

BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN
KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN

VERWALTUNGSGEBÄUDE, LUISENSTR. 16

Berlin, den 20. Oktober 2014
BN00149.102

CSD INGENIEURE GmbH
Köpenicker Straße 154a, Aufgang D
D-10997 Berlin
t +49 30 69 81 42 78
f +49 30 65 81 42 77
e berlin@csdingenieure.de
www.csdingenieure.de

INHALTSVERZEICHNIS

1.	AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE	5
2.	BASISDATEN DES VERWALTUNGSGEBÄUDE IN DER LUISENSTR. 16	6
2.1	Objektbeschreibung	6
2.2	Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes	7
2.2.1	Wärme	7
2.2.2	Strom	8
2.2.3	Energiekennzahlen des Gebäudes	9
3.	GEBÄUDEBEWERTUNG	11
3.1	Fotodokumentation	11
3.2	Gebäude Vorbemerkungen und Hinweise	13
3.3	Gebäudehülle	13
3.3.1	Vorbemerkung	13
3.3.2	Bodenplatte	13
3.3.3	Außenwände	13
3.3.4	Fenster	13
3.3.5	Außentüren	14
3.3.6	Dach	14
3.3.7	Gesamteinschätzung Gebäudehülle	14
3.4	Technische Anlagen	15
3.4.1	Bestandsaufnahme	15
3.4.2	Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	15
3.5	Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	16
3.6	Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes	17
4.	ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN	19
4.1	Grundlegendes	19
4.2	Sanierung der Gebäudehülle	19
4.2.1	Bodenplatte	19
4.2.2	Außenwände	20
4.2.3	Fenster	20
4.2.4	Außentüren	20
4.2.5	Dach	21
4.3	Sanierung der technischen Anlagen	21
4.3.1	Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	21
4.3.2	Beleuchtung	21
4.3.3	Energieträger	21
4.4	Schätzung der Investitionskosten	22
4.5	Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	25
4.6	Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	25
4.7	Sanierungsempfehlungen	29

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärmeverbrauch und den Stromverbrauch des Verwaltungsobjektes Luisenstr. 16	9
Tabelle 2: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	16
Tabelle 3: Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs	16
Tabelle 4: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	23
Tabelle 5: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	24
Tabelle 6: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	26
Tabelle 7: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten	27

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Fernwärmeverbrauch des Verwaltungsobjektes in den Jahren 2011 bis 2013	7
Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂) infolge Fernwärmeverbrauch	7
Abbildung 3: Stromverbrauch des Verwaltungsobjektes + Turnhalle in den Jahren 2011 bis 2013	8
Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂ -Äquivalent) infolge Stromverbrauch	8
Abbildung 5: Kennwertevergleich	9
Abbildung 6: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Verwaltungsgebäudes	17
Abbildung 7: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Verwaltungsgebäudes	17
Abbildung 8: Beurteilung des Ist-Zustandes des Verwaltungsgebäudes	18
Abbildung 9: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO ₂ - und Brennstoffkostenreduktionen	28

QUELLENVERZEICHNIS

- [1] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand, 26. Juli 2007
- [2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Merkblatt Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten, Fassung 17.10.2012
- [3] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Leitfaden Nachhaltiges Bauen, April 2013
- [4] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Kosten energierelevanter Bau- und technischer Anlagenteile bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/ Bundesliegenschaften, BBSR-Online-Publikation, Nr. 06/2014
- [5] DIN V 4108-6:2003-06: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und Jahresheizenergiebedarfs
- [6] DIN V 4701-10:2003-08: Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung und Lüftung
- [7] DIN V 18599-10:2011-12: Energetische Bewertung von Gebäuden – Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten
- [8] VDI 2067 Blatt 1:2012-09: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung
- [9] Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 18. November 2013 (EnEV 2014)
- [10] Gesetz zur Förderung Erneuerbare Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG) vom 07. August 2008, zuletzt geändert am 22.12.2011
- [11] Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), Anlage zu den Merkblättern IKK und IKU – Energetische Stadtsanierung – Energieeffizient Sanieren (Programme 218 und 219), Technische Mindestanforderungen, Stand 04/2014
- [12] Ages GmbH, Verbrauchskennwerte 2005, Forschungsbericht der ages GmbH, Februar 2007
- [13] Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V.: Katalog regionaltypischer im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten, 30. April 2009
- [14] Institut für Bauforschung e.V. Hannover, U-Werte alter Bauteile, Fraunhofer IRB Verlag, November 2003
- [15] Zentralstelle für Normungsfragen und Wirtschaftlichkeit im Bildungswesen, Typenschulbauten in den neuen Ländern, Modernisierungsleitfaden, 1999
- [16] BINE Informationsdienst: themeninfo I/06, Gebäude sanieren – Schulen
- [17] Plötz Schulführer Berlin 2010, Deutsche Informationsbörse AG, Berlin 2009
- [18] Umweltamt Steglitz-Zehlendorf, Sanierung von alten Kastendoppelfenstern auf Neubausstandard, Februar 2011

PRÄAMBEL

CSD bestätigt hiermit, dass bei der Abwicklung des Auftrages die Sorgfaltspflicht angewendet wurde, die Ergebnisse und Schlussfolgerungen auf dem derzeitigen und im Bericht dargestellten Kenntnisstand beruhen und diese nach den anerkannten Regeln des Fachgebietes und nach bestem Wissen ermittelt wurden.

CSD geht davon aus, dass

- ihr seitens des Auftraggebers oder von ihm benannter Drittpersonen richtige und vollständige Informationen und Dokumente zur Auftragsabwicklung zur Verfügung gestellt wurden
- von den Arbeitsergebnissen nicht auszugsweise Gebrauch gemacht wird
- die Arbeitsergebnisse nicht unüberprüft für einen nicht vereinbarten Zweck oder für ein anderes Objekt verwendet oder auf geänderte Verhältnisse übertragen werden.

Andernfalls lehnt CSD gegenüber dem Auftraggeber jegliche Haftung für dadurch entstandene Schäden ausdrücklich ab.

Macht ein Dritter von den Arbeitsergebnissen Gebrauch oder trifft er darauf basierende Entscheidungen, wird durch CSD jede Haftung für direkte und indirekte Schäden ausgeschlossen, die aus der Verwendung der Arbeitsergebnisse allenfalls entstehen.

1. Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Das Bezirksamt Treptow-Köpenick von Berlin möchte seinen Gebäudebestand energetisch modernisieren, um dessen Energieverbrauch, die damit verbundenen Energiekosten und die infolge des Energieverbrauchs emittierten Treibhausgasemissionen nachhaltig zu reduzieren. Aus diesem Grund wird für 42 sanierungsbedürftige Liegenschaften die Erstellung eines Klimaschutz-Teilkonzepts vorgenommen, das im Rahmen der Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit finanziell gefördert wird.

Aufgabenstellung der CSD Ingenieure GmbH als Beitrag zum Klimaschutz-Teilkonzept war es, die spezifische Ausgangssituation der Liegenschaften und darauf aufbauend technisch und wirtschaftlich umsetzbare CO₂-Minderungspotentiale aufzuzeigen. Damit soll dargestellt werden, wie kurz-, mittel- und langfristig Klimaschutzpotentiale erschlossen werden können. Für jede Liegenschaft wurde ein separater Untersuchungsbericht wie der vorliegende erstellt. Ergebnis der Untersuchungen ist außerdem eine Prioritätenliste, die die Untersuchungsergebnisse für alle Objekte zusammenfasst und anhand derer das Bezirksamt Treptow-Köpenick entscheiden kann, in welcher Reihenfolge die Liegenschaften am wirtschaftlichsten saniert werden können.

Die 42 zu untersuchenden Gebäude mit Baujahren zwischen 1912 und 1992 umfassen insgesamt eine Bruttogrundfläche von über 113.000 m². Sie sind in den letzten Jahren bereits teilweise modernisiert worden, verfügen jedoch über einen umfangreichen weiteren Sanierungsbedarf. Um diesen aufzuzeigen und zu quantifizieren, wurden für alle Gebäude die im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritte durchgeführt.

Grundlage der Feststellung der energetischen Ausgangssituation jeder Liegenschaft war zunächst die Auswertung ihrer Energieverbräuche über die letzten drei Jahre und deren Vergleich mit den Verbräuchen des deutschen Gebäudebestands. Dies erlaubte eine erste Einschätzung des Energie- und Treibhausgasreduktionspotentials. Als zweiter Schritt folgte eine Gebäudebegehung, bei der der Zustand der Gebäudehülle sowie der haustechnischen Anlagen in energetischer Hinsicht erhoben sowie eine Befragung des zuständigen Hausmeisters/Platzwirts vorgenommen wurden. Auf Grundlage der erhobenen Daten und mittels der vom Bezirksamt zur Verfügung gestellten Grundrisspläne wurde dann für jedes Gebäude eine Energiebilanz erstellt und soweit möglich mit Hilfe der witterungskorrigierten Wärmeverbrauchsdaten justiert. Sodann wurden anhand der Feststellungen vor Ort und der Energiebilanz Energieeinsparmaßnahmen abgeleitet und zu Sanierungsvarianten gebündelt. Abschließend wurden die durch die Sanierungsvarianten realisierbaren Energie- und Treibhausgas-einsparungen ermittelt, die Wirtschaftlichkeit der Varianten bewertet und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet.

