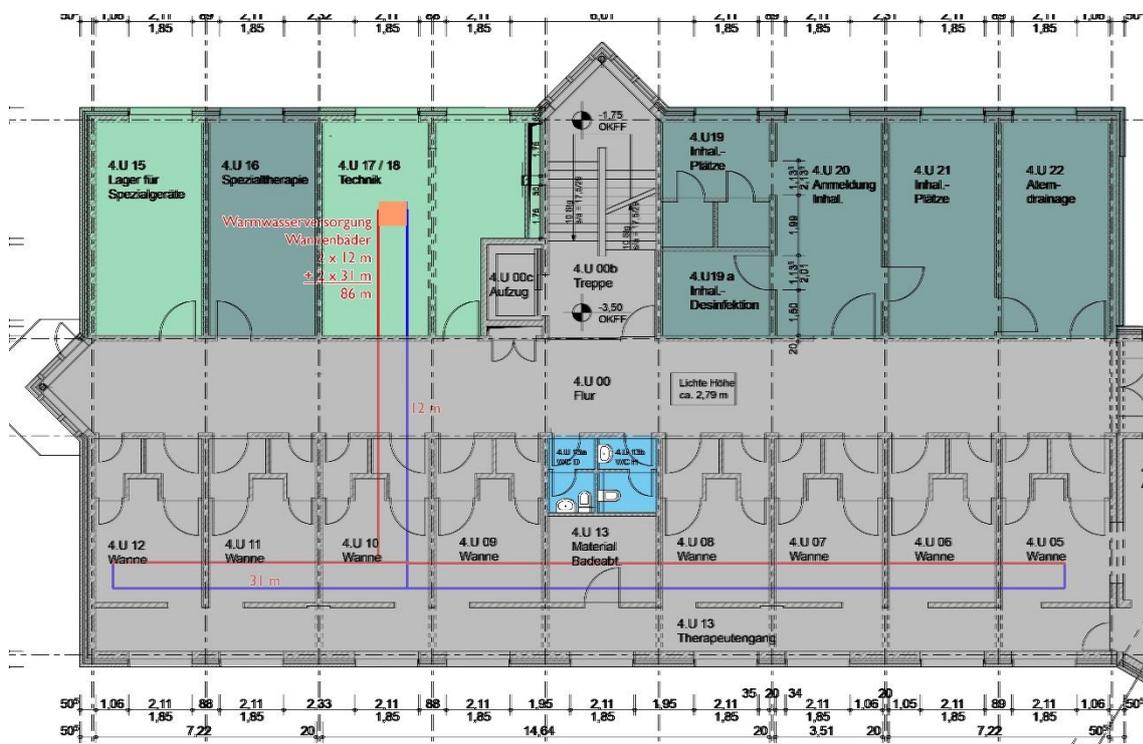


Abbildung 44: Ausschnitt aus Grundriss UG Therapiezentrum [Marquardt2014a] mit eingezeichnetem Leistungsverlauf (eigene Abbildung)

Die Berechnung der Wärmeverluste während des Zirkulationsbetriebs erfolgt anhand der folgenden Formel.

$$Q_{TW,d,z,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_{R,i} \cdot L_{Z,i} \cdot (\bar{\vartheta}_{TW,Z} - \bar{\vartheta}_u) \cdot z \cdot t_{TW} \quad (1) \quad [\text{IWU2002, S. 24 (4-5)}]$$

Die Definitionen und Einheiten der Formelzeichen sowie die angenommenen Werte sind in Tabelle 12 zu finden.

Tabelle 12: Formelzeichen zu Formel 1 mit ihrer Definition und Einheit und dem angenommenen Wert

Formelzeichen	Definition	Einheit	Annahme Wert
$U_{R,i}$	längenspezifischer Wärmeverlustkoeffizient der Rohrleitung	W/(mK)	0,2 W/(mK)
$L_{Z,i}$	Länge des Rohrabschnitts (Summe aus Förder- und Zirkulationsleitung)	m	86 m
$\bar{\vartheta}_{TW,Z}$	mittlere Temperatur des Rohrabschnitts während des Zirkulationsbetriebs	°C	60 °C
$\bar{\vartheta}_u$	mittlere Umgebungstemperatur	°C	20 °C
t_{TW}	jährliche Betriebszeit	d/a	365 d/a
z	tägliche Betriebszeit der Zirkulationspumpe	h/d	24 h/d

Die Werte werden in die eben genannte Formel eingesetzt und anschließend werden die Wärmeverluste pro Jahr dann zusammen mit dem Preis für die Kilowattstunde Wärme in die aktuellen Kosten pro Jahr umgerechnet.

$$Q_{TW,d,z,i} = \frac{1}{1000} \cdot 0,2 \frac{W}{mK} \cdot 86 m \cdot (60 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) \cdot 24 \frac{h}{d} \cdot 365 \frac{d}{a} = 6026,88 \frac{kWh}{a}$$

$$6026,88 \frac{kWh}{a} \cdot 0,1061 \frac{\text{€}}{kWh} = 639,45 \frac{\text{€}}{a}$$

Der jährliche Strombedarf für die Umwälzpumpe kann mit der folgenden Berechnung abgeschätzt werden.

$$E_{h,d,HE} = \frac{P_{el} t_{HPZ}}{f_p 1000} \quad (2) \quad [\text{IWU2002, S. 50 (5-8)}]$$

Die Definitionen der Formelzeichen sind zusammen mit den Einheiten und den angenommenen Werten in Tabelle 13 aufgelistet.

Tabelle 13: Formelzeichen und ihre Definitionen und Einheiten der Formel 2 dem angenommenen Wert

Formelzeichen	Definition	Einheit	Annahme Wert
P_{el}	elektrische Leistungsaufnahme Heizungs- umwälzpumpe (Nennleistung)	W	$44 + 0,059 \cdot A_N = 82 \text{ W}$ [IWU2002, S. 51]
t_{HP}	Länge der Heizperiode	d/a	365 d/a
z	tägliche Betriebszeit der Umwälzpumpe	h/d	24 h/d
fp	Korrekturfaktor für regelbare Pumpen Standardwert Bestand: 1,0	-	1,0
A_N	Gebäudenutzfläche (Fläche Wannenküchen)	m ²	644 m ²

Für die Leistungsaufnahme der Pumpe kann mit einer Abschätzung aus der DIN 4701-10 Anhang C anhand der Auslegungstemperatur erfolgen. Damit wird berücksichtigt, dass bei abnehmender Spreizung für den Transport der gleichen Wärmemenge ein größeres Volumen je Zeiteinheit umgewälzt werden muss [IWU2002, S.50].

Für den Heizkreis wird von der Spreizung 70°/55° ausgegangen.

$$E_{h,d,HE} = \frac{82 \text{ W} \cdot 365 \frac{\text{d}}{\text{a}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{d}}}{1,0 \cdot 1000} = 718,32 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

$$718,32 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \cdot 0,1969 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 141,44 \frac{\text{€}}{\text{a}}$$

Das Abstellen der Umwälzpumpe und der Zirkulation birgt ein abgeschätztes Einsparpotenzial von etwa 780 Euro im Jahr. Es sind keine Kosten mit dieser Maßnahme verbunden und sie ist leicht und schnell umsetzbar.

10.5 Austausch der Lüftungstechnik

Die Fachklinik betreibt in ihren Räumlichkeiten mehrere Lüftungsanlagen. Die Typen lassen sich durch ihre Funktionen unterscheiden: Abluftanlage, Zu- und Abluftanlage und Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung. Zunächst soll in Abbildung 45 eine Übersicht über die vorhandenen Anlagen gegeben werden.

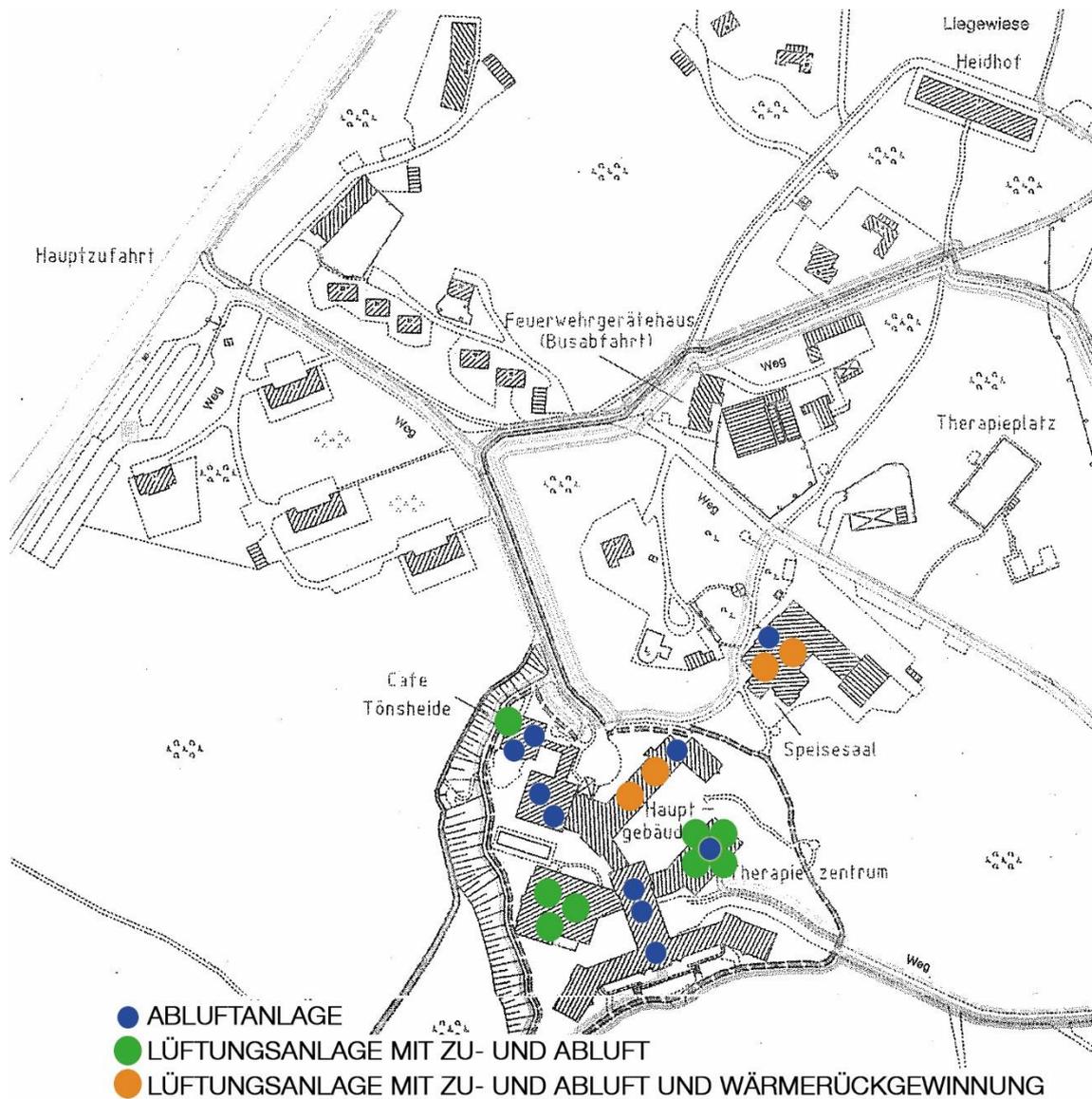


Abbildung 45: Übersichtsplan Lage und Typ der Lüftungsanlagen

Die neuen Lüftungsanlagen werden wie schon in Kapitel 7.5.2 erwähnt, nicht weiter überprüft und es werden keine Sanierungsmaßnahmen vorgeschlagen.

Dies gilt auch für die Lüftungsanlagen in der Küche, die 2012 erneuert wurden.

Die Datenlage für alle übrigen Anlagen ist unzureichend: Für viele der Anlagen liegen weder Informationen von Typenschildern, noch Laufzeiten, Baujahr oder Volumenströme vor. Um eine Abschätzung des momentanen Verbrauchs und eines Einsparpotenzials zu

treffen, wird von typischen Volumenströmen für die belüfteten Räume mit entsprechender Nutzung ausgegangen und eine Systemeffizienz anhand des geschätzten Alters bestimmt. Diese Abschätzung erfolgt in zwei Kategorien: zum einen für die Anlagen mit einem geschätzten Baujahr von 1960, zum anderen für solche, die etwa im Jahr 1995 installiert wurden. Die abgeschätzten Volumenströme sind zusammen mit baualterstypischer Systemeffizienz Grundlage für die Berechnung des Stromverbrauchs der Anlage. Dieser Verbrauch wird dann mit einer höheren Systemeffizienz einer neuen Anlage verglichen, um die mögliche Einsparung in kWh Strom und ebenso in Euro bei einem Anlagentausch zu erhalten. Tabelle 14 zeigt den abgeschätzten Stromverbrauch pro Kubikmeter geförderter Luft der Anlagen abhängig von der Einordnung des Baujahrs. Die Systemeffizienz ist für die vorhandenen Anlagen niedriger im Vergleich zur neuen Anlage.

Tabelle 14: Systemeffizienz der Lüftungsanlagen im Vergleich zu neuer Anlagentechnik

Baujahr Anlage	Systemeffizienz	Stromverbrauch	Verbrauch bei Einbau neue Anlage
1960	niedrig	1,2 Wh/m ³	-58%
1995	niedrig	0,8 Wh/m ³	-37%
neue Anlage	hoch	0,5 Wh/m ³	--

Die Einordnung Baujahr 1960 gilt für die Lüftungsanlagen im Gebäude Schwimmbad und Gymnastik, alle übrigen Anlagen wurden aufgrund der fehlenden Informationen in eine Kategorie Baujahr 1995 einsortiert. Bei einem Einbau einer neuen Anlage käme man auf einen Verbrauch von 42 % der 1960er Anlage, auf 63 % der 1995er Anlage. Die Erneuerung der Anlagentechnik bietet nach dieser Analyse ein Einsparpotenzial von 58 % bzw. 37 % des Stromverbrauchs für jede Anlage. Die dürftige Datenlage lässt eine Einschätzung zu, welche Anlagen durch Messungen der Leistungsaufnahme und Luftmengen genauer in Augenschein genommen werden sollten. Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gibt es an dieser Stelle nicht.

