

Hochschule Anhalt (FH)

FB 3 – Architektur, Facility Management
und Geoinformatik

Bachelorstudiengang Facility Management (B. Sc.)



Bachelorarbeit

Untersuchung der Grundlagen für
technische Lösungsmöglichkeiten zur
Wärmeversorgung unter Beachtung der
Erfassung und Abrechnung der
Verbrauchswerte für das Gästehaus
Hardenbergstraße 31 am Standort
Dessau

vorgelegt von: Nancy Funke

Matr.-Nr.: 4044372

vorgelegt von: Christoph Klausnitzer

Matr.-Nr.: 4056001

Erstprüfer: Prof. Dr. Reinhard Reimann

Zweitprüfer: Prof. Dipl.-Kfm. Dipl.-Ing. Mario Widmann

Abgabedatum: 20.Mai 2015

Eidesstattliche Erklärung

Wir versichern hiermit, dass die hier vorliegende Arbeit von uns persönlich und selbständig unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt wurde. Wörtlich oder inhaltlich übernommene Textteile sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Dessau-Roßlau, 20.05.2015

Nancy Funke

Christoph Klausnitzer

Aufgabenstellung

Das Gästehaus¹ 12 in der Hardenbergstraße 31 am Hochschulstandort Dessau-Roßlau ist hinsichtlich seiner momentanen Wärmeversorgung zu untersuchen. Die dort im Jahre 1994 eingebaute Gasanlage ist in dieser Arbeit hinsichtlich ihrer Dimensionierung, technischen Leistung und Anforderungen an die aktuellen Verordnungen², Wartungskosten sowie Verbrauchskosten zu untersuchen. Es werden folgende technische Systeme untersucht, um am Ende dieser Arbeit eine sogenannte Vorzugsvariante zu unterbreiten, welche unter technischen und wirtschaftlichen Aspekten am effizientesten ist.

Folgende technische Systeme sind zu untersuchen:

1. Vorhandene Heizungsanlage:

- Niedertemperatur-Gas-Heizkessel Atola-RN (Vollautomat), Typ AVR 64 der Firma Viessmann
- atmosphärischer Brenner, 2-stufig
- Warmwasserbereiter der Firma Viessmann, Typ VertiCell-HG: 200 Liter (Speicherinhalt), Edelstahl, ohne Opferanode

2. Vergleichsanlagen:

- Einsatz eines Blockheizkraftwerkes
- Einsatz einer Gas-Brennwert-Anlage
- Einsatz einer Wärmepumpe
- Umrüstung auf Fernwärme
- Ergänzung einer Photovoltaik-Anlage

Des Weiteren ist zu prüfen, ob der aktuell in Rechnung gestellte Übernachtungspreis noch wirtschaftlich ist. Dieser beläuft sich momentan auf 20,00 € bis 25,00 € pro Tag. Im Zuge einer Nutzwertanalyse sollen alle technischen und buchhalterischen Maßnahmen bewertet werden.

¹ Definition nach Deutsche Hotelklassifizierung www.klassifizierung.de: Ein Gästehaus ist ein Beherbergungsbetrieb, der Unterkunft normalerweise für mehr als eine Nacht und in der Regel keine Speisen anbietet.

² EnEV 2014, EEG 2014, HKVO 2009, anerkannte Regeln der Technik

Bibliographische Zusammenfassung

Untersuchung der Grundlagen für technische Lösungsmöglichkeiten zur Wärmeversorgung unter Beachtung der Erfassung und Abrechnung der Verbrauchswerte für das Gästehaus Hardenbergstraße 31 am Standort Dessau.

Nancy Funke, Christoph Klausnitzer; WS 14/15; 54 Seiten, 16 Abbildungen, 22 Tabellen, 11 Anlagen

Dessau-Roßlau, Hochschule Anhalt (FH), FB 3 – Architektur, Facility Management und Geoinformation - Bachelorstudiengang

Zielstellung dieser Arbeit war, eine wirtschaftliche Bewertung der vorhandenen Wärmeerzeugeranlage des Referenzobjektes Hardenbergstraße 31 gegenüber moderneren und energieeffizienteren Anlagen vorzunehmen sowie die Abrechnungsvarianten der anfallenden Verbräuche, u.a. Gas, Strom und Wasser, zu untersuchen.

Bei der Wärmeversorgung wurde verglichen, ob der Einsatz eines Blockheizkraftwerkes, einer Gas-Brennwert-Anlage, einer Wärmepumpe oder Umrüstung auf die Fernwärmeversorgung wirtschaftlicher zu beurteilen ist. Hinsichtlich der Abrechnungsvarianten wurden einzelne Methoden soweit untersucht und bewertet, dass sich daraus entsprechende Zimmerpreise ermitteln lassen.

Für das zu betrachtende Referenzobjekt standen dieser Arbeit spezifische Gebäude- und Verbrauchsdaten zur Verfügung, um einen Anlagen- und Abrechnungsvergleich durchzuführen. Der im Referenzobjekt befindlichen Wärmeerzeugeranlage, einem Niedertemperatur-Gas-Heizkessel mit atmosphärischem Brenner, wurden vier Wärmeversorgungsvarianten gegenübergestellt. Für die Gegenüberstellung war die Auswertung der Verbrauchs- und Belegungsdaten erforderlich, um eine Leistungsbestimmung der infrage kommenden Anlage zur Wärmeversorgung vornehmen zu können. Mit Hilfe der Belegungsliste des Referenzobjektes, der Jahresabrechnung für Gas, Abwasser und Wasser, und Strom sowie der jährlich anfallenden Betriebskosten, wurden hinsichtlich der Verbrauchsabrechnung Varianten gegenübergestellt, welche jeweils die Grundlage für die Ermittlung der Zimmerpreise pro Tag bildet.

Thesen

1. Die momentane Wärmeerzeugeranlage des Referenzobjektes in der Hardenbergstraße 31 ist in Bezug auf dessen Nutzung überdimensioniert.
2. Eine neue Wärmeerzeugeranlage spart langfristig Betriebskosten ein.
3. Für das Referenzobjekt empfiehlt sich eine Erdgas-Brennwertanlage zur Wärmeversorgung.
4. Die aktuell erhobenen Übernachtungsbeiträge für die Wohnungen sind nicht kostendeckend.
5. Eine genaue Abrechnung für einzelne Wohnungen ist aufgrund fehlender Messtechnik derzeit nicht realisierbar.
6. Eine Abrechnung gemäß HKVO bedingt bauliche Maßnahmen oder entsprechende Messtechnik.
7. Anhand der laufenden Kosten und der Fläche kann dennoch ein statisch kalkulierter Wohnungspreis ermittelt werden, der die Kosten deckt.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	II
Aufgabenstellung	III
Bibliographische Zusammenfassung	IV
Thesen	V
Inhaltsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	X
Abkürzungsverzeichnis	XI
Einheitenverzeichnis	XII
1. Einleitung	1
2. Vorgehensweise	3
3. IST-Analyse	4
3.1. Das Referenzobjekt	4
3.2. Untersuchung der Verbrauchsdaten	5
3.2.1. Gesamtwärmebedarf.....	6
3.2.2. Jahresheizwärmeverbrauch	6
3.2.3. Wärme für Warmwasser	8
3.2.4. Stromverbrauch	11
3.2.5. Übersicht und statistischer Vergleich der Verbrauchswerte.....	11
3.3. Klimabereinigung der Verbrauchswerte.....	13
3.4. Überschlägige Ermittlung der Wärmeerzeugerleistung mit Hilfe der Jahresvollaststunden	15
3.5. Ermittlung der Normheizlast	17
3.6. Heizlastberechnung nach DIN 12831	19
4. Anlagenkonzepte zur Energieversorgung	22
4.1. Neue Anlagenkonzepte	23
4.1.1. Einsatz eines Blockheizkraftwerkes	23
4.1.2. Erdgas - Brennwerttechnik	26

4.1.3.Fernwärme.....	27
4.1.4.Luft-Wasser-Wärmepumpe	27
4.1.5.Photovoltaikanlage.....	28
4.2. Technologische Empfehlung	30
5. Wirtschaftliche Betrachtung.....	32
5.1. Grundlagen und Rahmenbedingungen.....	32
5.1.1.Kapitalgebundene Kosten	33
5.1.2.Bedarfs- (Verbrauchs-) gebundene Kosten	33
5.1.3.Betriebsgebundene Kosten.....	33
5.1.4.Sonstige Kosten.....	34
5.2. Ermittlung der Jahresbrennstoffkosten	34
5.3. Investitionsübersicht aller Neuanlagen	35
5.3.1.Gas-Brennwertgerät Ecotherm Plus mit Kaskade (Brötje).....	35
5.3.2.Fernwärmehausanschluss der Stadtwerke Dessau.....	36
5.3.3.Luft-Wasser-Wärmepumpe der Firma Dimplex	38
5.3.4.Optionale Ergänzung durch Einsatz von Photovoltaik	39
5.3.5.Kostenaufstellung aller Anlagen.....	40
5.3.6.Ermittlung des Stromertrages aus Photovoltaik.....	41
5.3.7.Nutzwertanalyse der Anlagenvarianten.....	42
5.3.8.Kostenübersicht der Anlagenvarianten.....	43
5.4. Ergebnisse der wirtschaftlichen Betrachtung	43
6. Abrechnungsvarianten der Betriebs- und Nebenkosten	46
6.1. IST-Analyse.....	46
6.2. Nutzwertanalyse.....	46
6.3. Variantenvergleich der Preisermittlung	47
6.3.1.Variante 1 Zimmerpreise je Belegung	47
6.3.2.Variante 2 Zimmerpreise je Fläche.....	48
6.3.3.Variante 3 Zimmerpreise je Verbrauch.....	49
6.4. Merkmale zur Findung einer Vorzugsvariante	50

7. Fazit.....	52
7.1. Zusammenfassung der Ergebnisse und Empfehlungen.....	52
7.2. Mögliche Folgeprojekte	53
8. Quellenangaben und Verzeichnisse	XIV
8.1. Schriftumsverzeichnis	XIV
8.2. Internetquellenverzeichnis.....	XIV
8.3. Verzeichnis der Rechtsquellen, Normen und Richtlinien.....	XVI
8.4. Anlagenverzeichnis	XVI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 energiepolitische Ziele der Bunderegierung	1
Abbildung 2 Vorgehensweise	3
Abbildung 3 Vorderansicht des Referenzobjektes	5
Abbildung 4 Gas- und Warmwasserverbrauch sowie Bettenbelegung 2013.....	7
Abbildung 5 Gas- und Warmwasserverbrauch sowie Bettenbelegung 2014.....	8
Abbildung 6 Klimabereinigter Jahresheizwärmeverbrauch für 2013 und 2014.....	15
Abbildung 7 Beispiel für Wärmeverluste eines Raumes.....	17
Abbildung 8 Beispiel für Wärmegewinne eines Raumes ²²	18
Abbildung 9 Absolute Transmissionswärmeverluste.....	21
Abbildung 10 Transmissionswärmeverluste nach Flächenanteilen	22
Abbildung 11 Grundlage der Auslegung eines BHKW	25
Abbildung 12 Jahresheizlastkurve anhand von Gradtagszahlen.....	25
Abbildung 13 Vergleich der Verbraucherpreise verschiedener Energieträger	31
Abbildung 14 Gesamtübersicht aller Ausgaben der jeweiligen Anlagen.....	40
Abbildung 15 Stromertrag aus PV und Stromverbrauch für das Jahr 2014.....	41
Abbildung 16 Varianten 1 - 3 im Vergleich.....	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Wärmeverbrauch des Referenzobjektes	6
Tabelle 2 Stromverbrauch des Referenzobjektes	11
Tabelle 3 Wärmeverbrauch des Referenzobjektes im Vergleich.....	12
Tabelle 4 Stromverbrauch des Referenzobjektes im Vergleich zu Hotellerien	13
Tabelle 5 Ermittelte Klimafaktoren des Referenzobjektes.....	14
Tabelle 6 Klimabereinigte Heizenergieverbräuche.....	14
Tabelle 7 Berechnung der Heizlast.....	16
Tabelle 8 Übersicht über Vor- und Nachteile der Energieversorgungsanlagen	30
Tabelle 9 Überschlägige Berechnung des Jahresbrennstoffbedarfs	34
Tabelle 10 Kostenübersicht bei Kauf der Gas-Brennwert-Anlage	36
Tabelle 11 Kostenübersicht für Fernwärmeanschluss	37
Tabelle 12 Kostenübersicht bei Kauf der Luft-Wasser-Wärmepumpe.....	38
Tabelle 13 Ermittlung des Strombedarfs für Wärmepumpe	38
Tabelle 14 Kostenübersicht bei Kauf einer Photovoltaikanlage.....	39
Tabelle 15 Nutzwertanalyse für die Anlagenvarianten	42
Tabelle 16 Laufende Kosten der jährlichen Ausgaben und Einnahmen.....	43
Tabelle 17 Nutzwertanalyse für die Zimmerpreise	47
Tabelle 18 Variante 1 Preisermittlung nach Belegung	48
Tabelle 19 Variante 2 Preisermittlung nach Fläche [m ²].....	48
Tabelle 20 Variante 3 Preisermittlung nach Verbrauch.....	49
Tabelle 21 Einnahmen der einzelnen Varianten	51
Tabelle 22 Einnahmen nach momentaner Abrechnung	51

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BHKW	Blockheizkraftwerk
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
CAFM	Computer-Aided Facility Management
DBZ	Deutsche Bauzeitschrift
d. h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
i.d.R.	in der Regel
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWP	Kompressionswärmepumpe
MFH	Mehrfamilienhäuser
WP	Wärmepumpe
WPA	Wärmepumpenanlage
WW	Warmwasser
WWB	Warmwasserbereitung
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
z. B.	zum Beispiel

Einheitenverzeichnis

a	Jahr
°C	Grad Celsius
d	Tag
€	Euro
GW	Gigawatt
K	Kelvin
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWh/a	Kilowattstunden im Jahr
kWh/m ² a	Kilowattstunden je Quadratmeter und Jahr
kWp	Kilowatt Peak-Leistung
l	Liter
l/d	Liter je Tag
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
t	Zeit
W	Watt
Wh	Wattstunde
Wh/l	Wattstunden je Liter

1. Einleitung

Im Zuge der heutigen Energiewende, der drohenden Klimaveränderung, der immer knapper werdenden fossilen Energieträgern und der nicht ganz außer Acht zu lassenden politischen Aspekte hinsichtlich der steigenden Energiepreise sowie der Energiebelieferung in Deutschland, ist das Umdenken im Umgang mit Energien nach wie vor ein wichtiges Thema. Laut der Klimasimulation des Max-Planck-Instituts für Meteorologie könnte sich die globale Mitteltemperatur bis Ende des 21. Jahrhunderts um weitere 2,5 bis 4,1°C erhöhen, wenn die Emissionen von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen unvermindert ansteigen.³ Die energiepolitischen Ziele der Bundesrepublik Deutschland sehen seit dem Energiekonzept 2010 folgende Energieeinsparungen und Effizienzsteigerungen vor:



Abbildung 1 | energiepolitische Ziele der Bundesregierung⁴

Einerseits gibt die aktuelle Energieeinsparverordnung⁵ vor, die Energieverbräuche von Objekten durch bautechnische Sanierungsmaßnahmen zu senken. Anderer-

³ Bundeszentrale für politische Bildung: Erderwärmung. <https://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/globalisierung/52724/erderwaermung>

⁴ Kohler, Stephan (Deutsche Energie-Agentur): Roadmap Energiewende - Trends, Themen und Perspektiven in der Energiewirtschaft. Vortrag am 7. November 2013 in Düsseldorf. http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Veranstaltungen/Vortraege_GF/sk/131107_SK_VNG_-_5_Gasfachliche_Tagung_Duesseldorf_Roadmap_Energiewende_-_Trends_Themen_und_Perspektiven_in_der_Energiewirtschaft.pdf

⁵ EnEV 2014

seits sollen die natürlich vorkommenden Energieressourcen wie zum Beispiel Erdgas, Erdöl, Stein- und Braunkohle, auch Primärenergieträger genannt, durch den Einsatz von effizienten Anlagentechniken für die Energieversorgung möglichst effizient eingesetzt werden, um die natürlichen Ressourcen zu schonen und auch letzten Endes Kosteneinsparungen vorzunehmen. Im Jahr 2014 lag der Primärenergieverbrauch in Deutschland hinsichtlich Erdgas bei 20,5 [%] und Erneuerbaren Energien bei 11,1 [%], anteilig gemessen an den gesamten Primärenergieträgern.⁶

Doch wie sieht es hier in der Praxis aus: Ist es wirklich ausreichend bei Bestandsobjekten, wie das in dieser Arbeit, alleinig durch den Austausch der bisherigen Anlagentechnik der benannten Verordnung gerecht zu werden und vielleicht Kosten zu sparen? Oder gibt es auch andere Möglichkeiten, um Ressourcen zu schonen und die Kosten zu senken?

Im Zuge des Investitions- und Sanierungsprogrammes der Hochschule Anhalt soll das Gästehaus am Standort Dessau in der Hardenbergstraße 31, Ecke Franz-Mehring-Straße⁷, im Jahr 2016 saniert werden. Um zukünftig nachhaltiges Facility Management am Referenzobjekt betreiben zu können, werden im Laufe dieser Arbeit folgende Rahmenbedingungen untersucht:

- Verbrauchswerte erfassen und kontrollieren, welche Grundlagen für die Umlegung der Betriebskosten sind,
- Einsparpotentiale der Primärenergie, welche „in erster Linie auf der Erde natürlich in fester, flüssiger oder gasförmiger Form vorkommende Kohlenwasserstoffe als „fossile“ Energieträger wie Kohle, Erdöl und Erdgas“⁸ entstehen,
- Einsatz von regenerativer Energie, die „sich ständig erneuernde und im Maßstab menschlichen Daseins „unerschöpfliche“ Energieträger wie Wasserkraft, Sonnenenergie und Windenergie“⁹.

⁶ Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2015): Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2014. Stand: März 2015. Berlin, Köln.

⁷ siehe Anlage 1: Lageplan des Referenzobjektes

⁸ Pistohl, Rechenauer, Scheurer 2013, Handbuch der Gebäudetechnik. Band 1: Allgemeines, Sanitär, Elektro, Gas. Werner Verlag, 8. Auflage. Seite H 45

⁹ Pistohl | Rechenauer | Scheurer 2013, Band 1, Handbuch der Gebäudetechnik, Werner Verlag, 8. Auflage, Seite H 45

2. Vorgehensweise

Die Bestimmung einer für das Referenzobjekt passenden Wärmeversorgeranlage erfordert umfassende Voruntersuchungen, um die technische Umsetzbarkeit sowie einen wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten. Einen Überblick über die Vorgehensweise der vorliegenden Arbeit gibt Abbildung 2.

Zunächst wurden die Verbräuche von Gas, Strom und Abwasser/Wasser der letzten zwei Jahre und die Belegungsliste des Referenzobjektes aus den Jahren 2013 und 2014¹⁰ ausgewertet. Anhand der Belegungslisten konnte aufgezeigt werden, ob die einzelnen Verbräuche mit den monatlichen Belegungen übereinstimmen. Des Weiteren wurde anhand der vorliegenden Verbräuche ermittelt, ob die derzeitige Wärmeversorgungsanlage ausreichend dimensioniert wurde.

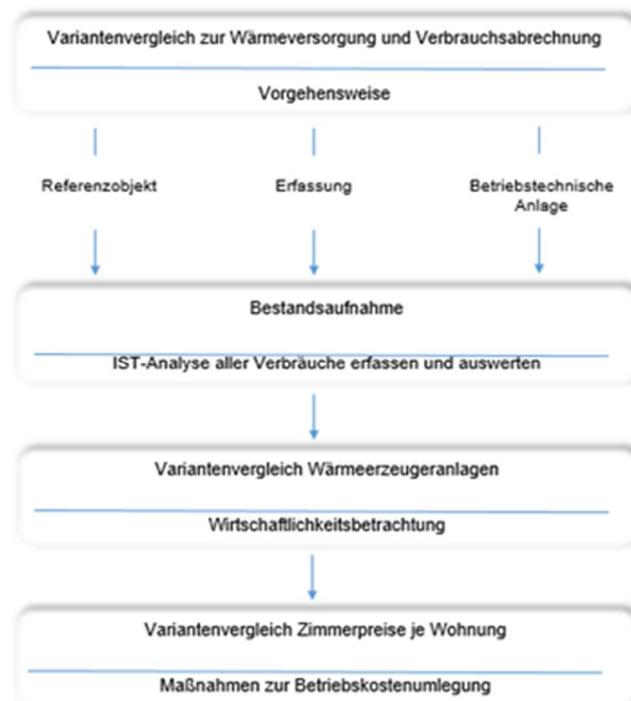


Abbildung 2 | Vorgehensweise¹¹

¹⁰ Dieser Arbeit lagen nur Listen aus den Jahren 2013 und 2014 vor.

¹¹ eigene Darstellung

Nach der Auswertung aller vorliegenden Daten wurde ein Variantenvergleich hinsichtlich neuer Wärmeversorgeranlagen erstellt, um eine optimale und langfristige Lösung hinsichtlich der Wärmeversorgung aufzuzeigen.

Des Weiteren wurde ein Variantenvergleich in Bezug auf die Preisermittlung pro Wohnung und Übernachtung erstellt, um die jährlich anfallenden Betriebs- und Nebenkosten bestmöglich decken zu können.

3. IST-Analyse

Die IST-Analyse dient dazu, sowohl die vorhandene bauliche Substanz als auch die technischen Anlagen zu erfassen und zu untersuchen. Dies erfolgt nach Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit als auch die Erfüllung der Nutzeransprüche.

