

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

**FRIEDHOFSVERWALTUNG, REVIER- UND**  
**GÄRTNERSTÜTZPUNKT FRIEDLANDER STRASSE 156-158**

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](mailto:berlin@csdingenieure.de)  
[www.csdingenieure.de](http://www.csdingenieure.de)



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>BASISDATEN FRIEDHOFSVERWALTUNG, REVIER- UND GÄRTNERSTÜTZPUNKT</b>	<b>8</b>
2.1	Objektbeschreibung	8
2.2	Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes	9
2.2.1	Wärme	9
2.2.2	Strom	10
2.2.3	Energiekennzahlen des Revier- und Verwaltungsgebäudes	11
<b>3.</b>	<b>GEBÄUDEBEWERTUNG</b>	<b>12</b>
3.1	Fotodokumentation	12
3.2	Vorbemerkungen und Hinweise	14
3.3	Gebäudehülle	14
3.3.1	Vorbemerkung	14
3.3.2	Decke über unbeheizten Kellerräumen	14
3.3.3	Außenwände	14
3.3.4	Fenster	14
3.3.5	Außentüren	14
3.3.6	Decke gegen unbeheizten Dachboden (oberste Geschossdecke)	15
3.3.7	Dach über dem südlichen Treppenhaus	15
3.3.8	Gesamteinschätzung Gebäudehülle	15
3.4	Technische Anlagen	15
3.4.1	Bestandsaufnahme	15
3.4.2	Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	16
3.5	Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	16
3.6	Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes	17
<b>4.</b>	<b>ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN</b>	<b>19</b>
4.1	Grundlegendes	19
4.2	Sanierung der Gebäudehülle	19
4.2.1	Decke über nicht beheizten Kellerräumen	19
4.2.2	Außenwände	19
4.2.3	Fenster und Sonnenschutz	20
4.2.4	Außentüren	20
4.2.5	Oberste Geschossdecke	20
4.2.6	Dachfläche des Treppenhauses	20
4.3	Sanierung der technischen Anlagen	20
4.3.1	Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	20
4.3.2	Beleuchtung	21
4.3.3	Lüftungsanlage	21
4.3.4	Energieträger	21

4.4	Schätzung der Investitionskosten	22
4.5	Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	24
4.6	Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	24
4.7	Sanierungsempfehlungen	29

## TABELLENVERZEICHNIS

<b>Tabelle 1:</b>	Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	16
<b>Tabelle 2:</b>	Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	22
<b>Tabelle 3:</b>	Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	24
<b>Tabelle 4:</b>	Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	26
<b>Tabelle 5:</b>	Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (alle Kostenangaben inklusive Mehrwertsteuer)	27

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abbildung 1:</b>	Wärmeverbrauch des Gebäudekomplexes in den Jahren 2011 bis 2013	9
<b>Abbildung 2:</b>	Produzierte Treibhausgasemissionen (CO <sub>2</sub> -Äquivalent) infolge Wärmeverbrauch	9
<b>Abbildung 3:</b>	Stromverbrauch des Gebäudekomplexes in den Jahren 2011 bis 2013	10
<b>Abbildung 4:</b>	Produzierte Treibhausgasemissionen (CO <sub>2</sub> -Äquivalent) infolge Stromverbrauch	10
<b>Abbildung 5:</b>	Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Revier- und Verwaltungsgebäudes.	17
<b>Abbildung 6:</b>	Energiebilanz für den Ist-Zustand des Revier- und Verwaltungsgebäudes.	17
<b>Abbildung 7:</b>	Beurteilung des Ist-Zustandes des Hauptgebäudes des Revier- und Verwaltungsgebäudes	18
<b>Abbildung 8:</b>	Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO <sub>2</sub> - 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 raumluftechnischer 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, Modernisierungleitfaden, 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 Neubaustandard, 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

Das Bezirksamt Treptow-Köpenick von Berlin möchte seinen Gebäudebestand energetisch modernisieren, um dessen Energieverbrauch, die damit verbundenen Energiekosten und die infolge des Energieverbrauchs emittierten Treibhausgasemengen 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 CO<sub>2</sub>-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 m<sup>2</sup>. 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/Platzwarts 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 Treibhausgaseinsparungen ermittelt, die Wirtschaftlichkeit der Varianten bewertet und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet.