2. Basisdaten des Verwaltungsgebäude in der Luisenstr. 16

2.1 Objektbeschreibung

Bezeichnung des Objekts: Verwaltungsgebäude, Luisenstr. 16

Foto des Objekts:



Standort: Luisenstr. 16, 12557 Berlin

Nutzung: Verwaltungsgebäude

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude
Untergeschoss, Erdgeschoss und 3 Obergeschosse, überwiegend beheizt

Bruttogrundfläche: 4349 m²

Baujahr: 1988

Sanierung Gebäudehülle: ca. 1992/1993 Austausch Fenster der Sanitärräume und der ehemaligen Hausmeisterwohnung
2013 teilweise Aufbereitung der Fenster

Sanierung haustechnische Anlagen.: ca. 2002 Erneuerung Fernwärmestation

Heizenergieträger: Fernwärme

Warmwasserbereitung: dezentral über elektrisch beheizte Kleinspeicher

Lüftung: Freie Lüftung

Angaben zum Leerstand: Leer stehend am Wochenende

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 02.04.2014

2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

2.2.1 Wärme

Das Verwaltungsobjekt in der Luisenstr. 16 wird mit Fernwärme der Vattenfall Europe Wärme AG versorgt. Das gesamte Gebäude wird beheizt. Auf dem Areal des Verwaltungsobjektes befindet sich noch eine Turnhalle. Die Wärmeverbräuche für diese werden separat erfasst.

Für die Jahre 2011-2013 liegen die im folgenden Diagramm dargestellten Fernwärmeverbräuche vor. Die Verbrauchsangaben umfassen nur den Heizwärmeverbrauch des Verwaltungsgebäudes. Hieraus errechnen sich die in Abbildung 2 aufgezeigten Mengen an Treibhausgasemissionen.

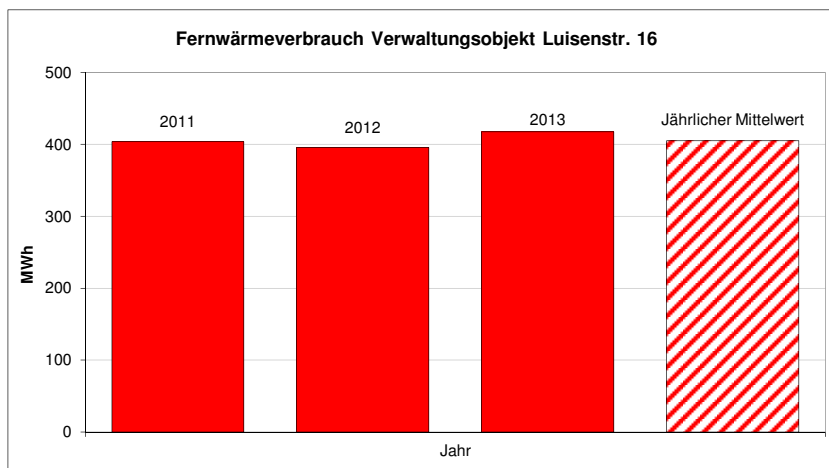


Abbildung 1: Fernwärmeverbrauch des Verwaltungsobjektes in den Jahren 2011 bis 2013

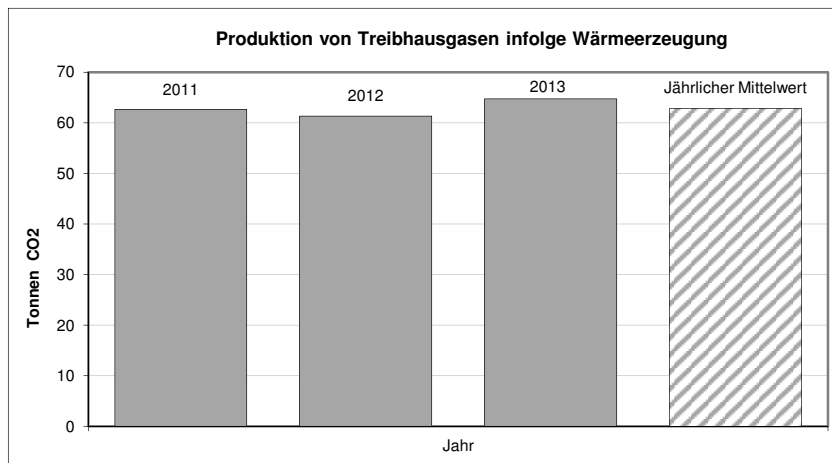


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂) infolge Fernwärmeverbrauch¹

¹ Laut Vattenfall Europe Wärme AG entstehen infolge 1 MWh Fernwärmeverbrauch in Berlin 155 kg des Treibhausgases CO₂.

2.2.2 Strom

Für die Jahre 2011-2013 wurden die nachstehend dargestellten Stromverbräuche abgerechnet. Hierbei handelt es sich um die Verbrauchsdaten des Verwaltungsgebäudes, welches im Rahmen dieser Untersuchungen betrachtet wird und um die Verbrauchsdaten der auf dem Grundstück gelegenen Turnhalle, da die Strommengen für die einzelnen Gebäude nicht separat erfasst werden. Abbildung 4 zeigt die infolge der Stromherstellung produzierten Treibhausgasemissionen.

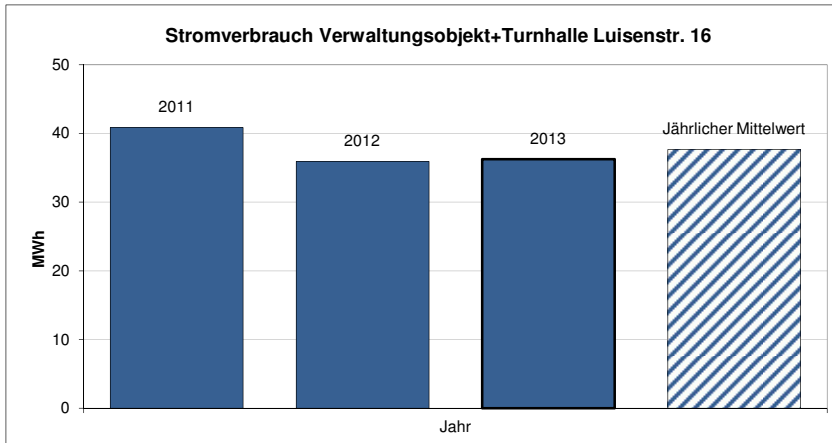


Abbildung 3: Stromverbrauch des Verwaltungsobjektes + Turnhalle in den Jahren 2011 bis 2013

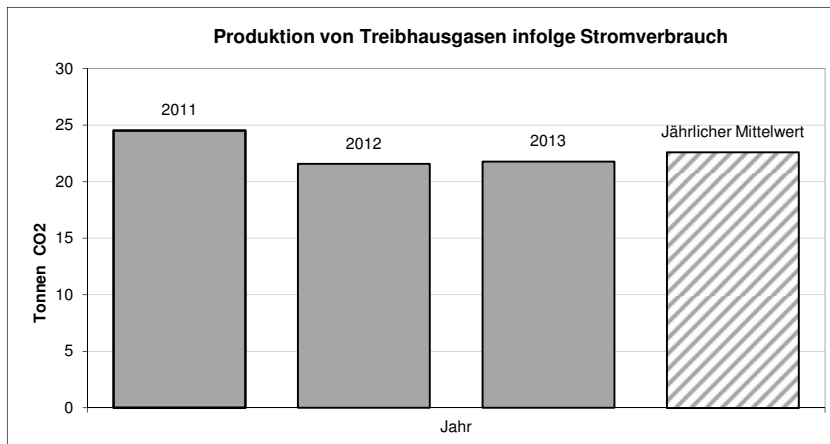


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent) infolge Stromverbrauch²

² Die Berechnung der Treibhausgasemissionen erfolgte mittels des mittleren GEMIS-Emissionsfaktors für den deutschen Strommix i.H.v. 600 g/kWh, der von den Energiebeauftragten der Berliner Bezirke einheitlich verwendet wird.

2.2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes

Eine Beurteilung der Energieverbräuche der Liegenschaft ist durch einen Vergleich mit den entsprechenden Verbräuchen des deutschen Gebäudebestands möglich. Hierfür hat die ages GmbH für verschiedene Gebäudekategorien Heizenergie- und Stromverbrauchswerte erfasst und die Mittelwerte sowie die Mittelwerte des Viertels mit dem geringsten Verbrauch bezogen auf die Bruttogrundfläche des jeweiligen Gebäudes berechnet und veröffentlicht.³ In der folgenden Tabelle sind die vorhandenen Wärmeverbrauchswerte der Liegenschaft den entsprechenden Vergleichswerten gegenübergestellt. Für den Wärmeverbrauch wurde der Vergleichskennwert für Verwaltungsgebäude mit normaler technischer Ausstattung angesetzt. Da der Flächenanteil der Turnhalle nur bei 14% liegt und die Vergleichswerte für Verwaltungsgebäude und Turnhallen nicht stark voneinander abweichen, wurden für den Stromverbrauch ebenfalls die Vergleichskennwerte für Verwaltungsgebäude mit normaler technischer Ausstattung angesetzt. Abbildung 5 verdeutlicht die Relationen grafisch.