3.1. Das Referenzobjekt

Bei dem zu untersuchenden Objekt handelt es sich um ein freistehendes und 2-etagiges Gebäude mit insgesamt zwölf Wohnungen, und einer Gesamtfläche¹² von 734,70 m², welche auf Kellergeschoss, Erdgeschoss und Obergeschoss verteilt sind.

Das Referenzobjekt selbst wurde um 1935 erbaut, konkretere Angaben sind leider nicht möglich, da die Hardenbergstraße sukzessiv in den späten 30er Jahren errichtet wurde¹³. In den Jahren 1995 und 1996 fanden Sanierungsmaßnahmen¹⁴ am und im Referenzobjekt statt, ab dem Jahr 1996 wurde dies für Dozenten, Gastprofessoren der Hochschule Anhalt (FH) und später dann auch für Besucher des Bauhauses als Übernachtungsmöglichkeit genutzt. Im Jahr 2013 übernachteten im Referenzobjekt 1.812 Gäste und im darauffolgendem Jahr 2014 1.869 Gäste¹⁵. Es ist also ein leichter Anstieg der Übernachtungsgäste zu verzeichnen.

¹² Dies beinhaltet die Hauptnutzfläche, Nebennutzfläche, Funktionsfläche und Verkehrsfläche.

¹³ Lt. Angaben von Herrn Andre Schlecht-Pese

¹⁴ Es liegen leider keine detaillierten Informationen über die Sanierung vor.

¹⁵ siehe Anlage 2: Übernachtungen im Gästehaus in der Hardenbergstraße 31



Abbildung 3 | Vorderansicht des Referenzobjektes ¹⁶

Gegenwärtig liegt für die Wärmeversorgung ein Niedertemperatur-Gas-Heizkessel mit einem atmosphärischen Brenner der Firma Viessmann mit einer Nennwärmeleistung von 64,0 [kW] vor, welcher im Jahr 1994 durch die damalige Firma Heine- mann & Spee¹⁷ eingebaut wurde und für das Beheizen der Räume und Erwärmen des Trinkwassers sorgt.

3.2. Untersuchung der Verbrauchsdaten des Referenzobjektes

Die erfassten und ausgewerteten Verbrauchsdaten, welche aus den Jahren 2013 und 2014 dieser Arbeit zugrunde liegen, haben einen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse in Bezug auf den Einsatz der zukünftigen Wärmeversorgungsanlagen. Die Verbrauchsdaten sind nutzerabhängig und können enorme Beeinflussungen auf die spätere Wirtschaftlichkeit haben. Aus diesem Grund wurden die jeweiligen Verbräuche den Belegungslisten der benannten Jahre des Referenzobjektes gegenübergestellt.

¹⁶ eigene Aufnahme des Referenzobjektes

¹⁷ Heute ME-LE Energietechnik GmbH

3.2.1. Gesamtwärmebedarf

Aus der Tabelle 1 lässt sich ein durchschnittlicher Gesamtwärmeverbrauch für das Referenzobjekt von 93.246 [kWh/a] ablesen, welcher einen Wert von 126,92 [kWh/m²a] ergibt. Entsprechend der in der DBZ¹⁸ veröffentlichten Kennzahlen für den Endenergieverbrauch von Hotels liegt der Wärmeverbrauch bei 144 [kWh/m²a]. Hierbei wird davon ausgegangen, dass der Wärmeverbrauch sowohl Heizung und Warmwasser berücksichtigt.

Jahr	Wärmeverbrauch			
	Gesamtverbrauch [kWh/a]	davon für Heizung (Werte stammen vom Gasversorger) [kWh/a]	davon Überschlägige Ermittlung des Warmwasserbedarfs [kWh/a]	davon Überschlägige Ermittlung des Warmwasserbedarfs (inkl. Verlust von 10 %) [kWh/a]
2013	99.407	94.922	4.077	4.485
2014	87.085	82.460	4.205	4.625
Durchschnittsverbrauch	93.246	88.691	4.141	4.555

Tabelle 1 | Wärmeverbrauch des Referenzobjektes¹⁹

3.2.2. Jahresheizwärmeverbrauch

Mittels des Jahresheizwärmebedarfs wird die Energie angegeben, „die von der heizungstechnischen Anlage unter den vorgegebenen Randbedingungen jährlich zur Beheizung eines Gebäudes ohne Warmwasserbereitung bereitzustellen ist.“²⁰

Wie in Tabelle 1 zu sehen ist, liegt der durchschnittlich ermittelte Heizwärmeverbrauch des Referenzobjektes bei 88.691 [kWh/a], was einem flächenbezogenem Jahresheizwärmeverbrauch bei einer beheizten Gesamtfläche von 734,70 [m²] eine Jahresheizwärmeverbrauch von 120,72 [kWh/m²a] für das Objekt ergibt.

¹⁸ Bernhard, Voss (2012): Energieverbrauch in der Hotellerie. Zunehmende Bedeutung für Ressourcen- und Klimaschutz. In: DBZ Spezial 10/2012, S. 38-41

¹⁹ eigene Darstellung

²⁰ Baunetzwissen Gebäudetechnik: Jahresheizwärmebedarf:

http://www.baunetzwissen.de/glossar-begriffe/Haustechnik_Jahresheizwaermebedarf_49447.html

Um eine Aussage über die monatlichen Wärmeverbräuche der beiden Jahre 2013 und 2014 treffen zu können, wurden die Verbräuche für Gas und Warmwasser mittels Gradtagszahlen aufgeteilt und der monatlichen Bettenbelegung des Referenzobjektes gegenüber gestellt. Die Gradtagszahl ist die Summe der Differenz zwischen der mittleren Raumtemperatur von 20 °C und den Tagesmitteln der Lufttemperatur aller Heiztage, welche zwischen Beginn und Ende der Heizperiode (vom 01.10. bis 30.04.) liegen²¹.

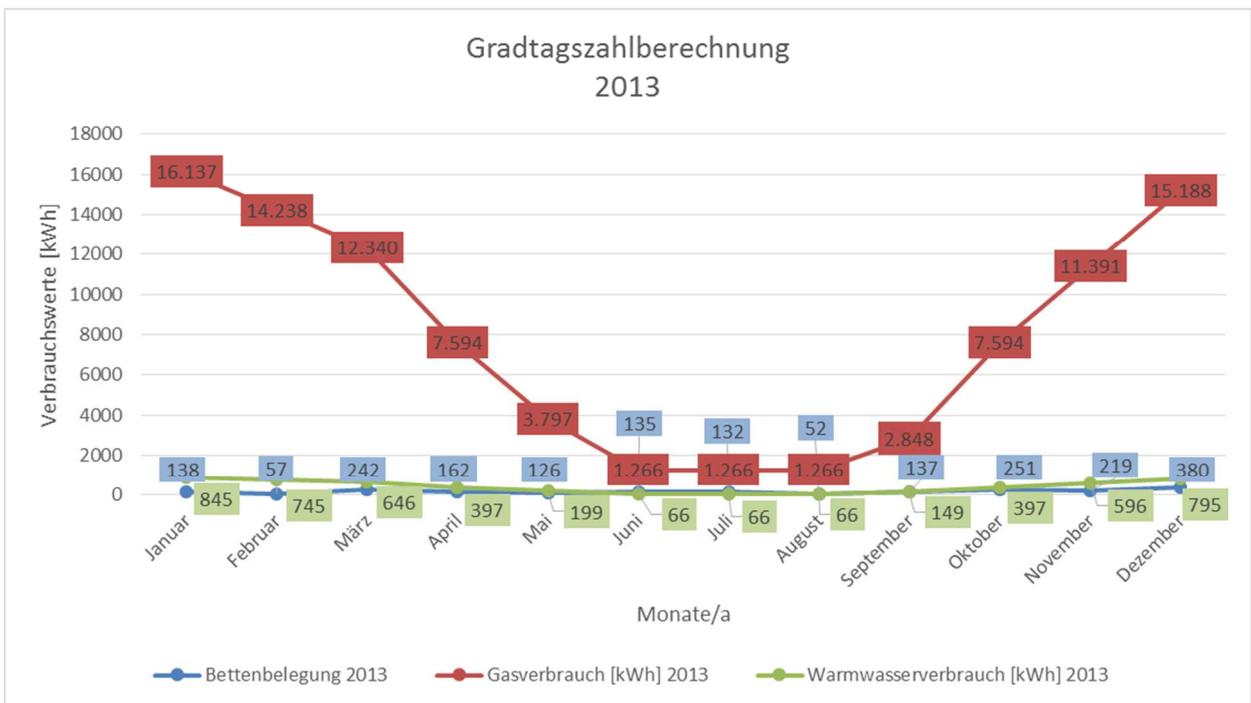


Abbildung 4 | Gas- und Warmwasserverbrauch sowie Bettenbelegung 2013²²

Im Jahr 2013 wurde 1.812-mal im Referenzobjekt übernachtet. Anhand der Abbildung 4 ist gerade in der Heizperiode gut erkennbar, dass die anhand der Gradtagszahlen ermittelten Verbräuche für das Beheizen der Räume sehr hoch sind, obwohl in den entsprechenden Monaten wenige Übernachtungen stattfanden.

Im Jahr 2014 wurde 1.869-mal im Referenzobjekt übernachtet, dies sind 57 Übernachtungen mehr als im Jahr 2013. In Abbildung 5 ist auch für diese Heizperiode eindeutig erkennbar, dass die mittels der Gradtagszahlen ermittelten Verbräuche

²¹ VDI 2067 Blatt 1, Dezember 1983

²² eigene Darstellung

für das Beheizen der Räume sehr hoch sind, obwohl wenige Übernachtungen stattfanden.

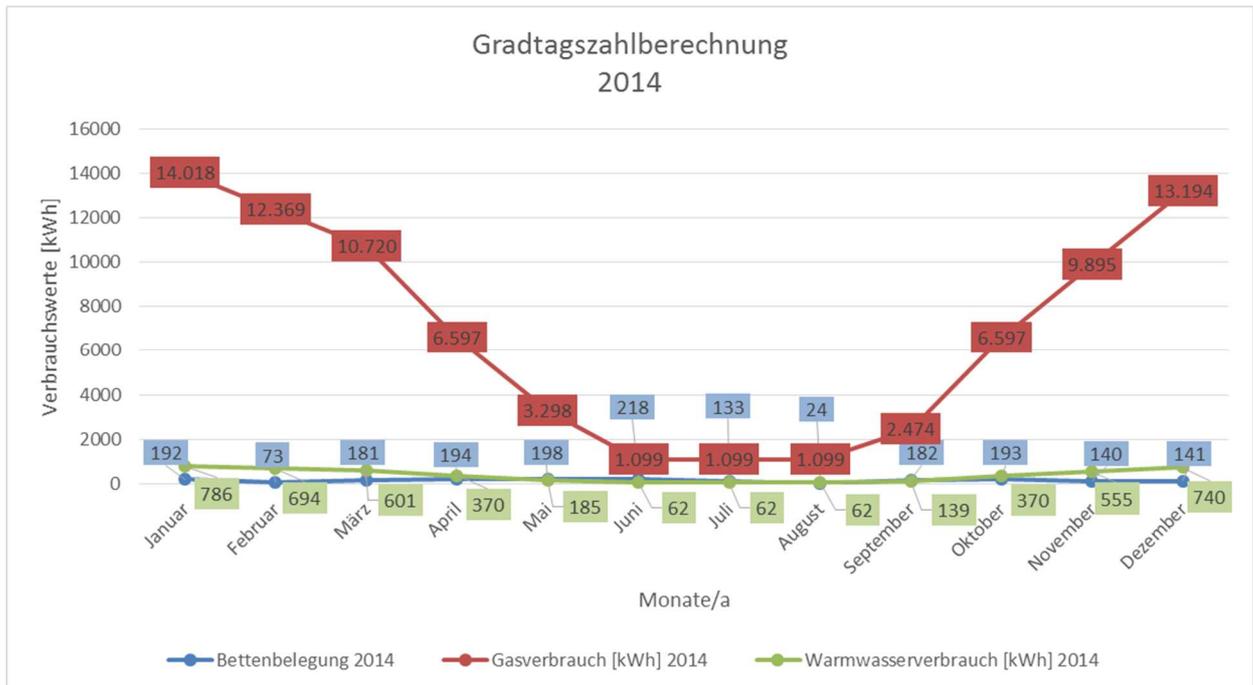


Abbildung 5 I Gas- und Warmwasserverbrauch sowie Bettenbelegung 2014²³

Damit sind in beiden Vergleichsjahren, 2013 und 2014, die mittels der Gradtagszahlen ermittelten Heizungsverbräuche im Hinblick auf die monatliche Belegung durch Gäste sehr hoch, wohingegen die Wasserverbräuche gleich und entsprechend der Belegungen sind. Die Ermittlung der Warmwasserverbräuche wird im Folgenden beschrieben.

3.2.3. Wärme für Warmwasser

Für die Ermittlung der erforderlichen Wärmeenergie für die Warmwasserbereitung wurde auf die Richtwerte für den Warmwasserbedarf der VDI 2067 Blatt 4 und Tafel 2 zurückgegriffen, da sich im Referenzobjekt kein Warmwasserzähler zur Messung des Warmwassers befindet. Die folgenden Formeln, welche vereinfacht nach der Formel in VDI 2067 Blatt 4 dargestellt sind, zeigen die Herleitung zur Berechnung der Wärmeenergie, die benötigt wird, um die erforderliche Warmwassermenge zur

²³ eigene Darstellung

Verfügung zu stellen. Da Verluste jeglicher Art vom Warmwasserbereiter bis hin zum Verbraucher an der Entnahmestelle auftreten, müssen diese Verluste noch als zusätzlicher Energieaufwand berücksichtigt werden. Erfahrungsgemäß ergibt sich in der Praxis ein Verlust von ca. 10 %.

In der Tabelle 1 wurde ein überschlägiger Wärmebedarf für Warmwasserbereitung inklusive Verlust von durchschnittlich 4.555 [kWh/a] ermittelt. Dieser wurde wie folgt berechnet:

$$Q_{\text{WW}} = V_{\text{WW}} * Q_{\text{E}} * \Delta t \quad (1)$$

Q_{WW} ... erforderliche Wärmeenergie zur Erwärmung des Warmwassers in kWh

V_{WW} ... täglich benötigte Warmwassermenge [l/d]

Q_{E} ... benötigte Wärmeenergie zum Erwärmen von 1 Liter Wasser um 1 Kelvin in Wh

Δt ... Temperaturdifferenz in Kelvin [K]

Gemäß VDI 2067 Blatt 4 lässt sich der Wärmeaufwand Q_{WE} für die Wassererwärmung wie folgt ermitteln:

$$Q_{\text{WE}} = Q_{\text{N}} + Q_{\text{G}} + Q_{\text{A}} + Q_{\text{V}} + Q_{\text{Z}} + \sum Q_{\text{B}} \text{ in Wh/d} \quad (2)$$

Die Summe von Q_{N} , Q_{G} , Q_{A} , Q_{V} , Q_{Z} und Q_{B} bezeichnet man als Bereitstellungsverluste, welcher sich auf 10 % von Q_{N} beläuft, dieser wird in einer vereinfachten Gleichung zu (2) darstellen.

$$Q_{\text{WE}} = 1,1 * Q_{\text{WW}} \quad (3)$$

Entsprechend der VDI 2067 Blatt 4 Tafel 2, liegt der Warmwasserbedarf pro Tag und Person bei einer Warmwassertemperatur von 60 °C zwischen 25 und 50 l, dementsprechend wurde ein Mittelwert von 37,5 Liter/Tag (l/d) und Person ermittelt und für die weitere Berechnung angesetzt.

Berechnungsweise 2013: 1.812 Gäste/a
 365 Tage/a
 = 4,96 Gäste/Tag

Berechnungsweise 2014: 1.869 Gäste/a
 365 Tage/a
 = 5,12 Gäste/Tag

Die Kaltwassertemperatur liegt bei 10 °C und die Warmwassertemperatur des Referenzobjektes bei 60 °C, demnach ergibt sich eine Temperaturdifferenz von 50 Kelvin.

Die Berechnungen für das Referenzobjekt nach der Gleichung (2) ergeben folgende Warmwasserbedarfe:

Vergleichsjahr 2013: $Q_{WW} = 186 \text{ l/d} \cdot 1,2 \text{ Wh/l} \cdot K^{24} \cdot 50 \text{ K} \cdot 365 \text{ d} = 4.077 \text{ kWh/a}$

Vergleichsjahr 2014: $Q_{WW} = 192 \text{ l/d} \cdot 1,2 \text{ Wh/l} \cdot K \cdot 50 \text{ K} \cdot 365 \text{ d} = 4.205 \text{ kWh/a}$

Unter Einbeziehung der Bereitstellungsverluste entsprechend der Gleichung (3) ergeben sich folgende Werte:

²⁴ Wellpott, Bohne (2006): Technischer Ausbau von Gebäuden. 9., völlig überarb. und aktualisierte Auflage. Kohlhammer, Stuttgart.

Vergleichsjahr 2013: $Q_{WE} = 1,1 * 4.077 \text{ kWh/a} = 4.485 \text{ kWh/a}$

Vergleichsjahr 2014: $Q_{WE} = 1,1 * 4.205 \text{ kWh/a} = 4.625 \text{ kWh/a}$

3.2.4. Stromverbrauch

Folgende Verbrauchswerte für Stromenergie liegen dem Referenzobjekt aus den Jahren 2013 und 2014 vor:

Jahr	Stromverbrauch [kWh/a]
2013	7.414
2014	6.498
Durchschnittsverbrauch Referenzobjekt	6.956

Tabelle 2 | Stromverbrauch des Referenzobjektes²⁵

Der durchschnittliche Stromverbrauch liegt bei 6.956 kWh/a, dies entspricht einem Verbrauch pro Zimmer von 580 kWh/a.

3.2.5. Übersicht und statistischer Vergleich der Verbrauchswerte

Um bestimmen zu können, ob die einzelnen Verbrauchswerte des Referenzobjektes zu hoch oder entsprechend des Gebäudetyps und seiner Nutzung sind, werden die Verbrauchsdaten mit den Belegungslisten und den Vergleichswerten aus der DBZ verglichen. Da dieser Arbeit aufgrund der besonderen Nutzungsart des Referenzgebäudes kaum statistische Vergleichswerte vorliegen, wurde auf die Herausgabe der Deutschen Bauzeitschrift, kurz DBZ, „Energieverbrauch in der Hotellerie - Zunehmende Bedeutung für Ressourcen- und Klimaschutz“ von Bernhard und Voss (2012) zurückgegriffen, um Anhaltspunkte hinsichtlich des gesamten Ener-

²⁵ eigene Darstellung

gieverbrauches des Objektes zu liefern. Im Jahr 2010 hat man rund 37.000 Hotel-
 leriebetriebe in Deutschland, worunter laut Definition 15.000 Pensionen und Gast-
 höfe zählen, in Bezug auf den Energieverbrauch untersucht. Jedoch liegen den
 Durchschnittsverbräuchen der Hotellerien entsprechend der DEHOGA²⁶ Energie-
 kampagne 26 Hotels, hier Stadthotels, zugrunde. In den folgenden Tabellen wird
 verdeutlicht, wie der Wärme- und Stromverbrauch des Referenzobjektes im Ver-
 gleich der benannten Hotels liegt.

Jahr	Wärmeverbrauch pro Zimmer [kWh/Zi./a]	Wärmeverbrauch pro Fläche [kWh/m²/a]
2013	8.284	135
2014	7.257	119
Durchschnittsverbrauch Referenzobjekt	7.771	127
Durchschnittsverbrauch Hotellerien	7.225	144

Tabelle 3 | Wärmeverbrauch des Referenzobjektes im Vergleich zu Hotellerien²⁷

In Tabelle 3 kann gut erkannt werden, dass das Referenzobjekt einen hohen Wär-
 meverbrauch je Zimmer gegenüber modernen Hotellerien aufweist. Dies ist einer-
 seits darauf zurückzuführen, dass das Referenzobjekt über größere Wohneinheiten
 verfügt (daher ist auch der Wärmeverbrauch je Fläche niedriger). Andererseits kann
 vermutet werden, dass auch der geringe Sanierungsgrad eine Rolle spielt.

Die Tabelle 4 verdeutlicht, dass das Referenzobjekt hinsichtlich seines Stromver-
 brauches, welcher zum einen pro Zimmer und zum anderen pro Fläche ermittelt
 wurde, weit unter den Durchschnittswerten der untersuchten Hotellerien liegt. Im
 Wesentlichen sind die geringeren Verbräuche auf die geringe Auslastung der Zim-
 mer des Referenzobjektes zurückzuführen.

²⁶ Deutscher Hotel- und Gaststättenverband

²⁷ eigene Darstellung

Jahr	Stromverbrauch pro Zimmer [kWh/Zi./a]	Stromverbrauch pro Fläche [kWh/m ² /a]
2013	618	10
2014	542	10
Durchschnittsverbrauch Referenzobjekt	580	10
Durchschnittsverbrauch Hotellerie	3.660	76

Tabelle 4 | Stromverbrauch des Referenzobjektes im Vergleich zu Hotellerie²⁸

3.3. Klimabereinigung der Verbrauchswerte

Der Heizenergieverbrauch eines Objektes ist maßgeblich von den Außenlufttemperaturen in der jeweiligen Heizperiode abhängig. Es ist daher erforderlich, die Witterung zu berücksichtigen, um Verbräuche unterschiedlicher Jahre oder an verschiedenen Orten miteinander vergleichen zu können. Dies erfolgt über sogenannte Klimakorrekturen, mit denen der unbereinigte, d. h. witterungsabhängige, Heizenergieverbrauch multipliziert wird.