## 2. Basisdaten Friedhofsverwaltung, Revier- und Gärtnerstützpunkt

### 2.1 Objektbeschreibung

---

Bezeichnung des Objekts: Friedhofsverwaltung, Revier- und Gärtnerstützpunkt

Foto des Objekts:



Standort: Friedlander Straße 156-158, 12489 Berlin

Nutzung: Revier- und Verwaltungsgebäude

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude

Untergeschoss – 3. Obergeschoss, EG & 1.OG vollständig beheizt, 2.-3.OG nur bis zur Frostfreiheit beheizt.

Bruttogrundfläche: 1606,67m<sup>2</sup>

Baujahr: 1930

Sanierung Gebäudehülle: 2008 Einbau Kunststofffenster mit Wärmeschutzverglasung

Sanierung haustechnische Anlage: 2002 Beleuchtungseinrichtung z.T. erneuert

2008 Lüftungsanlage

2009 Heizung

Heizenergieerzeugung: Brennwertkessel

Energieträger Erdgas

Warmwasserbereitung: Zentraler Warmwasserspeicher im Keller, alle DU & WB mit Zentral-WW versorgt

Lüftung: Freie Lüftung, neue Lüftungsanlage in den Garderoben und Sanitärbereichen im 1.OG

Angaben zum Leerstand: Kein Leerstand im EG – 1.OG, nicht ausgebauter Leerstand im 2.OG – 3. OG

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 11.06.2014

---



## 2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

### 2.2.1 Wärme

Das Revier- und Verwaltungsgebäude wird durch eine Erdgasheizung mit Wärme versorgt. Es werden nur das Erdgeschoss und 1. Obergeschoss vollständig beheizt. Das 2. Und 3. Obergeschoss werden auf der niedrigsten Stufe zur Frostfreiheit beheizt, da diese Räume nicht in Benutzung sind. Das Gebäude verfügt über eine zentrale Warmwasserbereitung. Der Wärmeverbrauch für mehrere Gebäude auf dem Grundstück gemeinsam erfasst. Neben dem Verwaltungsgebäude sind dies unter anderem eine Wartehalle, eine Feierhalle und ein Toilettenhaus. Im folgenden Diagramm ist der Wärmeverbrauch für den Gebäudekomplex für die Jahre 2011-2013 angegeben.