Tabelle 1: Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärmeverbrauch und den Stromverbrauch des Verwaltungsobjektes Luisenstr. 16

	Verwaltungsobjekt witterungsbereinigt	ages - Arithm. Mittel	ages - Arithm. Mittel des besten Viertels
Heizenergieverbrauch - kWh/(m ² _{BGFA})*	103,5	90,0	50,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² _{BGFA})	16,0	14,0	7,8
Stromverbrauch - kWh/(m ² _{BGFA})	7,4	32,0	10,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² _{BGFA})	4,5	19,2	8,0

*Der Heizenergieverbrauch wurde witterungsbereinigt. Zur Ermittlung der CO₂-Emissionen der ages-Werte wurde der gleiche Brennstoff wie beim untersuchten Gebäude angesetzt, um das Einsparpotential im Hinblick auf Treibhausgasemissionen zu verdeutlichen. Tatsächlich liegt dem Gebäudebestand jedoch ein nicht bekannter Brennstoffmix zu Grunde.

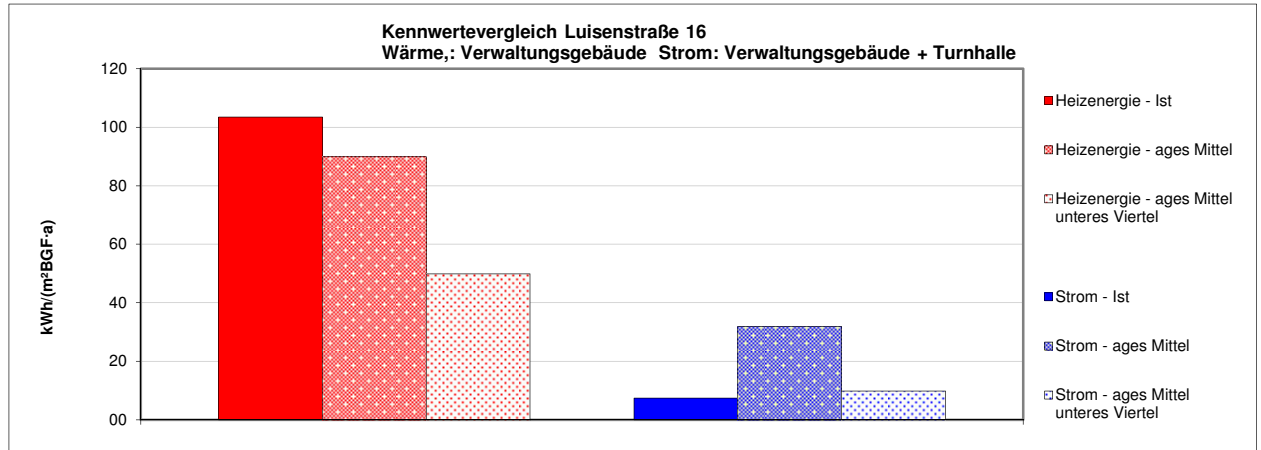


Abbildung 5: Kennwertevergleich

Das Verwaltungsobjekt verbraucht demnach mehr Heizenergie als von ages GmbH für deutsche Büro- und Verwaltungsgebäude im Mittel erfasst wurde. Ursache hierfür ist, dass die Wärmeschutzanforderungen im Jahr 1988, als das Verwaltungsgebäude gebaut wurde, noch unter dem heutigen Standard lagen und seitdem keine energetischen Sanierungen vorgenommen wurden. Verglichen mit dem Mittelwert des besten Viertels des entsprechenden deutschen Gebäudebestands

³ ages-Verbrauchskennwerte 2005: Forschungsbericht der ages GmbH, Münster

Der Heizenergieverbrauch umfasst dabei sowohl den Brennstoffverbrauch zur Erzeugung von Raumwärme als auch zur Bereitung von Warmwasser, sofern beide Wärmearten von einer gemeinsamen Heizungsanlage erzeugt werden. Aktuellere Verbrauchskennwerte der Jahre 2012/13 werden voraussichtlich Ende des Jahres 2014 veröffentlicht.

zeigt sich ebenfalls ein großes Einsparpotential für den Heizenergieverbrauch und die zugehörigen Treibhausgasemissionen. Setzt man das arithmetische Mittel des besten Viertels des Verwaltungsgebäudebestandes als Zielgröße für den Heizenergieverbrauch, so berechnet sich das Kosteneinsparpotential bei einem Kostenansatz von 0,1085 €/kWh⁴ für Fernwärme zu 25.000 €/Jahr. Für die Treibhausgasemissionen infolge Heizwärmeverbrauchs berechnet sich entsprechend ein Einsparpotential von 51%.

Der mittlere jährliche Stromverbrauch des Verwaltungsgebäudes und der Turnhalle liegt unterhalb des von ages GmbH für deutsche Schulen und Sportbauten im Mittel erfassten Stromverbrauchs, sowie unterhalb des Mittelwerts des besten Viertels. Allerdings lässt sich aus Alter und Sanierungsumfang des Verwaltungsgebäudes auf ein Einsparpotential beim Strom und daraus folgend bei den Treibhausgasen schließen.

⁴ Der Kostenberechnung wurde der Fernwärmepreis der letzten Verbrauchsabrechnung des Objekts zugrunde gelegt: i.H.v. 10,85 ct/kWh, brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

3. Gebäudebewertung

3.1 Fotodokumentation



Nord-Ost-Seite (Eingangsseite)



Süd-Ost-Seite



Süd-West-Seite



West-/Süd-West-Seite



Risse neben Treppenhausfenstern Nord-Ost-Seite



Schadhafte Dichtungen Betonplattenfugen



Dach des 2. Obergeschosses



Beispiel Zustand alte Fenster Süd-Westseite



Beispiel Fehlender Fensterkitt



Beispiel Zustand erneuerte Fenster Süd-Westseite



Elektrisch beheizter Kleinspeicher



Fernwärmestation im Untergeschoss

3.2 Gebäude Vorbemerkungen und Hinweise

Das heutige Verwaltungsobjekt in der Luisenstr. 16 wurde 1988 als Schulgebäude erbaut. Heute sind in dem Gebäude das Schulpsychologische Beratungszentrum Treptow-Köpenick, die Schulpraktischen Seminare Treptow-Köpenick und das Bauaktenarchiv des Bau- und Wohnungsaufsichtsamt untergebracht.

Auf dem Gelände ist neben dem Verwaltungsobjekt noch eine Turnhalle untergebracht. Diese ist nicht Teil dieses Klimaschutz-Teilkonzepts.

Die Nutzer klagen darüber, dass nach Umbaumaßnahmen die vorhandenen Heizkörper in manchen Räumen nicht ausreichend dimensioniert sind. Des Weiteren bemängelt der Hausmeister, dass in den Fluren Brandschutztüren fehlen. Dies sollte überprüft werden.

3.3 Gebäudehülle

3.3.1 Vorbemerkung

Für das Verwaltungsgebäude in der Luisenstr. 16 liegen neben Grundrissen des Untergeschosses, Erdgeschosses, 1. Obergeschosses und 2. Obergeschosses keine Bauunterlagen vor. Entsprechend den Vorschriften des Merkblatts zur Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten des BMU wurden die Bauteildaten daher überschlägig anhand von Bauteiltypologien erhoben. Als Datengrundlage wurden dabei die Datenaufnahmeregeln des BMVBS für Nichtwohngebäude [1] verwendet. Aufgrund ähnlich strenger Wärmeschutzvorschriften in Ost- und Westdeutschland (die lediglich etwas zeitlich versetzt in Kraft traten) können die Datenaufnahmeregeln abschätzend sowohl für Gebäude in der ehemaligen DDR als auch der ehemaligen BRD verwendet werden.

3.3.2 Bodenplatte

Für die an das Erdreich angrenzende Bodenplatte des Untergeschosses ist davon auszugehen dass sie dem Standard von 1988 entspricht. Nach [1] ist von einem U-Wert von $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auszugehen. Der wärmetechnische Zustand der Bodenplatte ist damit nur etwas schlechter als der heutige Standard.

3.3.3 Außenwände

Sowohl für die massiven Kellerwände, als auch für die massiven Außenwände des Erdgeschosses und der Obergeschosse wird gemäß [1] für den Standard von 1988 ein U-Wert von $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt. Die Wärmeschutzqualität der Außenwände ist damit schlechter als der derzeitige Anspruch an die Wärmeschutzeigenschaften von Wänden. Aufgrund der bereits vorhandenen Dämmschichten entweicht aber prozentual weniger Wärme über die Außenwände als bei älteren Gebäuden ohne Dämmung. Des Weiteren weisen die Fugendichtungen zwischen den Waschbetonplatten teilweise Risse und Fehlstellen auf.