Eine Aufstellung aller Lüftungsanlagen mit den angenommenen Kennwerten ist in Tabelle 15 zu sehen.

Tabelle 15: Aufstellung der Lüftungsanlagen der Fachklinik Aukrug

Gebäude	Anlage	BJ	Zonen	Art Anlage	Heizung	Volumen Abluft		Volumenstrom Abluft	angenommene Luftwechsel 1/h	Laufzeit/Steuerung g	Systemeffizienz niedrig kWh/a		Systemeffizienz hoch kWh/a		Summe Verbrauch		Einsparpotenzial	
						m³/h	m³/h				Abluft kWh/a	Zuluft kWh/a	Abluft kWh/a	Zuluft kWh/a	kWh/a	ZL+AL kWh/a	kWh/a	EUR/a
Schwimmbad	Anlage 1a	1960	Sporthalle	Zu- und Abluft	mit Erhitzer	673 (2)	673 (2)	5264 (2)	0,4	1	7.075	2.948	2.948	2.948	14.149	8.254	1.625	
Schwimmbad	Anlage 1b	1960	Schwimmbad	Zu- und Abluft	mit Erhitzer	5264 (2)	5264 (2)	2500 (2)	2,86	1	55.335	23.056	23.056	23.056	110.670	64.558	12.711	
Schwimmbad	Anlage 2	1960	Schwimmbad Duschen	Zu- und Abluft	nein	2500 (2)	2500 (2)	2000 (2)	7,16	1	26.280	10.950	10.950	10.950	52.560	30.660	6.037	
Schwimmbad	Anlage 2	1960	Schwimmbad Umkleiden	Zu- und Abluft	nein	2000 (2)	2000 (2)	2000 (2)	5,73	1	21.024	21.024	8.760	8.760	42.048	24.528	4.830	
Café	Anlage 3	1995	WC, Sanitärräume	Abluftanlage	nein	616	616	1886	4,94	3	2.788	0	1.743	0	2.788	1.046	206	
Café	Anlage 3	1995	Küche	Abluftanlage	nein	1886	1886	4440	24,99	3	8.536	0	5.335	0	8.536	3.201	630	
Café	Anlage 4	1995	Sonstige Aufenthaltsräume	Zu- und Abluft	mit Erhitzer	4440	4440	2238 (2)	1,66	3	20.095	20.095	12.560	12.560	40.191	15.072	2.968	
Festsaal/Foyer	Anlage 5	?	WC, Sanitärräume	Abluftanlage	nein	2238 (2)	2238 (2)	3893 (2)	4,8	4	10.129	0	6.331	0	10.129	3.798	748	
Festsaal/Foyer	Anlage 6	?	Labor	Abluftanlage	nein	3893 (2)	3893 (2)	6020 (2)	4,46	4	17.620	0	11.012	0	17.620	6.607	1.301	
Haus am Park	Anlage 7	?	WC, Sanitärräume	Abluftanlage	nein	6020 (2)	6020 (2)	2050	5,56	4	27.247	0	17.029	0	27.247	10.217	2.012	
Haus am Teich	Anlage 8	2010	Küche	Abluftanlage	nein	2050	2050	793	16,32	5								
Haus am Teich	Anlage 9	2010	WC, Sanitärräume	Zu- und Abluft WRG	nein	793	793	5425	5,45	6								
Haus am Teich	Anlage 10	2010	Hotelzimmer	Zu- und Abluft WRG	nein	5425	5425	7275	1,09	6								
Haus am Teich	Anlage 10	2010	WC, Sanitärräume Hotelzimmer	Zu- und Abluft WRG	nein	7275	7275	5799	5,45	6								
Küche	Anlage 11	2011	Küche	Zu- und Abluft WRG	mit Erhitzer	5799	5799	8816	17,41	7								
Küche	Anlage 12	2011	Kantine	Zu- und Abluft WRG	mit Erhitzer	8816	8816	84	6,67	7								
Küche	Anlage 12	2011	Technik, Lager, Archiv	Zu- und Abluft WRG	mit Erhitzer	84	84	599	0,06	7								
Küche	Anlage 12	2011	WC, Sanitärräume	Zu- und Abluft WRG	mit Erhitzer	599	599	309	5,87	7								
Küche	Anlage 12	2011	Sonstige Aufenthaltsräume	Zu- und Abluft WRG	mit Erhitzer	309	309	1500	2,92	7								
Küche	Anlage 13	2011	Spülküche	Abluftanlage	nein	1500	1500	565 (2)	5,56	7								
Verwaltung	Anlage 14	?	WC, Sanitärräume	Abluftanlage	nein	565 (2)	565 (2)	180 (2)	5,16	4	2.512	0	1.570	0	2.512	942	185	
Verwaltung	Anlage 15	?	Lager, Technik, Archiv	Abluftanlage	nein	180 (2)	180 (2)	175	0,06	4	679	0	424	0	679	255	50	
Therapiezentrum	Anlage 16	1995	WC, Sanitärräume	Abluftanlage	nein	175	175	5298	5	4	792	0	495	0	792	297	58	
Therapiezentrum	Anlage 17	1994	Untersuchungsraum, Behandlungsraum	Zu- und Abluft	mit Erhitzer	5298	5298	1800	2,07	4	23.979	23.979	14.987	14.987	47.957	17.984	3.541	
Therapiezentrum	Anlage 18	1995	Schulungsraum	Zu- und Abluft	mit Erhitzer	1800	1800	3360	5,89	4	8.147	8.147	5.092	5.092	16.294	6.110	1.203	
Therapiezentrum	Anlage 19	1994	Badabteilung	Zu- und Abluft	mit Erhitzer	3360	3360	1155	5,89	4	15.207	15.207	9.505	9.505	30.415	11.406	2.246	
Therapiezentrum	Anlage 20	1994	Inhalation	Zu- und Abluft	mit Erhitzer	1155	1155			4	5.228	5.228	3.267	3.267	10.455	3.921	772	

Quellen Volumenströme

- teilweise Revisionsunterlagen
- Revisionsunterlagen
- Typenschilder
- DIN 18017, Programmstandard

- 1) Läuft nach Aussage HT durchgehend
- 2) m³ geschätzt
- 3) 2-Stufige Regelung mit Zeitschaltprogramm (Nachtabsenkung HgZg. 22:30-07:00)
- 4) keine Angaben
- 5) läuft bei Bedarf
- 6) Einzellüfter mit Steuerung über Lichtschalter
- 7) Automatikbetrieb 2-Stufig
- 8) läuft in einem Raum durchgehend 459 m³, in übrigen abgestellt (Rest 305 m³)

Aus der angenommenen Systemeffizienz und den angesetzten Luftvolumenströmen kann der aktuelle Stromverbrauch ermittelt werden und der guten Systemeffizienz bei gleichen Luftvolumenströmen gegenübergestellt. Die möglichen Einsparungen in Kilowattstunden für die einzelnen Anlagen sind nach Höhe sortiert in Abbildung 46 abgebildet. Der Stromverbrauch gegenüber dem Einsparpotenzial bei einem Anlagentausch ist in Abbildung 47 zu erkennen.

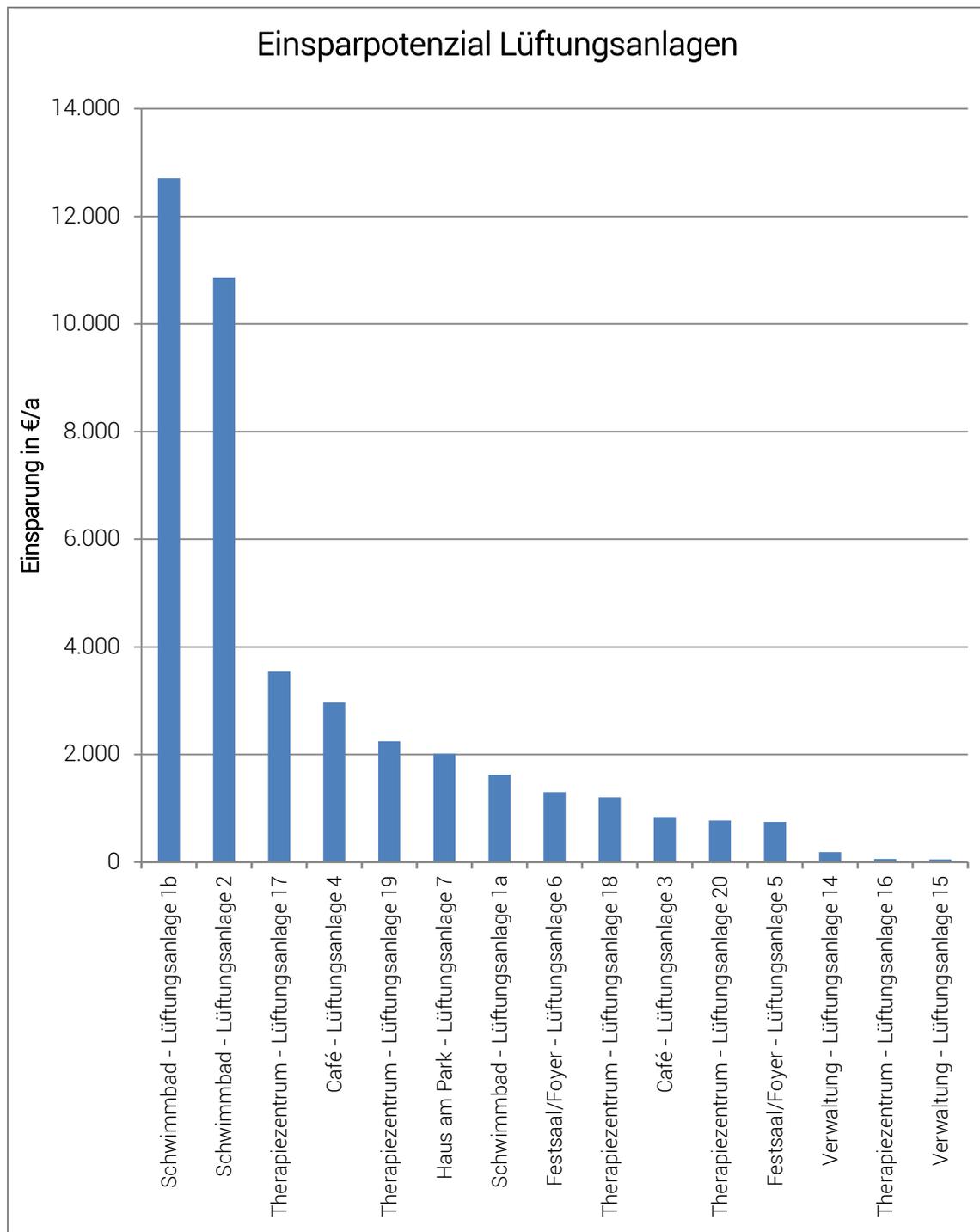


Abbildung 46: Einsparpotenzial bei Austausch der alten Lüftungsanlagen

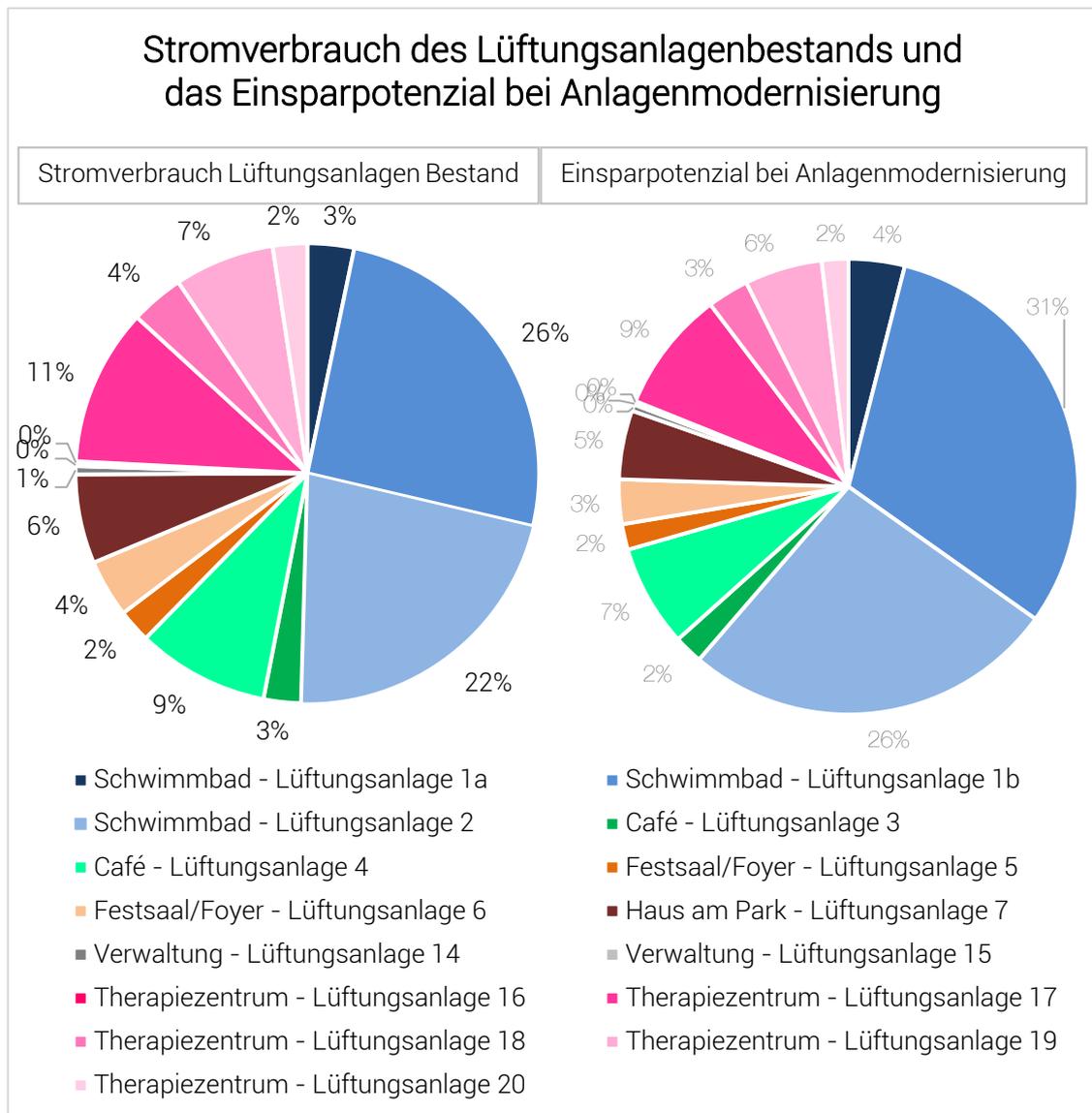


Abbildung 47: Anteil am Stromverbrauch durch die Lüftungsanlagen mit gegenübergestelltem Einsparpotenzial durch eine Modernisierung der Anlagen

Aus den Kreisdiagrammen in Abbildung 47 wird deutlich, dass die Lüftungsanlagen im Gebäude Schwimmbad und Gymnastik, etwa die Hälfte des Stromverbrauchs der hier betrachteten Anlagen verursachen. Außerdem liegt in diesem Bereich das größte Einsparpotenzial mit über 60 %. Darauf folgt die Anlagentechnik im Therapiezentrum mit etwa 20 %.