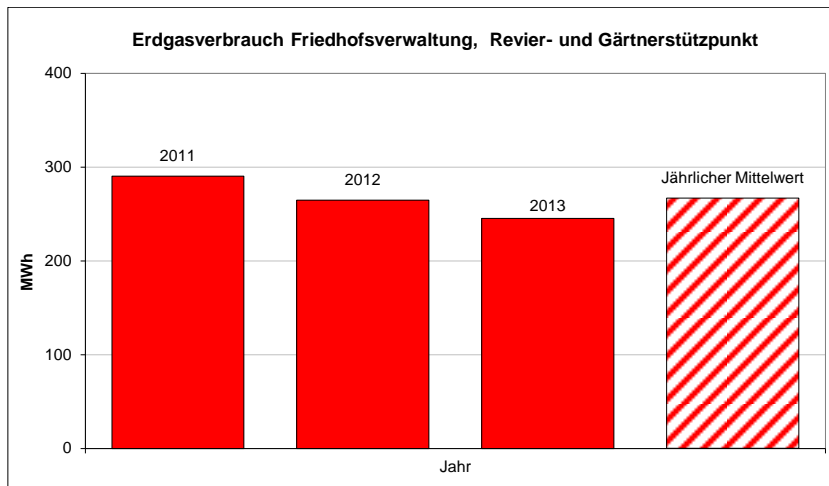


Abbildung 1: Wärmeverbrauch des Gebäudekomplexes in den Jahren 2011 bis 2013

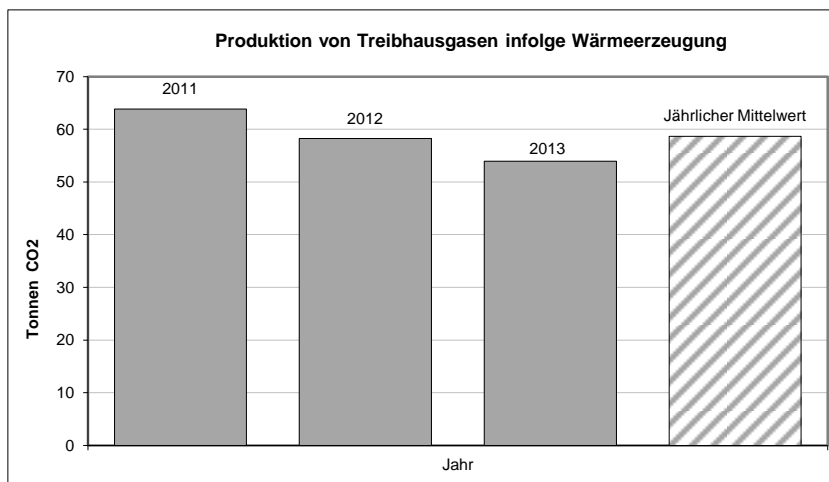


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalent) infolge Wärmeverbrauch<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GEMIS-CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor für 1 MWh Wärmeverbrauch für Erdgas (Heizwert): 244 kg/MWh

## 2.2.2 Strom

Für die Jahre 2011-2013 wurden die nachstehend dargestellten Stromverbräuche abgerechnet. Hierbei handelt es sich um die Stromverbräuche vom Revier- und Verwaltungsgebäude, einschließlich der Nebengebäude, die über einen gemeinsamen Stromzähler abgerechnet werden. Abbildung 4 zeigt die infolge der Stromherstellung produzierten Treibhausgasemissionen.

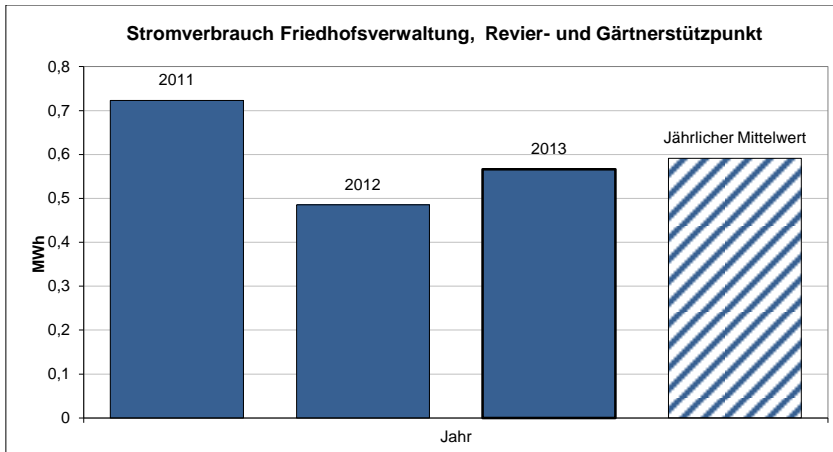


Abbildung 3: Stromverbrauch des Gebäudekomplexes in den Jahren 2011 bis 2013

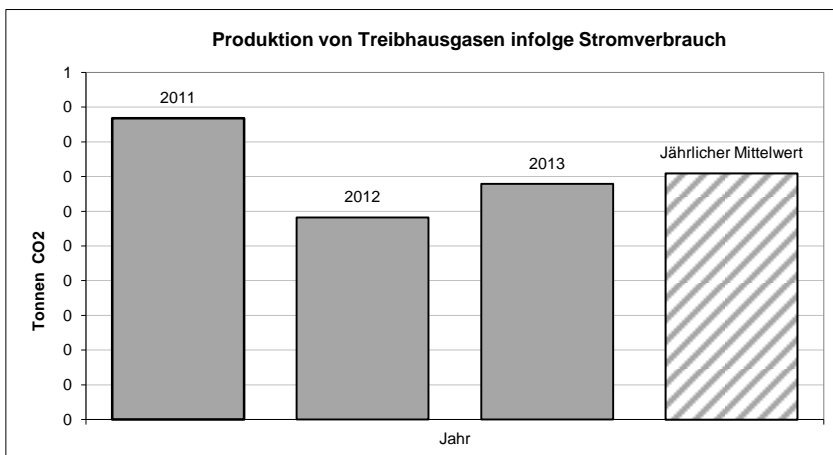


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalent) infolge Stromverbrauch<sup>2</sup>

<sup>2</sup> 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 Revier- und Verwaltungsgebäudes

Eine Beurteilung der Energieverbräuche der Liegenschaft ist generell 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.<sup>3</sup> Die Nutzung des Gebäudes ist durch die verschiedenen Mieter und den gegebenen Leerstand in den oberen Etagen sehr variabel. Darüber hinaus umfassen die Verbrauchsdaten der Liegenschaft auch die der auf dem Areal untergebrachten Nebengebäude. Da es in den ages-Daten keine Nutzungskategorie gibt, die diese vielfältige Nutzung des Gebäudekomplexes abbildet, kann kein Kennwertevergleich erfolgen