Zunächst wird die Differenz zwischen der mittleren Außenlufttemperatur und der mittleren Raumtemperatur für jeden Heiztag ermittelt. Für die Summe der Heiztage ergibt sich daraus für einen bestimmten Zeitraum die sogenannte Gradtagszahl. Als Heiztage werden dabei Tage bezeichnet, an denen die Heizgrenztemperatur unterschritten wird. Als Heizgrenztemperatur nimmt das einschlägige in der VDI 2067 Blatt 1 definierte Verfahren 15 °C an, als Raumtemperatur 20°C.

Als heiztechnische Kenngrößen für verschiedene Orte in Deutschland werden für die langjährigen Mittel die Gradtagszahlen nach VDI 3807 (2006) verwendet, die auf langjährigen Messungen beruhen. Die Daten für eine bestimmte Heizperiode

²⁸ eigene Darstellung

an einem bestimmten Ort werden ebenso wie die Vergleichszahlen für das langjährige Mittel vom Deutschen Wetterdienst (DWD) veröffentlicht.

Aus diesen standortabhängigen Klimadaten des DWD werden auf den Standort des Referenzobjektes zugeschnittene langjährige Jahresmitteltemperaturen gebildet, welche als Grundlage zur Ermittlung der Klimakorrekturen dienen. Für den Standort Dessau (Messstation Magdeburg) ergeben sich folgende Korrekturfaktoren²⁹:

Klimafaktor	Jahr
1,24	2014
1,03	2013

Tabelle 5 | Ermittelte Klimafaktoren des Referenzobjektes³⁰

Die Multiplikation der Faktoren mit den jeweiligen Jahresverbräuchen ergibt den klimabereinigten Verbrauchswert. Für das Referenzobjekt Hardenbergstraße 31 wurden daher folgende klimabereinigten Heizenergieverbräuche ermittelt:

	2013	Klimabereinigt	2014	Klimabereinigt
Jahresheizwärmeverbrauch [kWh/a]	94.922	97.770	82.691	102.537

Tabelle 6 | Klimabereinigte Heizenergieverbräuche³¹

Grundlegend kann hinsichtlich der Verbräuche für die Jahre 2013 und 2014 die Aussage getroffen werden, dass der Verbrauch 2014 gegenüber dem Verbrauch 2013 um 13 % gesunken ist. Vergleicht man jedoch die klimabereinigten Verbräuche beider Jahre, ist ein Anstieg von 2013 zu 2014 um rund 5 % erkennbar.

Die

Abbildung 6 unterstreicht visuell noch einmal die Aussage aus Tabelle 6, in dem die klimabereinigten Anstiege zu den ermittelten Verbrauchswerten aus Tabelle 1

²⁹ siehe auch Anlage 4: Klimabereinigung der Verbrauchswerte

³⁰ eigene Darstellung

³¹ eigene Darstellung

dargestellt sind. Zu sehen ist, dass der Verbrauch zwar gesunken ist, aber dies daran liegt, dass 2014 einen milderen Winter hatte als 2013. Durch die Klimabereinigung zeigt sich nun, dass die Verbräuche real gestiegen sind.

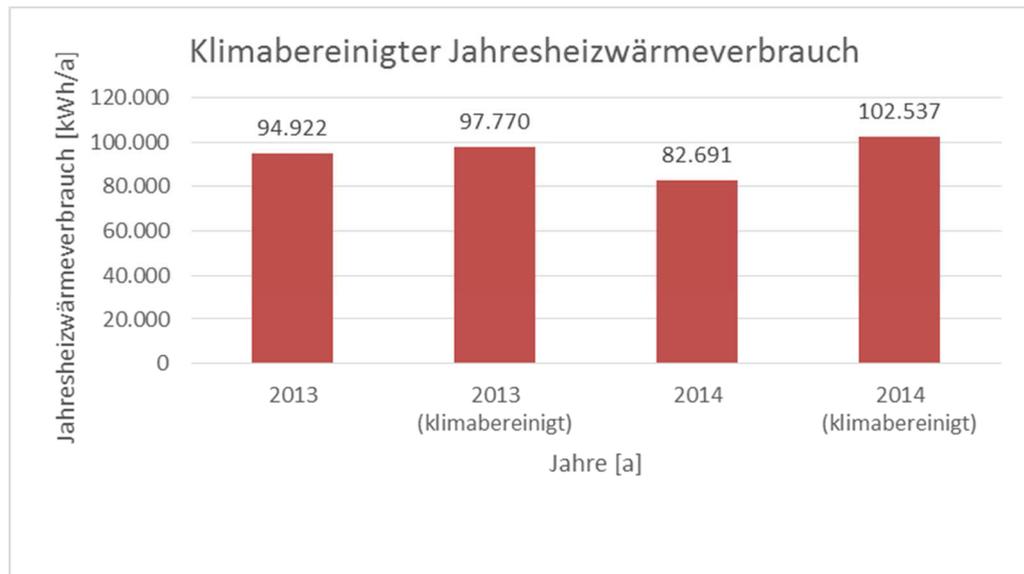


Abbildung 6 | Klimabereinigter Jahresheizwärmeverbrauch für 2013 und 2014³²

3.4. Überschlägige Ermittlung der Wärmeerzeugerleistung mit Hilfe der Jahresvolllaststunden

Eine weitere Möglichkeit der Bewertung einer bestehenden Heizanlage auf die Dimensionierung ist das Verfahren der Ermittlung der Jahresvolllaststunden nach VDI 2067 Blatt 2.

Volllaststunden sind ein Maß für den Nutzungsgrad einer technischen Anlage. Mit Volllaststunden wird die Zeit bezeichnet, für die eine Anlage bei Nennleistung betrieben wird.

Voraussetzung hierfür ist, dass Jahresverbrauchswerte bekannt sind. Vor dem Austausch eines Heizkessels sollte besonders in älteren Objekten dieses Verfahren als Ergänzung zur Heizlastermittlung nach DIN 12831 durchgeführt werden. In

³² eigene Darstellung

der Vergangenheit wurde beobachtet, dass Heizkessel mitunter erheblich überdimensioniert (Berechnungsgrundlage DIN 4701 bzw. DIN 12831) wurden. In manchen Fällen wurde die Heizlast geschätzt und mit einem sogenannten Zitterzuschlag bestimmt. Dies hat zur Folge, dass Heizanlagen unnötig oft Takten (Kuh-schwanzheizung) und dies zu einem unwirtschaftlichen und technisch schlechten Betrieb führen.

Folgen von überdimensionierten Heizanlagen sind:

- Brennwertkessel werden nicht im optimalen Arbeitsbereich gefahren
- Wärmepumpen werden zu groß ausgelegt
- Umwälzpumpen werden zu groß ausgelegt
- Rohrleitungen und Heizflächen werden zu groß ausgelegt
- ein hydraulischer Abgleich wird schwierig
- der Grundpreis von Energieversorgungsunternehmen (Gas, Fernwärme, Strom) wird zu hoch angesetzt

Mittels folgender Berechnung wurde überprüft, ob die bestehende Heizanlage überdimensioniert ist:

$$Q_{N,Geb} = Q_{Ha} / b_{\vee H}$$

$Q_{N,Geb}$ Gebäudeheizlast (kW) = / (x)

Q_{Ha} Jahres-Heizwärmeverbrauch (kWh/a)

$b_{\vee H}$ Vollbenutzungsstunden (h)

Daraus ergeben sich folgende Heizlasten für das Referenzobjekt:

Jahr	Wärmeenergie [kWh/a] Heizung und WWB	Jahres- Vollbenutzungs- stunden [h/a]	statistisches Verfahren der Heizlast [kW]
2013	99.407	2000	49,70
2014	87.085	2000	43,54
Durchschnittsverbrauch	93.246	2000	46,62

Tabelle 7 | Berechnung der Heizlast³³

³³ eigene Darstellung

Daraus folgt, dass ein Heizkessel mit einer Heizleistung von rund 47 kW ausgereicht hätte, um das Objekt in den Jahren 2013 bis 2014 mit Wärme zu versorgen. Die Jahres-Vollbenutzungsstunden wurden als Orientierungswerte angesehen. Entsprechend der VDI 2067 Blatt 2 ist das Referenzobjekt der Gebäudeart „Mehrfamilienhäuser“ zuzuordnen. Anhand der Gebäudeart wurde für die Jahresvollbenutzungsstunden ein Wert von 2000 h/a angesetzt.³⁴

3.5. Ermittlung der Normheizlast

Durch den Temperaturunterschied eines Gebäudes zur Umwelt geht Wärme verloren. Die Heizlast gibt diesen Wärmeverlust (auch Verlustleistung) eines Gebäudes an. Die wesentlichen Wärmeverluste, die in die Berechnung der Normheizlast einfließen, sind Transmissions- und Lüftungswärmeverluste.

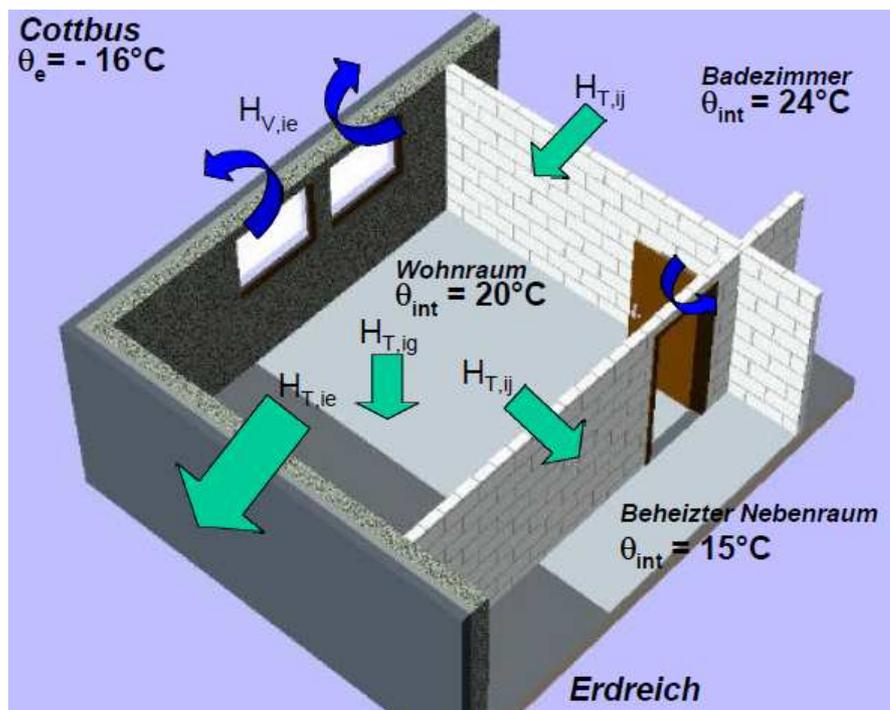


Abbildung 7 | Beispiel für Wärmeverluste eines Raumes³⁵

³⁴ Pistohl, Rechenauer, Scheurer (2013): Handbuch der Gebäudetechnik. Band 1: Allgemeines, Sanitär, Elektro, Gas. Werner Verlag, 8. Auflage. Seite H 53, Tabelle H 53/1

³⁵ BTU Cottbus: Berechnung der Normheizlast nach DIN EN 12831. Grundlagen der Berechnung. Präsentation o. J.: http://www.tu-cottbus.de/LSTA/_downloads/DIN12831_SuR.pdf

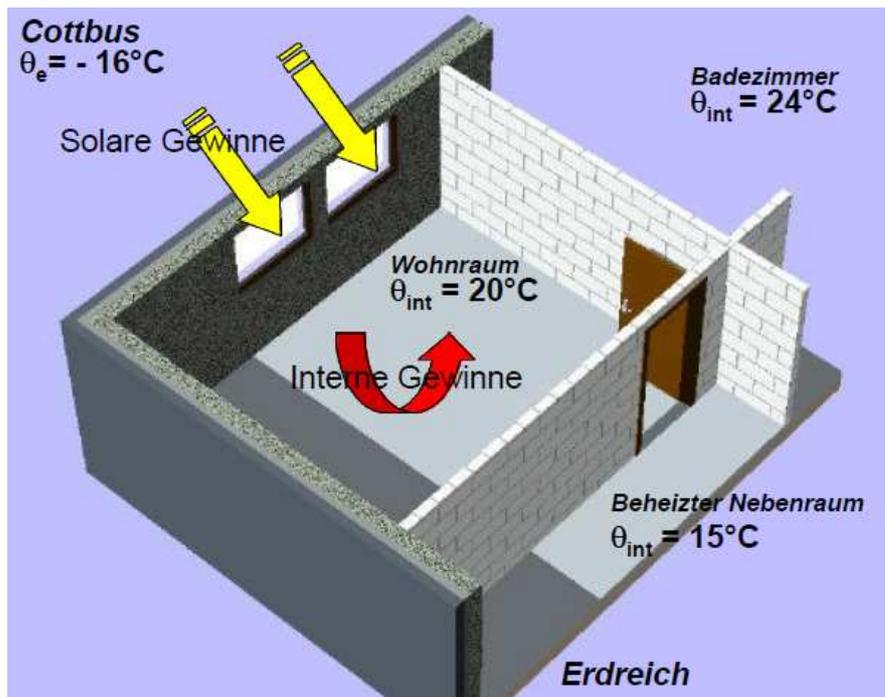


Abbildung 8 | Beispiel für Wärmegewinne eines Raumes³⁵

Die bedeutenden Norm-Transmissionswärmeverluste sind Wärmeverluste an die äußere Umgebung, das Erdreich und durch unbeheizte Nachbarräume sowie der Verlust infolge des Wärmeflusses zwischen mit unterschiedlicher Temperatur beheizten Gebäudebereichen. Diese Wärmeverluste müssen durch Energiezufuhr ausgeglichen werden, um die gewünschte Innenraumtemperatur in einem Gebäude zu erreichen. Die gewünschte Temperatur orientiert sich dabei an der Nutzung des Raumes (z. B. Wohnen 20°C) oder nutzerspezifischen Vorgaben. Die zum Halten der definierten Raumtemperatur notwendige Energie bestimmt die Heizleistung, die zur Verfügung stehen muss.

Die Heizlast wird für eine bestimmte Norm-Außentemperatur und die vereinbarte Norm-Innentemperatur berechnet. Als Norm-Außentemperatur wird die tiefste Temperatur einer Kälteperiode, die sich zehn Mal innerhalb von 20 Jahren über einen Zeitraum von mindestens zwei aufeinanderfolgenden Tagen gehalten haben muss, definiert. Der Wärmeerzeuger eines Gebäudes muss während dieser extrem tiefen Außentemperatur dazu in der Lage sein, ein Gebäude auf die vereinbarte Norm-Innentemperatur von zum Beispiel 20°C zu erwärmen. Im Beiblatt 1 der DIN EN 12831 sind Norm-Außentemperaturen für über 500 Orte in Deutschland aufgeführt, die zur Berechnung der Heizlast verwendet werden müssen (Dessau -14°C).

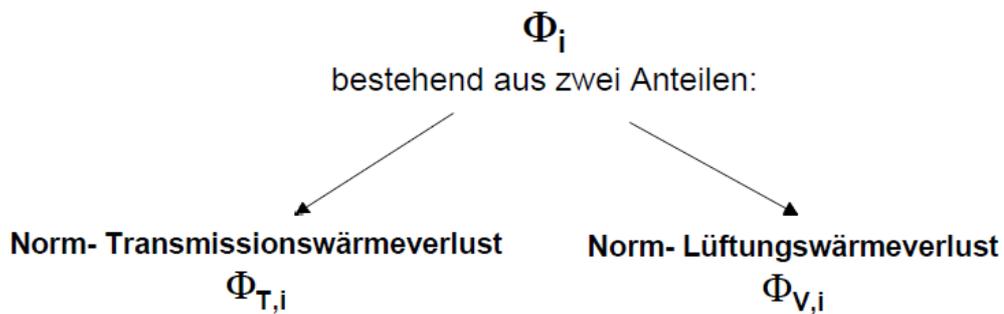
Die Norm-Heizlast wird darüber hinaus berechnet, um den Wärmeerzeuger sowie die Heizflächen und das Heizungs-Rohrsystem zu dimensionieren.

3.6. Heizlastberechnung nach DIN 12831

Die Heizlastberechnung nach DIN 12831 unter Einbeziehung der Wärmegewinne und –verluste basiert auf folgender Gleichung³⁶:

$$\text{allgemein gilt: } Q_{\text{Netto}} = \underbrace{[Q_{\text{Transmission}} + Q_{\text{Lüftung}}]}_{\text{Wärmeverluste}} - \underbrace{[Q_{\text{Solar}} + Q_{\text{intern}}]}_{\text{Wärmegewinne}}$$

Bestimmung der **Norm- Wärmeverlust** für **beheizten Raum**
(Standardfall)



$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) + \Phi_{RH,i}$$

$\Phi_{RH,i}$... Zusätzliche Aufheizleistung für den Raum (i)

³⁶ Die graphische Darstellung der folgenden Formeln wurde entnommen aus: BTU Cottbus: Berechnung der Normheizlast nach DIN EN 12831. Grundlagen der Berechnung. Präsentation o. J. http://www.tu-cottbus.de/LSTA/_downloads/DIN12831_SuR.pdf

Norm- Transmissionswärmeverlust für beheizten Raum

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{T,ie}$: Transmissionswärmeverlust-Koeffizient zwischen dem beheizten Raum (i) und der äußeren Umgebung (e) durch die Gebäudehülle [W/K]
 $H_{T,iue}$: Transmissionswärmeverlust-Koeffizient zwischen dem beheizten Raum (i) und der äußeren Umgebung (e) durch den unbeheizten Raum (u) [W/K]
 $H_{T,ig}$: Stationärer Transmissionswärmeverlust-Koeffizient des Erdreiches vom beheizten Raum (i) an das Erdreich (g) [W/K]
 $H_{T,ij}$: Transmissionswärmeverlust-Koeffizient zwischen einem beheizten Raum (i) und einem anders temperierten beheizten Nachbarraum [W/K]
 $\theta_{int,i}$: Norm- Innentemperatur des beheizten Raumes (i)
 θ_e : Norm- Außentemperatur

Normlüftungswärmeverlust [W]

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{V,i}$: Norm- Lüftungswärmeverlustkoeffizienten [W/K]
 $\theta_{int,i}$: Norminnentemperatur des beheizten Raumes (i) [°C]
 θ_e : Normaußentemperatur (e) [°C]

Der Norm- Lüftungswärmeverlustkoeffizient wird nach:

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p$$

bestimmt.

\dot{V}_i ... Luftvolumenstrom des beheizten Raumes (i) [m³/s]
 ρ ... Dichte der Luft bei $\theta_{int,i}$ [kg/m³]
 c_p ... spezifische Wärmekapazität der Luft bei $\theta_{int,i}$ [kJ/kgK]

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}$$

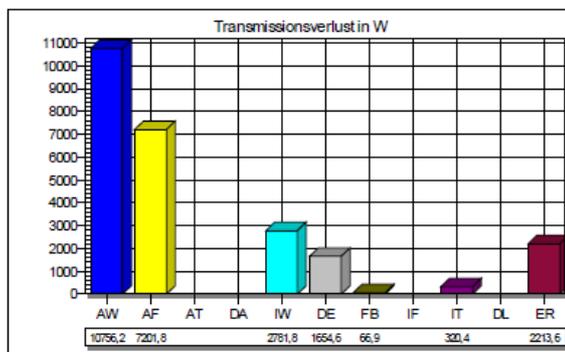
- $\Phi_{T,i}$ Norm - Transmissionswärmeverlust in W
- $\Phi_{V,i}$ Norm - Lüftungswärmeverluste in W
- $\Phi_{RH,i}$ Zusätzliche Aufheizleistung

Die Berechnung der Heizlast für das Gebäude Hardenbergstraße 31 wurde mit der mh-Software 3rd Generation durchgeführt. Die detaillierte Rechnung befindet sich in Anlage 5. Um zukünftig das Objekt an weitere Computer-Aided Facility Management (CAFM) Programme anbinden zu können, erfolgte im Zuge der Heizlastberechnung die Erfassung des Objektes in AutoCAD. Dies soll die bevorstehende Sanierungsplanung erleichtern und bildet die Grundlage für weitere planerische Maßnahmen. Die Auswahl der Software zur Berechnung der Heizlast nach DIN 12831 (ausführliches Verfahren) erfolgte ausschließlich nach Gesichtspunkten der Kompatibilität zu CAFM-Softwarelösungen.

Die Heizlastberechnung ergab, dass rund 35 [kW] Kesselleistung ohne Warmwasserbereitung bereitgestellt werden müssen. Für die Warmwasserbereitstellung sind zusätzlich 4,5 [kW] erforderlich. Im Zuge der Auswertung der Heizlastberechnung zeigten sich außerdem folgende Transmissionswärmeverluste in den verschiedenen Bauteilen des Objektes:

Transmission

Absolut



Prozentual

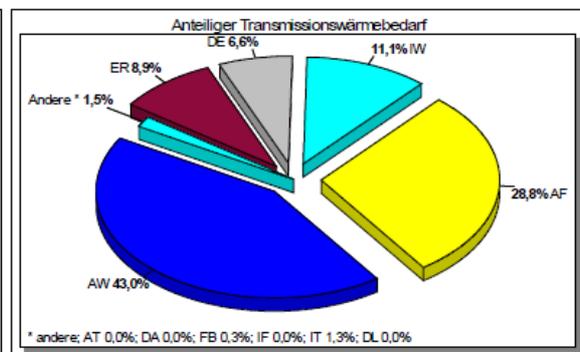
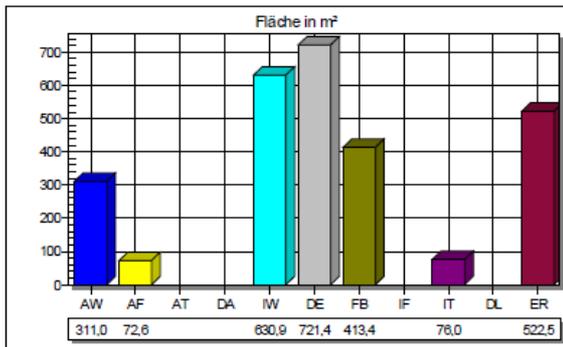


Abbildung 9 | Absolute Transmissionswärmeverluste

Diese Transmissionswärmeverluste sind im Kontext zu folgender Darstellung zu betrachten. In der nachfolgenden Abbildung sind die Prozentualen Flächenanteile der einzelnen Bauteile, zu der Gebäudegesamtfläche, zu sehen. Decken und Innenwände bilden den mit rund 50% den größten Anteil.