10.6 Umrüstung der Beleuchtung auf LED

Die Einsparungen durch den Austausch der Beleuchtung mit LED Leuchten wird wie in Kapitel 7.5.3 beschrieben mit Hilfe der Reduktion der Beleuchtungsleistung bestimmt (vgl. Anhang Tabelle 2). Es werden jeweils der Austausch im gesamten Gebäude und in den

Bereichen Verkehrsflächen, Büros bzw. Untersuchungs- und Behandlungsräume (Therapiezentrum) einzeln betrachtet. Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung mit den jährlichen Einsparungen in Euro sind in Abbildung 48 aufgeführt. Die Ergebnisse sind nach Amortisationszeit sortiert dargestellt. Nur sieben der 22 Aktionen sind innerhalb des Betrachtungszeitraums wirtschaftlich. Diese sind mit grünen Rauten markiert, die übrigen mit roten Rauten. Die Amortisationszeit liegt hier bei mehr als 20 Jahren. Beim Austausch im gesamten Gebäude ist es lediglich für das Therapiezentrum wirtschaftlich, ansonsten handelt es sich um den Austausch in einzelnen Beleuchtungsbereichen.

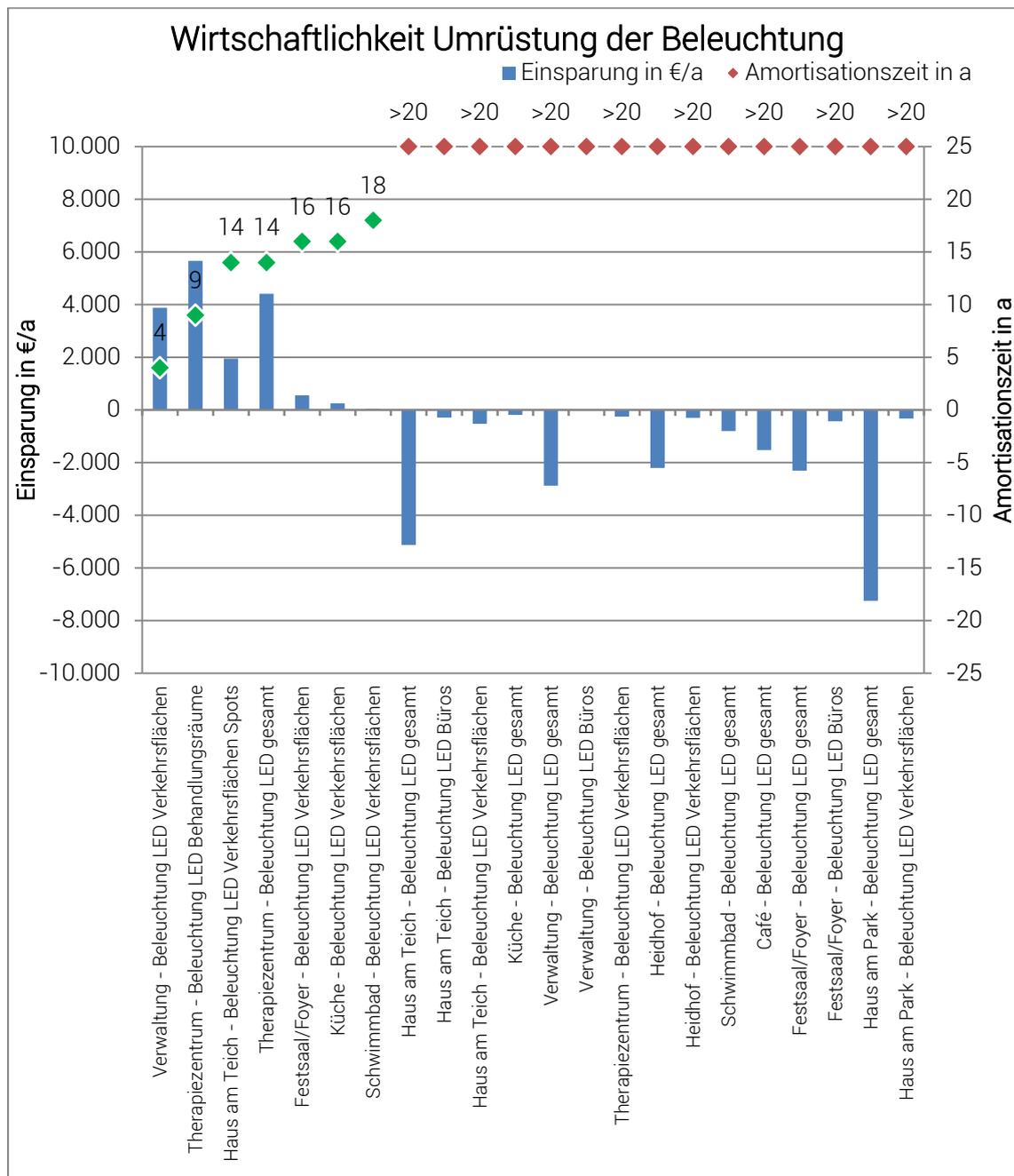


Abbildung 48: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die Umrüstung der Beleuchtung auf LED

10.7 Zusammenfassung und Fazit

In allen Gebäuden der Fachklinik gibt es Potenziale zur Energieeinsparung, die in den vorherigen Kapiteln behandelt wurden (vgl. Anhang Tabelle 3, Anhang Tabelle 4, Anhang Tabelle 5). Die folgenden Diagramme zeigen die Sanierungsmaßnahmen für alle Gebäude in den Bereichen Gebäudehülle, hydraulischer Abgleich, Umrüstung der Beleuchtung und Modernisierung der Lüftungsanlagen mit ihrer Wirtschaftlichkeit und den Einsparungen pro Jahr (vgl. Abbildung 49, Abbildung 50). Es zeigt sich, dass ein hydraulischer Abgleich als Optimierung der vorhandenen Anlagentechnik in jedem Fall sinnvoll ist. Unabhängig davon, ob Maßnahmen an der Gebäudehülle in Zukunft umgesetzt werden, sollte die Heizungstechnik überprüft und angepasst werden. Auch beim Haus am Teich, wo schon ein hydraulischer Abgleich durchgeführt wurde, ist nach Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen eine Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der Einstellungen sinnvoll. Der hydraulische Abgleich ist vergleichsweise mit geringeren Investitionskosten verbunden und es kann eine Amortisation innerhalb der ersten fünf Jahre erfolgen. Es ist für viele der Gebäude kurzfristig wirtschaftlich. Wie das Beispiel aus Kapitel 10.4 zeigt, können auch mit einfachen Mitteln Einsparungen an der Wärmeerzeugung für Raumwärme und Warmwasser erfolgen. Hier bedarf es einer Anpassung der Anlagentechnik an die Gegebenheiten bei Veränderungen der Nutzung. Das Vorgehen ist übertragbar auf andere Bereiche, wie Lüftungstechnik oder Beleuchtung.

Den Ergebnissen zu den Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle ist zu entnehmen, dass eine Dachsanierung für das Gebäude Schwimmbad und Gymnastik sowie für das Haus am Teich mittelfristig wirtschaftlich sind. Darauf folgen die oberen Gebäudeabschlüsse des Haus am Park und des Heidhofs. Als Komplettsanierung bietet sich das Schwimmbad an, da die Einsparungen innerhalb von zehn Jahren die Investitionskosten aufwiegen können. Zu beachten ist hier, dass die Außenwanddämmung nur für den Altbestand des Mauerwerks einberechnet wurde. Die späteren An- und Umbauten werden nicht einbezogen. Für wenige Gebäude ist die Außenwanddämmung mit Klinkerriemchen wirtschaftlich innerhalb der Nutzungszeit von 25 Jahren. Der Fenstertausch ist als Einzelmaßnahme innerhalb der 25 Jahre nicht wirtschaftlich.

Sollten Arbeiten zur Instandhaltung der Gebäude geplant werden, so ist es zu empfehlen, Sanierungsmaßnahmen im Zuge dieser Arbeiten mit einzuplanen und durchzuführen. Die Kosten für die Sanierungsmaßnahme an sich können reduziert werden, da beispielsweise das Stellen eines Gerüsts durch die Instandhaltungs- oder Reparaturarbeiten ohnehin erfolgen muss.

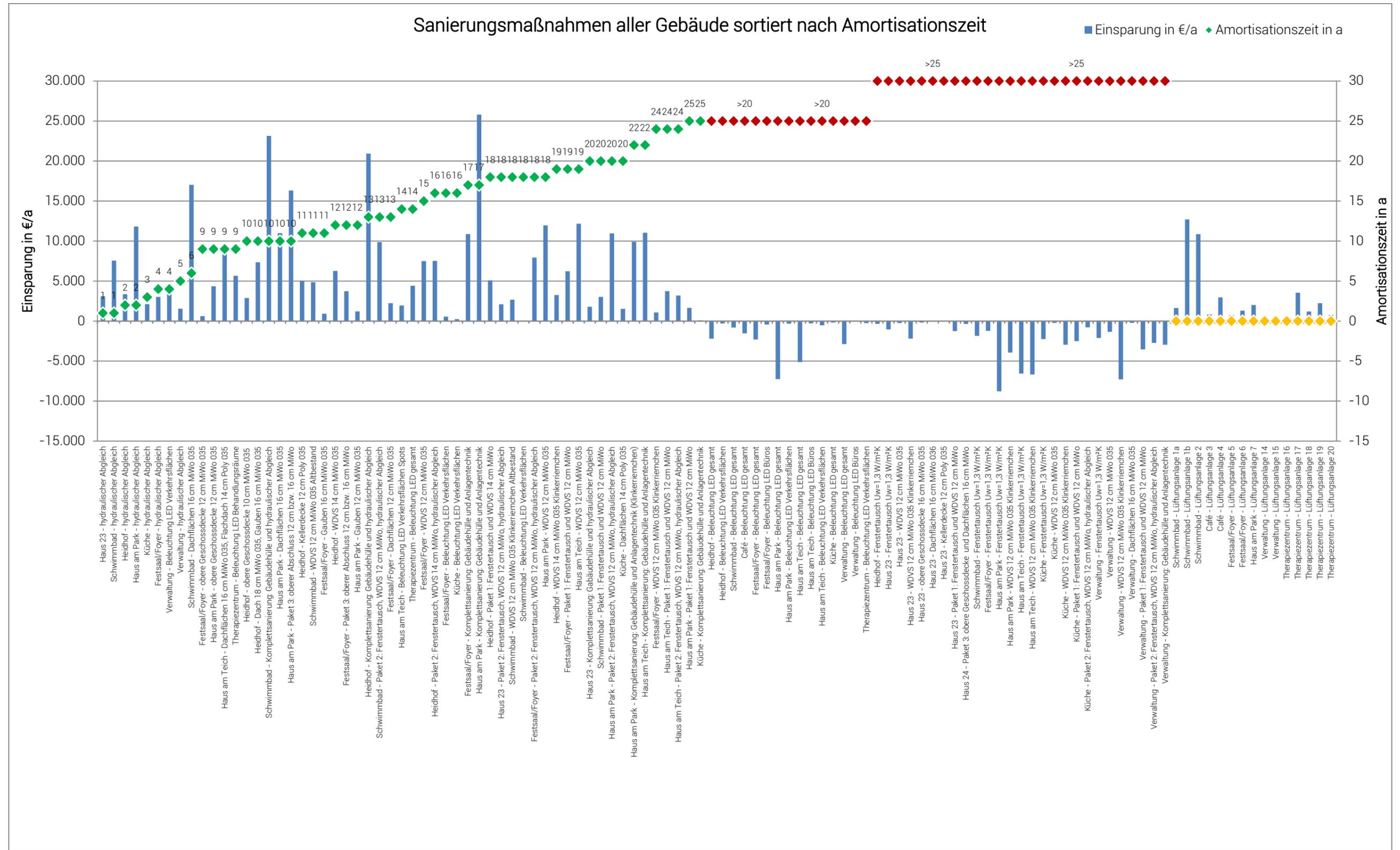


Abbildung 49: Übersicht der Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete für alle Gebäude, sortiert nach Amortisationszeit