---

<sup>3</sup> ages-Verbrauchskennwerte 2005: Forschungsbericht der ages GmbH, Münster

## 3. Gebäudebewertung

### 3.1 Fotodokumentation



Süd-Ost -Ansicht



Süd-Ansicht



West-Ansicht



Nord-West-Ansicht



Nord-Ansicht



Feuchtigkeitsschäden – Dachbereich Treppenhaus



Innenputzschäden



Außenputzschäden und Risse



**Kunststofffenster aus 2008 mit Wärmeschutzverglasung**



**Lüftungsrohre Sanitärbereiche**



**Lüftungsanlage im 3. Obergeschoss aus 2008**



**Erdgasheizung im Untergeschoss**



**Warmwasserspeicher im Untergeschoss**



**Heizungsverteilung im Untergeschoss**

## 3.2 Vorbemerkungen und Hinweise

Beim Friedhof, Revier- und Gärtnerstützpunkt handelt es sich um ein 1930 errichtetes Gebäude in Massivbauweise. Außer den 2008 eingebauten Kunststofffenstern mit Wärmeschutzverglasung wurden an der Gebäudehülle keine bedeutenden Sanierungsmaßnahmen vorgenommen. Die oberen zwei Geschosse stehen derzeit leer und wurden nach dem Einbau der neuen Kunststofffenster nicht vollständig saniert oder ausgebaut. In diesen Etagen sind erhebliche Schäden an den Fensterbrüstung und Fensterlaibungen, am Innen- sowie am Außenputz zu sehen. Schäden sind auch am Dach bzw. an der oberen Geschossdecke zu erkennen. Diese werden von durchdringender Feuchtigkeit verursacht. Die vorhandenen Bauschäden, vor allem aber die Feuchtigkeitsschäden, sollten unbedingt behoben werden.

## 3.3 Gebäudehülle

### 3.3.1 Vorbemerkung

Für das Revier- und Verwaltungsgebäude liegen neben Grundrissen keine weiteren Bauunterlagen vor. Entsprechend den Vorschriften des Merkblatts zur Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten des BMU wurden die Bauteildaten daher überschläglich anhand von Bauteiltypologien erhoben. Als Datengrundlage wurden dabei die Datenaufnahmeregeln des BMVBS für Nichtwohngebäude [1] verwendet.

### 3.3.2 Decke über unbeheizten Kellerräumen

Für die Decke über den unbeheizten Kellerräumen ist von einer zur Bauzeit typischen Massivdecke mit einem U-Wert gemäß [1] von  $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  auszugehen. Der wärmetechnische Zustand der Decke entspricht damit nicht den heutigen Anforderungen.

### 3.3.3 Außenwände

Bei den Außenwänden handelt es sich um ein ca. 36 cm dickes Klinkermauerwerk, das auf der Süd- und Süd-Westseite mit einer Putzschicht versehen ist. Gemäß [1] ist für diese Wände ein U-Wert von  $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  anzunehmen. Die Wärmeschutzqualität der Außenwände ist aufgrund fehlender Dämmung, sowie der o.g. Schäden im Bereich der Fensterlaibungen und Stürze, deutlich schlechter als der derzeitige Anspruch an die Wärmeschutzeigenschaften von Wänden. Eine Sanierung der Außenwände ist zu empfehlen.

### 3.3.4 Fenster

Die Kunststofffenster des Revier- und Verwaltungsgebäudes wurden im Jahr 2008 neu eingebaut und verfügen über eine Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung. Sie befinden sich somit in einem guten Zustand. Für die Kunststofffenster ist ein U-Wert von  $1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  anzunehmen. Im Treppenhaus befinden sich noch ältere Holzverbundfenster ohne Farbanstrich. Für diese Fenster ist ein U-Wert von  $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  anzunehmen. Ein außenliegender Sonnenschutz wurde nicht umgesetzt. In einigen Büroräumen wurden nachträglich innenliegende Jalousien als Blendschutz eingebaut. Ein ausreichend dimensionierter außenliegender Sonnen- und Blendschutz wäre für den Nutzerkomfort von Vorteil.