3.3.4 Fenster

Ca. im Jahr 1992 oder 1993 wurden die Fenster der ehemaligen Hausmeisterwohnung und die Fenster der Sanitäräume gegen 2-Scheiben-Isolierverglasungen mit Holzrahmen ersetzt. Gemäß [1] wird für diese Fenster ein U-Wert von $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt.

Bei den übrigen Fenstern handelt es sich noch um 2x1-Scheibenverbundfenster mit Holzrahmen. für die gemäß [1] ebenfalls ein U-Wert von $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen ist und die damit nicht den heutigen wärmeschutztechnischen Anforderungen entsprechen.

Der Zustand der Fenster ist als sehr schlecht zu bewerten. Teilweise bröckelt oder fehlt der Fensterkitt. Manche Fenster sind fest verschlossen, da die Gefahr besteht, dass die Fensterscheiben aus dem Rahmen herausfallen. Im Jahr 2013 wurde damit begonnen die Holzrahmen im 3. Obergeschoss stückweise aufzubereiten. Aufgrund des schlechten Zustands der Fenster sollten alle Fenster der Schule erneuert werden. Auch die Holzrahmen der Anfang der 90er Jahre eingebauten Fenster sind bereits in einem schlechten Zustand.

In den Treppenhäusern sind Glasbauelemente verbaut. Da keine näheren Informationen zur wärmetechnischen Qualität vorliegen, wird der U-Wert mit $3,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt.

3.3.5 Außentüren

Bei den beiden Haupteingangstüren auf der Nord-Ostseite des Gebäudes handelt es sich einmal um eine Holztür mit Fenstern mit Einfachverglasung und einmal um eine ca. 2004 erneuerte Metalltür mit Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen. Für die Eingangstüren wird gemäß [1] ein U-Wert von $1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für die erneuerte Tür und $5,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für die alte Tür angesetzt. Der wärmetechnische Zustand der unsanierten Eingangstür ist demnach als sehr schlecht einzustufen, wobei der U-Wert der erneuerten Tür nur knapp über dem heutigen Standard liegt.

Bei den übrigen Türen handelt es sich ebenfalls um Holztüren. Bei den Türen mit Fensterglas handelt es sich um Einfachverglasungen. Für diese Türen wird gemäß [1] ein U-Wert von $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angenommen. Der wärmetechnische Zustand dieser Türen liegt demnach über dem heutigen Standard.

3.3.6 Dach

Das Dach des Dienstgebäudes wurde laut Aussage des Hausmeisters bis heute nicht saniert. Nur die Dachabdichtung wurde an einigen Stellen erneuert. Gemäß [1] liegt der U-Wert für ein nach dem Standard von 1988 erbautes Dach in Massivbauweise bei $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Ein gewisser Wärmeschutz ist damit bereits vorhanden, die heutigen Anforderungen sind jedoch höher.

3.3.7 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

Kein Außenbauteil erfüllt die Anforderungen, die nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2014 an zu sanierende Bauteile eines Nichtwohngebäudes gestellt werden. Die wärmetechnische Qualität der Gebäudehülle im derzeitigen Zustand ist insgesamt nicht ausreichend. Es besteht daher erhebliches Energieeinsparungspotential. Viel Wärme geht aufgrund der großen Flächenanteile über die Außenwände und die Fenster verloren. Es sind keine besonderen konstruktions- oder materialbedingten Wärmebrücken hervorzuheben, so dass Wärmebrücken rechnerisch über einen U-Wert-Zuschlag von $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ berücksichtigt werden. Da der Großteil der Fenster ohne Lippendichtung ausgeführt ist, ist von erhöhten Lüftungswärmeverlusten infolge Gebäudeundichtigkeit auszugehen, die durch eine Luftwechselrate von $0,8/\text{h}$ (vgl. Tabelle 2) berücksichtigt werden.

3.4 Technische Anlagen

3.4.1 Bestandsaufnahme

Das Verwaltungsgebäude wird über Fernwärme beheizt. Die Fernwärmestation ist im Untergeschoss des Gebäudes außerhalb der thermischen Hülle untergebracht. Alle erforderlichen Regel-, Mess- und Absperreinrichtungen sowie der Plattenwärmetauscher für die Heizung und die Heizungsumwälzpumpen sind dort integriert. Die Umwälzpumpe Magna der Firma Grundfos wurde in den letzten Jahren bereits erneuert und ist leistungsgeregt. Sie passt ihre Leistung somit dem aktuellen Wärmebedarf an. Die Dämmung der Wärmeleitungen der Fernwärmestation wurde in den letzten Jahren ebenfalls erneuert. Die Dämmung der Verteilerstation und der Verteilungsleitungen im Untergeschoss des Gebäudes entspricht nicht dem heutigen Standard.

Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt durch überwiegend an den Außenwänden angeordnete Gliederheizkörper und Plattenheizkörper. Die vorhandenen Thermostatventile sind nicht voreingestellt und erlauben eine manuelle Regulierung durch den Nutzer.

Die Warmwasserversorgung erfolgt dezentral über elektronisch beheizte 5 l Kleinspeicher. Insgesamt stehen 5 Warmwasserzapfstellen zur Verfügung. Da von einem Wasserverbrauch von unter 0,2 kWh je Beschäftigtem und Tag ausgegangen wird, ist der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser gemäß DIN 18599 Teil 10 Tabelle 7 zu vernachlässigen.

Die Beleuchtungsanlage des Bürodienstgebäudes besteht zum großen Teil aus Deckenleuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen, die mit verlustarmen oder konventionellen Vorschaltgeräten ausgestattet sind. Nur einzelne Leuchtstofflampen wurden in den letzten Jahren modernisiert und besitzen elektronische Vorschaltgeräte. Da die Außenbeleuchtung und Flurbeleuchtung nicht über einen Präsenzmelder geregelt wird, sind diese nach Aussage des Hausmeisters oftmals den ganzen Tag in Betrieb.

3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Da die für die Heizwärmeerzeugung verwendete Fernwärme der Firma BTB zu über 90% aus Kraft-Wärme-Kopplung gewonnen wird, handelt es sich um einen primärenergetisch sehr günstigen Energieträger, der vom Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) auf eine Stufe mit erneuerbaren Energien gestellt wird. Ein Wechsel des Energieträgers ist somit nicht angezeigt. Auch die Anlagenkomponenten selbst verfügen insgesamt über einen guten technischen Standard. Eine Sanierung ist nur im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen durchzuführen. Die Dämmung der Wärmeleitungen stammt in weiten Teilen noch aus Zeiten der ehemaligen DDR. Wenn Erneuerungen an der Heizungsanlage notwendig werden, sollte auch die Dämmung der Rohrleitungen an den derzeitigen energetischen Standard angepasst werden.

Die dezentrale Warmwasserbereitung erfolgt bedarfsgeführt und bedarf keiner Erneuerung.

Die Beleuchtungsanlage des Bürodienstgebäudes ist in den letzten Jahren kaum modernisiert worden und verfügt nicht über die derzeit mögliche Energieeffizienz. Eine Erneuerung ist daher empfehlenswert.

3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich

Die energetische Bilanzierung des Gebäudes wurde entsprechend der Empfehlung in [2] nach DIN 4108-6 in Verbindung mit DIN 4701-10 durchgeführt. Die Bilanzierung erfolgte für den Standort Berlin (Klimareferenzort Potsdam). In der folgenden Tabelle sind wesentliche Bilanzierungsparameter aufgeführt.

Tabelle 2: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	19°C
Luftwechselrate	0,8/h (eigentlich mit 1,0/h anzusetzen, jedoch reduziert, da die Fenster teilweise verschlossen sind und vorausgesetzt wird, dass im Bauarchiv wenig gelüftet wird)
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	6,0 W/m ²
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m ² K)
Heizungsanlage	Fernwärmeübergabestation
Warmwasserbedarf	Entfällt (nur vereinzelte dezentrale Warmwassererhitzer) ⁵

Zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte wurde ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich durchgeführt. In der folgenden Tabelle sind der berechnete Heizenergiebedarfswert sowie der Verbrauchswert für das Verwaltungsgebäude zusammengestellt. Sie zeigen eine gute Übereinstimmung (Abweichung < 10%), so dass davon auszugehen ist, dass die Energiebedarfsberechnung den energetischen Zustand gut abbildet.

Tabelle 3: Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs⁶

Witterungskorrig. Fernwärmeverbrauch MWh/a	450,1
Berechneter Endenergiebedarf Fernwärme MWh/a	422,9

⁵ Berechnung mit Hilfe des Ansatzes nach DIN V 18599-10:2011-12 Tab.7: bei einem täglichen Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser von weniger als 0,2 kWh je Person und Tag (entspricht etwa 5 l je Person und Tag bei einer Warmwassertemperatur von 45° C) darf der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser vernachlässigt werden.

⁶ Berechnung des Endenergiebedarfs und Witterungskorrektur jeweils für den mittleren Klimareferenzort Deutschlands nach 4108-6 (Würzburg).

3.6 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes

Für den beschriebenen Ist-Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen des Verwaltungsgebäudes berechnet sich die nachfolgende Energiebilanz. Abbildung 6 zeigt anhand der Energiebilanz des Gebäudes anschaulich, welchen Anteil die einzelnen Bauteilgruppen am Gesamtwärmeverlust haben und welche Wärmegewinne und –zufuhr diesen gegenüber stehen. Abbildung 7 fasst diese Angaben zusammen und ergänzt sie um die für die Wärmeerzeugung auftretenden Primärenergieverluste.