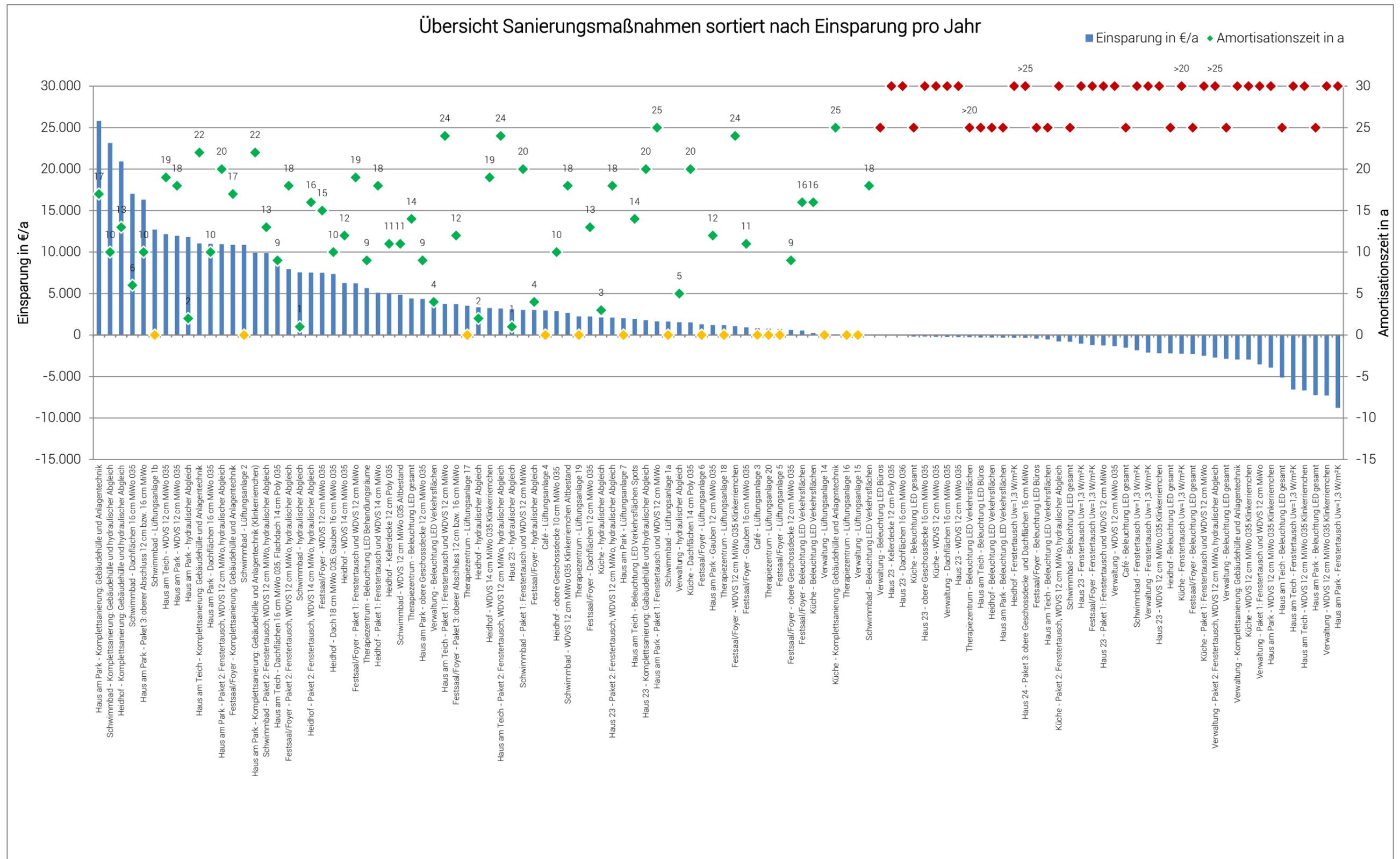


Abbildung 50: Übersicht der Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete für alle Gebäude, sortiert nach Größe der Einsparung

Aus der Abschätzung zur Raumluftechnik wird deutlich, dass ein großes Einsparpotenzial in der Sanierung der Lüftungsanlagen des Schwimmbads und der Gymnastik liegt. Auch die Lüftungsanlagen des Therapiezentrums sollten überprüft werden. In jedem Falle ist es sinnvoll, eine Messung der Luftmengen und der Leistungsaufnahme zu machen, um daraus weitere Schlüsse zu ziehen.

Die komplette Umrüstung der Beleuchtung auf LED zeigt sich mit Ausnahme des Therapiezentrums für keines der Gebäude wirtschaftlich attraktiv. Einzelne Beleuchtungsbereiche, in denen die Brenndauer am Tag besonders hoch ist und auch besondere Anforderungen an die Beleuchtungsstärke vorliegen, können jedoch wirtschaftlich umgerüstet werden. Dies betrifft vor allem Verkehrsflächen und Büros oder Untersuchungs- und Behandlungsräume. Generell ist ein Umstieg auf die neue Beleuchtungstechnik bei einem auftretenden Defekt der vorliegenden Beleuchtung für einzelne Leuchten oder einzelne Räume sinnvoll. Dies gilt auch für die Außenbeleuchtung, die in dieser Arbeit nicht mit behandelt wurde.

Im folgenden Diagramm sind alle Sanierungsmaßnahmen zusammengefasst, die analysiert wurden. Jede farbige Markierung stellt eine Maßnahme dar. Anhand dieser Darstellung in Abbildung 51 können möglicherweise für einige Maßnahmentypen Muster in Einsparung und Wirtschaftlichkeit erkennen. Die Maßnahmen, die sich als nicht wirtschaftlich innerhalb der Nutzungszeit erweisen, sind auf dem Abschnitt „Amortisation 30 Jahre“ zu finden. Auch die Beleuchtungsmaßnahmen sind trotz der abweichenden Nutzungszeit der Übersicht halber dort aufgeführt.

Im unteren vorderen Bereich finden sich die Markierungen zum hydraulischen Abgleich. Das Einsparpotenzial liegt zwischen fünf und zehn Prozent, die Umsetzung ist also kurzfristig wirtschaftlich. Bei einem Gebäude liegt das Einsparpotenzial sogar bei über 20 %. Die Maßnahmen zum oberen Abschluss, sowohl die Einzelmaßnahmen als auch die Maßnahmenpakete befinden sich mit wenigen Ausreißern im mittleren Drittel, mit einer Amortisationszeit von zehn Jahren und einem Einsparpotenzial von bis zu 20 %. Die Umstellung der Beleuchtung (rautenförmigen Markierungen, gelb/orange) liegt eher bei sehr geringer Einsparung bei einer Amortisationszeit zwischen 14 und 18 Jahren mit einer Ausnahme bei weniger als zehn Jahren. Das Maßnahmenpaket 1 mit Fenstertausch und Außenwanddämmung ist etwas weiter gestreut von 18 bis 25 Jahren und einem Einsparpotenzial zwischen 9 % und 32 %. Die übrigen Maßnahmen sind weiter gestreut im Diagrammbereich und sind von den Ergebnissen her sehr unterschiedlich.

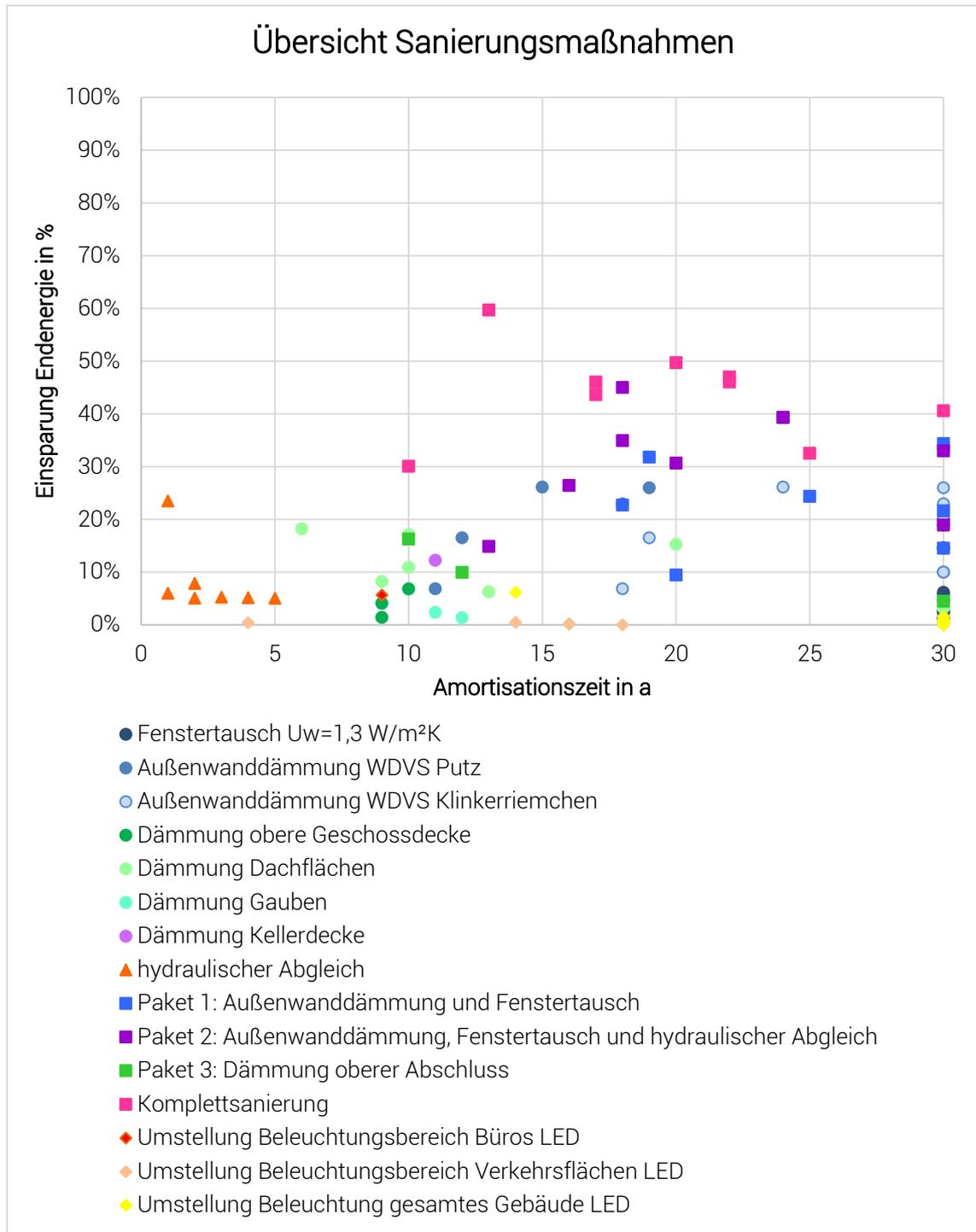


Abbildung 51: Aufstellung der Sanierungsmaßnahmen nach prozentualer Endenergieeinsparung und Wirtschaftlichkeit

11 Abgleich der Ergebnisse mit umweltpolitischen Zielen

Die Einsparpotenziale der dargestellten Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen können Hinweise darauf geben, inwieweit die eingangs genannten umweltpolitischen Zielvorstellungen der Bundesregierung im Rahmen einer Gebäudesanierung erreicht werden können. Die Klinik soll im Folgenden als Modell herangezogen werden, um abzugleichen, inwieweit die Klimaschutzziele der Bundesregierung im konkreten Anwendungsfall erreicht werden können.

Es wird die angestrebte CO₂ Einsparung betrachtet, die als das zentrale Klimaschutzziel gilt. Bis zum Jahr 2050 sollen die Treibhausgasemission in Deutschland um 80 % bis 90 % gemindert werden. Ein direkter Transfer dieser Ziele auf die Fachklinik kann nur Anhaltspunkte zu einem Abgleich liefern, da sich die Ziele der Reduktion von Treibhausgasemissionen kaum ohne einen gesamtdeutschen Kontext übertragen lassen. D.h. einzelne Gebäude sind in dieser umweltpolitischen Zielsetzung nur ein Baustein, volkswirtschaftlich betrachtet fließen aber viele weitere Faktoren in das Erreichen dieser Ziele mit ein, etwa die Umstellung auf erneuerbare Energiequellen. Insoweit ist ein 1:1 Vergleich nicht möglich, da die Gebäudesanierung nur ein Teilstück in einem komplexen Prozess von Klimaschutzmaßnahmen darstellt. Um einen Abgleich zu ermöglichen, wird dieser unter der Annahme vereinfachter Grundbedingungen durchgeführt. D.h. es wird im Folgenden angenommen, dass theoretisch bei jedem Gebäude, jeder Produktionsstätte oder im Verkehrsbereich jeweils eine Einsparung um 80 % erfolgen muss, um die die Vorgaben für Gesamtdeutschland zu erreichen.

Aktuell basiert die Versorgung der Fachklinik Aukrug mit Energie z.T. schon auf erneuerbaren Energiequellen. Beispielsweise ist die Wärmeversorgung über die Fernwärmeleitungen mit Heizwasser aus einer Biogasanlage ein gutes Beispiel für eine umweltfreundliche und CO₂-arme Wärmeversorgung. Reserve und Spitzenlast werden mit konventionellen Erzeugern gewährleistet. Die Stromversorgung ist aktuell noch ein Strommix mit 29,4 % regenerativem Anteil, der in Zukunft zugunsten eines klimaneutralen Angebots optimiert werden könnte. Für die Fachklinik können die politischen Klimaschutzziele in Bezug auf die CO₂ Emission, wohl heute schon erfüllt werden. Die Sanierungsmaßnahmen, die in dieser Arbeit erarbeitet und analysiert wurden, tragen zusätzlich zu einer effizienten Energienutzung bei und ermöglichen neben den erheblichen energetischen auch finanzielle Einsparungen.

Die Wärmeversorgung der Fachklinik Aukrug ist eine spezielle Lösung, die sich erneuerbare Energien zu Nutze macht. Dies ist aktuell in Deutschland noch eher die Ausnahme. Um eine Vergleichbarkeit mit Institutionen mit konventioneller Wärme- und Stromversorgung herstellen zu können, wird die Klinik in der folgenden Modellbetrachtung herangezogen. Die Ergebnisse dieser Arbeit werden im Folgenden genutzt, um die CO₂-Emissionen bei einer Wärmeversorgung mit dem Energieträger Erdgas und einem Strommix abzubilden. Die Berechnung des Einsparpotenzials, das durch die vorgestellten Sanierungsmaßnahmen erschlossen werden soll, erfolgt jeweils für zwei verschiedene Varianten.