### 3.3.5 Außentüren

Bei den Eingangstüren handelt es sich um Holztüren, deren U-Wert gemäß [1] mit  $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  anzunehmen ist und die damit nicht den heutigen Wärmeschutzanforderungen entsprechen.

### 3.3.6 Decke gegen unbeheizten Dachboden (oberste Geschossdecke)

Bei der Decke gegen den unbeheizten Dachboden ist von einer Holzbalkendecke mit Schüttung auszugehen. Gemäß [1] wird der U-Wert der Holzbalkendecke mit  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angenommen. Der wärmetechnische Zustand der Decke entspricht damit nicht den heutigen Anforderungen.

### 3.3.7 Dach über dem südlichen Treppenhaus

Für das flach geneigte Dach über dem Treppenhaus ist von einer Holzkonstruktion ohne ausreichender Wärmedämmung und damit ohne ausreichenden Wärmeschutz auszugehen. Gemäß [1] besitzt das Dach einen U-Wert um  $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

### 3.3.8 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

Kein Außenbauteil erfüllt die Anforderungen, die nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2014 an zu sanierende Bauteile eines Nichtwohngebäudes gestellt werden.<sup>4</sup> Gleichwohl verfügen die neueren Kunststoffenster über eine noch als gut zu bewertende energetische Qualität. 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 massiven Außenwände 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 die Fenster in den Treppenhäusern ältere Holzverbundfenster sind, ist von etwas erhöhten Lüftungswärmeverlusten infolge Gebäudeundichtigkeit auszugehen, die durch eine Luftwechselrate von  $0,70/\text{h}$  (vgl. Tabelle 1) berücksichtigt werden.

## 3.4 Technische Anlagen

### 3.4.1 Bestandsaufnahme

Die Raumwärmebereitung am Revier- und Verwaltungsgebäudes erfolgt zentral durch einen Buderus Logano GE315 Erdgas-Brennwertkessel mit  $105\text{kW}$  Nennleistung. Die Erdgasheizungsanlage aus dem Jahre 2009 befindet sich im Heizraum vom Kellergeschoss. Die Warmwasserbereitung für die Duschen und Waschbecken erfolgt über einen indirekt beheizten Warmwasserspeicher von Bergmann & Franz Typ EBS-PU mit  $300\text{L}$  Speicherkapazität, der im Jahr 2013 eingebaut wurde. Die Speicherladung erfolgt mit einer Pumpe des Typs WILO Star-Z 15. Als Zirkulationspumpe ist eine Pumpe des Typs Buderus BU 25/4 eingebaut. Als Heizungsumwälzpumpe ist eine elektronisch geregelte Umwälzpumpe vom Typ Wilo TOP-E40/1-4 Nr.1/45 im Einsatz.

Die Wärmeleitungen befinden sich im unbeheizten Keller und sind bis auf kurze Zwischenstücke und Armaturen gut gedämmt. Zur Wärmeübergabe verfügen sämtliche Räume über Plattenheizkörper und vereinzelt Röhrenheizkörper welche manuell über Thermostatventile regulierbar sind. Ob ein hydraulischer Abgleich vorgenommen wurde, ist nicht bekannt.

Für die Dusch- und Umkleieräume im 1. OG des Revier- und Gärtnerstützpunkts wurde im Jahr 2008 die Lüftungsanlage AIRFLOW Duplex-BCT 8000 eingebaut. Das Gerät verfügt laut Typenschild über einen wasserbetriebenen Luftherhitzer sowie einen Wärmerückgewinnungsgrad von mindestens 54%.

Die Beleuchtung des Verwaltungsgebäudes erfolgt im Wesentlichen direkt mittels stabförmigen Leuchtstofflampen unterschiedlichen Alters. Dementsprechend finden sich in den Lampen Vorschaltgeräte unterschiedlicher Effizienz. Regelungseinrichtungen sind nicht vorhanden.

---

<sup>4</sup> Gleichermaßen werden auch die Anforderungen, die laut EnEV für die Bauteile eines Neubaus gelten, nicht erfüllt.

## 3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Der für die Heizwärmeerzeugung verwendete Erdgas-Brennwertkessel wurde im Jahr 2009 eingebaut. Er befindet sich in einem guten Zustand und kann unter Zugrundlegung der mittleren Lebensdauer von Brennwertkesseln nach VDI 2067 [8] noch ca. 15 Jahre betrieben werden. Darüber hinaus handelt es sich bei der Brennwerttechnik um eine Heizungstechnik mit hoher Energieeffizienz. Eine Modernisierung der Heizwärmeerzeugungsanlage ist daher derzeit nicht erforderlich.