Flächen

Absolut



Prozentual

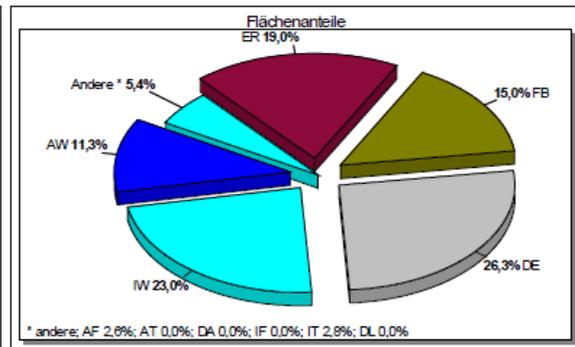


Abbildung 10 | Transmissionswärmeverluste nach Flächenanteilen

Es zeigt sich, dass die wesentlichen Transmissionswärmeverluste durch die Außenfassade entstehen. Hier gehen große Anteile von Wärmeenergie verloren, auch wenn die Fläche im Vergleich zu den innenliegenden Bauteilen geringer ist. Nach Vorgaben der derzeit aktuellen Version der EnEV von 2014 wäre der Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlustes $H_t=0,40\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ überschritten, denn das Referenzobjekt weist lt. Anlage 5 einen Wert von $0,66\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ aus. Des Weiteren ist beispielsweise ein spezifischer Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) in den Außenwänden von $1,01\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, wobei die aktuelle Vorgabe der EnEV $0,28\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ist.

4. Anlagenkonzepte zur Energieversorgung

Wie in Abschnitt 3.1 beschrieben, erfolgt die Wärmeversorgung des Referenzobjektes derzeit durch einen Niedertemperatur-Gas-Heizkessel mit einem atmosphärischen Brenner mit einer Nennwärmeleistung von 64,0 [kW]. Nachdem in der IST-Analyse die Verbrauchswerte, Belegung, Heizlast sowie die Jahresvolllaststunden des Objektes Hardenbergstraße 31 bestimmt wurden, soll im weiteren Verlauf dieser Arbeit nun ein Variantenvergleich mehrerer Wärmeversorgungsanlagen durchgeführt werden. Ziel soll es sein, unter den Varianten die ökonomisch als auch ökologisch beste Lösung für das Referenzobjekt zu finden.

4.1. Neue Anlagenkonzepte

Folgende Lösungsvarianten werden für die Wärmeversorgung des Referenzobjektes untersucht:

- Blockheizkraftwerk
- neue Erdgasbrennwerttechnik
- Fernwärme
- Luft-Wasser Wärmepumpe

Zusätzlich wird die Installation einer PV-Anlage zur ergänzenden Stromversorgung betrachtet.

4.1.1. Einsatz eines Blockheizkraftwerkes

Blockheizkraftwerke (BHKW) sind Kleinkraftwerke auf Basis von Verbrennungsmotoren im elektrischen Leistungsspektrum zwischen 5 und 10000 kW. Durch weitgehende Nutzung der Motorabwärme erzielen BHKW-Anlagen Gesamtwirkungsgrade von bis zu 85 %. Dabei liegen die elektrischen Wirkungsgrade je nach Verbrennungsprinzip zwischen 35 % (Otto-Prozess) und 38 % (Diesel-Prozess). Die Hauptbestandteile der BHKW-Module sind der Verbrennungsmotor, der Kühlwasserwärmeaustauscher, der Abgaswärmeaustauscher und der Generator. Das umlaufende Heizungswasser wird zunächst im Kühlwasserwärmetauscher vorgewärmt und anschließend im Abgaswärmeaustauscher auf höhere Temperaturen nachgewärmt. Das so erwärmte Wasser wird in der Regel für Heizzwecke verwendet, kann jedoch auch für andere Aufgaben eingesetzt werden.

Die elektrische Anbindung erfolgt üblicherweise niederspannungsseitig an das 0,4-kV-Netz. Abhängig von der gewählten elektrischen Betriebsweise kommen Asynchron-(Netzparallelbetrieb) oder Synchrongeneratoren (Inselbetrieb, Ersatzstromerzeugung) zum Einsatz, die direkt mit dem Motor gekoppelt werden.

Als Motoren werden Serienbauarten aus der LKW- oder Schiffsmotorenproduktion verwendet. Zur Gewährleistung einer hohen Auslastung der kapitalintensiven BHKW-Module werden diese Systeme vornehmlich zur Deckung der Wärmegrund-

last eingesetzt. Bedarfsspitzen werden mit erheblich kostengünstigeren Spitzenheizkesseln gedeckt. Zur Laufzeitoptimierung der BHKW-Module können Wärmespeicher als Puffer- und Steuerspeicher installiert werden.

BHKW-Anlagen werden meist in modularer Bauweise, also mit mehreren Aggregaten, errichtet. Dadurch wird u. a. eine höhere Verfügbarkeit der elektrischen Leistung bei Ausfall eines Aggregats oder bei Wartungsarbeiten erreicht. Außerdem kann der Betrieb im unwirtschaftlichen Teillastbereich durch An- und Ausschalten von Motoren- oder Motorengruppen umgangen werden. Bezüglich der Anlagenkonfiguration ergibt sich ein Zielkonflikt: Wird die Zahl der Module klein gewählt, sinkt die Investitionssumme aber auch die Betriebsstundenzahl der Motoren. Werden dagegen mehrere kleine Module installiert, erhöht sich die Betriebsstundenanzahl aber auch die Investitionssumme. Die Betriebsstundenanzahl ist ein wichtiger Faktor für die Wirtschaftlichkeit einer Anlage. In diesem Zusammenhang muss auch beachtet werden, dass der Wirkungsgrad größerer BHKW-Aggregate besser ist als bei kleinen Motoren.

Wichtig bei einer Objektversorgung ist nicht die maximale Stromausbeute, sondern die Realisierung einer größtmöglichen Wärmeabdeckung des Versorgungsobjektes bei hoher Stundenauslastung und möglichst kompletter Eigenstromnutzung. Um diese Ziele zu erreichen, bedarf es einer geeigneten Planung.

Um die Planung einer BHKW-Anlage zu vereinfachen, wurde vom VDI-GET -Fachausschuss Verbrennungskraftmaschinen (VKMA) eine Richtlinie erarbeitet, in der die Erkenntnisse und Erfahrungen aus den bisherigen BHKW-Planungen festgehalten und formalisiert wurden. In dieser VDI-Richtlinie 3985 "Grundsätze für Planung, Ausführung und Abnahme von Kraft-Wärme-Kopplung mit Verbrennungskraftmaschinen" werden die drei Phasen Planung, Ausführung und Inbetriebnahme definiert, ausführlich beschrieben und Anweisungen für deren Ausführung und Verlauf gegeben. Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, schreibt diese Richtlinie neben der Erstellung von Tagesganglinien auch die Berücksichtigung zukünftiger energie-wirtschaftlicher Änderungen, wie z. B. die verstärkte Nutzung rationeller Energietechniken, im Umfeld der Anlage vor. Wesentliches zur Wirtschaftlichkeitsberechnung von BHKW-Anlagen können der VDI-Richtlinie 2067 entnommen werden.

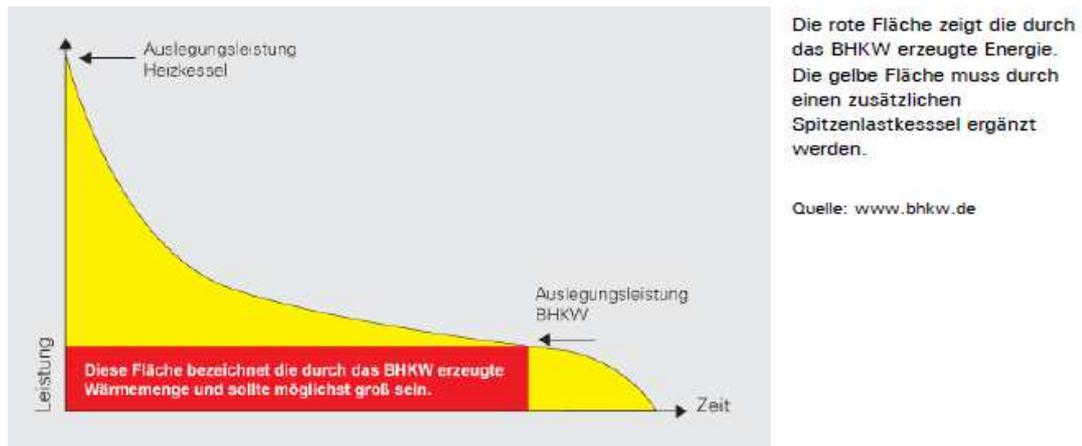


Abbildung 11 | Grundlage der Auslegung eines BHKW³⁷

Um am Referenzobjekt eine wirtschaftliche Betriebsweise des BHKW von größer 5.000 Betriebsstunden realisieren zu können, erfolgte die Auslegung anhand der Jahresheizlastkurve (in Anlehnung an Abbildung 12):

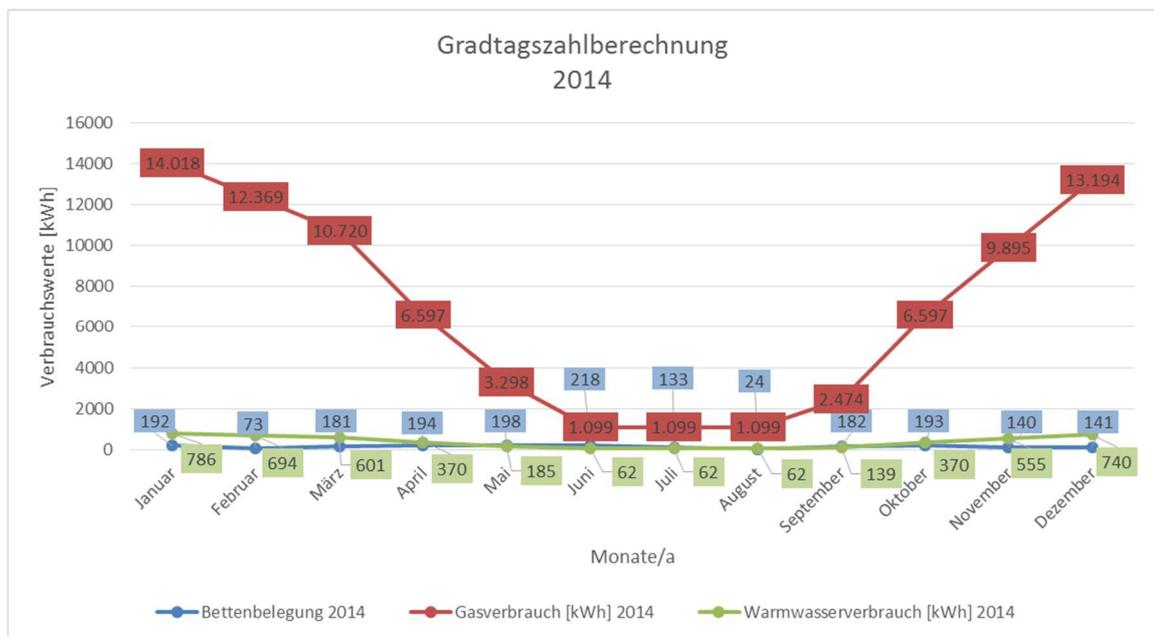


Abbildung 12 | Jahresheizlastkurve anhand von Gradtagszahlen³⁸

Anhand dieser Werte ist erkennbar, dass der Wärmebedarf in den Sommermonaten von Mai bis September am Referenzobjekt im Schnitt bei monatlich 1.814 kWh.

³⁷ Viessmann: Wann ist ein BHKW sinnvoll? http://www.bhkw.de/de/Wann_ist_ein_BHKW_sinnvoll.html

³⁸ eigene Darstellung

liegt. Dieser Wert bildet die Grundlage zur Ermittlung der thermischen Leistung des BHKW als Grundlast.

Es wurde im Rahmen dieser Bachelorarbeit Angebote von verschiedenen BHKW-Herstellern eingeholt. Allerdings konnte von keinem Hersteller ein adäquates BHKW angeboten werden. Die geringe thermische Grundlast ermöglicht lediglich den Einsatz eines Sterlingmotors, welcher als kleiner Bruder der BHKW zu sehen ist. Der Einsatz dessen erwies sich aber stets als unwirtschaftlich in Bezug auf Wirkungsgrad und Investitionskosten der Anlage, selbst wenn davon ausgegangen wurde, dass der erzeugte Strom nur eigengenutzt wird. Die Betrachtung, dass der erzeugte Strom eingespeist wird, wurde vernachlässigt, da die Eigennutzung gegenüber der Einspeisung in aller Regel ökonomisch sinnvoller ist.

4.1.2. Erdgas - Brennwerttechnik

Brennwertkessel sind Heizkessel, die den Energiegehalt des eingesetzten Brennstoffes nahezu vollständig nutzen können. Grundprinzip ist die Nutzung der Kondensationswärme des im Rauchgas enthaltenen Wasserdampfes, der bei der Verbrennung des fossilen Rohstoffes entsteht. Damit wird der feuerungstechnische Wirkungsgrad der Anlage gegenüber einer herkömmlichen Gastherme deutlich verbessert. Der insgesamt reduzierte Einsatz fossiler Rohstoffe sowie geringere CO₂-Ausstoß machen die Brennwerttechnik zu einer ökonomisch wie ökologisch sinnvollen Alternative. Da das Objekt Hardenbergstraße 31 bereits über einen Gasanschluss verfügt und Erdgas gegenüber Heizöl die ökonomisch und ökologisch vorteilhafte Rohstoffvariante darstellt, beschränkt sich die Darstellung auf einen mit Erdgas betriebenen Brennwertkessel.

Je nach Betriebsart des Brenners (einstufig, zweistufig oder modulierend) erreichen Brennwert-Heizkessel in Heizungsanlagen mit Auslegungstemperaturen um 60-75 °C Norm-Nutzungsgrade von bis zu 106 % des Heizwertes. Bei niedrigen Systemtemperaturen 30-40 °C sind bis zu 109 % möglich.

Für das Referenzobjekt wurde ein Angebot für ein Gasbrennwertgerät eingeholt. Das Angebot beinhaltet eine Kaskadenlösung. Dies bedeutet, dass eine Haupttherme mit möglichst langen Laufzeiten von einer kleineren Therme für die Spitzenlasten unterstützt wird. Ziel sind möglichst geringe Regel- und Steuerungszyklen.

4.1.3. Fernwärme

Bei Fernwärme erfolgt die Wärmebereitstellung an zentraler Stelle zum Beispiel in einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK-Anlage). Durch die Auskopplung von Wärme kann der Gesamtwirkungsgrad solcher Anlagen erhöht und damit eine effizientere Rohstoffausnutzung erreicht werden. Die Wärme wird in einem zumeist unterirdisch verlegten Fernwärmenetz an die Endverbraucher geliefert.

Bei Fernwärmenetzen muss die Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf aus wirtschaftlichen Gründen möglichst groß sein. Voraussetzung ist eine Netzvorlauftemperatur des Fernwärmenetzes von ganzjährig mindestens 60 °C. Im Hinblick auf Auslegung und Korrosionsbeständigkeit werden beim Anschluss an Fernwärmenetze besondere Anforderungen gestellt. Diese sind im Wesentlichen in der DIN 1988, DIN 4753 und im AGFW-Regelwerk beschrieben. Die Wassererwärmer werden in den Hauszentralen an die Übergabestationen angeschlossen, wobei direkter oder indirekter Anschluss möglich ist. Warmwasseranlagen sind mit einer Temperaturregelung zu versehen. Die Warmwassertemperatur soll mindestens 50 °C betragen und sollte nur in Ausnahmefällen 60°C überschreiten.

Die Variante Fernwärmeversorgung wurde aufgrund des niedrigen Wartungs- und Bedienungsaufwandes betrachtet. Im Gegensatz zu den weiteren Lösungsvarianten fallen hier keine betriebsgebundenen Kosten an. Diese sind im Fernwärmepreis bereits als Pauschale enthalten.

4.1.4. Luft-Wasser-Wärmepumpe

Mit der Wärmepumpe ist es möglich, unter Aufwendung von Arbeit in einem Kreisprozess Wärme aus der Umgebung zu entziehen und sie dann auf einem höheren Temperaturniveau zur Heizung zu verwenden, wobei die Wärmemenge ein Vielfaches des Wärmeäquivalentes der aufgewendeten Arbeit ist. Beispielsweise kann

man mit elektrisch angetriebenen Wärmepumpen je kW Motorleistung eine Wärmelieferung von 3 bis 5 kW erreichen, während bei der direkten Widerstandsheizung bekanntlich höchstens 1 kW Wärme abgegeben wird. Die gesamte für Heizzwecke zur Verfügung stehende Wärme setzt sich aus zwei Teilen zusammen: der von der niederen zur höheren Temperatur hochgepumpten Wärme und dem Wärmeäquivalent der dazu eingesetzten Arbeit.

Man kann mit der Wärmepumpe relativ kalte Wärmequellen wie Grundwasser, Erdreich und Außenluft für Heizzwecke ausnutzen, z.B. für Raumheizung, Brauchwasserbereitung oder Schwimmbaderwärmung.

Die Auslegung der Leistung der Luft-Wasser-Wärmepumpe erfolgte anhand des Wärmebedarfes des Referenzobjektes. Da diese als alleiniger Wärmebereiter des Objektes fungiert, wurde eine Anlage mit einer Leistung von 50 kW gewählt.

4.1.5. Photovoltaikanlage

Nachdem im Vorangegangenen vor allem Konzepte zur Wärmeversorgung des Objektes betrachtet wurden, soll im Folgenden die Einrichtung einer Photovoltaik-Anlage für das Objekt untersucht werden. Durch diese zusätzliche Stromversorgungsoption lassen sich gegebenenfalls Lastspitzen im Stromverbrauch reduzieren und dadurch der Zähler verkleinern, was sich aufgrund eines geringeren Zählergrundpreises möglicherweise wirtschaftlich vorteilhaft darstellen könnte. Darüber hinaus stellt die Nutzung von Photovoltaik-Modulen eine ökologisch vorteilhafte Form der Stromversorgung dar.

Bei der Photovoltaiknutzung werden Solarzellen, oftmals zusammengefasst in sogenannten Solarmodulen, genutzt, um Lichtenergie aus Sonnenlicht direkt in elektrische Energie umzuwandeln. Die Nutzung von Photovoltaik zur Stromerzeugung wird in Deutschland seit 2000 durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert. Infolge eines starken Preisrückgangs für Solarmodule Ende der 2000er Jahre ist die installierte Leistung in Deutschland in den vergangenen Jahren rasch

angewachsen auf mittlerweile 38,2 GW im Jahr 2014³⁹. Der Ertrag von Photovoltaikmodulen ist wesentlich abhängig vom Standort, der Ausrichtung der Module und Verschattungen. In Deutschland liefern Dachneigungen um 30° den höchsten Ertrag.

Zur Solarstromerzeugung kommen zwei Modelle infrage, zum einen der Insel- und zum anderen der Netzparallelbetrieb. Der wesentliche Unterschied beider Modelle besteht darin, dass der Inselbetrieb für die Eigenversorgung des Stroms genutzt wird und somit keine Einspeisung in das öffentliche Stromnetz erfolgt, und der Netzparallelbetrieb nicht ausschließlich für die Eigenversorgung verwendet wird, da hier die Einspeisung in das öffentliche Netz erfolgt. Aufgrund der Gegebenheiten an der Hochschule Anhalt (FH) - eigenes Stromnetz und öffentlicher Träger - eignet sich für das Referenzobjekt der Inselbetrieb, da dieser unabhängig vom öffentlichen Stromnetz funktioniert und der erzeugte Strom selbst genutzt werden kann. Der Inselbetrieb, oder auch Inselsystem genannt, besteht aus folgenden Komponenten, welche unabdingbar sind, um über eine Photovoltaikanlage Strom zu erzeugen und eine Eigenversorgung vorzunehmen:

- Wechselrichter
- Messeinrichtung
- Photovoltaik-Modul
- Kommunikationsanlage

Die ermittelte nutzbare Dachfläche für die Aufstellung der Photovoltaikanlage mit Ausrichtung nach Süd-West wurde unter Berücksichtigung folgender Einflussfaktoren ermittelt:

- Art der Bedachung
- Anzahl der Schornsteine
- Anzahl der Fenster
- Verschattung

³⁹ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2014: http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Entwicklung_der_erneuerbaren_Energien_in_Deutschland/entwicklung_der_erneuerbaren_energien_in_deutschland_im_jahr_2014.html

Für die Auslegung der Solarmodule ergibt sich daraus eine Fläche von rund 37 m². Diese Fläche von 37 m² wurde dem Angebot⁴⁰, auf dem in Kapitel 6.4 näher eingegangen wird, zugrunde gelegt.