Anhand des abgeglichenen Endenergiebedarfs im Ist-Zustand und des reduzierten Endenergiebedarfs durch die einbezogenen Sanierungsmaßnahmen wird das Einsparpotenzial ermittelt.

Variante a beinhaltet die Komplettsanierungen aller Gebäude bis auf das Verwaltungsgebäude sowie die Sanierung der Anlagentechnik und die Umrüstung auf LED Beleuchtung für das Therapiezentrum. *Variante a* ist eine Zusammenführung aller Maßnahmen, die sich als wirtschaftlich innerhalb der Nutzungsdauer darstellen. Es liegt zwar keine konkrete Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die Modernisierung der Lüftungsanlagen vor, allerdings wird aufgrund des Alters der Anlagentechnik und dem abgeschätzten Einsparpotenzial von einer positiven Prognose für eine wirtschaftliche Realisierung ausgegangen. Sie werden daher mit in diese Betrachtung einbezogen.

In *Variante b* wird die Betrachtung um diejenigen Maßnahmen erweitert, die sich als nicht wirtschaftlich innerhalb der Nutzungsdauer erwiesen haben. D.h. diese Variante beinhaltet alle Komplettsanierungen der Gebäude, die Umrüstung auf LED für alle Gebäude sowie die Sanierung der Lüftungsanlagen. Gegenüber *Variante a* handelt es sich folglich um die konsequente Ausschöpfung der vorgestellten Sanierungs- und Modernisierungsmöglichkeiten, ohne auf finanzielle Interessen (aus heutiger Sicht) Rücksicht zu nehmen. In Zukunft sich können diese Maßnahmen aufgrund von steigenden Energiepreisen als wirtschaftlich erweisen.

Auf Grundlage der Endenergie erfolgt eine Umrechnung des Bedarfs in CO₂-Äquivalente. Diese CO₂-Äquivalente betragen für Erdgas bezogen auf die Endenergie 250 g/kWh und 588 g/kWh für Strom [IINAS2015].

Das folgende Säulendiagramm zeigt die Ergebnisse der Berechnungen zur Reduzierung von CO₂-Emissionen für die *Varianten a* und *b* im Vergleich zum Ist-Zustand (vgl. Abbildung 52).

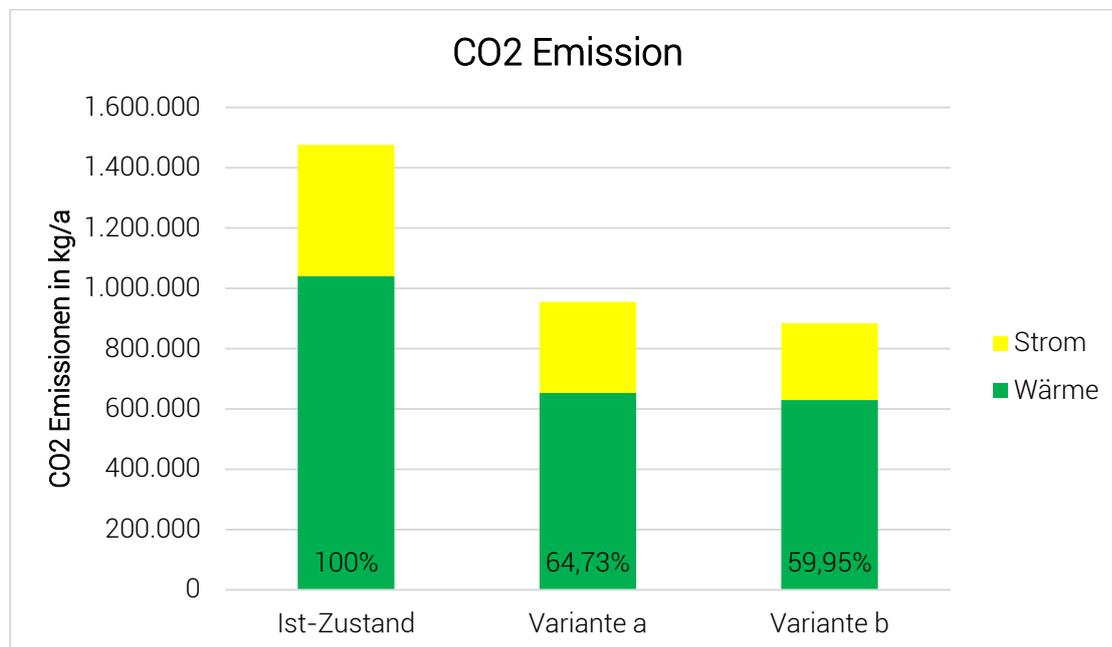


Abbildung 52: Reduzierte CO₂ Emissionen der Varianten a und b im Vergleich zum Ist-Zustand

Die CO₂ Einsparung liegt bei *Variante a* bei etwa 35 %, bei *Variante b* bei etwa 40 %. Damit sind insbesondere bei *Variante b* alle in Kapitel 10 aufgeführten Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen ausgeschöpft, die Möglichkeiten bzgl. weiterer Optimierungen sind gering. Es wurden bereits die Sanierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Gebäudehülle, der Beleuchtung und der Lüftungstechnik betrachtet.

Es bestünde beispielsweise die Möglichkeit, die Außenwände stärker zu dämmen. Jedoch entspricht das Wärmeeinsparungspotential einer bei ansteigender Dicke abflachenden Kurve. Man müsste erheblich dickere Dämmung anbringen, um eine weitere Senkung des Wärmebedarfs zu bewirken. Dies würde sich wiederum negativ auf die Wirtschaftlichkeit auswirken. Die Maßnahmen im Bereich der Gebäudehülle sind damit ausgeschöpft. Folglich kann der Wärmebedarf auch nicht weiter reduziert werden.

Die Beleuchtung würde mit der aktuell sparsamsten dargestellten Variante gewährleistet. Auch hier sind kaum weitere Senkungen des Strombedarfs möglich, die zu einer weiteren Reduktion des CO₂-Ausstoßes führen würden. Einen Unsicherheitsfaktor im Stromverbrauch bildet nach wie vor die Lüftungstechnik. Allerdings würden auch hier unter Ausschöpfung von Modernisierungsmaßnahmen des aktuellen Standes der Technik die benötigten 40 % zur Erreichung des Einsparziels nicht im Ansatz erreicht werden. Es sind

weiterhin keine Stromeinsparungen in den nächsten Jahren zu erwarten. Der Betrieb der Klinik wird in der Form weiter bestehen. Eine Untersuchung weiterer Stromsparmaßnahmen verspricht nur wenig Erfolgspotenzial. Die Kühltechnik in der Küche ist beispielsweise erst drei Jahre alt.

Selbst Mehrinvestitionen in Maßnahmen, die aus heutiger Sicht nicht wirtschaftlich innerhalb der Nutzungsdauer sind (*Variante b*), ermöglichen nur eine Steigerung um etwa 5 % auf rund 40 % Einsparung.

Eine Umstellung auf regenerative Energiequellen bei der Energieversorgung des Gebäudes ist folglich unabdingbar, um die Lücke von 40 % oder sogar 50 % zur Erreichung der angestrebten CO₂-Reduktion zu schließen.

Letztlich ist die Perspektive der Klimaschutzziele eine gesamtdeutsche, die neben dem Gebäudebereich, Mobilität, Energieforschung und neue Technologien sowie vor allem Effizienz und den Umbau der konventionellen Energiegewinnung und Verteilung hin zu erneuerbaren Energien und der Errichtung einer geeigneten Infrastruktur mit einbezieht. D.h. die Zielerreichung ist nicht nur von einzelnen Maßnahmen oder Disziplinen abhängig, sondern maßgeblich davon, wie Energie selbst erzeugt wird. Die Etablierung und verstärkte Nutzung erneuerbarer Energiequellen würde einen spürbaren Unterschied machen. Zuletzt sind die durchgerechneten Maßnahmen alle mit einem klaren Schwerpunkt auf der Gebäudehülle und Gebäudetechnik gemacht worden, darüber hinausgehende Maßnahmen, wie z.B. die Installation einer Solarthermie- oder Photovoltaikanlage, wurden nicht mit in die Betrachtung einbezogen. Dennoch liefert auch der Vergleich abstrakter politischer Zielvorgaben aufgrund der frappanten Schere zwischen Zielvorgaben und tatsächlich erreichbaren Werten für das Analyseobjekt Hinweise darauf, dass diese Zielvorgaben überoptimistisch sind. Dass ein Zusammenspiel mit der Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien an der Wärme- und Stromversorgung bis zum Jahr 2050 dazu führt, dass die CO₂ Emissionen um 80 % oder sogar 90 % sinken, erscheint schwer vorstellbar.

Angesichts der Verknüpfung der dargestellten Maßnahmen mit dem Rechtsrahmen, der die politischen Ziele in diesem Bereich umsetzen soll, erscheint es höchst zweifelhaft, ob die bisherige Gesetzgebung ausreicht. Es müssen weiterhin Anreize geschaffen werden, auch wirtschaftlich zunächst unattraktivere Maßnahmen bzw. diese durch Förderungsmaßnahmen auch wirtschaftlich attraktiv zu machen. Die modellhafte Analyse zeigt aber deutlich, dass die angestrebten Einsparungen sich kaum nur durch Gebäudesanierungsmaßnahmen erreichen lassen, es kommt auch auf die Wahl von Energiequellen an, um

die CO₂ Emissionen reduzieren zu können. Man erreicht im Bereich des Energiebedarfs ab einem bestimmten Punkt physikalische Grenzen. D.h. im Bereich des Betriebs von Gebäuden können zwei Komponenten in Zukunft erfolgversprechend sein. Zum einen müssen Anreize geschaffen werden, energiesparend zu bauen bzw. zu sanieren und modernisieren. Weiterhin sollte aber auch ein Anreiz bestehen, Energiezulieferer möglichst nach der Art der Energiegewinnung auszuwählen, sodass klimaneutrale Anbieter eher den Zuschlag erhalten. Im Zusammenspiel dieser Möglichkeiten erscheinen die Ziele zwar erreichbar. Öffentliche Einrichtungen können bei diesen Entwicklungen mit ihrem Gebäudebestand eine Vorbildfunktion einnehmen.

Literaturverzeichnis

- Ages2007 ages GmbH (Hg.) (2007), Verbrauchskennwerte 2005. Energie- und Wasserverbrauchskennwerte in der Bundesrepublik Deutschland. 1. Aufl. Münster.
- AGFW2014 AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. (Hg.) (2014), Fernwärme-Preisübersicht. (Stichtag 01.10.2014). Online verfügbar unter https://www.agfw.de/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&file=fileadmin/agfw/content/linkes_menu/wirtschaft_und_market/markt_und_preise/Preisbildung-_Anpassung/AGFW-Preisuebersicht_2014_Versand_Internetexemplar.pdf&t=1430906485&hash=c763fbd38a3d5118dd34b443319d48fc683a51b0, zuletzt geprüft am 13.04.2015.
- Bde2004 Bund der Energieverbraucher e.V. (Hg.) (2004), Gastronomie und Hotelgewerbe. Energiekennzahlen - wie liegt Ihr Betrieb? Wasserverbrauch pro Gast. Online verfügbar unter http://www.energieverbraucher.de/de/gastronomie__1243/, zuletzt geprüft am 04.05.2015.
- BMF2014 Bundesministerium der Finanzen (Hg.) (2014), Personalkosten, Sachkosten und Kalkulationszinssätze in der Bundesverwaltung für Kostenberechnungen und Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen 2013. Online verfügbar unter http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Oeffentliche_Finzen/Bundeshaushalt/personalkostensaetze-2013-anl.pdf?__blob=publicationFile&v=10, zuletzt geprüft am 13.04.2015.
- BMVBS2009 Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS); Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hg.) (2009), Fortschreibung der Nutzungsrandbedingungen für die Berechnung von Nichtwohngebäuden (BBSR-Online-Publikation, 18/2009). Online verfügbar unter <http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2009/ON182009.html>, zuletzt geprüft am 17.12.2014.

- BMVBS2011 Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hg.) (2011), Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland (BMVBS-Online-Publikation, Nr., 16/2011). Online verfügbar unter http://www2.ioer.de/recherche/pdf/2011_dirlich_bmvbs-online-publ16.pdf, zuletzt geprüft am 17.12.2014.
- BMWi2010 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (Hg.) (2010), Energiekonzept. für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Online verfügbar unter http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5, zuletzt geprüft am 03.05.2015.
- BMWi2014 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (Hg.) (2014), Entwicklung von Energiepreisen und Preisindizes. Online verfügbar unter <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/Binaer/Energiedaten/energiepreise-und-energiekosten1-entwicklung-energiepreise-preisindizes,property=blob,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.xls>, zuletzt geprüft am 04.05.2015.
- Bundesregierung2015 Presse und Informationsamt der Bundesregierung (Hg.) (2015), Bilanz zur Energiewende 2015. Berlin. Online verfügbar unter http://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2015/03/2015-03-23-bilanz-energiewende-2015.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 03.05.2015.
- DatenblattFoX2012 Ventilair Group Deutschland GmbH (Walter, Barbara) (2015), Datenblatt Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung, Typ FoX (09/2012), 16.03.2015. E-Mail an Kim Ayleen Laackmann.
- Dena2007 Deutsche Energie-Agentur (Hg.) (2007), Die neue Energieeinsparverordnung (EnEV 2007). Online verfügbar unter http://www.zukunft-haus.info/fileadmin/media/05_gesetze_verordnungen_studien/02_gesetze_und_verordnungen/01_enev/EnEV_Historie/EnEV_2007/Die_neue_Energie_einsparverordnung_Infotext_der_dena.pdf, zuletzt aktualisiert am 10.09.2007, zuletzt geprüft am 19.04.2015.