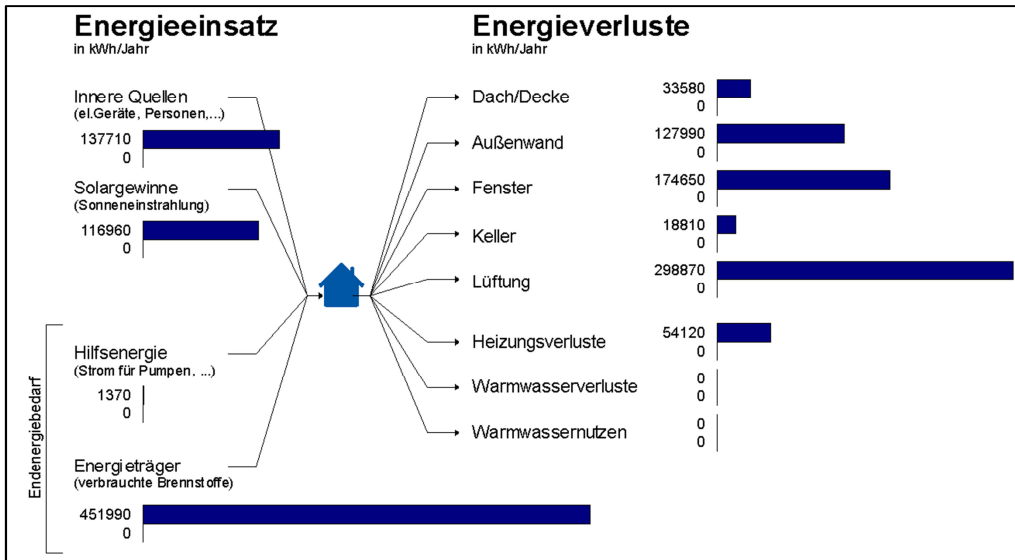


Abbildung 6: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Verwaltungsgebäudes

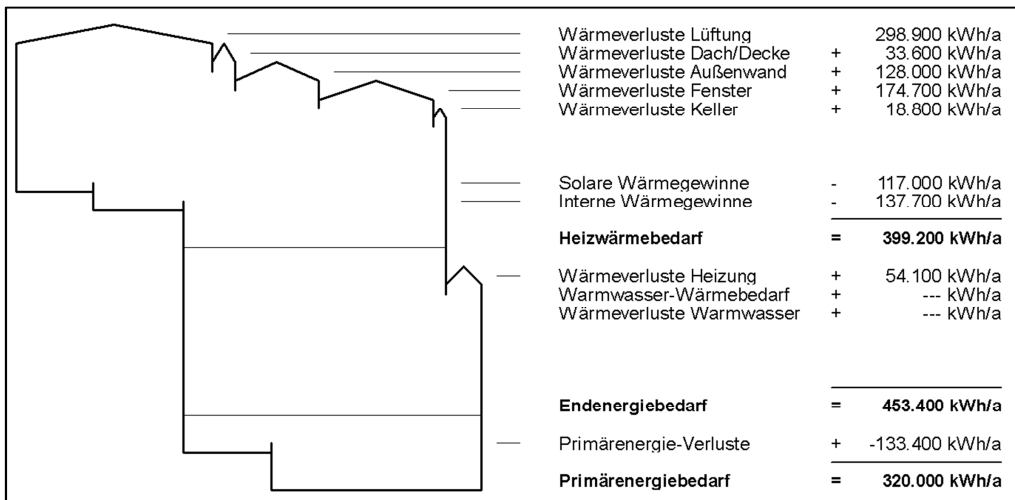


Abbildung 7: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Verwaltungsgebäudes

Die folgende Grafik stuft den energetischen Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen sowie den Umfang der Treibhausgasemissionen des Gebäudes anhand der Berechnungsergebnisse anschaulich und übersichtlich ein. Für die Anlagentechnik wird hierbei der Primärenergiebedarf bewertet.⁷ Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.

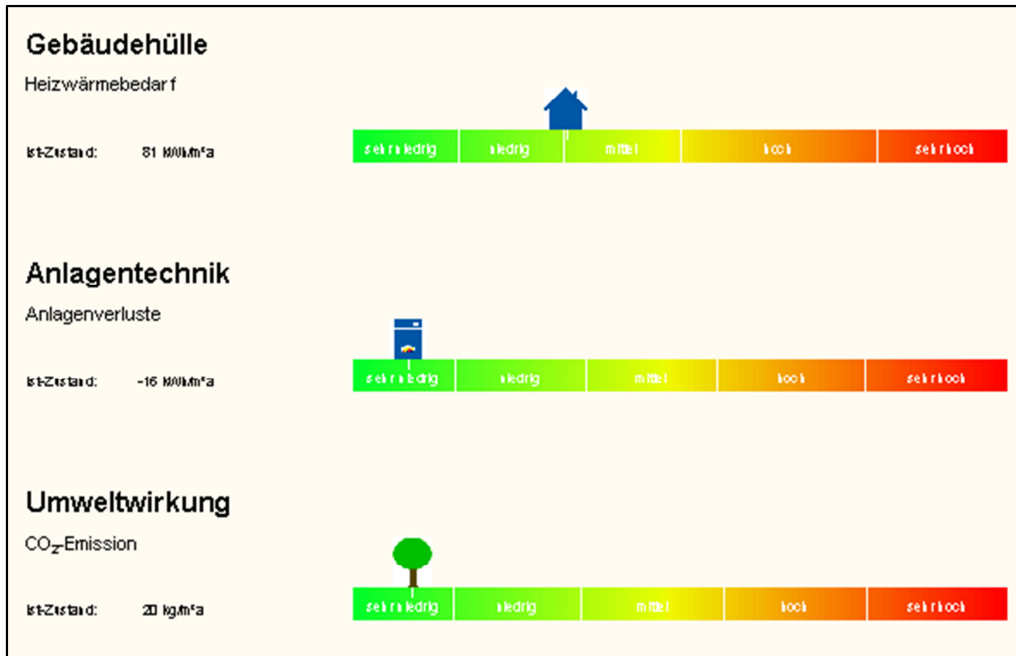


Abbildung 8: Beurteilung des Ist-Zustandes des Verwaltungsgebäudes

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs zwischen mittleren und niedrigen Bereich spiegelt sich die Tatsache wider, dass die Bauteile bereits eine Wärmedämmung besitzen. Gleichwohl zeigt sich das auch aus den Verbrauchskennzahlen in Kapitel 2.1.3 ablesbare Sanierungspotential.

Aufgrund ihres Zustands, aber insbesondere aufgrund des primärenergetisch sehr günstigen Energieträgers Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung wird die Heizungsanlage sehr positiv bewertet. Es errechnen sich negative Primärenergieverluste aufgrund des niedrigen Primärenergiefaktors für Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung.

Die Umweltwirkung des Gebäudes wird im Hinblick auf seine Treibhausgasemissionen entsprechend dem vergleichsweise niedrigen Emissionsfaktor der verwendeten Fernwärme günstig bewertet. Ein weiteres Einsparpotential ist gleichwohl vorhanden.

⁷ Die Bewertungsskala ist in der verwendeten Software Hottgenroth Energieberater 18599 implementiert und wurde in Anlehnung an die Bewertungsskala für Energieausweise nach EnEV entwickelt. Da die energetische Bilanzierung entsprechend den Empfehlungen in den Anforderungen an die Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten [2] nach DIN 4108-6 in Verbindung mit DIN 4701-10 erfolgte, die nach EnEV 2009/2014 nur noch zur Bilanzierung von Wohngebäuden herangezogen werden dürfen, bezieht sich die Farbenskala auf Wohngebäude. Die Einstufung ist gleichwohl aussagekräftig, da sich die Referenzausführungen für Wohn- und Nichtwohngebäude im Hinblick auf die wärmeschutztechnischen Eigenschaften der Gebäudehülle und der Heizungs- und Warmwassererzeugungsanlage nicht wesentlich unterscheiden.

Zu bemerken ist außerdem, dass bei einer Gebäudebilanzierung nach EnEV Standard-Randbedingungen verwendet werden, bei der energetischen Bilanzierung des untersuchten Gebäudes jedoch teilweise individuelle Randbedingungen angesetzt wurden, um den Gebäudezustand so genau wie möglich abzubilden. Daher zeichnet die Einstufung des Gebäudes anhand der von der Software implementierten Skalen insgesamt ein übersichtliches Bild.

4. Energiesparmaßnahmen und Sanierungsoptionen

4.1 Grundlegendes

Gemäß dem Merkblatt zur Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten [2] soll bei der Darstellung der Sanierungsmaßnahmen die Zielsetzung eines Gebäudebestands im Niedrigstenergiehaus-Standard bis zum Jahr 2050 gemäß EU-Richtlinie zur Gesamteffizienz von Gebäuden berücksichtigt werden. Niedrigstenergiehäuser haben laut [2] einen Energiebedarf in der Größenordnung von Passiv- oder Nullenergiehäusern, der zu großen Teilen durch erneuerbare Energien der näheren Umgebung gedeckt wird.