4.2. Technologische Empfehlung

Die Vor- und Nachteile der übrigen Energieerzeugungsanlagen werden in folgender Tabelle zusammengefasst:

	Vorteile	Nachteile
BHKW	- Erzeugung von Wärme und Strom	- fossiler Brennstoff - geringe Auslastung im betrachteten Fall
Gasbrennwert-technik	- hoher Brennwert - Gas ist günstiger fossiler Rohstoff - freie Versorgerwahl - niedrige CO ₂ Emissionen - hoher Anlagenwirkungsgrad	- fossiler Brennstoff
Fernwärme	- keine Wartung nötig - unkomplizierte Bedienung - Versorgerhaftung - geräuscharm	- Preisbindung - versorgergebunden - hohe Rohrverluste
Luft-Wasser-Wärmepumpe	- geringer Platzbedarf - kein Einsatz fossiler Brennstoffe	- hohe Investitions- und Betriebskosten - Bindung an Strompreis
PV-Anlage	- Nutzung regenerativer Energien (Globalstrahlung) - Entlastung des Strombedarfes	- zusätzliche Investitionskosten

Tabelle 8 | Übersicht über Vor- und Nachteile der Energieversorgungsanlagen⁴¹

⁴⁰ SMA Solar Technology AG

⁴¹ eigene Darstellung

Der Einsatz eines BHKW im Referenzobjekt ist nicht geeignet, da der Wärmebedarf in den Sommermonaten zu gering ist und sich dadurch weniger als 5000 Jahresbetriebsstunden ergeben. Diese Variante wird daher im Folgenden nicht weiter betrachtet. Aufgrund der Zielstellung dieser Arbeit, die Betriebskosten des Referenzobjektes langfristig zu senken, scheint ein Gasbrennwertkessel optional in Verbindung mit einer Photovoltaik-Anlage eine geeignete Lösung. Dies begründet sich anhand der Preisentwicklung der Energieträger (siehe Abbildung 13⁴²).

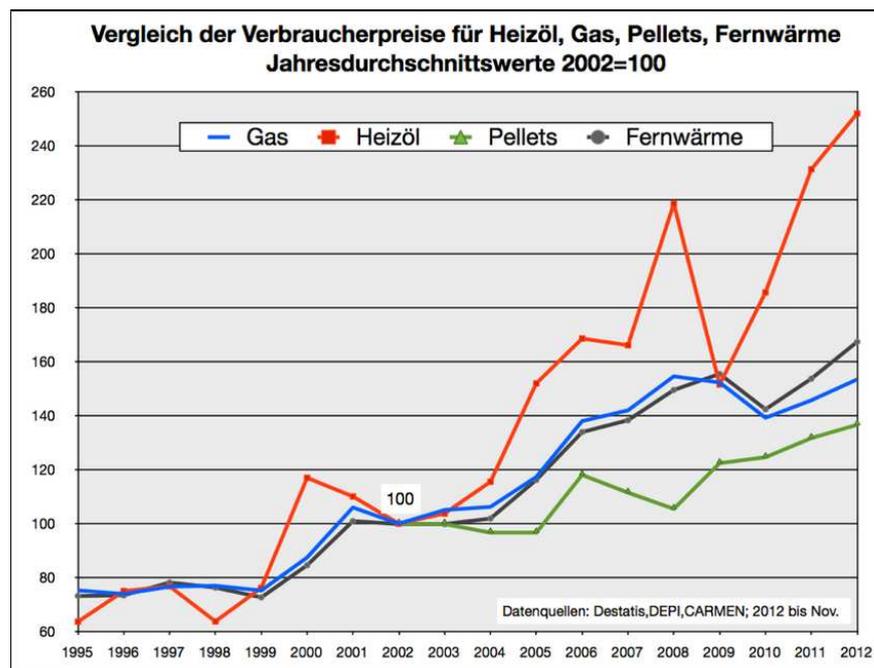


Abbildung 13 | Vergleich der Verbraucherpreise verschiedener Energieträger⁴³

Für eine genaue Beurteilung werden die verschiedenen Varianten jedoch nachfolgend einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen.

⁴² Eine Verwendung von Pellets wurde von vornherein verworfen, da sich im Referenzobjekt nicht genügend Lagerfläche vorhanden ist.

⁴³ EnergyComment: Thema Heizölpreise: "Verheizt? Heizöl im deutschen Wärmemarkt (Teil 2 von 4). <http://www.energycomment.de/thema-heizolpreise-verheizt-heizol-im-deutschen-warmemarkt-teil-2-von-4/>

5. Wirtschaftliche Betrachtung

Im Folgenden werden zunächst einige Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erläutert. Anschließend werden die in Kapitel 4 beschriebenen Energieversorgungsvarianten einer genauen Untersuchung hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit unterzogen werden.

5.1. Grundlagen und Rahmenbedingungen

Der Zweck einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung liegt in der Ermittlung eines eventuellen wirtschaftlichen Vorteiles von Investitionen. Hierbei ergibt sich die Möglichkeit, eine Aussage über die finanzielle Auswirkung einer Investitionsentscheidung zu tätigen, um entsprechende Empfehlungen liefern zu können. Es muss jedoch beachtet werden, dass sich die Berechnungen auf Annahmen für die Zukunft beziehen. Es ist anzumerken, dass für diese Ergebnisse Unsicherheiten verbleiben, welche im Voraus nicht zu definieren sind. Hierbei kann es sich um Preisentwicklungen für Rohstoffe und Fabrikate handeln, aber auch um sich ändernde Vergütungen und Förderungen etc. Die Berechnung mittels der Annuitätenmethode hat sich hierbei als zweckmäßig erwiesen, wobei immer davon ausgegangen werden sollte, die Berechnungen so genau wie nötig und nicht so genau wie möglich durchzuführen. Es ist notwendig, alle möglichen Kosten und Erlöse aufzuführen, also auch z.B. eventuelle Preisänderungen, Kosten für Instandsetzung etc. mit zu beachten. Die VDI 2067 Blatt 1 aus den Jahren Dezember 1983 und September 2000 stellen die Grundlagen dieser Berechnungen dar. Am Ende der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, wird mit Hilfe des Kapitalwertes die Vorteilhaftigkeit der zur Auswahl stehenden Investitionen ermittelt.

Für die anschließenden Berechnungen, werden folgenden Rahmenbedingungen festgelegt:

- Betrachtungszeitraum und Zinsfaktor: Es wird mit einem konstanten Zinssatz von 1,0 % für alle Erzeugervarianten gerechnet, da der aktuelle Zinssatz niedrig gehandelt wird⁴⁴. Der Betrachtungszeitraum für die Rückzahlung an die

⁴⁴ eigene Recherche unterschiedlicher Banken

Bank, da von einer 100 %-igen Fremdfinanzierung ausgegangen wird, ist auf 10 Jahre festgelegt.

- Finanzierung und Fördermittel: Es wird angenommen, dass die Investitionen der Erzeugeranlagen zu 100 % mit Fremdkapital finanziert werden. In den Berechnungen werden keine Finanzierungen über öffentliche Fördermittel berücksichtigt.
- Energiepreise und Energiepreissteigerung: Es wird mit aktuellen Energiepreisen für Gas und Strom [Cent/kWh] gerechnet. Da das Referenzobjekt seinen bisherigen Gas und Strom über die Stadtwerke Dessau bezieht, wurde auf die aktuellen Preise (Stand: 01.01.2015) Bezug genommen.

5.1.1. Kapitalgebundene Kosten

Unter kapitalgebundenen Kosten versteht man alle mit der Investition verbundenen Kosten hinsichtlich der betriebstechnischen Anlagenteile und den zugehörigen Bauteilen, zum Beispiel Anlagekomponenten (Wärmeerzeuger, Heizkörper usw.), Anschlusskosten und Instandsetzung. Diese können z.B. aus Kostenberechnungen oder Ausschreibungsunterlagen ermittelt werden und sind dann so zu unterteilen, dass in der VDI 2067 Blatt 1 vorgegebene Werte bezüglich der Nutzungsdauer und der Instandsetzungskosten anwendbar sind.

5.1.2. Bedarfs- (Verbrauchs-) gebundene Kosten

Da Betriebs- und Energiestoffe Preisänderungen unterliegen, müssen auch diese preislich ermittelt werden. Der Ansatz für bedarfsgebundene Kosten ergibt sich dabei aus: Energiekosten (Grund- und Arbeitspreis) und Kosten für Hilfsenergie.

5.1.3. Betriebsgebundene Kosten

Für betriebsgebundene Kosten sind zum Beispiel Bedienen (Lohnkosten), Reinigen, Warten und Inspizieren, gilt es ebenso kostendynamische Änderungen zu berücksichtigen, was unter anderem durch ein sich änderndes Lohnniveau hervorgerufen werden kann. Hierbei sind alle zur Instandhaltung, und somit ordnungsgemäßen Betrieb, der Anlage notwendigen Kosten inbegriffen.

5.1.4. Sonstige Kosten

Unter sonstige Kosten sind noch nicht erfasste Steuern, Abgaben, Versicherungs- und Verwaltungskosten sowie Gewinne und Verluste zu verstehen. Im Rahmen des vorgenommenen Variantenvergleiches wurden diese Kosten vernachlässigt, da sie nicht genau abschätzbar sind.

5.2. Ermittlung der Jahresbrennstoffkosten

Um eine zweckmäßige Untersuchung der zu vergleichenden Wärmeerzeugeranlagen vornehmen zu können, ist es notwendig, die jährlichen Brennstoffkosten der unterschiedlichen zum Einsatz kommenden Brennstoffe für den Anlagenbetrieb zu berücksichtigen.

Die überschlägig ermittelten Jahresbrennstoffkosten für die verschiedenen Wärmeerzeugeranlagen, hier die aktuelle Gas-Brennwertanlage, das Gas-Brennwertgerät-Kaskade der Firma Brötje und die Fernwärmestation der Stadtwerke Dessau, ist unter Berücksichtigung der ermittelten Größen und Vorgaben wie folgt ermittelt worden:

	bestehende Erzeugeranlage	Gas-Brennwertgerät-Kaskade	Fernwärme
Wirkungsgrad [%]	94	98	100
Wärmeenergie [kWh/a]	87.085	85.343	81.860
erforderliche Nutzenergie [kWh/a]	81.860	81.860	81.860
Arbeitspreis Erdgas [ct/kWh]	5,47	5,47	
Grundpreis Erdgas [EUR/a]	240	240	
Jahresbrennstoffkosten [EUR/a]	5.004	4.908	
Arbeitspreis Fernwärme [EUR/a]			5.247
Grundpreis Fernwärme [EUR/a]			1.825
Verrechnungspreis Fernwärme [EUR/a]			74
Gesamtkosten für Brennstoff [€/a]	5.004	4.908	7.146

Tabelle 9 | Überschlägige Berechnung des Jahresbrennstoffbedarfs⁴⁵

Die überschlägig ermittelten Brennstoffkosten entsprechend der Tabelle 9 zeigen, dass die neue Gas-Brennwertanlage die niedrigsten Brennstoffkosten pro Jahr hat.

⁴⁵ eigene Darstellung

In den Gesamtkosten der jeweiligen Brennstoffe sind sowohl die Arbeitspreise [ct/kWh] als auch die Grundpreise [EUR/a] enthalten. Der Arbeitspreis für Erdgas entspricht 5,47 Cent je kWh und der Grundpreis liegt bei 240 EUR pro Jahr. Der Arbeitspreis für die Fernwärme entspricht 6,41 Cent je kWh und der Grundpreis bei rund 1.825 EUR pro Jahr. Alle Preise sind Nettopreise und entsprechen dem aktuellen Stand vom 01.01.2015 der Stadtwerke Dessau.

5.3. Investitionsübersicht aller Neuanlagen

In diesem Kapitel soll näher darauf eingegangen werden, welche kapitalgebundenen Kosten jährlich auf die entsprechende Investitionssumme der Anlage anfallen. Der angenommene Zinssatz von 1 % tilgt und verzinst jährlich den aufgenommenen Kreditbetrag für die entsprechende Investitionssumme der jeweiligen Erzeugeranlage.

5.3.1. Gas-Brennwertgerät Ecotherm Plus mit Kaskade (Brötje)

Die Betriebsgebundenen Kosten 3.1 bis 3.5 in Tabelle 10 liegen der VDI 2067 Blatt 1, Anhang A, Tabellen, Tabelle A2⁴⁶ zugrunde. Die Investitionssumme von insgesamt 16.745,09 € entspricht dem vorliegenden Angebot der Firma Spee-Haustechnik und liegen dieser Arbeit als Anlage 8 bei. Der Gesamtbetrag beinhaltet alle Zubehör und Montage.

⁴⁶ September 2009

Kostengruppe und Kostenarten	Gas-Brennwert-Anlage
1. Investitionsgebundene Kosten (Brutto), inkl. Zubehör [€]	16.745
1.1 jährlicher Kapitaldienst [€/a]	1.768
2. Verbrauchsgebundene Kosten	
2.1 Jährliche Brennstoffkosten (Erdgas) [€/a]	4.908
2.2 Jährliche Stromkosten (Hilfsenergie) [€/a]	1.307
2.3 Summe [€/a]	6.215
3. Betriebsgebundenen Kosten	
3.1 Wartungskosten für Anlage [€/a]	167
3.2 Wartungskosten für WWB [€/a]	50
3.3 Instandhaltungskosten für Anlage [€/a]	167
3.4 Instandhaltungskosten für WWB [€/a]	167
3.5 Aufwand für Bedienung [h/a]	170
3.6 Schornsteinfeger [€/a]	44
3.7 Summe [€/a]	767
4. Jahresgesamtsumme [€/a]	23.727

Tabelle 10 | Kostenübersicht bei Kauf der Gas-Brennwert-Anlage⁴⁷

Der jährlich zu zahlende Kapitaldienst, auch Kapitalkosten genannt, wird mittels der Annuität berechnet:

$$\text{Annuität} = \text{Kreditsumme} * \frac{\text{Zinssatz} * (1+\text{Zinssatz})^{\text{Laufzeit}}}{(1+\text{Zinssatz})^{\text{Laufzeit}} - 1}$$

$$\text{Annuität} = 16.745,09 \text{ Euro} * \frac{(0,01 * 1,01^{10})}{(1,01^{10} - 1)}$$

$$\underline{\underline{\text{Annuität} = 1.767,98 \text{ Euro}}}$$

5.3.2. Fernwärmehausanschluss der Stadtwerke Dessau

Die Investitionssumme von insgesamt 4.566,35 EUR in Tabelle 11 entspricht dem vorliegenden Angebot der Stadtwerke Dessau und liegen dieser Arbeit als Anlage 9 bei. Der Gesamtbetrag ist inklusive Material, Montage, alle Tiefbauleistungen in

⁴⁷ eigene Darstellung

den öffentlichen und privaten Bereichen, die Mauerdurchbrüche sowie die Material- und Montagekosten zur Verlegung der Innenleitung bis an die Anschlussgrenze Hausanschlussstation. Im Wärmepreis, bestehend aus Arbeitspreis, Grundpreis und Verrechnungspreis, sind die Kosten für Wartung, Instandhaltung und Erneuerung sowie Ablesung, Abrechnung, Wartung und Instandhaltung der Messtechnik (Wärmezähler) bereits enthalten.

Kostengruppe und Kostenarten	Fernwärme
1. Investitionsgebundene Kosten (Brutto), inkl. Zubehör [€]	4.566
1.1 jährlicher Kapitaldienst [€/a]	482
2. Verbrauchsgebundene Kosten	
2.1 Arbeitspreis [€/a]	5.247
2.2 Grundpreis [€/a]	1.825
2.3 Verrechnungspreis [€/a]	74
2.4 Summe [€/a]	7.146
3. Betriebsgebundenen Kosten	
4. Jahresgesamtsumme [€/a]	11.712

Tabelle 11 I Kostenübersicht für Fernwärmeanschluss⁴⁸

Der jährlich zu zahlende Kapitaldienst, auch Kapitalkosten genannt, wird mittels der Annuität berechnet:

$$\text{Annuität} = \text{Kreditsumme} * \text{Zinssatz} * \frac{(1+\text{Zinssatz})^{\text{Laufzeit}}}{(1+\text{Zinssatz})^{\text{Laufzeit}} - 1}$$

$$\text{Annuität} = 4.566,35 \text{ Euro} * \frac{(0,01 * 1,01^{10})}{(1,01^{10} - 1)}$$

$$\underline{\underline{\text{Annuität} = 482,12 \text{ Euro}}}$$

⁴⁸ eigene Darstellung

5.3.3. Luft-Wasser-Wärmepumpe der Firma Dimplex

Kostengruppe und Kostenarten	Wärmepumpe (Strom)
1. Investitionsgebundene Kosten (Brutto), inkl. Zubehör [€]	61.827
1.1 jährlicher Kapitaldienst [€/a]	6.528
2. Verbrauchsgebundene Kosten	
2.1 Jährliche Stromkosten (Hilfsenergie) [€/a]	5.796
2.2 Summe [€/a]	5.796
3. Betriebsgebundenen Kosten	
3.1 Wartungskosten für Anlage [€/a]	927
3.2 Wartungskosten für WWB [€/a]	185
3.3 Instandhaltungskosten für Anlage [€/a]	1.855
3.4 Instandhaltungskosten für WWB [€/a]	618
3.5 Aufwand für Bedienung [h/a]	170
3.6 Schornsteinfeger [€/a]	44
3.7 Summe [€/a]	3.800
4. Jahresgesamtsumme [€/a]	71.423

Tabelle 12 | Kostenübersicht bei Kauf der Luft-Wasser-Wärmepumpe⁴⁹

Die Betriebsgebundenen Kosten 3.1 bis 3.5 der Tabelle 12 liegen der VDI 2067 Blatt 1, Anhang A. Tabellen, Tabelle A2⁵⁰ zugrunde. Die Investitionssumme von insgesamt 61.827 EUR entspricht dem vorliegenden Angebot der Firma Spee-Haustechnik und liegt dieser Arbeit als Anlage 10 bei. Der Gesamtbetrag ist inklusive aller Zubehöre und Montage.

Die ermittelten jährlichen Stromkosten wurden wie folgt ermittelt:

Durchschnittsverbrauch [kWh/a]:	93.246
Jahresarbeitszahl WP [kW]:	3,6
Strombedarf für WP [kWh/a]:	25.902

Tabelle 13 | Ermittlung des Strombedarfs für Wärmepumpe⁵¹

⁴⁹ eigene Darstellung

⁵⁰ September 2009

⁵¹ eigene Darstellung

Der durchschnittliche Stromverbrauch aus den Jahren 2013 und 2014 lag bei 93.246 [kWh/a], dieser wurde durch die Jahresarbeitszahl⁵² 3,6 [kW] dividiert. Der sich daraus ermittelte Strombedarf [kWh/a] wurde mit den aktuellen Strompreisen für Wärmepumpen der Stadtwerke Dessau multipliziert.

Der jährlich zu zahlende Kapitaleinst, auch Kapitalkosten genannt, wird mittels der Annuität berechnet:

$$\text{Annuität} = \text{Kreditsumme} * \frac{\text{Zinssatz} * (1+\text{Zinssatz})^{\text{Laufzeit}}}{(1+\text{Zinssatz})^{\text{Laufzeit}} - 1}$$

$$\text{Annuität} = 61.826,69 \text{ Euro} * \frac{(0,01 * 1,01^{10})}{(1,01^{10} - 1)}$$

$$\underline{\underline{\text{Annuität} = 6.527,79 \text{ Euro}}}$$

5.3.4. Optionale Ergänzung durch Einsatz von Photovoltaik

Die Investitionssumme von insgesamt 7.650 EUR entspricht dem vorliegenden Angebot der Firma SMA Solar Technology AG und liegt dieser Arbeit als Anlage 11 bei. Der Gesamtbetrag ist inklusive aller Zubehöre und Montage. Die Betriebskosten von insgesamt 115 Euro/a werden entsprechend der VDI 2067 Blatt 1 ,Anhang A. Tabellen, Tabelle A2⁵³ angesetzt.

Kostengruppe und Kostenarten	Photovoltaik
1. Investitionsgebundene Kosten (Brutto), inkl. Zubehör [€]	7.650
1.1 jährlicher Kapitaleinst [€/a]	943
2. Verbrauchsgebundene Kosten	
3. Betriebsgebundenen Kosten	
3.7 Summe [€/a]	115
4. Jahresgesamtsumme [€/a]	8.708

Tabelle 14 | Kostenübersicht bei Kauf einer Photovoltaikanlage⁵⁴

⁵² laut Herstellerangaben

⁵³ September 2009

⁵⁴ eigene Darstellung

Der jährlich zu zahlende Kapitaldienst, auch Kapitalkosten genannt, wird mittels der Annuität berechnet:

$$\text{Annuität} = \text{Kreditsumme} * \frac{\text{Zinssatz} * (1+\text{Zinssatz})^{\text{Laufzeit}}}{(1+\text{Zinssatz})^{\text{Laufzeit}} - 1}$$

$$\text{Annuität} = 7.650 \text{ Euro} * \frac{(0,04 * 1,04^{10})}{(1,04^{10} - 1)}$$

$$\underline{\underline{\text{Annuität} = 943,18 \text{ Euro}}}$$

Entsprechend des benannten Angebotes, wurde durch die Firma SMA Solar Technology AG ein Zinssatz von 4% vorgegeben, welcher bei der Berechnung des Kapitaldienstes berücksichtigt wurde.

5.3.5. Kostenaufstellung aller Anlagen

Hier soll nochmals grafisch verdeutlicht werden, welche Anlagenvariante die höchsten Jahresgesamtkosten verursachen.