-
- DESTATIS2015 Statistisches Bundesamt (Hg.) (2015), Preisindizes für die Bauwirtschaft (Fachserie 17 Reihe 4). Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Baupreise/BauwirtschaftPreise.html>, zuletzt geprüft am 17.04.2015.
- DigitalerAtlasNord2015 DigitalerAtlasNord: Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein. Online verfügbar unter <http://portal.digitaleratlasnord.de/portal/initParams.do>, zuletzt geprüft am 10.03.2015.
- DINV185992011 DIN V 18599-1:2011-12, Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger.
- Dittmann2012 Dittmann, Winfried; Schulze, Torsten; Walberg, Dietmar (2012), Gebäudetypologie Schleswig-Holstein. Leitfaden für wirtschaftliche und energieeffiziente Sanierungen verschiedener Baualtersklassen. Kiel: Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen (Bauen in Schleswig-Holstein, 47).
- DRV2012 Deutsche Rentenversicherung Bund (Hg.) (2012), Methodensammlung für Wirtschaftlichkeitsberechnungen (1.0). Online verfügbar unter http://www.deutsche-rentenversicherung.de/cae/servlet/contentblob/319890/publicationFile/61197/20130729_methodensammlung_anlage.pdf, zuletzt geprüft am 13.04.2015.
- DWD2015 Globalstrahlung der Bundesrepublik Deutschland. Jahressummen 2014 (2015): DWD, Abt. Klima- und Umweltberatung. Online verfügbar unter http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU1/KU12/Klimagutachten/Solarenergie/Globalkarten__entgeltfrei/Jahressummen/2014,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/2014.pdf, zuletzt geprüft am 04.05.2015.

- EnEV2014 Bundesregierung (18.11.2013), Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, EnEV 2014. In: Bundesgesetzblatt. Online verfügbar unter http://www.enev-online.com/enev_2014_volltext/enev_2014_verkuendung_bundesgesetzblatt_21.11.2013.pdf, zuletzt geprüft am 07.05.2015.
- Energieberater18599 Energieberater 18599 (2015). Version 8.0.8. Köln: Hottgenroth Software GmbH & Co. KG. Online verfügbar unter <https://www.hottgenroth.de/software/energienachweise/energieberater-18599/>, zuletzt geprüft am 07.05.2015.
- E.VITA2014 Brechtel, Christoph (E.VITA) (2014): Tarifschaltzeiten, 06.08.2014. E-Mail an Kim Ayleen Laackmann.
- E.VITA2015a Schlüter, Daniel (E.VITA) (2015): Monatsrechnungen Strom, 16.03.2015. E-Mail an Kim Ayleen Laackmann.
- E.VITA2015b E.VITA GmbH: E.VITA Strom. Online verfügbar unter <https://www.evita-energie.de/privatkunden/ueber-evita/evita-strom/>, zuletzt geprüft am 14.04.2015.
- E.VITA2015c Schlüter, Daniel (E.VITA GmbH) (2015), Überprüfung Lastgänge durch Netzbetreiber, 23.03.2015. E-Mail an Kim Ayleen Laackmann.
- Frahm2014 Frahm, Hans-Volker (2014): Schema Wärmeleitungen und Primärenergiefaktor, 26.09.2014. E-Mail an Kim Ayleen Laackmann.
- Frahm2015 Frahm, Hans-Volker (2015), Preisstellung Wärme Fachklinik Aukrug, 16.04.2015. E-Mail an Kim Ayleen Laackmann.
- Greve2014a Greve, Walter (2014): Aufnahme Wärmemengenzähler. Aukrug, 18.06.2014. Persönliches Gespräch an Kim Ayleen Laackmann. Notiz.
- Greve2014b Greve, Walter (2014): Begehung Technikräume. Aukrug, 25.09.2014. persönliches Gespräch an Kim Ayleen Laackmann und Stefanie Buchheit. Notiz.
- Greve2015a Greve, Walter (2015): Nutzung Wannensäulenbäder und Inhalation Therapiezentrum, 25.03.2015. E-Mail an Kim Ayleen Laackmann.

- Greve2015b Greve, Walter (2015), Vorschaltgeräte Beleuchtung, 18.03.2015. Telefonat an Kim Ayleen Laackmann. Notiz.
- Heitmann2015 Heitmann, Jörn (2014): Aktuelle Preisstellung Wärme Fachklinik Aukrug, 22.10.2014. E-Mail an Kim Ayleen Laackmann.
- HessischesUmweltministerium1999 Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit; Institut Wohnen und Umwelt GmbH (Hg.) (1999), Heizenergie im Hochbau. Leitfaden energiebewußte Gebäudeplanung. Ein Leitfaden sowie ein Verfahren zur Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden. Online verfügbar unter http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/LEG_Hochbau_kl.pdf, zuletzt geprüft am 07.04.2015.
- Hutzschenreuter2009 Hutzschenreuter, Thomas (2009), Allgemeine Betriebswirtschaftslehre: Grundlagen mit zahlreichen Praxisbeispielen: Gabler.
- IINAS2015 IINAS GmbH - Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (Hg.) (2015), GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) Version 4.94. Online verfügbar unter http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/2015_GEMIS-Ergebnisse-Auszug.xlsx, zuletzt geprüft am 30.04.2015.
- Isover2015 Saint-Gobain ISOVER G+H AG (Hg.) (2014), ISOVER ULTIMATE. Die Hochleistungs-Mineralwolle. Online verfügbar unter http://www.isover.de/Portaldata/1/Resources/produktwelt/produkte/ultimate/Broschuere_ISOVER_ULTIMATE_-_Die_Hochleistungs-Mineralwolle_FINAL.pdf, zuletzt geprüft am 06.05.2015.
- Kamper2010 Kamper, Andreas (2010), Dezentrales Lastmanagement zum Ausgleich kurzfristiger Abweichungen im Stromnetz. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing. Online verfügbar unter <http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CC8QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.ksp.kit.edu%2Fdownload%2F1000019365&ei=9pZIVYOmBo31aJ7PgaAB&usg=AFQjCNHxGAbekhM2zDuWcaWzEMUgvaXFcw&sig2=itQCLyssOgekOJkmxppF5A&bvm=bv.92291466,d.d2s&cad=rja&bvm=bv.92291466,d.d2s&cad=rja>, zuletzt geprüft am 05.05.2015.

- KfW2014 KfW (Hg.) (2014), Liste der Technischen FAQ. Online verfügbar unter [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Förderprogramme-\(Inlandsförderung\)/PDF-Dokumente/6000003140-Technische-FAQ-151-152-430-153-ab-06-2014.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Förderprogramme-(Inlandsförderung)/PDF-Dokumente/6000003140-Technische-FAQ-151-152-430-153-ab-06-2014.pdf), zuletzt geprüft am 25.04.2015.
- Kochendörfer2010 Kochendörfer, Bernd; Liebchen, Jens; Viering, Markus (2010), Bau-Projekt-Management. Grundlagen und Vorgehensweisen. 4., aktualis. u. erw. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner in GWV Fachverlage GmbH (Leitfaden des Baubetriebs und der Bauwirtschaft).
- Krämer2015a Krämer, Holger (2015), Kostenschätzung Sanierungsmaßnahmen. Hamburg, 23.03.2015. Persönliches Gespräch an Kim Ayleen Laackmann. Tabellarische Aufstellung.
- Krämer2015b Krämer, Holger (2015), Kostenansatz Hydraulischer Abgleich aus Projektausschreibung aus 2012 (BBW). Hamburg, 09.03.2015. Persönliches Gespräch an Kim Ayleen Laackmann. Notiz.
- Licht2010 licht.de - Fördergemeinschaft Gutes Licht (Hg.) (2010), LED. Das Licht der Zukunft (Licht.wissen, 17). Online verfügbar unter www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/lichtwissen17_LED.pdf, zuletzt geprüft am 24.04.2015.
- Licht2012 licht.de - Fördergemeinschaft Gutes Licht (Hg.) (2012), Gesundheitsfaktor Licht (Informationen zur Lichtenwendung, 07). Online verfügbar unter http://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/lichtwissen07_Gesundheitsfaktor-Licht.pdf, zuletzt geprüft am 24.04.2015.
- Licht2014 licht.de - Fördergemeinschaft Gutes Licht (Hg.) (2014), Nachhaltige Beleuchtung (Licht.wissen, 20). Online verfügbar unter http://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/1403_lw20_Nachhaltigkeit_web.pdf, zuletzt geprüft am 24.04.2015.
- Lungenstiftung2008 Deutsche Lungenstiftung e.V. (Hg.) (2008), Die Deutsche Lungenstiftung informiert: Inhalationstherapie. Online verfügbar unter http://lungenstiftung.de/fileadmin/dateien/Faltblaetter/DLS_FLY_1_inhalationstherapie_03_2008.pdf, zuletzt geprüft am 05.05.2015.

-
- Marquardt2014a Marquardt, Michael (2014), Zusammenfassung Zielsetzungen Energiekonzept und Planunterlagen, 12.05.2014. E-Mail an Kim Ayleen Laackmann.
- Marquardt2014b Marquardt, Michael (2014): Erstes Gespräch - Untersuchungsobjekte. Aukrug, 12.05.2014. persönliches Gespräch an Kim Ayleen Laackmann. Notiz.
- Mumm2014 Planungsring Mumm + Partner GbR (Grams, Ulrike) (2014), Planunterlagen Gebäude Haus am Teich, 11.07.2014. E-Mail an Kim Ayleen Laackmann.
- Oschatz2009 Oschatz, Bert (2009), Erarbeitung eines Leitfadens zum Abgleich Energiebedarf - Energieverbrauch. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verl (Forschungsinitiative Zukunft Bau, F 2737). Online verfügbar unter <http://www.irbnet.de/daten/rswb/09119005490.pdf>, zuletzt geprüft am 04.05.2015.
- RevisionHaT2009 Greve, Walter (2014), Revisionsunterlagen Haus am Teich Sanierung 2009/2010. Aukrug, 25.09.2014. Revisionsunterlagen Ordner. Auszüge als pdf.
- Smarten2014 SMARTEN GmbH (Hg.) (2014), SMARTEN Installationshandbuch. Baureihe SMARTCHECK 725. Artikel Nr. 725 (4.2).
- Solleske2015 Solleske, Silke (2015), Nutzungszeiten, 28.01.2015. Telefonat an Kim Ayleen Laackmann. Notiz.
- Trilux2015a TRILUX Vertrieb GmbH (Barth, Marco) (2015), Umstellung auf LED Fachklinik Aukrug, 16.04.2015. Telefonat, E-Mail an Kim Ayleen Laackmann.
- Trilux2015b TRILUX Vertrieb GmbH (Barth, Marco) (2015), Defekte LED, 27.04.2015. E-Mail an Kim Ayleen Laackmann.
- TriluxProdukte2015a TRILUX GmbH & Co. KG (Hg.) (2015), Produktinformation 7401N G2 LED1000-830 ET. TOC: 6374940. Online verfügbar unter http://products.trilux.com/pdf/o__BRD010119357.pdf?fileName=, zuletzt geprüft am 24.04.2015.
-

- TriluxProdukte2015b TRILUX GmbH & Co. KG (Hg.) (2015), Produktinformation Acuro LED1000ww ET 01. TOC: 6064140. Online verfügbar unter http://products.trilux.com/pdf/o__BRD010115075.pdf?fileName=, zuletzt geprüft am 24.04.2015.
- TriluxProdukte2015c TRILUX GmbH & Co. KG (Hg.) (2015), Produktinformation Inperla LP C05 BR22 1000-830 ET 01. TOC: 6354940. Online verfügbar unter http://products.trilux.com/pdf/o__BRD010117475.pdf?fileName=, zuletzt geprüft am 24.04.2015.
- TriluxProdukte2015d TRILUX GmbH & Co. KG (Hg.) (2015), Produktinformation 3331W-TS 3300-830 ET. TOC: 6199740. Online verfügbar unter http://products.trilux.com/pdf/o__BRD010103189.pdf?fileName=, zuletzt geprüft am 24.04.2015.
- TriluxProdukte2015e TRILUX GmbH & Co. KG (Hg.) (2015), Produktinformation ArimoS M84 CDP LED3000-840 ET. TOC: 6325840. Online verfügbar unter http://products.trilux.com/pdf/o__BRD010116793.pdf?fileName=, zuletzt geprüft am 24.04.2015.
- TriluxProdukte2015f TRILUX GmbH & Co. KG (Hg.) (2015), Produktinformation 5041RPX-L 4000-840 ET. TOC: 6198640. Online verfügbar unter http://products.trilux.com/pdf/o__BRD010103171.pdf?fileName=, zuletzt geprüft am 24.04.2015.
- UBA2013 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.) (2013), Umweltbewusstsein in Deutschland 2012. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. 5000. Aufl. Berlin. Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4396.pdf>, zuletzt geprüft am 03.05.2015.
- VdZ2013 FÖGES – Fördergemeinschaft Gebäude- und Energiesysteme GmbH (Hg.) (2013), Erhöhung von Komfort und Energieeffizienz. Hydraulischer Abgleich in größeren Anlagen. Leitfaden für Fachleute (VdZ-Information, 22). Online verfügbar unter http://vdzev.de/wp-content/uploads/2014/02/VdZ_Info22_Hydraulischer-Abgleich-Grosse-Anlagen.pdf, zuletzt geprüft am 25.04.2015.

- WIKI2013 Fachklinik Aukrug (2013). Online verfügbar unter http://de.wikipedia.org/wiki/Fachklinik_Aukrug, zuletzt aktualisiert am 13.12.2013, zuletzt geprüft am 14.04.2015.