Auch die weiteren Anlagenkomponenten verfügen insgesamt über einen guten technischen Standard. Eine Sanierung ist nur im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen durchzuführen. Die dezentrale Warmwasserbereitung erfolgt bedarfsgeführt und benötigt keine Erneuerung.

Die Beleuchtungsanlage des Gebäudes ist wie beschrieben teilsaniert. Weitere Modernisierungsmaßnahmen sind 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 1:** Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	17°C <sup>5</sup>
Luftwechselrate	0,70/h
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5 W/m <sup>2</sup>
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m <sup>2</sup> K)
Heizungsanlage	Erdgasheizung
Warmwasserbedarf	7,6 MWh/a <sup>6</sup>

Die Lüftungsanlage für die Duschen im 1.OG wurde bei der energetischen Berechnung nicht berücksichtigt, da diese nur in begrenztem Rahmen (2x täglich für max. 2 Stunden) in Betrieb ist und nach Angaben der Nutzer immer noch vorwiegend die Fensterlüftung zur Be- und Entlüftung verwendet wird. Der für den Betrieb der Lüftungsanlage erforderliche Strombedarf wird somit ebenso wenig erfasst wie der günstige Effekt der Wärmerückgewinnung auf den Heizwärmebedarf. Aufgrund der im Vergleich zur übrigen Anlagentechnik geringfügigen Nutzung der Lüftungsanlage ist davon auszugehen, dass der durch Nichtberücksichtigung der Anlage auftretende Fehler in der Energiebilanz vernachlässigbar gering ist.

<sup>5</sup> Lt. DIN 4108-6 ist mit einer Innentemperatur von 19°C zu rechnen. Zur Berücksichtigung der niedriger beheizten Räume im 3.-4.OG wurde die gesamte Innenraumtemperatur im Mittel um 2°C reduziert.

<sup>6</sup> Berechnung mit Hilfe des Ansatzes nach DIN V 18599-10:2011-12 Tab.7 [7] einen Durchschnittswert für vergleichbare Nutzungen, geschätzt bei 20 Nutzer pro Tag und 252 Tage im Jahr.



Ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte konnte nicht mit ausreichender Genauigkeit durchgeführt werden, da sich der abgerechnete Erdgasverbrauch neben dem untersuchten Revier- und Verwaltungsgebäudes auch auf die Nebengebäude (Feierhalle und Wartebereich) auf dem Areal bezieht.

## 3.6 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes

Für den beschriebenen Ist-Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen des Revier- und Verwaltungsgebäudes berechnet sich die nachfolgende Energiebilanz. Abbildung 5 zeigt anhand der Energiebilanz des Gebäudes anschaulich, welchen Anteil die einzelnen Bauteilgruppen am Gesamtwärmeverlust haben und welche Wärmegewinne und –zufuhr diesen gegenüber stehen. Abbildung 6 fasst diese Angaben zusammen und ergänzt sie um die für die Wärmeerzeugung auftretenden Primärenergieverluste.