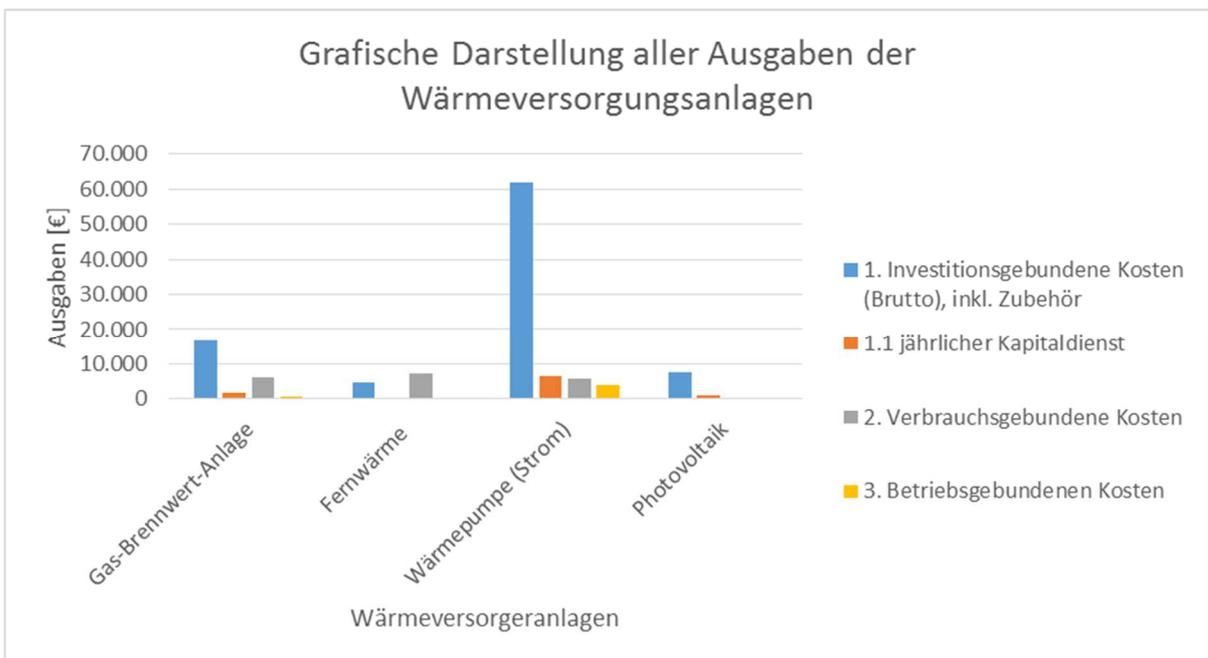


Abbildung 14 | Gesamtübersicht aller Ausgaben der jeweiligen Anlagen⁵⁵

⁵⁵ eigene Darstellung

Es wird deutlich, dass die Luft-Wasser-Wärmepumpe den höchsten Anteil an Investitions- und Verbrauchskosten gegenüber den anderen Anlagen aufweist.

5.3.6. Ermittlung des Stromertrages aus Photovoltaik

Durch den Einsatz einer Photovoltaikanlage können die Stromkosten des Objektes durch Eigenstromerzeugung gesenkt werden.

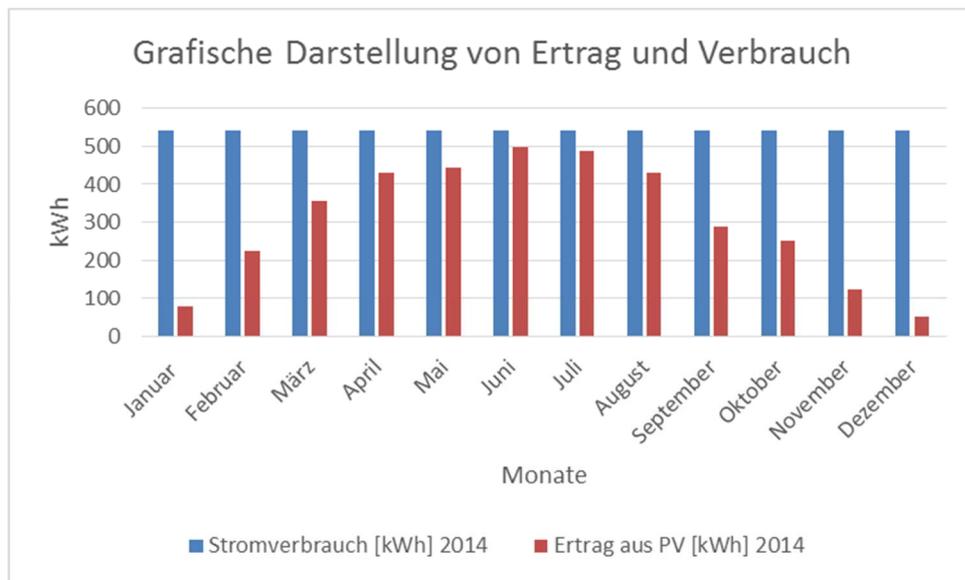


Abbildung 15 | Stromertrag aus PV und Stromverbrauch für das Jahr 2014⁵⁶

In Abbildung 15 wurde der Stromverbrauch des Objektes von insgesamt 6.498 kWh aus dem Jahr 2014 beispielhaft auf die Monate Januar bis Dezember aufgeteilt, dies ergibt einen monatlichen Verbrauch von 542 kWh. Der monatliche Ertrag aus der Photovoltaikanlage wurde mit der ermittelten Peak-Leistung von 3,83 kWp mit den monatlichen regionalen Durchschnittswerten⁵⁷ der von Photovoltaikanlagen aus dem Jahr 2014 multipliziert. Es zeigt sich, dass die Stromerzeugung aus der Photovoltaikanlage in den Sommermonaten fast den monatlichen Durchschnittsverbrauch an Strom erreicht. Insgesamt ergibt sich ein Ertrag von 3.672,97 kWh

⁵⁶ eigene Darstellung

⁵⁷ Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V.: Bundesweite Aufnahme der monatlichen Stromertragsdaten von PV-Anlagen. http://www.pv-ertraege.de/cgi-bin/pvdaten/src/region_uebersichten_auswahl.pl/kl

Strom. Das bedeutet, dass 56,5 % des Stromverbrauchs des Objektes durch die Photovoltaikanlage gedeckt werden können.

5.3.7. Nutzwertanalyse der Anlagenvarianten

Die Nutzwertanalyse ist eine Methode, die den Nutzwert verschiedener Entscheidungsalternativen im Vergleich zueinander liefert. Ziel ist es, Varianten vergleichbar zu machen, um so eine Entscheidung zwischen den jeweiligen Varianten schneller treffen zu können.

Um mittels der Nutzwertanalyse für den Variantenvergleich der Anlagen eine unterstützende Aussage hinsichtlich der Entscheidungsfindung treffen zu können, wurde anhand folgender Punkteverteilung eine Gesamtbewertung vorgenommen:

- Punkteverteilung:
- 1 = sehr niedrig
 - 2 = niedrig
 - 3 = sehr gering
 - 4 = gering
 - 5 = mittel
 - 6 = hoch
 - 7 = sehr hoch

Am Ende wurden alle Punkte addiert, um einen Gesamtwert ermitteln zu können.

Kriterien	Heizungsanlage Gas-Brennwert	Luft-Wasser- Wärmepumpe	Fernwärme	Photovoltaik
Investitionskosten	5	7	2	3
Betriebsgebundene Kosten	3	7	1	2
Verbrauchsgebundene Kosten	5	4	7	1
Gesamt	13	18	10	6

Tabelle 15 | Nutzwertanalyse für die Anlagenvarianten⁵⁸

⁵⁸ eigene Darstellung

Tabelle 15 zeigt in der Gesamtbewertung, dass Fernwärme die günstigste Variante hinsichtlich sowohl Investitionskosten als auch jährlich laufenden betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten ist. Die Photovoltaikanlage ist in Verbindung mit den Wärmeversorgungsanlagen nur als Unterstützungsmodul zu sehen. Sie dient lediglich der Reduzierung der Stromkosten des Objektes.

5.3.8. Kostenübersicht der Anlagenvarianten

In der nachfolgenden Tabelle werden die jährlich laufenden Kosten der Erzeugeranlagen zusammenfassend dargestellt.

Kostengruppe und Kostenarten	Gas-Brennwert-Anlage	Fernwärme	Wärmepumpe (Strom)
1. jährlicher Kapitaldienst [€/a]	-1.768	-482	-6.528
2. Verbrauchsgebundene Kosten [€/a]	-6.215	-7.146	-5.795
3. Betriebsgebundenen Kosten [€/a]	-767		-3.800
4. Gesamtkosten [€/a]	-8.750	-7.628	-16.123

Tabelle 16 | Laufende Kosten der jährlichen Ausgaben und Einnahmen aller Anlagen

Stellt man die Gesamtkosten hinsichtlich des Kapitaldienstes, die betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten gegenüber, lässt sich erkennen, dass die betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten einer Fernwärmeversorgung gegenüber einer Gas-Brennwertanlage und einer Luft-Wasser-Wärmepumpe niedriger sind, was die Aussage in Tabelle 16 hinsichtlich der Nutzwertanalyse unterstützt.

5.4. Ergebnisse der wirtschaftlichen Betrachtung

Mittels des Kapitalwertes wird die Vorteilhaftigkeit der zur Auswahl stehenden Investitionen ermittelt. Mit Hilfe der ermittelten Annuitäten der jeweiligen Anlagen in den Kapiteln 5.3.1 bis 5.3.4, lassen sich nun die Kapitalwerte der einzelnen Anlagenvarianten ermitteln. Das Kapitalwertverfahren ist aufgrund seiner Universalität (Alternativen mit unterschiedlicher Laufzeit, keine Anforderungen an die Struktur der Ein- und Auszahlungen) auf alle hier infrage kommenden Investitionsprobleme

ohne Einschränkungen anwendbar⁵⁹. Der Kapitalwert einer Investition gibt die Summe aller ab Investitionsbeginn anfallenden Ein- und Auszahlungen [€/a] abgezinst auf den Zeitpunkt t = 0 an. Der Gesamtbetrag muss zum Zeitpunkt t = 0 der Investition angelegt werden, um die während des Betrachtungszeitraumes laufenden Kosten decken zu können. Der Kapitalwert wird durch die laufenden Einnahmen gemindert, die in der Berechnung zu berücksichtigen sind. Am Ende der Kapitalwertberechnung aller Investitionsmöglichkeiten ist die Investition durchzuführen, welche den höchsten Kapitalwert aufweist.

Der Kapitalwert wird mit folgender Formel berechnet:⁶⁰

$$K = -A_0 + \sum_{t=1}^T (E_t - A_t) * (1+i)^{-t}$$

- A₀ Investitionskosten
- E_t Einzahlungen zum Zeitpunkt t
- A_t Auszahlungen zum Zeitpunkt t
- t Laufzeitvariable für t=0 bis T
- T Investitionslaufzeit
- i Kalkulationszins

Unter Beachtung der bereits ermittelten Werte werden für die Investitionen folgende Kapitalwerte ermittelt:

K1...Kapitalwert für die Investition in das Gas-Brennwertgerät Ecotherm Plus mit Kaskade der Firma Brötje

$$K_1 = -16.745,09 - 1.767,98 * (1 - 1,01^{-10}) / (0,01) - 6.215 - 766,74 + 735 * (1 - 1,01^{-10}) / (0,01)$$

K1 = - 33.510,50 Euro

⁵⁹Krimmling, Preuß, Deutschmann, Renner (2008): Atlas Gebäudetechnik. Grundlagen, Konstruktionen, Details. Vertragsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln.

⁶⁰ Wöhe, Günter (2002): Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 21. Auflage, Vahlen Verlag.

K2...Kapitalwert für die Investition in die Fernwärmestation der Stadtwerke Dessau

$$K2 = -4.566,35 - 482,12 * (1 - 1,01^{-10}) / (0,01) - 7.146$$

$$\underline{K2 = - 16.278,70 \text{ Euro}}$$

K3...Kapitalwert für die Investition in die Luft-Wasser-Wärmepumpe der Firma Dimplex

$$K3 = -61.826,69 - 6.527,79 * (1 - 1,01^{-10}) / (0,01) - 5.795,06 - 3.800 + 735 * (1 - 1,01^{-10}) / (0,01)$$

$$\underline{K3 = - 126.287,03 \text{ Euro}}$$

K4...Kapitalwert für die Investition in die Photovoltaikanlage der Firma SMA Solar Technology AG

$$K4 = -7.650 - 943,18 * (1 - 1,01^{-10}) / (0,01) - 547 - 155$$

$$\underline{K4 = - 17.285,15 \text{ Euro}}$$

Auffallend an den jeweiligen Kapitalwerten ist, dass trotz der jährlichen Einnahmen aus dem Ertrag der Photovoltaikanlage für den Kauf eines Gas-Brennwertgerätes und einer Luft-Wasser-Wärmepumpe ein negativer Kapitalwert für die Investitionen erzielt wird. Für die Investition in eine Anbindung an die Fernwärme, ergibt sich ebenfalls ein negativer Kapitalwert. Die Kapitalwerte K1 und K3 fallen entsprechend kleiner aus, als die Kapitalwerte K2 und K4. Entsprechend der erläuterten Kapitalwertermittlung ist die reine Investition in die Fernwärmestation der Stadtwerke Dessau am vorteilhaftesten für die Energieversorgung des Referenzgebäudes.

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung muss jedoch berücksichtigt werden, dass sich die jährlichen Kosten über den betrachteten Zeitraum hinaus anders darstellen können. Je länger der berücksichtigte Zeitraum, desto entscheidender sind die verbrauchsgebundenen Kosten. Es ist also davon auszugehen, dass langfristig dennoch die Gas-Brennwertanlage günstiger ist, da die verbrauchsgebundenen Kosten hier geringer sind.

6. Abrechnungsvarianten der Betriebs- und Nebenkosten

Für einen wirtschaftlichen Betrieb des Gästehauses der Hochschule Anhalt ist es erforderlich, dass die Betriebs- und Nebenkosten durch die Mieteinnahmen mindestens gedeckt werden. Im Folgenden wird daher die derzeitige Abrechnungsvariante untersucht und alternative Möglichkeiten der Preisermittlung vorgeschlagen.

6.1. IST-Analyse

Aktuell erfolgt die Abrechnung pro Übernachtungsgast und Zimmer gemäß den Richtlinien für die tageweise Vermietung von Gästezimmern⁶¹. Momentan deckt der erwirtschaftete Betrag jedoch nicht die laufenden Kosten des Objektes. Die Belegungslisten legen nahe, dass die vor allem daran liegt, dass derzeit nicht jeder Gast den vollständigen Preis je Übernachtung zahlt.

6.2. Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse ist eine Methode, die den Nutzwert verschiedener Entscheidungsalternativen im Vergleich zueinander liefert. Ziel ist es, Varianten vergleichbar zu machen, um so eine Entscheidung zwischen den jeweiligen Varianten treffen zu können.

Tabelle 17 zeigt in der Gesamtbewertung, dass die Zimmerpreise vorrangig durch Dozenten, Lehrbeauftragte, Professoren und Familienangehörige eingenommen werden sollen. Um einen Leerstand in den vorlesungsfreien Zeiten zu vermeiden, empfiehlt es sich ein Betreiberkonzept⁶² zu erarbeiten, welches jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit ist.

⁶¹ Richtlinien für die tageweise Vermietung von Gästezimmern an der Hochschule Anhalt (FH), Stand: 30.11.2004

⁶² lt. Aussage von Herrn Schlecht-Pese

Kriterien	Gewichtung [%]	Vermietung an Dozenten, Lehrbeauftragte und Professoren	Punktebewertung (1=schlecht bis 10=sehr gut)	Vermietung an Familienangehörige	Punktebewertung (1=schlecht bis 10=sehr gut)	Vermietung an Touristen	Punktebewertung (1=schlecht bis 10=sehr gut)
Nutzungsentgeld (außer Touristen)	30	300	10	300	10		
Leerstand durch Vermietung an Touristen vermeiden	10					20	2
Zimmerpreis/Tag an ortsübliche Pensionspreise anpassen (für Touristen)	15					15	1
Zimmerpreis/Tag inkl. Frühstück (für Touristen)	15						nein: kein Frühstück
Umlegung aller fixen Kosten	15	150	10	150	10	150	10
Umlegung aller variablen Kosten	15	105	7	105	7	120	8
Gesamt	100	555		555		305	

Tabelle 17 I Nutzwertanalyse für die Zimmerpreise⁶³

6.3. Variantenvergleich der Preisermittlung

In diesem Kapitel wird ein sogenannter Variantenvergleich vorgenommen, um hinsichtlich der Betriebs- und Nebenkostendeckung die wirtschaftlichste Zimmerpreisgestaltung zu ermitteln.

6.3.1. Variante 1 I Zimmerpreise je Belegung

Die vorgenommene Preisermittlung nach Belegung in Tabelle 18 zeigt, dass jeder Gast pro Tag 9,90 € zu bezahlen hat. Es wurden hier alle dieser Arbeit vorliegenden Betriebs- und Nebenkosten addiert und der sich daraus ermittelte Gesamtbetrag von 18.507,41 €/a wurde durch die Anzahl der gesamten Gäste von insgesamt 1.869/a dividiert.

⁶³ diese wurde von Herrn Schlecht-Pese selbst ausgefüllt, eigene Darstellung

Laufende Kosten/a	Kosten/a [€]
Verbrauchskosten-Gas	6.124,18
Verbrauchskosten-Strom	1.307,27
Verbrauchskosten-Wasser	1.276,59
Verbrauchskosten-Regenwasser	496,75
Grundsteuer	790,29
Müllentsorgung	139,86
Rundfunk/GEZ	71,92
Schornsteinfeger	44,15
Unterhaltsreinigung	7.940,01
Wartung Heizung	316,39
Gesamt	18.507,41
Kosten [Person/Tag/€]	9,90

Tabelle 18 I Variante 1 Preisermittlung nach Belegung⁶⁴

6.3.2. Variante 2 I Zimmerpreise je Fläche

Den Berechnungen in Tabelle 19 liegen die entsprechenden Quadratmeter⁶⁵ der jeweiligen Wohnungen und der anteiligen Nutzfläche, Verkehrsfläche sowie technischen Funktionsfläche zugrunde.

Wohnungen	[€/Tag]
Whg. 10a	14,95
Whg. 10b	12,36
Whg. 11	16,03
Whg. 12	17,48
Whg. 13	14,01
Whg. 20a	11,24
Whg. 20b	11,62
Whg. 20c	11,32
Whg. 21	9,25
Whg. 22	13,59
Whg. 23	17,49
Whg. 24	14,02

Tabelle 19 I Variante 2 Preisermittlung nach Fläche [m²]⁶⁶

⁶⁴ eigene Darstellung

⁶⁵ Flächenplan, Ober- und Erdgeschoss, erstellt am 09.10.2007 von Herrn Krahl

⁶⁶ eigene Darstellung

6.3.3. Variante 3 I Zimmerpreise je Verbrauch

Wohnungen	[€/Tag]
Whg. 10a	4,23
Whg. 10b	4,23
Whg. 11	4,23
Whg. 12	4,23
Whg. 13	4,23
Whg. 20a	4,23
Whg. 20b	4,23
Whg. 20c	4,23
Whg. 21	4,23
Whg. 22	4,23
Whg. 23	4,23
Whg. 24	4,23

Tabelle 20 I Variante 3 Preisermittlung nach Verbrauch⁶⁷

Die Betriebs- und Nebenkosten für das Jahr 2014 in einer gesamten Höhe von 18.507,41 €/a wurden durch 365 Tage im Jahr und der Anzahl der Wohnungen (12) dividiert, daraus ließ sich der Tagespreis pro Wohnung von 4,23 € ermitteln. Dieser Preis würde aber voraussetzen dass das Referenzobjekt immer zu 100% ausgelastet ist. Zukunftsorientiert empfiehlt es sich, die Tagespreise/Wohnung mit den Ablesewerten der jeweiligen Messtechniken zu multiplizieren. Da aktuell keine Messtechniken je Wohnung vorliegen, ist der Tabelle 20 eine sogenannter Einheitspreis/Wohnung/Tag zu entnehmen.

⁶⁷ eigene Darstellung

6.4. Merkmale zur Findung einer Vorzugsvariante

Da die momentane Abrechnung der Gästezimmer nach den Richtlinien⁶⁸ für die tageweise Vermietung vorgenommen wird, empfiehlt es sich an Variante 2 für die Zimmerpreisermittlung zu orientieren. Hier erfolgt eine betriebs- und nebenkosten-deckende Abrechnung der jeweiligen Wohnungen.