Um dieser Zielsetzung Rechnung zu tragen, werden den Sanierungsmaßnahmen für Bauteile und haustechnische Anlagen nicht die bis 2018 gültigen Anforderungen der EnEV 2014 [9] zugrunde gelegt, sondern die technischen Mindestanforderungen der KfW in den Programmen 218 und 219 zur energetischen Stadtsanierung [11] an die Durchführung von Einzelmaßnahmen. Letztere fordern Bauteil-U-Werte, die bis zu 40% unter den Anforderungen der EnEV liegen und damit den Niedrigstenergiestandard besser repräsentieren. Aufgrund der mit einer Sanierung auf diesen Standard einhergehenden hohen Investitionskosten werden ggf. auch alternative Maßnahmen untersucht, die zu Energieeinsparungen bei niedrigerem Kosteneinsatz führen.

Für die Anlagentechnik wird entsprechend der Zielsetzung des Merkblatts [2] untersucht, inwieweit erneuerbare Energien bereits verwendet werden oder durch entsprechende Sanierungsmaßnahmen integrierbar sind. Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung wird dabei im Sinne des Erneuerbare Energien Wärmegesetzes [10] als Ersatzmaßnahme für erneuerbare Energien angesehen.

4.2 Sanierung der Gebäudehülle

4.2.1 Bodenplatte

Über die Bodenplatte geht aufgrund ihrer vorhandenen Wärmeschutzqualität und ihres Angrenzens an das Erdreich nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Dennoch wäre es energetisch günstig, sie in den beheizten Kellerräumen oberseitig mit einer druckfesten Dämmung zu versehen. Da bei der oberseitigen Dämmung der Bodenplatte die lichte Höhe der Räume minimiert wird, sollte vor der Sanierung geprüft werden, ob die Raumhöhen ausreichen. Es ist zu beachten, dass diese Maßnahme mit vorübergehenden Nutzungseinschränkungen und ggf. erforderlichen Anpassungsmaßnahmen einhergeht. Eine Sanierung auf KfW-Standard würde eine etwa 9 cm dicke Dämmung gleicher WLG erfordern. Auf der Dämmung sind eine Dampfbremse und eine lastverteilende Schicht, z.B. Nassestrich, zu verlegen. Da die daraus resultierenden Einsparungen bezogen auf den Ist-Zustand des Gebäudes jedoch relativ gering sind und temporär mit deutlichen Nutzungseinschränkungen einhergehen, wird diese Maßnahme zunächst nicht empfohlen. Wenn entsprechende Nutzungseinschränkungen tolerierbar und Anpassungsmaßnahmen möglich sind und eine Sanierung aus baulichen Gründen erforderlich ist, sollte eine Dämmung jedoch ergänzt werden. (Um die hierbei entstehende Wärmebrücke zur Außenwand zu minimieren, ist die Außenwand außenseitig bis zur Unterkante des Fundaments mit einer Perimeterdämmung zu versehen.)

→ **Sanierung eingeschränkt empfohlen**

4.2.2 Außenwände

Die Außenwandelemente sind entsprechend ihrer großen Fläche für einen großen Teil der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle verantwortlich. Da sie jedoch bereits gedämmt ausgeführt wurden, sind ihre wärmetechnischen Eigenschaften deutlich besser als bei ungedämmten Wänden. Zur Sanierung wird empfohlen, ein außenseitiges Wärmedämmverbundsystem auszuführen, das aufgrund der großflächigen Fassadengestaltung vergleichsweise einfach und damit kostengünstig aufzubringen ist. Bereits mit einer 12 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW erreicht.

Es empfiehlt sich, auch die ins Erdreich einbindenden Wände der beheizten Räume des Untergeschosses mit einer Perimeterdämmung zu versehen, um die Wärmeverluste auch hier zu reduzieren.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.3 Fenster

Es wird der Austausch aller alten Verbundfenster empfohlen, da ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften bei weitem nicht den heutigen Anforderungen genügen und sie sich in einem sehr schlechten baulichen Zustand befinden. Die wenigen Anfang der 90er Jahre erneuerten Fenster mit 2-Scheiben-Isolierverglasungen und Holzrahmen sollten ebenfalls erneuert werden, da auch sie sich in einem schlechten baulichen Zustand befinden und ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften nicht den heutigen Standard erfüllen. Zudem entstehen erhöhte Lüftungswärmeverluste, da die Fenster nicht mit Lippendichtungen versehen sind. Das Einsparpotential ist daher beträchtlich. Auch die Glasbauelemente in den Treppenhäusern erfüllen nicht die derzeitigen wärmeschutztechnischen Anforderungen und sollten deshalb ausgetauscht werden. Zur Einhaltung der KfW-Anforderungen wäre der Einbau von Fenstern mit einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert kleiner oder gleich $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erforderlich.

Um die solaren Einträge in die Büroräume wirksam zu reduzieren, ist ein außenliegender Sonnenschutz an den nicht durch Bäume verschatteten Fenstern vorzusehen. Optimal geeignet sind lichtlenkende Lamellenbehänge mit automatischer Steuerung, die im Sommer am frühen Morgen automatisch zufahren und dann manuell nach Bedarf geöffnet werden können. Der Sonnenschutz ist aus Komfortgründen auch ohne Fensteraustausch erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.4 Außentüren

Aufgrund ihrer anteilig sehr geringen Fläche geht über die Außentüren nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Der Einspareffekt für Energie und Treibhausgasemissionen infolge Austausch der Türen ist demnach ebenfalls gering. Insbesondere im Rahmen einer Fassadensanierung sollten die noch nicht erneuerten Eingangstüren und Kellertüren zu beheizten Räumen gleichwohl durch Türen mit einem U-Wert kleiner oder gleich $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ersetzt werden, um zum einen das vorhandene Einsparpotential bei möglichst geringem Kostenaufwand zu realisieren und zum anderen den Aufenthaltskomfort in den Eingangsbereichen im Winter zu erhöhen. Für die Eingangstüren sollten selbsttätig schließende Türen eingebaut werden um erhöhte Lüftungswärmeverluste durch offen stehende Türen zu vermeiden.

→ **Sanierung teilweise empfohlen**

4.2.5 Dach

Da beim Bau des Gebäudes bereits ein gewisser Wärmeschutz eingehalten wurde, geht aufgrund der anzunehmenden Dämmung über das Dach ein relativ geringer Wärmeanteil verloren, der jedoch durch eine zusätzliche Wärmedämmung weiter reduziert werden kann. Gemäß der Aussage des Hausmeisters wird davon ausgegangen, dass das Dach seit Bestehen des Gebäudes nachträglich nicht gedämmt wurde und es noch dem wärmetechnischen Standard von 1988 entspricht. Dies sollte vor einer Sanierung noch einmal überprüft werden. Es wird davon ausgegangen, dass die alte Wärmedämmung noch intakt ist und der U-Wert des Daches $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ beträgt. Um die Anforderung für die Sanierung von Flachdächern der KfW zu erfüllen, wären 18 cm einer Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

4.3 Sanierung der technischen Anlagen

4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

Eine Sanierung der Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage in energetischer Hinsicht ist nicht erforderlich. Wesentliche Anlagekomponenten sind in den letzten Jahren bereits erneuert worden und besitzen eine gute Effizienz. Bei der zukünftigen Planung der Erneuerung sind die Anforderungen der dann gültigen Energieeinsparverordnung an Verteilungseinrichtungen und Warmwasseranlagen zu beachten. Es sollten weiterhin die technischen Mindestanforderungen der KfW berücksichtigt werden, um der übergeordneten Zielsetzung des Niedrigstenergieverbrauchs Rechnung zu tragen. Wenn Erneuerungen an der Heizungsanlage notwendig werden, sollte auch die Dämmung der Rohrleitungen an den derzeitigen energetischen Standard angepasst werden.

Die dezentrale Warmwasserversorgung erfolgt bedarfsabhängig und sollte aufgrund des geringen Warmwasserbedarfs beibehalten werden.

→ **Sanierung derzeit nicht empfohlen**

4.3.2 Beleuchtung

Es wird empfohlen die Erneuerung der Beleuchtung fortzusetzen und alte Leuchten gegen moderne Spiegelrasterleuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) auszutauschen. In den Fluren wird empfohlen eine präsenzabhängige Steuerung zu installieren. Die Außenbeleuchtung sollte über einen Dämmerungsschalter geregelt werden.

→ **Sanierung im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen empfohlen**

4.3.3 Energieträger

Da die Wärmeversorgung mit Fernwärme aus KWK erfolgt und dieser Energieträger gemäß EEWärmeG [10] als Ersatzmaßnahme für den Einsatz erneuerbarer Energien anerkannt ist, ist ein Wechsel des Energieträgers nicht erforderlich.

Die Dachfläche des Gebäudes könnte für die Aufstellung von PV-Anlagen genutzt werden. Bei hohem Eigennutzungsanteil des erzeugten Stroms ist von einer Amortisation der Anlage nach etwa 10 Jahren auszugehen. Eine Verschattung des Dachs durch benachbarte Bäume müsste bei der Planung der Anlage berücksichtigt werden.