Anhang

Tabellen

ANHANG TABELLE 1: ERMITTLUNG DER ABWEICHUNG VOM ANGEPASSTEN BEDARF UND DEM TATSÄCHLICHEN VERBRAUCH IM VERGLEICH ZU AGES KENNWERTEN	103
ANHANG TABELLE 2: AUFSTELLUNG DER BELEUCHTUNGSLEISTUNGEN FÜR DIE UNTERSCHIEDLICHEN ZONEN/BELEUCHTUNGSBEREICHE MIT KOSTENERMITTLUNG	104
ANHANG TABELLE 3: ÜBERSICHT DER SANIERUNGSMAßNAHMEN FÜR DIE BEREICHE GEBÄUDEHÜLLE, HYDRAULISCHER ABGLEICH, BELEUCHTUNG UND LÜFTUNGSANLAGEN MIT DEM JEWEILIGEN WERTEN ZUR WIRTSCHAFTLICHKEIT UND DER ERMITTELTEN EINSPARUNG TEIL 1	105
ANHANG TABELLE 4: ÜBERSICHT DER SANIERUNGSMAßNAHMEN FÜR DIE BEREICHE GEBÄUDEHÜLLE, HYDRAULISCHER ABGLEICH, BELEUCHTUNG UND LÜFTUNGSANLAGEN MIT DEM JEWEILIGEN WERTEN ZUR WIRTSCHAFTLICHKEIT UND DER ERMITTELTEN EINSPARUNG TEIL 2	106
ANHANG TABELLE 5: ÜBERSICHT DER SANIERUNGSMAßNAHMEN FÜR DIE BEREICHE GEBÄUDEHÜLLE, HYDRAULISCHER ABGLEICH, BELEUCHTUNG UND LÜFTUNGSANLAGEN MIT DEM JEWEILIGEN WERTEN ZUR WIRTSCHAFTLICHKEIT UND DER ERMITTELTEN EINSPARUNG TEIL 3	107

Dateien auf beiliegendem Datenträger

1. Planunterlagen mit eingezeichneter Zonierung
2. DIN 18599 Berechnungsunterlagen
3. Berichte Wirtschaftlichkeitsberechnungen Sanierungsmaßnahmen
4. Bericht Simulation Solarthermieanlage Haus am Teich

Anhang Tabelle 1: Ermittlung der Abweichung vom angepassten Bedarf und dem tatsächlichen Verbrauch im Vergleich zu Ages Kennwerten

Gebäude	Vor Anpassung			Nach Anpassung			Verbrauch kWh	Differenz kWh	Abweichung %	BGF m²	Bedarf kWh/m²	AGES Vergleichswerte [Ages2007]			
	Bedarf Heizung kWh	Bedarf Warmwasser kWh	Bedarf gesamt kWh	Bedarf Heizung kWh	Bedarf Warmwasser kWh	Bedarf gesamt kWh						Vergleichsgebäudeart	IST kWh/m²	Mittel kWh/m²	Ziel kWh/m²
Haus 23	99318	37390	136708	51452	32799	84250,92	67970	16280,92	23,95	868,14	97,05	Wohngebäude/Gemeinschaftsstätten ge- samt	97,05	136	83
Schwimmbad & Gymnastik- halle	932149	112109	1044258	596134	71889	668023	546870	121153	22,15	2551,89	261,78	Hallenbäder	261,78	2101	1045
Café	160340	14055	174395	107654	2786	110440	87840	22600	25,73	1393,08	79,28	Gebäude für Kur und Genesung	79,28	106	90
Festsaal & Foyer	817888	0	817888	374505	0	374505	999090	300052	30,03	3036,86	123,32	Gebäude für Kur und Genesung	99,75	106	90
Haus am Park	1197316	28931	1226247	848200	76437	924637	888970	193060	21,72	9987,75	92,58	Gebäude für Kur und Genesung	116,38	106	90
Haus am Teich	1109950	88067	1198017	788373	80227	868600	888970	193060	21,72	7463,21	116,38	Gebäude für Kur und Genesung	116,38	106	90
Verwaltung	295788	0	295788	213430	0	213430	888970	193060	21,72	3210,48	66,48	Verwaltungsgebäude	66,48	95	59
Küche und Speisesaal	326992	62333	389325	249878	72869	322747	290240	32507	11,20	1373,90	234,91	Mensen	234,91	183	126
Therapiezentrum	286876	29397	316273	181261	29076	210337	205220	5117	2,49	4673,11	45,01	Gebäude für Kur und Genesung	45,01	106	90
Heidhof	427944	48484	476428	354457	45853	400310	350830	49480	14,10	1362,33	293,84	Wohngebäude/Gemeinschaftsstätten ge- samt	293,84	136	83

Anhang Tabelle 2: Aufstellung der Beleuchtungsleistungen für die unterschiedlichen Zonen/Beleuchtungsbereiche mit Kostenermittlung

Festsaal und Foyer

Zonenbezeichnung	Σ NGF [m²]	Beleuchtung [W/m²]	Beleuchtung [W]	Kosten [€/m²]	Gesamtkosten [€]
16 WC und Sanitärräume	159,88	2,38	380,51	46,30	7.402,44
17 Sonstige Aufenthaltsräume	600,15	2,38	1.428,36	46,30	27.786,95
19 Verkehrsfläche	957,10	0,81	775,25	19,94	19.084,57
20 Lager, Technik, Archiv	116,04	0,81	93,99	19,94	2.313,84
37 Untersuchungsraum, Behandlungsraum	362,95	4,09	1.484,47	45,42	16.485,19
02 Gruppenbüro	485,56	3,60	1.748,02	26,67	12.949,89
36 Labor	300,75	4,09	1.230,07	45,42	13.660,07

Haus am Park

Zonenbezeichnung	Σ NGF [m²]	Beleuchtung [W/m²]	Beleuchtung [W]	Kosten [€/m²]	Gesamtkosten [€]
17 Sonstige Aufenthaltsräume	417,85	2,38	994,48	46,30	19.346,46
19 Verkehrsfläche	1.650,50	0,81	1.336,91	19,94	32.911,06
20 Lager, Technik, Archiv	1.439,13	0,81	1.165,70	19,94	28.696,26
11 Hotelzimmer	2.650,14	2,38	6.307,33	32,95	87.322,08

Haus am Teich

Zonenbezeichnung	Σ NGF [m²]	Beleuchtung [W/m²]	Beleuchtung [W]	Kosten [€/m²]	Gesamtkosten [€]
02 Gruppenbüro	309,03	3,60	1.112,51	26,67	8.241,83
04 Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar	124,57	3,60	1.263,93	26,67	3.322,28
06 Einzelhandel/Kaufhaus	85,85	4,09	1.263,93	45,42	3.899,31
11 Hotelzimmer	2.243,22	2,38	735,49	46,30	103.861,09
14 Küche in Nichtwohngebäuden	26,37	4,09	1.263,93	45,42	1.197,73
16 WC und Sanitärräume	65,89	2,38	735,49	46,30	3.050,71
17 Sonstige Aufenthaltsräume	150,75	2,38	735,49	46,30	6.979,73
19 Verkehrsfläche	1.929,50	2,75	5.306,13	29,40	56.727,30
20 Lager, Technik, Archiv	441,68	2,75	1.214,62	29,40	12.985,39
37 Untersuchungsraum, Behandlungsraum	17,89	2,38	735,49	46,30	828,31

Haus am Teich - LED Spots (Verkehrsflächen)

Zonenbezeichnung	Σ NGF [m²]	Beleuchtung [W/m²]	Beleuchtung [W]	Kosten [€/m²]	Gesamtkosten [€]
02 Gruppenbüro	309,03	3,60	1.112,51	26,67	8.241,83
04 Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar	124,57	3,60	1.263,93	26,67	3.322,28
06 Einzelhandel/Kaufhaus	85,85	4,09	1.263,93	45,42	3.899,31
11 Hotelzimmer	2.243,22	2,38	735,49	46,30	103.861,09
14 Küche in Nichtwohngebäuden	26,37	4,09	1.263,93	45,42	1.197,73
16 WC und Sanitärräume	65,89	2,38	735,49	46,30	3.050,71
17 Sonstige Aufenthaltsräume	150,75	2,38	735,49	46,30	6.979,73
19 Verkehrsfläche	1.929,50	0,81	1.562,90	19,94	38.474,23
20 Lager, Technik, Archiv	441,68	0,81	357,76	19,94	8.807,10
37 Untersuchungsraum, Behandlungsraum	17,89	2,38	735,49	46,30	828,31

Heidhof

Zonenbezeichnung	Σ NGF [m²]	Beleuchtung [W/m²]	Beleuchtung [W]	Kosten [€/m²]	Gesamtkosten [€]
11 Hotelzimmer	833,73	2,38	1.984,28	46,30	38.601,70
19 Verkehrsfläche	289,93	2,75	797,31	29,40	8.523,94

Café

Zonenbezeichnung	Σ NGF [m²]	Beleuchtung [W/m²]	Beleuchtung [W]	Kosten [€/m²]	Gesamtkosten [€]
16 WC und Sanitärräume	41,07	2,38	97,75	46,30	1.901,54
17 Sonstige Aufenthaltsräume	634,22	2,38	1.509,44	46,30	29.364,39
19 Verkehrsfläche	347,84	2,75	956,56	29,40	10.226,50
20 Lager, Technik, Archiv	151,40	2,75	416,35	29,40	4.451,16
14 Küche in Nichtwohngebäuden	20,96	4,09	85,73	45,42	952,00
15 Küche - Vorbereitung, Lager	14,60	4,09	59,71	45,42	663,13
02 Gruppenbüro	9,20	3,60	33,12	26,67	245,36

Küche

Zonenbezeichnung	Σ NGF [m²]	Beleuchtung [W/m²]	Beleuchtung [W]	Kosten [€/m²]	Gesamtkosten [€]
16 WC und Sanitärräume	39,94	2,38	95,06	46,30	1.849,22
17 Sonstige Aufenthaltsräume	44,11	2,38	104,98	46,30	2.042,29
19 Verkehrsfläche	342,92	2,75	943,03	29,40	10.081,85
20 Lager, Technik, Archiv	563,05	2,75	1.548,39	29,40	16.553,67
14 Küche in Nichtwohngebäuden	123,35	4,09	504,50	45,42	5.602,56
12 Kantine	489,75	2,75	1.346,81	29,40	14.398,65

Schwimmbad

Zonenbezeichnung	Σ NGF [m²]	Beleuchtung [W/m²]	Beleuchtung [W]	Kosten [€/m²]	Gesamtkosten [€]
16 WC und Sanitärräume	20,60	2,38	49,03	46,30	953,78
17 Sonstige Aufenthaltsräume	261,20	2,38	621,66	46,30	12.093,56
19 Verkehrsfläche	95,75	2,75	263,31	29,40	2.815,05
20 Lager, Technik, Archiv	943,10	2,75	2.593,53	29,40	27.727,14
31 Turnhalle	381,10	4,09	1.558,70	45,42	17.309,56
Schwimmbad	244,50	4,09	1.000,01	45,42	11.105,19
Umkleiden Schwimmbad	164,50	4,09	672,81	45,42	7.471,59
Duschen und Sanitärräume Schwimmbad	117,40	4,09	480,17	45,42	5.332,31

Therapiezentrum

Zonenbezeichnung	Σ NGF [m²]	Beleuchtung [W/m²]	Beleuchtung [W]	Kosten [€/m²]	Gesamtkosten [€]
16 WC und Sanitärräume	11,65	2,38	27,73	46,30	539,40
17 Sonstige Aufenthaltsräume	71,15	2,38	169,34	46,30	3.294,25
19 Verkehrsfläche	793,48	2,75	2.182,07	29,40	23.328,31
20 Lager, Technik, Archiv	561,25	2,75	1.543,44	29,40	16.500,75
37 Untersuchungsraum, Behandlungsraum	955,15	4,09	3.906,56	45,42	43.382,91

Verwaltung

Zonenbezeichnung	Σ NGF [m²]	Beleuchtung [W/m²]	Beleuchtung [W]	Kosten [€/m²]	Gesamtkosten [€]
16 WC und Sanitärräume	37,00	2,38	88,06	46,30	1.713,10
17 Sonstige Aufenthaltsräume	256,99	2,38	611,64	46,30	11.898,64
19 Verkehrsfläche	619,17	2,75	1.702,72	29,40	18.203,60
20 Lager, Technik, Archiv	1.002,56	2,75	2.757,04	29,40	29.475,22
04 Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar	92,25	4,09	377,30	26,67	2.460,31
02 Gruppenbüro	454,59	3,60	1.636,52	26,67	12.123,92

Anhang Tabelle 3: Übersicht der Sanierungsmaßnahmen für die Bereiche Gebäudehülle, hydraulischer Abgleich, Beleuchtung und Lüftungsanlagen mit dem jeweiligen Werten zur Wirtschaftlichkeit und der ermittelten Einsparung Teil 1