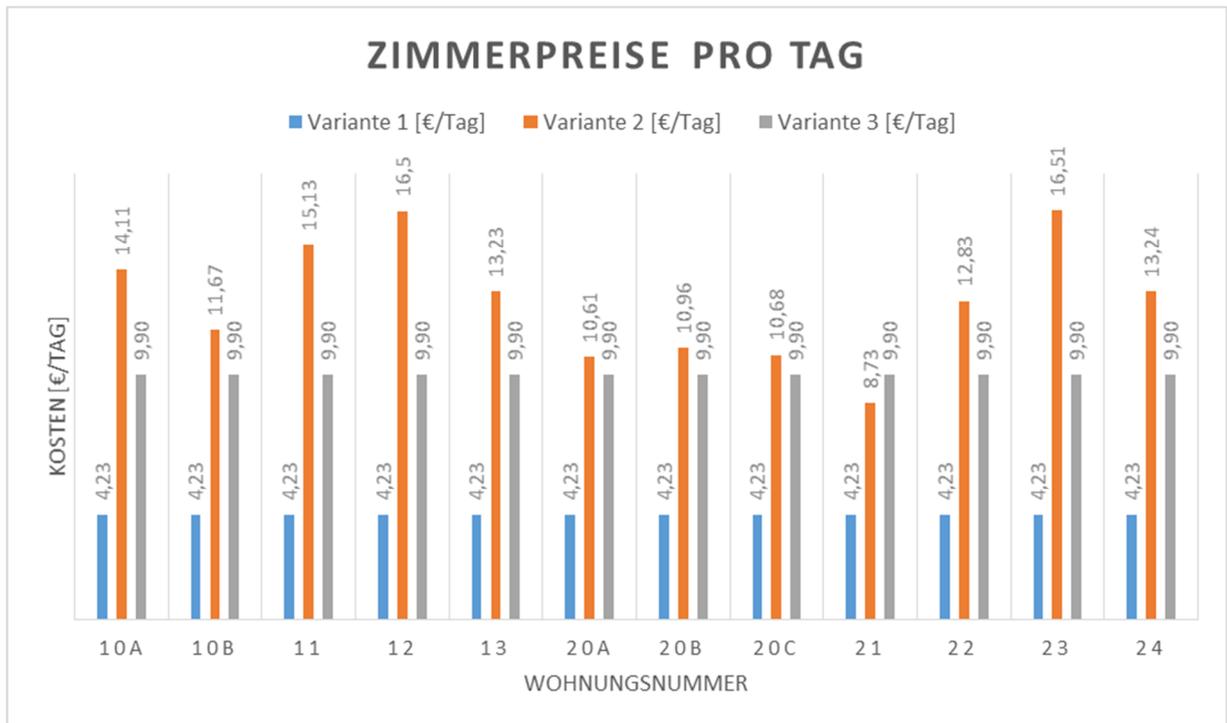


Abbildung 16 | Varianten 1 - 3 im Vergleich⁶⁹

Abbildung 16 stellt grafisch noch einmal die Varianten 1 bis 3 der Preisermittlungen je Wohnung/Tag dar. Anhand dieses Diagrammes wird die Variante 2 hinsichtlich der besagenden Vorzugsvariante be-stärkt.

⁶⁸ siehe Anhang

⁶⁹ eigene Darstellung

Wohnung	Gesamteinnahme [€/a]	Gewinn-Verlust-Rechnung [€/a]
Variante 1 [€]	7.905,87	-11.703,89
Variante 2 [€]	23.962,87	4.353,11
Variante 3 [€]	16.821,00	-2.788,76

Tabelle 21 | Einnahmen der einzelnen Varianten⁷⁰

Tabelle 21 stellt die Gesamteinnahmen der jeweiligen drei Varianten gegenüber und verdeutlicht somit anhand von Zahlen, welche Variante unter Abzug der entstandenen Betriebs- und Nebenkosten für das Jahr 2014 einen Gewinn erwirtschaftet. Entsprechend der benannten Tabelle weist Variante 2 einen Gewinn am Jahresende von rund 4.354 €/a auf.

Wohnung	Gesamteinnahme [€/a]	Gewinn-Verlust-Rechnung [€/a]
Entgeld/Tag (20,00 €)	10.410	-9.199,76

Tabelle 22 | Einnahmen nach momentaner Abrechnung⁷¹

In

Tabelle 22 wurden entsprechend der Belegungsliste aus dem Jahr 2014 die Anzahl der zahlenden Gäste pro Wohnung mit dem Entgeld von 20,00 € pro Tag multipliziert. Als Gesamteinnahme ergab sich eine Summe von insgesamt 10.410 € für das Jahr 2014, gemessen an den Betriebs- und Nebenkosten die das Referenzobjekt im selben Jahr in einer Höhe von durchgehend 18.507,41 €/a verursachte, betrug dies einen Verlust von gesamt -9.199,76 €/a⁷².

⁷⁰ eigene Darstellung

⁷¹ eigene Darstellung

⁷² siehe auch detaillierte Angaben in Anlage 5

7. Fazit

Zum Abschluss der Bachelorarbeit werden an dieser Stelle die Ergebnisse zusammengefasst und Empfehlungen ausgesprochen. Auch auf mögliche Folgeprojekte soll verwiesen werden.

7.1. Zusammenfassung der Ergebnisse und Empfehlungen

Die im Rahmen dieser Arbeit vorgenommenen Untersuchungen zum Gästehaus der Hochschule Anhalt am Standort Dessau hinsichtlich des baulichen Zustandes des Gebäudes haben gezeigt, dass das Objekt keinesfalls den heutigen Anforderungen der EnEV entspricht. Das Gebäude in der Hardenbergstraße 31 weist sowohl zu hohe Transmissionswärmeverluste in den Außenwänden als auch einen zu hohen Gesamttransmissionswärmeverlust auf. Bei zukünftigen Sanierungs- und Umbaumaßnahmen sollte daher eine Isolation der Außenfassade vorgenommen werden, um den Primär- als auch Endenergiebedarf zu senken. Dadurch können die Betriebskosten reduziert werden und gleichzeitig ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden.

Die Untersuchung ergab weiterhin, dass der derzeit im Objekt zur Wärmeversorgung eingesetzte Niedertemperatur-Gas-Heizkessel überdimensioniert ist. Daher wurden verschiedene alternative Wärmeerzeugeranlagen verglichen und einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen.

Dabei stellte sich heraus, dass der Einsatz eines Blockheizkraftwerkes sich aus ökonomischen Gründen nicht lohnt, da in den Sommermonaten zu wenig Wärmebedarf im Objekt vorhanden ist und somit eine Jahresvolllaststundenzahl von weniger als 5000 Betriebsstunden erreicht wird. Die Investition in eine Fernwärmestation der Stadtwerke Dessau ist gegenüber dem Einsatz eines Gas-Brennwertgerätes oder einer Luft-Wasser-Wärmepumpe eine wirtschaftliche Möglichkeit zur Wärmerversorgung des Referenzobjektes. Aus der Sicht der langfristigen Betriebs- und Nebenkostensenkung, empfiehlt es sich jedoch insgesamt, ein Gas-Brennwertgerät mit Kaskade zu investieren.

Die Vorteile des Gas-Brennwertgerätes mit Kaskade sind die geringen verbrauchsgebundenen Kosten gegenüber der Fernwärme und die geringen betriebsgebundenen Kosten gegenüber der Luft-Wasser-Wärmepumpe. Zusätzlich bietet die Kaskade weitere Anschlüsse an Brennwertgeräte, ohne dabei zusätzlich hohe Montage- und Einbaukosten zu verursachen. Durch einen hohen Anlagenwirkungsgrad ist der Einsatz einer Gas-Brennwertanlage auch aus Klimaschutzaspekten sinnvoll.

Ergänzend wird die Installation einer Photovoltaik-Anlage empfohlen, da diese zusätzlich den Strombedarf des Objektes entlasten und somit weitere Kosten einsparen kann. Neben der Kosteneinsparung ist die Nutzung regenerativer Energien auch aus Klimaschutzgründen zu empfehlen.

Die im Rahmen dieser Arbeit vorgenommenen Berechnungen der Verbrauchswerte basieren auf rein statischen Verfahren, da im Referenzobjekt keine Einzelerfassung der Verbräuche stattfindet. Im Zuge von eventuellen Baumaßnahmen ist eine Einzelerfassung der Wohneinheiten empfehlenswert, da nur so eine verbrauchsbasierende Abrechnung des Nutzungszeitraumes der Mieter stattfinden kann. Dies könnte mittels Einführung eines Mess- und Erfassungskonzeptes realisiert werden.

Die im Rahmen der Bachelorarbeit vorgenommenen Überlegungen zur Ermittlung eines kostendeckenden Preises für die Wohnungen des Referenzobjektes haben ergeben, dass die Variante 2, Preisermittlung über die Fläche, sich als betriebs- und nebenkostendeckend erweist und daher empfohlen wird. Des Weiteren empfiehlt es sich, eine Vermietung der Wohnungen in den vorlesungsfreien Zeiten an Touristen in Betracht zu ziehen, um die Ausnutzung des Gebäudes zu erhöhen und den wirtschaftlichen Betrieb zu sichern.

7.2. Mögliche Folgeprojekte

Ausgehend von den Ergebnissen dieser Bachelorarbeit werden folgende weitergehende Betrachtungen bzw. mögliche Folgeprojekte vorgeschlagen:

- Einführung eines Mess- und Erfassungskonzeptes zur verbrauchsscharfen Abrechnung bei der Vermietung der Wohnungen

- Einbindung an ein CAFM zur ständigen Überwachung der Verbrauchsdaten (vereinfachte und automatisierte Objektverwaltung)
- Entwicklung eines erweiterten Nutzungskonzeptes (z. B. Vermietung an Touristen zur verbesserten wirtschaftlichen Ausnutzung des Objektes)

8. Quellenangaben und Verzeichnisse

8.1. Schriftumsverzeichnis

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2015): Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2014. Stand: März 2015. Berlin, Köln.

Bernhard, Voss (2012): Energieverbrauch in der Hotellerie. Zunehmende Bedeutung für Ressourcen- und Klimaschutz. In: DBZ Spezial 10/2012, S. 38-41.

Krimmling, Preuß, Deutschmann, Renner (2008): Atlas Gebäudetechnik. Grundlagen, Konstruktionen, Details. Vertragsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln.

Pistohl, Rechenauer, Scheurer (2013): Handbuch der Gebäudetechnik. Band 1: Allgemeines, Sanitär, Elektro, Gas. Werner Verlag, 8. Auflage.

Wellpott, Bohne (2006): Technischer Ausbau von Gebäuden. 9., völlig überarb. und aktualisierte Auflage. Kohlhammer, Stuttgart.

Wöhe, Günter (2002): Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 21. Auflage, Vahlen Verlag.

8.2. Internetquellenverzeichnis

Baunetzwissen Gebäudetechnik: Jahresheizwärmebedarf.
http://www.baunetzwissen.de/glossarbegriffe/Haustechnik_Jahresheizwaermebedarf_49447.html, letzter Zugriff am 23.03.2015

BTU Cottbus: Berechnung der Normheizlast nach DIN EN 12831. Grundlagen der Berechnung. Präsentation o. J.
http://www.tu-cottbus.de/LSTA/_downloads/DIN12831_SuR.pdf, letzter Zugriff am 08.04.2015

Bund der Energieverbraucher: Preise für Fernwärme. http://www.energieverbraucher.de/de/Preise__621/, letzter Zugriff am 20.04.2015

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2014.
http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Entwicklung_der_erneuerbaren_Energien_in_Deutschland/entwicklung_der_erneuerbaren_energien_in_deutschland_im_jahr_2014.html, letzter Zugriff am 08.04.2015

Bundeszentrale für politische Bildung: Erderwärmung.

<https://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/globalisierung/52724/erderwaermung>, letzter Zugriff am 20.02.2015

Deutsche Hotelklassifizierung: Definitionen der Betriebsarten. www.klassifizierung.de, letzter Zugriff am 20.02.2015

Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V.: Entwicklung des Pelletpreises in Deutschland. http://www.depv.de/de/home/marktdaten/pellets_preisentwicklung/, letzter Zugriff am 20.04.2015

Energieagentur NRW: Energiepreise im Vergleich.

http://infografik.ea-nrw.de/graph/graph_PAD001.jpeg, letzter Zugriff am 05.05.2015

Energieagentur NRW: Gaspreise in Deutschland. http://infografik.ea-nrw.de/graph/graph_PDD001.jpeg, letzter Zugriff am 05.05.2015

EnergyComment: Thema Heizölpreise: "Verheizt? Heizöl im deutschen Wärmemarkt (Teil 2 von 4).

<http://www.energycomment.de/thema-heizolpreise-verheizt-heizol-im-deutschen-warmemarkt-teil-2-von-4/>, letzter Zugriff am 01.05.2015

Heizsparer: Kosten einer Fernwärmeversorgung. <http://www.heizsparer.de/heizung/heizungssysteme/fernwaerme/fernwaerme-kosten>, letzter Zugriff am 20.04.2015

Kohler, Stephan (Deutsche Energie-Agentur): Roadmap Energiewende - Trends, Themen und Perspektiven in der Energiewirtschaft. Vortrag am 7. November 2013 in Düsseldorf. http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Veranstaltungen/Vortraege_GF/sk/131107_SK_VNG_-_5._Gasfachliche_Tagung_Duesseldorf_Roadmap_Energiewende_-_Trends_Themen_und_Perspektiven_in_der_Energiewirtschaft.pdf, letzter Zugriff am 20.02.2015

Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V.: Bundesweite Aufnahme der monatlichen Stromertragsdaten von PV-Anlagen.

http://www.pv-ertraege.de/cgi-bin/pvdaten/src/region_uebersichten_auswahl.pl/kl, letzter Zugriff am 02.05.2015

Verivox: Verivox-Verbraucherpreisindex Strom.

<http://www.verivox.de/verbraucherpreisindex-strom/>, letzter Zugriff am 02.05.2015

Viessmann: Wann ist ein BHKW sinnvoll?
http://www.bhkw.de/de/Wann_ist_ein_BHKW_sinnvoll.html, letzter Zugriff am 08.04.2015

8.3. Verzeichnis der Rechtsquellen, Normen und Richtlinien

EnEV 2014: Energieeinsparverordnung vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. November 2013 (BGBl. I S. 3951) geändert worden ist.

VDI 2067 Blatt 1: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung, Dezember 1983

DIN EN 12831 Beiblatt 1: Heizsysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast

8.4. Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Lageplan des Referenzobjektes

Anlage 2: Übernachtungen im Gästehaus in der Hardenbergstraße 31

Anlage 3: Absolute Kosten der Liegenschaft Hardenbergstraße 31 im Jahr 2014

Anlage 4: Klimabereinigung der Verbrauchswerte

Anlage 5: Heizlastberechnung nach DIN 12831

Anlage 6: Richtlinie für die tageweise Vermietung von Gästezimmern an der Hochschule Anhalt

Anlage 7: Einnahmen aus der Vermietung des Gästehauses

Anlage 8: Angebot Gas-Brennwertanlage

Anlage 9: Angebot Fernwärmeversorgung

Anlage 10: Angebot Luft-Wasser-Wärmepumpe

Anlage 11: Angebot Photovoltaikanlage

Anlage 1: Lageplan des Referenzobjektes

Hochschule Anhalt

Standort Dessau

Lageplan



M Mensa, Seminarplatz 2

Mensa, Studentencafé, Studentensekretariat, Prüfungsamt, BAFOG-Amt, Seminarräume

05 Roebling-Haus, Franz-Mehring-Straße 21

Baustoffprüflabor, Metallwerkstatt, studentische Plotwerkstatt, Institut für Membran- und Schalentchnologien e.V.

06 Geomatikum, Bauhausstraße 6

07 Gaus-Haus, Bauhausstraße 9
FB Geoinformation und Vermessung, Sekretariat, Seminarräume, Computerpools, Institut für Angewandte Geoinformatik und Raumanalysen e.V.

08 Audi Max, Bauhausstraße 5

FB Architektur, FB Facility Management, Dekanat FB AFG, Auditorium Maximum, Hörsäle und Seminarräume, Arbeitsräume/Studios

E Expo-Wurm

10 Bauhaus, Groplussallee 38

FB Architektur, FB Design, Medienzentrum, Interaktive Werkstatt, Computerpools

11 Studentenhaus, Hardenbergstraße 11

Studentenrat & Fachschaften, Studentenkinno, Arbeitsräume

12 Gästehaus, Hardenbergstraße 31

13 Basedow-Haus, Hardenbergstraße 28
Studienkolleg, Hochschulsport

15 Dicke-Haus, Jahnstraße 12

FB Architektur, Bildhauerateliers, Modellbauwerkstatt

16 Statz-Haus, Hardenbergstraße 16

Sprachenzentrum, Denkmalpflege, Technische Verwaltung

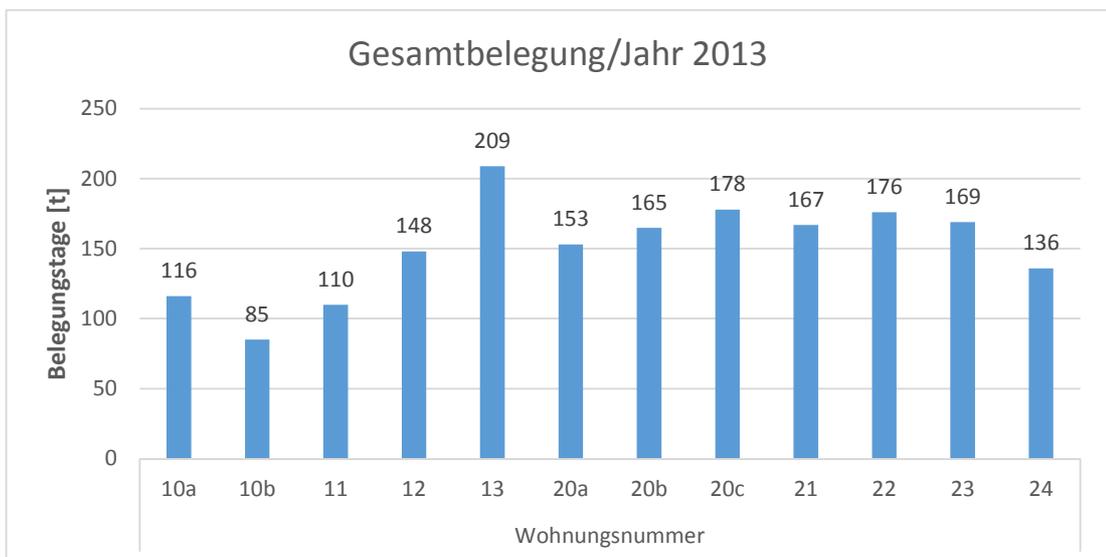
17 Bibliotheken am Bauhaus, Groplussallee 34

Quelle: http://www.hs-anhalt.de/fileadmin/Dateien/Grafiken/Lageplan_HSA_Dessau.pdf

Anlage 2: Übernachtungen im Gästehaus in der Hardenbergstraße 31

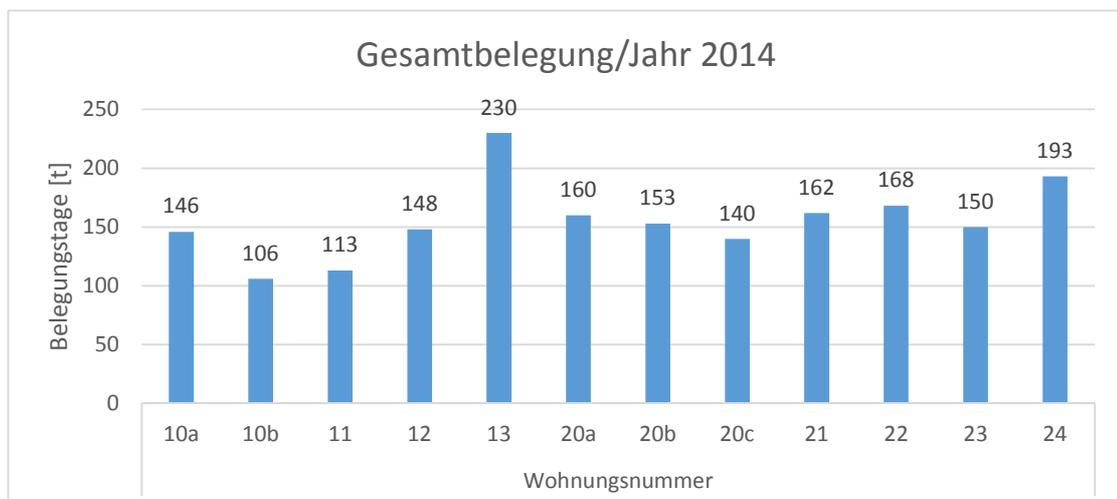
Anzahl der Übernachtungen im Jahr 2013 je Wohnung und Monat

Monate	Wohnungs-/Zimmernummer											
	10a	10b	11	12	13	20a	20b	20c	21	22	23	24
Januar	6	3	12	16	13	14	12	12	12	16	14	8
Februar	2	0	2	2	24	3	0	0	10	10	4	0
März	16	16	19	20	18	31	20	20	30	22	19	11
April	16	18	12	18	13	12	13	4	15	17	14	10
Mai	9	11	8	13	8	8	11	6	15	12	7	18
Juni	7	0	12	9	17	11	11	12	12	13	22	9
Juli	7	6	9	10	7	9	12	26	10	10	12	14
August	0	0	0	3	2	0	0	31	7	2	5	2
September	9	8	9	6	15	7	9	13	8	18	21	14
Oktober	19	8	9	22	31	20	31	24	19	26	19	23
November	16	10	8	17	30	25	30	17	15	17	20	14
Dezember	9	5	10	12	31	13	16	13	14	13	12	13



Anzahl der Übernachtungen im Jahr 2014 je Wohnung und Monat

Monate	Wohnungs-/Zimmernummer											
	10a	10b	11	12	13	20a	20b	20c	21	22	23	24
Januar	10	7	11	12	31	21	19	15	14	18	16	18
Februar	3	3	2	2	22	5	3	3	7	5	2	16
März	16	13	18	15	18	12	13	12	19	16	13	16
April	11	11	17	21	30	13	9	15	16	15	18	18
Mai	13	11	12	20	31	17	12	12	16	19	15	20
Juni	12	18	16	17	30	16	20	16	17	19	16	21
Juli	21	7	8	9	15	8	9	9	13	12	8	14
August	3	0	0	0	0	4	4	4	0	4	0	5
September	14	13	13	17	13	16	17	17	16	14	16	16
Oktober	16	5	10	13	17	21	18	20	19	21	15	18
November	12	6	0	13	9	16	13	8	14	13	19	17
Dezember	15	12	6	9	14	11	16	9	11	12	12	14