4.4 Schätzung der Investitionskosten

In Tabelle 4 sind alle empfehlenswerten Sanierungsmaßnahmen für die Gebäudehülle einschließlich einer Schätzung der anfallenden Investitionskosten zusammengestellt. Die Kosten wurden soweit wie möglich mit den in der aktuellen BBSR-Online-Publikation zu den Kosten energierelevanter Bau- und technischer Anlagenteile bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/ Bundesliegenschaften ermittelt [4]. In dieser Publikation nicht enthaltene Kostenansätze wurden mit Hilfe von online verfügbaren Baupreisdokumentationen abgeschätzt. Alle Kostenansätze müssen anhand konkreter Angebote überprüft werden. In den Kostenansätzen sind keine Anteile für Planungsleistungen enthalten.

Die Kostenansätze enthalten nur die energetisch bedingten Mehrkosten. Kosten für Maßnahmen, die ohnehin aus baulichen, hygienischen oder komfortverbessernden Gründen erforderlich sind, werden nicht mit einbezogen (sogenannte Ohnehin- bzw. Sowieso-Kosten).

In der anschließenden Tabelle 5 werden die aktuell empfehlenswerten investiven Einzelmaßnahmen zu sinnvollen Maßnahmenpaketen zusammengefügt. Diese Sanierungsvarianten werden in Kapitel 4.6 wirtschaftlich und im Hinblick auf ihr Energieeinsparpotential bewertet. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass in den Kapiteln 4.2 und 4.3 weitere Sanierungsmaßnahmen beschrieben sind, die entweder aus unterschiedlichen Gründen ohnehin erforderlich sind bzw. erst im Zusammenhang mit Erneuerungsinvestitionen ausgeführt werden sollten.

Tabelle 4: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle

Sanierungsmaßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)		
Austausch der alten Fenster	Demontage und Entsorgung der alten Fenster, Einbau neuer Fenster			
	Sowieso anfallende Kosten für Holzfenstersanierung (Abschleifen, Anstrich, Ausbesserung, Dichtung, Wartung Beschläge), falls kein Fensteraustausch erfolgt	Einzelpreis:	100	€/Stk
	Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutz-verglasungen mit Holzrahmen, U ≤ 0,95 W/(m²K)	Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:	1.760	€/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster 	Anzahl:*	165	Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Gesamtpreis:	290.400	€
<p>Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da es sich um Sowieso-Kosten handelt</p> <p>* Hierbei handelt es sich um eine rechnerische Größe, die sich aus der Gesamtfensterfläche geteilt durch die Fläche des der Kalkulation zugrunde gelegten häufigsten Fenstertyps ergibt.</p> <p>** Der Einzelpreis berechnet sich aus der Kostenfunktion für 3-fach-Verglasung mit einem mittleren U-Wert von 1,1 W/(m²K). Da dieser etwas größer ist als der Zielwert für die 3-fach-Verglasung kann sich ggf. ein etwas höherer Einzelpreis ergeben.</p>				
Austausch der Außentüren	Demontage und Entsorgung der alten Eingangstürelemente, Einbau neuer Türelemente	Einzelpreis Türen EG.:	3.760	€/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Türelemente 	Anzahl:	6	Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Gesamtpreis:	22.560	€
		Einzelpreis: Türen UG	850	€/Stk
		Anzahl:	2	Stk
		Gesamtpreis:	1.700	€
U-Wert des sanierten Bauteils: U = 1,3 W/(m²K)				
Dämmung der Außenwände (WDVS)	Aufbringen eines WDVS mit 12 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	98	€/m²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds 	Fläche:	2.580	m²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör ▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten ▪ Wandbekleidung oder Oberputz ▪ De-/Remontage von Regenfallrohren, Blitzableitern, etc. 	Gesamtpreis:	252.128	€
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ im Zusammenhang mit der Dämmmaßnahme notwendige Bauleistungen wie die Vergrößerung von Dachüberständen oder die Verbreiterung von Fensterbänken 			
	<p>Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da diese ohnehin für die Sanierung der Fenster benötigt wird</p> <p>U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,2 W/(m²K)</p>			

Dämmung des Daches			
	Dachdämmung (18 cm stark, WLG 035) und Erneuerung der Dachhaut	Einzelpreis:	94 €/m ²
▪	Verlegen der Dämmschicht	Fläche	775 m ²
▪	Erstellen der neuen Dachhaut einschließlich aller Anschlüsse/Durchführungen	Gesamtpreis:	72.911 €
▪	ggf. Anpassung der Dachkonstruktion zur Aufnahme des Dämmmaterials		
▪	De- und (Wieder-) Montage von dachmontierten Elementen		
Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da diese ohnehin für die Sanierung der Fenster benötigt wird			
U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,14 W/(m²K)			

Fortsetzung **Tabelle 4**

Tabelle 5: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

Sanierungsmaßnahmen		Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Austausch der alten Fenster durch Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	290.400 €
	Austausch der alten Eingangstüren	Türen:	24.260 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen, hydraul. Abgleich	Anlagen:	-
			314.660 €
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	314.660 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	252.128 €
			566.788 €
Variante 3	wie Variante 2	Variante 2:	566.788 €
	zusätzlich Dämmung des Daches	Dach:	72.911 €
			639.699 €

4.5 Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen

Neben technischen Maßnahmen, die häufig mit erheblichen Investitionskosten einhergehen, können nutzerbezogene Maßnahmen in Nichtwohngebäuden zu einer deutlichen Energieeinsparung führen. Zur Reduzierung des Heizenergieverbrauchs führen insbesondere korrektes Lüften (mehrmaliges kurzes Stoßlüften statt dauerhafter Kippstellung der Fenster, Abdrehen der Heizkörper beim Stoßlüften) und das geringfügige Absenken der Raumtemperatur um ein Grad. Eine Reduktion der Warmwasserbereitungsenergie erfolgt wirkungsvoll durch das Ergänzen von Durchflussbegrenzer bzw. den Einbau von wassersparenden Armaturen. Zur Reduzierung des Stromverbrauchs empfiehlt sich ein sogenanntes power management für die Computer (z.B. automatische Aktivierung standby/ Ruhezustand, Verzicht auf Bildschirmschoner), die Einführung von abschaltbaren Steckerleisten zur Trennung aller Geräte über Nacht und am Wochenende sowie die Sensibilisierung der Nutzer zur Abschaltung des Lichts beim Verlassen des Raums und einem ausreichenden Tageslichtangebot. Unterstützend muss hierbei die Beschaffung agieren und energiesparende Produkte beim Einkauf von Bürogeräten bevorzugen. Entsprechende Bewertungssysteme wie Energy Star und Blauer Engel sind hierbei behilflich.

Um das in einer Änderung des Nutzerverhaltens liegende Energieeinsparpotential auszuschöpfen, bedarf es einer gezielten Aktivierung der Nutzer durch Informationsveranstaltungen und –pakete. Zu diesem Thema findet sich eine Vielzahl von informativen Seiten im Internet.

4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten

Im Folgenden werden die vorgeschlagenen Sanierungsvarianten hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit und der Größe der mit ihnen einhergehenden Energie- und Treibhausgaseinsparungen untersucht. Aus den Energiekosten vor und nach der Sanierung wird unter Berücksichtigung einer Preissteigerungsrate u.a. die mittlere jährliche Energiekosteneinsparung über den betrachteten Zeitraum berechnet. Darüber hinaus werden die Amortisationsdauern der Maßnahmen sowie die eingesparten Treibhausgasemissionen ermittelt. Durch Bezug der jeweiligen gesamten Energiekosteneinsparung über den Untersuchungszeitraum auf die Investitionskosten und den Bezug der Investitionskosten auf die jährlich eingesparte Energiemenge werden zwei weitere Kenngrößen zur Bewertung der Maßnahmenpakete zur Verfügung gestellt.

Den Untersuchungen wurde ein Zeitraum von 40 Jahren zugrunde gelegt, da dies nach [3] der durchschnittlichen Lebensdauer eines Wärmedämmverbundsystems bzw. eines Fensters mit Rahmen aus Nadelholz entspricht, welches hier die relevanten Sanierungsbauteile mit der niedrigsten Lebensdauer sind. Die Lebensdauern der Komponenten der technischen Anlagen werden hier nicht berücksichtigt, da ihr Austausch eine jeweils sowieso erforderliche Maßnahme darstellt. Nach 40 Jahren wäre aus Verschleiß- und Abnutzungsgründen demnach die erste Ersatzinvestition erforderlich. Erneuerungs- und Wartungskosten im Untersuchungszeitraum werden rechnerisch nicht berücksichtigt, da diese Kosten auch ohne die energetische Sanierung für die vorhandenen Bauteile anfallen würden.