Gebäude	Bezeichnung	Kosten €/m² oder € pauschal	Investitionskosten €	Einsparung €/a	Amortisationszeit a	Endenergiebedarf kWh/a	Einsparung kWh/a	Einsparung %
Heidhof	Heidhof - Ist-Zustand					405400		
Heidhof	Heidhof - Fenstertausch U=1,3 W/m²K	475	94955	-346	>25	380400	25000	6,17%
Heidhof	Heidhof - WDVS 14 cm MiWo 035	157	89833	6276	12	338500	66900	16,50%
Heidhof	Heidhof - WDVS 14 cm MiWo 035 Klinkerriemchen	264	151056	3251	19	338500	66900	16,50%
Heidhof	Heidhof - obere Geschossdecke 10 cm MiWo 035	50	31191	2880	10	377800	27600	6,81%
Heidhof	Heidhof - Dach 18 cm MiWo 035, Gauben 16 cm MiWo 035	95	75923	7355	10	336000	69400	17,12%
Heidhof	Heidhof - Kellerdecke 12 cm Poly 035	86	58580	5050	11	355800	49600	12,23%
Heidhof	Heidhof - hydraulischer Abgleich	3193	3193	3351	2	384800	20600	5,08%
Heidhof	Heidhof - Paket 1: Fenstertausch und WDVS 14 cm MiWo		195116	5092	18	313400	92000	22,69%
Heidhof	Heidhof - Paket 2: Fenstertausch, WDVS 14 cm MiWo, hydraulischer Abgleich		198309	7528	16	298300	107100	26,42%
Heidhof	Heidhof - Komplettsanierung: Gebäudehülle und hydraulischer Abgleich		362859	20927	13	163500	241900	59,67%
Heidhof	Heidhof - Beleuchtung LED gesamt		47126	-2204	>20	405000	400	0,10%
Heidhof	Heidhof - Beleuchtung LED Verkehrsflächen		8524	-299	>20	405300	100	0,02%
Haus 23	Haus 23 - Ist-Zustand					85100		
Haus 23	Haus 23 - Fenstertausch U=1,3 W/m²K	475	27713	-1040	>25	83100	2000	2,35%
Haus 23	Haus 23 - WDVS 12 cm MiWo 035	155	57085	-244	>25	69000	16100	18,92%
Haus 23	Haus 23 - WDVS 12 cm MiWo 035 Klinkerriemchen	262	96492	-2192	>25	69000	16100	18,92%
Haus 23	Haus 23 - obere Geschossdecke 16 cm MiWo 035	60	6898	-189	>25	84200	900	1,06%
Haus 23	Haus 23 - Dachflächen 16 cm MiWo 036	67	12706	-49	>25	82300	2800	3,29%
Haus 23	Haus 23 - Kellerdecke 12 cm Poly 035	86	3764	-36	>25	84200	900	1,06%
Haus 23	Haus 23 - hydraulischer Abgleich	2035	2035	3105	1	65100	20000	23,50%
Haus 23	Haus 23 - Paket 1: Fenstertausch und WDVS 12 cm MiWo		84798	-1243	>25	66700	18400	21,62%
Haus 23	Haus 23 - Paket 2: Fenstertausch, WDVS 12 cm MiWo, hydraulischer Abgleich		86833	2100	18	46800	38300	45,01%
Haus 24	Haus 24 - Paket 3: obere Geschossdecke und Dachflächen 16 cm MiWo		19604	-356	>25	81300	3800	4,47%
Haus 23	Haus 23 - Komplettsanierung: Gebäudehülle und hydraulischer Abgleich		106437	1792	20	42800	42300	49,71%
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - Ist-Zustand					728000		
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - Fenstertausch U=1,3 W/m²K	475	98947	-1835	>25	709000	19000	2,61%
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - WDVS 12 cm MiWo 035 Altbestand	155	64052	4860	11	678300	49700	6,83%
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - WDVS 12 cm MiWo 035 Klinkerriemchen Altbestand	262	108269	2675	18	678300	49700	6,83%
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - Dachflächen 16 cm MiWo 035	67	87251	17028	6	595700	132300	18,17%
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - hydraulischer Abgleich	5222	5222	7559	1	684300	43700	6,00%
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - Paket 1: Fenstertausch und WDVS 12 cm MiWo		162999	3025	20	659300	68700	9,44%
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - Paket 2: Fenstertausch, WDVS 12 cm MiWo, hydraulischer Abgleich		168221	9874	13	619800	108200	14,86%
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - Komplettsanierung: Gebäudehülle und hydraulischer Abgleich		255472	23143	10	509200	218800	30,05%
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - Beleuchtung LED gesamt		84808	-803	>20	727400	600	0,08%
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - Beleuchtung LED Verkehrsflächen		2815	48	18	727900	100	0,01%
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - Erneuerung Lüftungsanlage 1a			1625			8254	
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - Erneuerung Lüftungsanlage 1b			12711			64558	
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - Erneuerung Lüftungsanlage 2			6037			30660	
Schwimmbad und Gymnastik	Schwimmbad - Erneuerung Lüftungsanlage 2			4830			24528	
Café	Café - Ist-Zustand					125500		
Café	Café - Beleuchtung LED gesamt		47804	-1523	>20	123500	2000	1,59%
Café	Café - Erneuerung Lüftungsanlage 3			206			1046	
Café	Café - Erneuerung Lüftungsanlage 3			630			3201	
Café	Café - Erneuerung Lüftungsanlage 4			2968			15072	

Anhang Tabelle 4: Übersicht der Sanierungsmaßnahmen für die Bereiche Gebäudehülle, hydraulischer Abgleich, Beleuchtung und Lüftungsanlagen mit dem jeweiligen Werten zur Wirtschaftlichkeit und der ermittelten Einsparung Teil 2

Gebäude	Bezeichnung	Kosten €/m² oder € pauschal	Investitionskosten €	Einsparung €/a	Amortisationszeit a	Endenergiebedarf kWh/a	Einsparung kWh/a	Einsparung %
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - Ist-Zustand					402900		
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - Fenstertausch U=1,3 W/m²K	475	99342	-1216	>25	379600	23300	5,78%
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - WDVS 12 cm MiWo 035	155	188359	7505	15	297700	105200	26,11%
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - WDVS 12 cm MiWo 035 Klinkerriemchen	262	318387	1074	24	297700	105200	26,11%
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - Dachflächen 12 cm MiWo 035		36245	2241	13	377700	25200	6,25%
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - Gauben 16 cm MiWo 035		12092	920	11	393400	9500	2,36%
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - obere Geschossdecke 12 cm MiWo 035		5580	620	9	397300	5600	1,39%
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - hydraulischer Abgleich	6990	6990	3023	4	382200	20700	5,14%
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - Paket 1: Fenstertausch und WDVS 12 cm MiWo		287700	6232	19	274800	128100	31,79%
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - Paket 2: Fenstertausch, WDVS 12 cm MiWo, hydraulischer Abgleich		294690	7942	18	262200	140700	34,92%
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - Paket 3: oberer Abschluss 12 cm bzw. 16 cm MiWo		53916	3723	12	362900	40000	9,93%
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - Komplettsanierung: Gebäudehülle und Anlagentechnik		348607	10876	17	227100	175800	43,63%
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - Beleuchtung LED gesamt		99682	-2303	>20	400300	2600	0,65%
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - Beleuchtung LED Büros		12950	-433	>20	402600	300	0,07%
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - Beleuchtung LED Verkehrsflächen		19085	553	16	402000	900	0,22%
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - Erneuerung Lüftungsanlage 5			748			3798	
Festsaal und Foyer	Festsaal/Foyer - Erneuerung Lüftungsanlage 6			1301			6607	
Haus am Park	Haus am Park - Ist-Zustand					951600		
Haus am Park	Haus am Park - Fenstertausch U=1,3 W/m²K	475	221027	-8778	>25	938200	13400	1,41%
Haus am Park	Haus am Park - WDVS 12 cm MiWo 035	155	465991	11966	18	733400	218200	22,93%
Haus am Park	Haus am Park - WDVS 12 cm MiWo 035 Klinkerriemchen	262	787675	-3930	>25	733400	218200	22,93%
Haus am Park	Haus am Park - Dachflächen 16 cm MiWo 035	60	113994	10995	10	847900	103700	10,90%
Haus am Park	Haus am Park - Gauben 12 cm MiWo 035	67	17249	1211	12	938800	12800	1,35%
Haus am Park	Haus am Park - obere Geschossdecke 12 cm MiWo 035	50	37717	4351	9	912900	38700	4,07%
Haus am Park	Haus am Park - hydraulischer Abgleich	14431	14431	11816	2	876800	74800	7,86%
Haus am Park	Haus am Park - Paket 1: Fenstertausch und WDVS 12 cm MiWo		718021	1649	25	720000	231600	24,34%
Haus am Park	Haus am Park - Paket 2: Fenstertausch, WDVS 12 cm MiWo, hydraulischer Abgleich		732452	10959	20	659900	291700	30,65%
Haus am Park	Haus am Park - Paket 3: oberer Abschluss 12 cm bzw. 16 cm MiWo		172571	16318	10	796900	154700	16,26%
Haus am Park	Haus am Park - Komplettsanierung: Gebäudehülle und Anlagentechnik		905023	25806	17	513500	438100	46,04%
Haus am Park	Haus am Park - Komplettsanierung: Gebäudehülle und Anlagentechnik (Klinkerriemchen)		1226707	9909	22	513500	438100	46,04%
Haus am Park	Haus am Park - Beleuchtung LED gesamt		168275	-7249	>20	950700	900	0,09%
Haus am Park	Haus am Park - Beleuchtung LED Verkehrsflächen		32911	-327	>20	951800	-200	-0,02%
Haus am Park	Haus am Park - Erneuerung Lüftungsanlage 7			2012			10217	
Haus am Teich	Haus am Teich - Ist-Zustand					950600		
Haus am Teich	Haus am Teich - Fenstertausch U=1,3 W/m²K	475	578777	-6564	>25	812400	138200	14,54%
Haus am Teich	Haus am Teich - WDVS 12 cm MiWo 035	155	551736	12169	19	703600	247000	25,98%
Haus am Teich	Haus am Teich - WDVS 12 cm MiWo 035 Klinkerriemchen	262	932613	-6671	>25	703600	247000	25,98%
Haus am Teich	Haus am Teich - Dachflächen 16 cm MiWo 035, Flachdach 14 cm Poly 035	67/87	73545	9121	9	872700	77900	8,19%
Haus am Teich	Haus am Teich - hydraulischer Abgleich	11129	11129	-550	>25	950600	0	0,00%
Haus am Teich	Haus am Teich - Paket 1: Fenstertausch und WDVS 12 cm MiWo		1130514	3748	24	577000	373600	39,30%
Haus am Teich	Haus am Teich - Paket 2: Fenstertausch, WDVS 12 cm MiWo, hydraulischer Abgleich		1141643	3198	24	577000	373600	39,30%
Haus am Teich	Haus am Teich - Komplettsanierung: Gebäudehülle und Anlagentechnik		1215188	11044	22	504000	446600	46,98%
Haus am Teich	Haus am Teich - Beleuchtung LED gesamt		201094	-5124	>20	942600	8000	0,84%
Haus am Teich	Haus am Teich - Beleuchtung LED Büros		11564	-289	>20	950200	400	0,04%
Haus am Teich	Haus am Teich - Beleuchtung LED Verkehrsflächen		56727	-526	>20	947600	3000	0,32%
Haus am Teich	Haus am Teich - Beleuchtung LED Verkehrsflächen Spots		38474	1952	14	946200	4400	0,46%

Anhang Tabelle 5: Übersicht der Sanierungsmaßnahmen für die Bereiche Gebäudehülle, hydraulischer Abgleich, Beleuchtung und Lüftungsanlagen mit dem jeweiligen Werten zur Wirtschaftlichkeit und der ermittelten Einsparung Teil 3

Gebäude	Bezeichnung	Kosten €/m² oder € pauschal	Investitionskosten €	Einsparung €/a	Amortisationszeit a	Endenergiebedarf kWh/a	Einsparung kWh/a	Einsparung %
Küche und Speisesaal	Küche - Ist-Zustand					383800		
Küche und Speisesaal	Küche - Fenstertausch U=1,3 W/m²K	475	80166	-2248	>25	366000	17800	4,64%
Küche und Speisesaal	Küche - WDVS 12 cm MiWo 035	155	80135	-220	>25	345500	38300	9,98%
Küche und Speisesaal	Küche - WDVS 12 cm MiWo 035 Klinkerriemchen	262	135454	-2954	>25	345500	38300	9,98%
Küche und Speisesaal	Küche - Dachflächen 14 cm Poly 035	87	84477	1527	20	325300	58500	15,24%
Küche und Speisesaal	Küche - hydraulischer Abgleich	3757	3757	2122	3	363600	20200	5,26%
Küche und Speisesaal	Küche - Paket 1: Fenstertausch und WDVS 12 cm MiWo		160301	-2502	>25	328000	55800	14,54%
Küche und Speisesaal	Küche - Paket 2: Fenstertausch, WDVS 12 cm MiWo, hydraulischer Abgleich		164058	-780	>25	311200	72600	18,92%
Küche und Speisesaal	Küche - Komplettsanierung: Gebäudehülle und Anlagentechnik		248535	93	25	259000	124800	32,52%
Küche und Speisesaal	Küche - Beleuchtung LED gesamt		50528	-186	>20	381100	2700	0,70%
Küche und Speisesaal	Küche - Beleuchtung LED Verkehrsflächen		10082	249	16	383300	500	0,13%
Verwaltung	Verwaltung - Ist-Zustand					227700		
Verwaltung	Verwaltung - Fenstertausch U=1,3 W/m²K	475	149663	-2106	>25	194500	33200	14,58%
Verwaltung	Verwaltung - WDVS 12 cm MiWo 035	155	174115	-1339	>25	182200	45500	19,98%
Verwaltung	Verwaltung - Dachflächen 16 cm MiWo 035	67	28179	-225	>25	220400	7300	3,21%
Verwaltung	Verwaltung - hydraulischer Abgleich	5771	5771	1550	5	216200	11500	5,05%
Verwaltung	Verwaltung - Paket 1: Fenstertausch und WDVS 12 cm MiWo		323778	-3529	>25	149500	78200	34,34%
Verwaltung	Verwaltung - Paket 2: Fenstertausch, WDVS 12 cm MiWo, hydraulischer Abgleich		329549	-2716	>25	152600	75100	32,98%
Verwaltung	Verwaltung - Komplettsanierung: Gebäudehülle und Anlagentechnik		357727	-2947	>25	135300	92400	40,58%
Verwaltung	Verwaltung - Beleuchtung LED gesamt		86128	-2874	>20	225500	2200	0,97%
Verwaltung	Verwaltung - Beleuchtung LED Büros		18204	-8	>20	226100	1600	0,70%
Verwaltung	Verwaltung - Beleuchtung LED Verkehrsflächen		9085	3878	4	226800	900	0,40%
Verwaltung	Verwaltung - Erneuerung Lüftungsanlage 14			185			942	
Verwaltung	Verwaltung - Erneuerung Lüftungsanlage 15			50			255	
Therapiezentrum	Therapiezentrum - Ist-Zustand					264800		
Therapiezentrum	Therapiezentrum - Beleuchtung LED gesamt		87045	4413	14	248500	16300	6,16%
Therapiezentrum	Therapiezentrum - Beleuchtung LED Behandlungsräume		43383	5661	9	249800	15000	5,66%
Therapiezentrum	Therapiezentrum - Beleuchtung LED Verkehrsflächen		23328	-253	>20	263500	1300	0,49%
Therapiezentrum	Therapiezentrum - Erneuerung Lüftungsanlage 16			58			297	
Therapiezentrum	Therapiezentrum - Erneuerung Lüftungsanlage 17			3541			17984	
Therapiezentrum	Therapiezentrum - Erneuerung Lüftungsanlage 19			2246			11406	
Therapiezentrum	Therapiezentrum - Erneuerung Lüftungsanlage 20			772			3921	