Anlage 3: Absolute Kosten der Liegenschaft Hardenbergstraße 31 im Jahr 2014

Kostenart	Kosten [€/a]
Gas	6.124,18
davon für Wärmebereitstellung	5.021,83
davon für Warmwasserbereitstellung	1.102,35
Gebäudeversicherung	- ⁷³
Grundsteuer	790,29
Müllentsorgung	139,86
Regenwasser	496,75
Rundfunk/GEZ	71,92
Schornsteinfeger	44,15
Strom	1.307,27
Reinigung	7.940,01
Wartung der Heizung	316,39
Wasser	1.276,59
Gesamtkosten	18.507,41 €

⁷³ Keine Kosten, da Selbstversicherer Landeshaushaltsordnung

Anlage 4: Klimabereinigung der Verbrauchswerte

Klimadaten deutscher Stationen

Datenquelle: Klimadaten Deutscher Stationen, Deutscher Wetterdienst, Offenbach - www.dwd.de

Postleitzahl	06846	Wetterstation	Magdeburg	Jahr	2013	1		
ausgewählte Station: Magdeburg				Klimazone 9 nach DIN V 4108-6:2003				
Innentemperatur	20,0 °C			Ausgabegröße:	Heizgradtage			
Heizgrenztemperatur	15	zur Berechnung der Gradtagzahl nach VDI 3807						
	2013				langjähriges Mittel *			
	Heizgradtage		Außen-	Außentemp.	Heizgradtage		Außen-	Außentemp.
	G15	Heiztage	temperatur	an Heiztagen	G15	Heiztage	temperatur	an Heiztagen
Monat	[Kd]	[d]	[°C]	[°C]	[Kd]	[d]	[°C]	[°C]
Januar 2013	462	31	0,1	0,1	447	31	0,6	0,6
Februar 2013	432	28	-0,4	-0,4	397	28	0,9	0,9
März 2013	502	31	-1,2	-1,2	319	31	4,7	4,7
April 2013	191	24	9,0	7,0	195	28	8,6	8,0
Mai 2013	76	21	13,1	11,4	73	20	13,5	11,3
Juni 2013	25	11	16,7	12,7	24	11	16,5	12,8
Juli 2013	0	0	20,5		6	5	18,6	13,8
August 2013	1	2	19,1	14,7	6	4	18,4	13,6
September 2013	62	20	13,7	11,9	48	18	14,4	12,3
Oktober 2013	121	25	11,3	10,1	172	29	9,6	9,1
November 2013	298	30	5,1	5,1	310	30	4,7	4,6
Dezember 2013	331	31	4,3	4,3	419	31	1,5	1,5
Jahr	2501	254	9,3	5,2	2417	266	9,4	5,9
* 39 Jahre bis 2013 (evtl. mit Lücken)								
Verhältnis der Heizgradtage G15 2013 zu langjährigem Mittel					1,03			
Verhältnis der Heiztage Ht15 2013 zu langjährigem Mittel					0,96			
Klimafaktor für Energieverbrauchskennwerte nach EnEV ¹					1,03			
¹ nach der "Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte im Wohngebäudebestand" vom 26. Juli 2007 des BMVBS								
Achtung: Alle Werte sind gerundet angegeben!								
Institut Wohnen und Umwelt, Januar 2015								

Klimadaten deutscher Stationen

Datenquelle: Klimadaten Deutscher Stationen, Deutscher Wetterdienst, Offenbach - www.dwd.de

Postleitzahl	06846	Wetterstation	Magdeburg	Jahr	2014			
ausgewählte Station: Magdeburg				Klimazone 9 nach DIN V 4108-6:2003				
Innentemperatur	20,0 °C	Ausgabegröße: Heizgradtage						
Heizgrenztemperatur	15 <input type="button" value="v"/>	zur Berechnung der Gradtagzahl nach VDI 3807						
	2014				langjähriges Mittel *			
	Heizgradtage		Außen-	Außentemp.	Heizgradtage		Außen-	Außentemp.
	G15	Heiztage	temperatur	an Heiztagen	G15	Heiztage	temperatur	an Heiztagen
Monat	[Kd]	[d]	[°C]	[°C]	[Kd]	[d]	[°C]	[°C]
Januar 2014	421	31	1,4	1,4	447	31	0,6	0,6
Februar 2014	277	28	5,1	5,1	397	28	0,9	0,9
März 2014	234	31	7,5	7,5	319	31	4,7	4,7
April 2014	99	25	11,8	11,1	195	28	8,6	8,0
Mai 2014	88	22	13,1	11,0	73	20	13,5	11,3
Juni 2014	12	12	16,7	14,0	24	11	16,5	12,8
Juli 2014	0	0	20,6		6	5	18,6	13,8
August 2014	10	8	17,2	13,8	6	4	18,4	13,6
September 2014	19	11	15,8	13,2	48	18	14,4	12,3
Oktober 2014	81	24	12,7	11,6	172	29	9,6	9,1
November 2014	251	30	6,6	6,6	310	30	4,7	4,6
Dezember 2014	378	31	2,8	2,8	419	31	1,5	1,5
Jahr	1868	253	11,0	7,6	2417	266	9,4	5,9
					* 39 Jahre bis 2014 (evtl. mit Lücken)			
Verhältnis der Heizgradtage G15 2014 zu langjährigem Mittel					0,77			
Verhältnis der Heiztage Ht15 2014 zu langjährigem Mittel					0,95			
Klimafaktor für Energieverbrauchskennwerte nach EnEV ¹					1,24			
¹ nach der "Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte im Wohngebäudebestand" vom 26. Juli 2007 des BMVBS								
Achtung: Alle Werte sind gerundet angegeben!								
Institut Wohnen und Umwelt, Januar 2015								

Anlage 5: Heizlastberechnung nach DIN 12831

Anlage 6: Richtlinie für die tageweise Vermietung von Gästezimmern an der Hochschule Anhalt

Anlage 7: Einnahmen aus der Vermietung des Gästehauses

	Einnahmen [€/a]			
Wohnungs-/ Zimmernummer	Ist-Zustand (20€/Tag)	Variante 1 (nach Belegung)	Variante 2 (nach Fläche)	Variante 3 (nach Verbrauch)
10a	960	617,58	2.060,06	1.314,00
10b	340	448,38	1.237,02	954,00
11	1.060	477,99	1.709,69	1.017,00
12	1.000	626,04	2.442,00	1.332,00
13	640	972,90	3.042,90	2.070,00
20a	640	676,80	1.697,60	1.440,00
20b	740	647,19	1.676,88	1.377,00
20c	640	592,20	1.495,20	1.260,00
21	1.270	685,26	1.414,26	1.458,00
22	1.040	710,64	2.155,44	1.512,00
23	680	634,50	2.476,50	1.350,00
24	1.400	816,39	2.555,32	1.737,00
Gesamteinnahmen	10.410	7.905,87	23.962,87	16.821,00
Gewinn-Verlust-Rechnung	-8.097,41	-11.703,89	4.353,11	-2.788,76

Anlage 8: Angebot Gas-Brennwertanlage

SPEE-Haustechnik

• Heizung • Lüftung • Sanitär • Kälte • Service •

Spee - Haustechnik • Reihamer Straße 31 • 06844 Dessau-Roßlau

Hochschule Anhalt (FH)
Dezernat 4
Hardenbergstraße 15
06846 Dessau-Roßlau

Angebot

Original

Nummer : 2014054
Datum : 25.08.2014
Kundennr. : 10010
Projektnr. : 20090150

Objekt: Gästewohnheim Hardenbergstr. 31, 06846 Dessau-Roßlau

Erneuerung Heizungsanlage
- Wärmepumpe

Sehr geehrte Damen und Herren,

für o. g. Objekt unterbreiten wir Ihnen nachfolgendes Angebot für eine Wärmepumpenanlage

Pos.	Menge	Ein.	Text	Betrag	Gesamt
010	1	Stück	Hocheffiz. Luft/Wasser-Wärmepumpe LA 60TU mit zwei Leistungslufen und Zubehör: - Hydraulisches Zubehör - Zubehör zum Heizen - Zubehör Warmwasserbereitung - Regaltechnisches Zubehör	51.955,20	51.955,20
Nettobetrag				EUR	51.955,20
19,00 % Mehrwertsteuer				EUR	9.871,49
Gesamtbetrag				EUR	61.826,69

Anschrift:
Spee - Haustechnik
Reihamer Straße 31
06844 Dessau-Roßlau

Telefon:
03402154928
Telefax:
03402154927

E-Mail:
spee-dessau@t-online.de

Inhaber:
Dipl.-Ing. Rainer Spee
Steuer-Nr.
11427602402

Bankverbindung:
Stadtsparkasse Dessau
BLZ 80050172
Kto.-Nr. 58003842

Anlage 9: Angebot Fernwärmeversorgung

**STADTWERKE
DESSAU**

Dessauer Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH

Ort: 06844 Dessau-Roßlau
Hochschule Anhalt
Technische Verwaltung Dessau
Seminarplatz 2A
06846 Dessau-Roßlau

Alte Poststraße 43
06844 Dessau-Roßlau
Telefon: (0340) 898-0
Telefax: (0340) 898-1000
<http://www.dsv-vest.de>

Es schreibt Ihnen:
Herr Filbrandt

Per Nachname: Herr Zacher
Leistung: DVV-GS/FH
Telefon - Festnetz: 1504-1080
E-Mail-Anschreiber per E-Mail: LFilbrandt@dsv-dessau.de
Datum: 14.08.2014

**Angebot zur Erstellung eines Fernwärmehausanschlusses in Dessau-Roßlau,
Hardenbergstraße 31 (Vorgangs-Nr.: 211206)**

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir freuen uns Ihnen nachfolgendes Angebot für die Herstellung eines Fernwärmeanschlusses für Ihr o. g. Objekt, überreichen zu dürfen.

Die von Ihnen objektkonkret zu zahlenden Aufwendungen betragen:

HAK bis 9m HAL+ÜST pauschal	2.200,00 EUR
Kosten für 21m Mehrlänge HAL	1.575,00 EUR
Wärmemengenzähler	62,27 EUR
Summe Anschlusskosten	3.837,27 EUR
19% MwSt	729,08 EUR
Brutto	4.566,35 EUR

Die ermittelten Kosten beinhalten Material, Montage und alle Tiefbauleistungen im öffentlichen und privatem Bereich, die Mauerdurchbrüche sowie die Material- und Montagekosten zur Verlegung der Innenleitung bis an die Anschlussgrenze Übergabestation (ÜST). Die ermittelten Aufwendungen sind ein Festbetrag und werden nach Fertigstellung der Baumaßnahme in Rechnung gestellt.

Wir würden uns freuen, die Arbeiten in Ihrem Auftrag ausführen zu dürfen. Hierzu bestätigen Sie bitte diesen Auftrag mit Ihrer Unterschrift.

Als Anlage fügen wir dem Angebot die technischen Erläuterungen für Fernwärme sowie das Preisblatt Fernwärme (Standardvertrag) bei.

Geschäftsführer: Hans-Joachim Zacher
Technische Verwaltung Dessau
Seminarplatz 2A
06846 Dessau-Roßlau

Verantwortlicher: Herr Zacher
Leistung: DVV-GS/FH
Telefon: 1504-1080
E-Mail: LFilbrandt@dsv-dessau.de

Stadtwerke Dessau
06844 Dessau-Roßlau
Telefon: (0340) 898-0
Telefax: (0340) 898-1000
<http://www.dsv-vest.de>

Angebot für einen FW - Neuanschluss

Objekt: Hardenbergstraße 31

Variante 2:

Vertragsart: Grundpreis Sonstiges (siehe Preisblatt Punkt 14)

Anschlussgrenze: HAST - HZ Anschluss / Speicherabgänge (siehe Schaltbild 2)

FW-Leistungsumfang:

- * 9 Tm FW Leitung außen; 2x Dfzts/DA90 KMR (siehe Trassenplan)
- * 21 Tm FW Leitung innen; 2x DN25 SR / ISO 30 (siehe Trassenplan)
- * komplette Tiefbauverlegung/Grobenherstellung/Kantlocherbohrung
- * Baueingetung/Berastung durch Fachpersonal
- * Liefern der kompletten FW-HAST indirekt (85kW)
- * Liefern eines Edelstahl-Pufferspeichers (500 Liter)
- * Anschluss/Montage an vorhandene Heustechnik
- * komplette Wärmedämmung der HAL und HAST bis Übergabegrenzen
- * Vorkonstruierung, Dokumentation & Einwickeln der Nutzungsparameter der HAST zum genehmigten Datum
- * Kostengünstige regelmäßige Wartung der kompletten FW-Hast

Eigenleistung des Kunden:

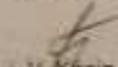
- * Liefern eines Membranausdehnungsgefäßes für die Heizung
- * Bereitstellen eines separaten Stromzählerplatzes für die HAST / ZFA
- * Bereitstellen einer verpolungssicheren 230V CEE-Steckdose
- * Rückbau von Gas-Kessel & vorhandenem Warmwasserspeicher

Kosten für den Hausanschluss:

*HAK-Betrag bis 9m HAL pauschal	2.200,00 €	Netto
*Zusatzkosten für 21m Mehrlänge HAL	1.575,00 €	Netto
*Wärmemengenzähler	82,27 €	Netto
Summe Anschlusskosten	3.857,27 €	Netto
19% MwSt	4.566,35 €	Brutto

Für evtl. Rückfragen stehen Ihnen zu technischen Erläuterungen Herr Bethke (0340-8992101) und für Fragen zum Liefervertrag Frau Lüdecke (0340-8991531) gern zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen
Ihre DVV- Stadtwerke


i. V. König
Leiter
Bau- u. Anschlusswesen

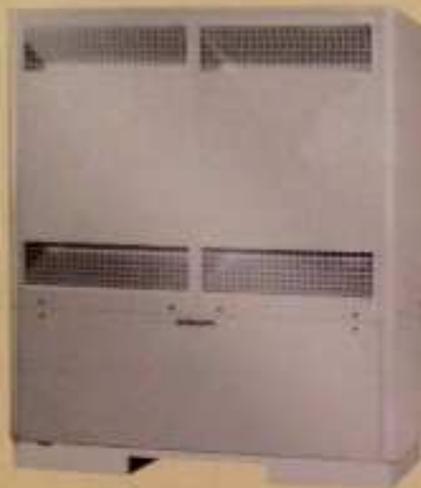

i. A. Fillbrandt
Mitarbeiter
Bau- u. Anschlusswesen

Auftrag des Kunden
Hiermit erteile ich den DVV-Stadtwerken den
Auftrag zur Ausführung der o. g. Maßnahme

Datum/Unterschrift des Kunden

Gesamtkostenübersicht für FW-Neuanschluss																																															
Hardenbergstraße 31																																															
<u>Abrechnungsvariante:</u>			Standard-Vertrag mit Service-GP																																												
<u>Anschlussgrenze:</u>			Hauszentrale im Eigentum FWV																																												
A: allgemeine Vorteile eines FW-Anschlusses																																															
Um Brennstoffbeschaffung, Wartung, Instandhaltung und Erneuerung sowie Umweltschutzaufgaben muss der Kunde sich nicht mehr kümmern geringere Preisschwankungen und Wartungskosten für die FW-Anlage als für eine Gas-Anlage sind selbstverständlich																																															
B: einmalige im ersten Jahr anfallende Kosten (entsprechen den Investitionskosten)																																															
1.	Hausanschlußkosten:				2.200,00 €																																										
2.	Kosten für 21 m FE-Leitung innen:				1.575,00 €																																										
3.	Wärmemengenzähler:				62,27 €																																										
5.	Rückbau von Gas-Kessel & vorhandenem Warmwasserspeicher:				Eigenleistung durch Kunde																																										
Gesamtkosten netto:					3.837,27 €																																										
Gesamtkosten bruto:					4.566,35 €																																										
C: jährlich wiederkehrende Kosten (entsprechen den verbrauchsgebundenen Kosten pro Jahr)																																															
1.	Wärmelieferung																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Standard-Fernwärmevertrag</th> </tr> <tr> <th colspan="4">Preise ab 01.01.2015</th> <th colspan="2">Jahreskosten</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AP</td> <td>6,41</td> <td>ct/kWh</td> <td>77.512 kWh/a</td> <td colspan="2">4.968,52 €</td> </tr> <tr> <td>GP</td> <td>40,56</td> <td>€/kW*a</td> <td>45 kW</td> <td colspan="2">1.825,20 €</td> </tr> <tr> <td>VP</td> <td>6,14</td> <td>€/Monat</td> <td colspan="2"></td> <td>73,68 €</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>Gesamt netto</td> <td>6.867,40 €</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>Gesamt brutto</td> <td>8.172,21 €</td> </tr> </tbody> </table>						Standard-Fernwärmevertrag						Preise ab 01.01.2015				Jahreskosten		AP	6,41	ct/kWh	77.512 kWh/a	4.968,52 €		GP	40,56	€/kW*a	45 kW	1.825,20 €		VP	6,14	€/Monat			73,68 €					Gesamt netto	6.867,40 €					Gesamt brutto	8.172,21 €
Standard-Fernwärmevertrag																																															
Preise ab 01.01.2015				Jahreskosten																																											
AP	6,41	ct/kWh	77.512 kWh/a	4.968,52 €																																											
GP	40,56	€/kW*a	45 kW	1.825,20 €																																											
VP	6,14	€/Monat			73,68 €																																										
				Gesamt netto	6.867,40 €																																										
				Gesamt brutto	8.172,21 €																																										
2.	Instandhaltung der Hauszentrale				entfällt																																										

Anlage 10: Angebot Luft-Wasser-Wärmepumpe



Hocheffizienz Luft/Wasser-Wärmepumpe LA 60TU

- ✓ Max. Vorlauftemperatur 65 °C
Bei Außentemperaturen von -10 °C werden noch Vorlauftemperaturen über 55 °C erreicht.
- ✓ Leise im Betrieb durch langsam laufende EC-3D-Radiatlüfter und besonders schalldämmten Verdichterraum
- ✓ Zwei Leistungsstufen für hohe Leistungszahlen im Vollast- und Teillastbetrieb
- ✓ Sensorische Überwachung des Kältekreis und elektronisches Expansionsventil zur Erhöhung der Betriebsicherheit
- ✓ WPM EconPlus mit integrierter Wärmemengenzählung für Heizung und Warmwasser

Wärmepumpenmanager WPM EconPlus

Der Wärmemengenzähler ist bei den Geräten dieser Baureihe bereits integriert. Die von der Wärmepumpe erzeugten Wärmemengen für Heizen und Warmwasserbereitung werden über eingebaute Sensoren ermittelt und im Display des Wärmepumpenmanagers angezeigt. Anhand des Energieverbrauchs lässt sich so die individuelle Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe ermitteln. Für optimale Jahresarbeitszahlen ist die richtige hydraulische Einbindung der Wärmepumpe entscheidend. Standardisierte Einbindungsschemen finden Sie unter www.dimplex.de/einbindungen.

Geräteinformationen Hocheffizienz Luft/Wasser-Wärmepumpen

Modell	Leistung	Wärmepumpe
Modell	4	600
Anschl. Leistung	70	95
Wärmepumpe Leistungszahl nach DIN EN 14813 bei 32 °C/50 °C	1.1	20.4 kW / 2.7
Wärmepumpe Leistungszahl nach DIN EN 14813 bei 32 °C/50 °C	1.1	20.4 kW / 2.7
Wärmepumpe Leistungszahl nach DIN EN 14813 bei 32 °C/50 °C	1.1	20.4 kW / 2.7
Wärmepumpe Leistungszahl nach DIN EN 14813 bei 32 °C/50 °C	2.1	40.1 kW / 5.1
Wärmepumpe Leistungszahl nach DIN EN 14813 bei 32 °C/50 °C	2.1	40.1 kW / 5.1
Quelle: Daten & Teile	www	1000 4 320 4 320

Hohe Jahresarbeitszahlen durch intelligente Regelung

Die Betriebskosten eines Wärmeerzeugers hängen sehr stark von der Effizienz im Teillastbetrieb ab, da über 70 % der Jahresarbeit nicht mit der vollen Leistung erbracht werden muss. Die Hocheffizienz Luft/Wasser-Wärmepumpe LA 60TU arbeitet deshalb mit zwei Leistungsstufen. In der ersten Leistungsstufe läuft die Wärmepumpe nur mit einem Verdichter und erreicht durch die überdimensionierten Wärmetauscher noch höhere Leistungszahlen. Zusätzlich wird bei geringem Wärmebedarf die Geschwindigkeit und somit die Stromaufnahme der EC-3D-Radiatlüfter reduziert. Beim Umschalten der Leistungsstufe sorgt das elektronische Expansionsventil dafür, dass der Kältekreis schnellstmöglich mit der optimalen Kältemittelmenge versorgt wird.

Dimplex

INNOVATIVES HEIZEN UND KÜHLEN

Der Dimplex Deutschland GmbH
Geschäftsbereich Dimplex
Am Goldenen Feld 19 - 91026 Nürnberg
Tel. +49 9221 709-207
Fax +49 9221 709-330
info@dimplex.de - www.dimplex.de

Der Dimplex Austria GmbH
Geschäftsbereich Dimplex
Hauptstraße 71 - 3302 Hemdorf am Walsee
Tel. +43 5214 20330
Fax +43 5214 20304
info@dimplex.at - www.dimplex.at

Änderungen und Irrtum vorbehalten

Anlage 11: Angebot Photovoltaikanlage