Zu erwartende Preissteigerungen bei der Fernwärme und beim Strom werden mit einer durchschnittlichen jährlichen Preissteigerungsrate von 4% in den nächsten 40 Jahren angenommen. Diese Preissteigerungsrate wurde auf Grundlage der Preiserhöhungen der Energiepreise privater Haushalte in den letzten 10 Jahren ermittelt und unterschätzt die tatsächlich aufgetretenen Preissteigerungsraten etwas. In Abhängigkeit vom gewählten Untersuchungszeitraum kann die Steigerungsrate deutlich höher liegen. Eine dauerhaft niedrigere Preissteigerungsrate ist aufgrund der vorhandenen Rohstoffknappheit nicht zu erwarten. Höhere Preissteigerungsraten als berücksichtigt sind hingegen möglich und würden zu einer verbesserten Wirtschaftlichkeit der Sanierungsvarianten führen.

Die Berechnungen werden ohne Kalkulationszinssatz geführt, um zu berücksichtigen, dass dem Bezirksamt bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen i.d.R. selbst keine Kapitalkosten entstehen.⁸ Darüber hinaus befinden sich die Kreditzinsen insbesondere für die öffentliche Hand seit längerem auf einem so niedrigen Niveau, dass die zusätzlichen Kosten bei Kreditfinanzierung der Maßnahmen geringfügig und in der Gesamtbetrachtung vernachlässigbar sind.⁹

Die den Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zugrunde gelegten Energiepreise berechnen sich aus dem jeweiligen rechnerischen Energiebedarf (und nicht dem tatsächlichen Verbrauch) sowie dem Preisansatz pro Kilowattstunde aus den aktuellen Verbrauchsabrechnungen des untersuchten Objekts.¹⁰

Aufgrund von Restabweichungen beim Bedarfs-/Verbrauchsabgleich für das Verwaltungsgebäude, möglichen Preisunterschieden für die Sanierungsleistungen sowie nutzungs- und witterungsbedingten Differenzen, ist nicht auszuschließen, dass die nach Realisierung der Sanierungsmaßnahmen tatsächlich auftretenden Einsparungen größer oder kleiner als berechnet ausfallen.

Die folgende Tabelle fasst wesentliche Eingangsparameter der Wirtschaftlichkeitsberechnungen noch einmal zusammen. In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammengestellt. Abbildung 9 dokumentiert die mit der jeweiligen Sanierungsvariante erzielbaren Einsparungen anschaulich.

Tabelle 6: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	49.340 €	Kalkulationszinssatz:	0%

⁸ In der verwendeten Berechnungssoftware ist für den Kalkulationszinssatz stets ein Wert > 0 einzugeben, so dass rechnerisch der kleinstmögliche Zinssatz von 0,01% verwendet wird.

⁹ Der aktuelle effektive Jahreszins für das Programm 218 der KfW beträgt 0,1%.

¹⁰ Fernwärme: 10,9 ct/kWh, Strom: 21,8 ct/kWh, jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht mit auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

Tabelle 7: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten

Variante	Investitionskosten energetische Sanierung [€]	Energiekosten nach Sanierung [€]	im Nutzungszeitraum				Investitionskosten je jährlich eingesparte MWh Energie [€/(MWh/a)]	Amortisations- dauer [Jahre]	
			Energiekosten- einsparung [€]	Gesamtkosten- einsparung [€]	mittlere jährl. Energiekosteneinsparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]			Energiekosten- einsparung je 1.000 € Investitions- kosten [€]
1	374.445	33.791	1.535.840	1.161.395	38.396	283	4.102	2.615	17
2	674.478	27.475	2.159.760	1.485.282	53.994	399	3.202	3.350	20
3	761.242	25.580	2.346.960	1.585.718	58.674	434	3.083	3.480	21

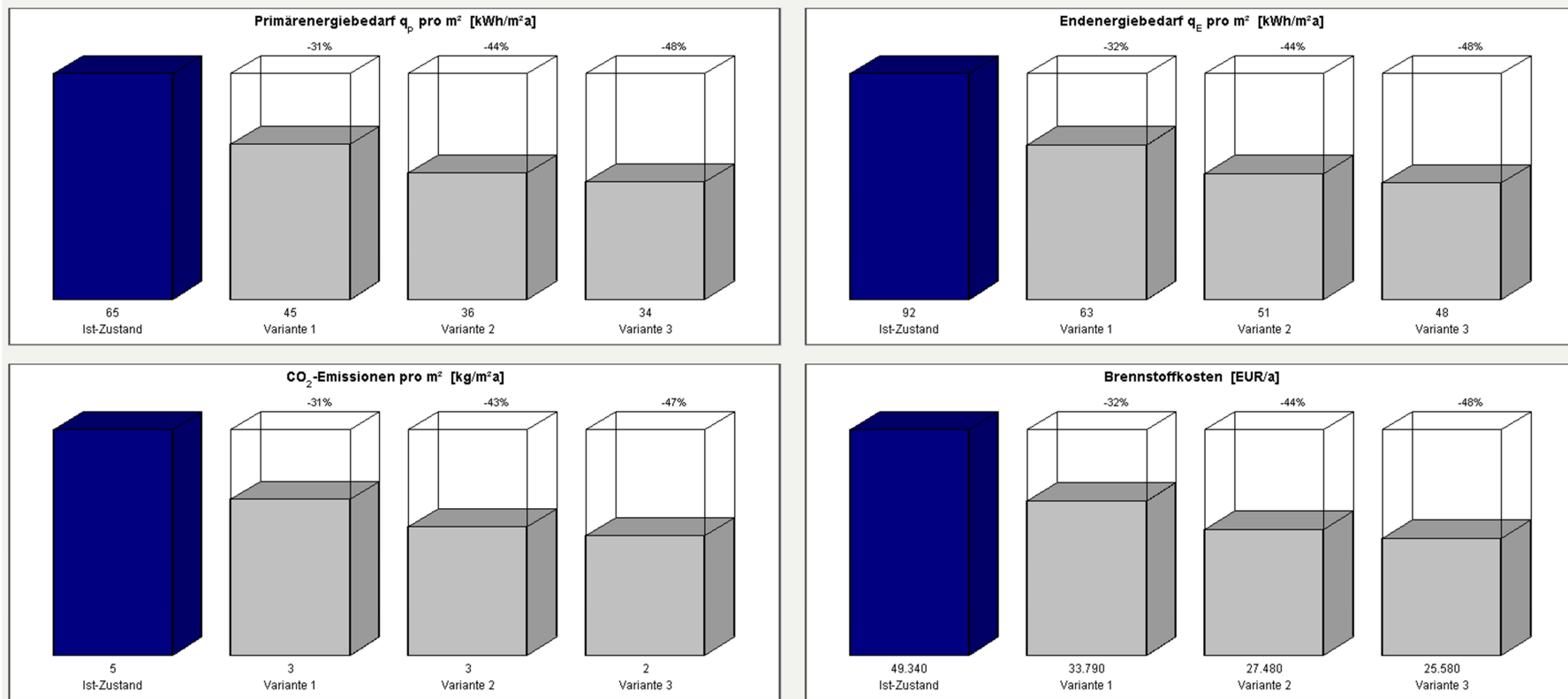


Abbildung 9: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO₂- und Brennstoffkostenreduktionen

4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich die Maßnahmenpakete bereits bei dem Erreichen der Hälfte der Lebensdauer der sanierten Bauteile amortisiert haben. Aufgrund der Amortisation der Maßnahmen innerhalb der Nutzungsdauer der Sanierungselemente weisen alle Varianten eine positive Annuität und einen positiven internen Zinssatz aus.

Die eingesparten Energie- und Treibhausgasmengen sind aufgrund des Umfangs und der Qualität der einbezogenen Maßnahmen bei Variante 3 am größten. Dementsprechend weist diese Variante auch die größte jährliche Energie- und Treibhausgaseinsparung auf. Es wird daher empfohlen, dieses Maßnahmenpaket umzusetzen.

Darüber hinaus sollte die in Kapitel 4.2.1 beschriebene Option der Dämmung der Bodenplatte überprüft werden. Bei Durchführung von Erneuerungsinvestitionen für haustechnische Anlagenkomponenten sind die Hinweise in Kapitel 4.3 zu beachten.

Nach der Durchführung der Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle sollte ein neuer hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage vorgenommen werden, um weiterhin eine gleichmäßige Wärmeversorgung der Heizkörper zu gewährleisten. Da ein hydraulischer Abgleich nur vergleichsweise geringe Kosten verursacht, wurde er bei der Investitionskostenberechnung vereinfacht vernachlässigt.

Die den Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zu Grunde gelegten Investitionskosten enthalten nur die auf die energetische Sanierung entfallenden Mehrkosten, nicht jedoch die infolge sowieso erforderlicher baulicher Maßnahmen entstehenden Kosten. Diese Kostenansätze müssen anhand konkreter Angebote überprüft werden. Sie enthalten keine Planungsleistungen.

Bei der konkreten Planung der Sanierungsmaßnahmen sind die Anforderungen der dann gültigen gesetzlichen Vorschriften wie Energieeinsparverordnung und Erneuerbare Energien Wärmegesetz zu beachten.

Die vorliegende Untersuchung ersetzt keine Ausführungsplanung für die zu sanierenden Bauteile.

CSD INGENIEURE GmbH



Andrea Untergutsch

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen



Linda Vogel

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen (FH)

Berlin, den 20. Oktober 2014