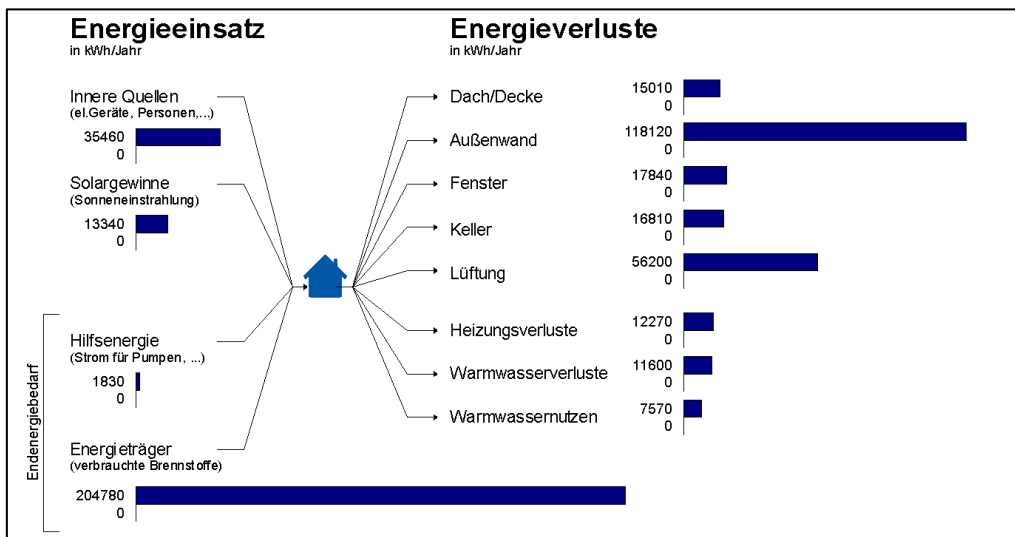


Abbildung 5: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Revier- und Verwaltungsgebäudes.

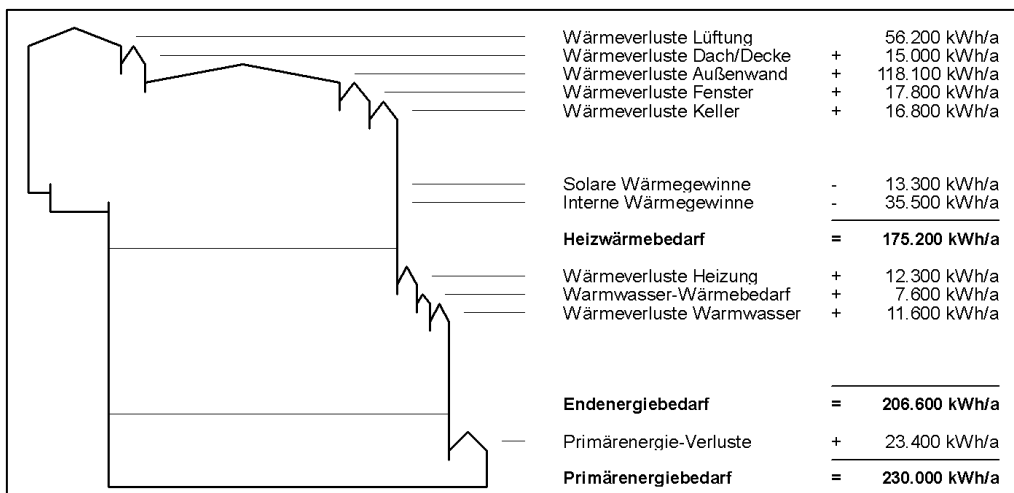
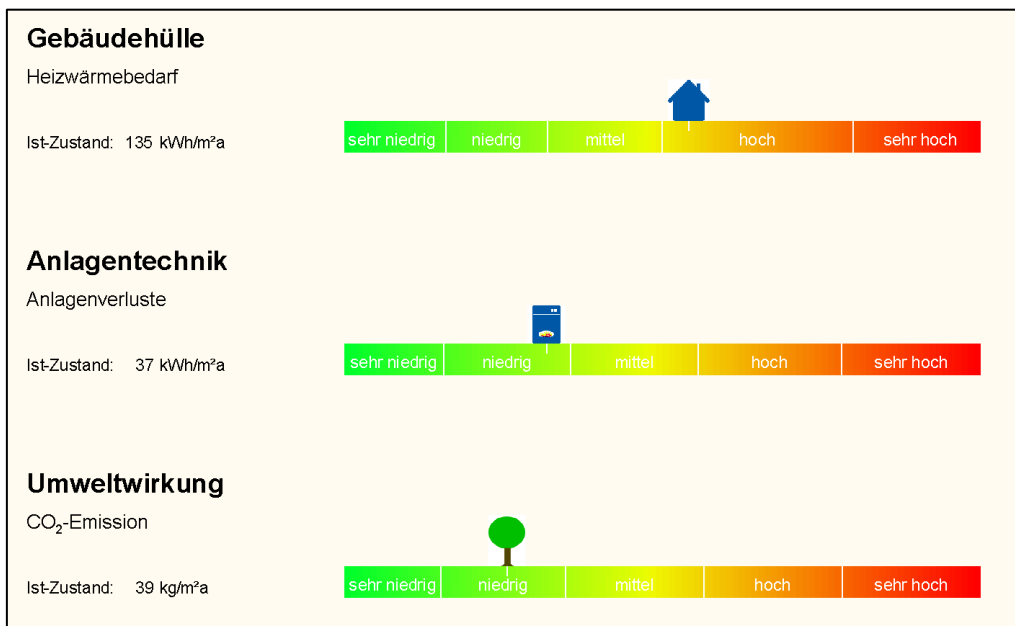


Abbildung 6: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Revier- und Verwaltungsgebäudes.

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



**Abbildung 7:** Beurteilung des Ist-Zustandes des Hauptgebäudes des Revier- und Verwaltungsgebäudes (für Standard-Raumtemperatur von 19°C)

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im mittleren bis hohen Bereich spiegelt sich das Sanierungspotential der Gebäudehülle. Aufgrund der 2009-2013 modernisierten Anlagentechnik werden die Anlageverluste im niedrigen Bereich eingestuft, was auch die Umweltwirkung positiv beeinflusst. Die Umweltwirkung des Gebäudes wird im Hinblick auf seine Treibhausgasemissionen resultierend aus der Gesamtbewertung und dem Emissionsfaktor von Erdgas im niedrigen Bereich eingestuft. Ein weiteres Einsparpotential ist auch hier in vorhanden.

<sup>7</sup> 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 Niedrigenergiehaus-Standard bis zum Jahr 2050 gemäß EU-Richtlinie zur Gesamteffizienz von Gebäuden berücksichtigt werden. Niedrigenergiehäuser 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 Niedrigenergiestandard 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 Decke über nicht beheizten Kellerräumen

Über die ungedämmte Kellerdecke zu nicht beheizten bzw. zu sehr niedrig beheizten Kellerräumen geht nur ein relativ geringer Anteil an Heizenergie verloren. Da die Kellerdecke jedoch relativ kostengünstig unterseitig gedämmt werden kann, wird empfohlen, eine entsprechende Sanierungsmaßnahme vorzunehmen. Mit einer mindestens 10 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird für die Kellerdecke der aktuell erforderliche wärmetechnische Standard nach EnEV ( $U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) und mit einer 11 cm dicken Dämmung der gleichen Wärmeleitfähigkeit der KfW-Standard ( $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) erreicht.

→ **Sanierung empfohlen**

#### 4.2.2 Außenwände

Die Außenwände sind entsprechend ihrer großen Fläche für einen sehr großen Teil der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle verantwortlich. Trotz ihrer Dicke kann durch das Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems viel Energie eingespart werden. Mit einer 16 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW und ein U-Wert von  $0,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  erreicht.<sup>8</sup>

→ **Sanierung empfohlen**

---

<sup>8</sup> Ggf. muss die Dämmstoffdicke zur Berücksichtigung von Wärmebrücken infolge Dübeln geringfügig vergrößert werden.

## 4.2.3 Fenster und Sonnenschutz

Es wird der Ersatz aller noch vorhandenen Verbundfenster durch Fenster mit Wärmeschutzverglasung empfohlen, da ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften nicht den heutigen Anforderungen genügen. Zur Einhaltung der KfW-Anforderungen wäre der Einbau einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert kleiner oder gleich  $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  erforderlich. Für die Einhaltung der EnEV 2014 ist eine 2-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert kleiner oder gleich  $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ausreichend.

→ **Sanierung bedingt empfohlen**

## 4.2.4 Außentüren

Aufgrund ihrer anteilig sehr geringen Fläche geht über die Außentüren nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Da die U-Werte der vorhandenen Türen jedoch relativ hoch sind, wird ihr Ersatz im Rahmen der übrigen Sanierungsmaßnahmen empfohlen. Zur Einhaltung der KfW-Anforderungen ist ein U-Wert von  $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

## 4.2.5 Oberste Geschossdecke

Aufgrund ihres Zustandes und der vorhandenen Feuchtigkeitsschäden wird empfohlen, die oberste Geschossdecke zu sanieren. Um die Dämmqualität zu erhöhen, gibt es zwei Möglichkeiten. Zum einen kann die vorhandene Zwischenbalkendämmung ertüchtigt werden und oberseitig eine relative dünne Dämmung ergänzt werden. Zum anderen kann die vorhandene Zwischenbalkendämmung unertüchtigt bleiben und stattdessen eine dickere oberseitige Geschossdeckendämmung verlegt werden. Im ersten Fall sind oberseitig etwa 14 cm einer Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035, im zweiten Fall ca. 20 cm der gleichen WLG erforderlich, um den Ziel-U-Wert nach [11] von  $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zu erreichen. Die genauen Eigenschaften des vorhandenen Geschossdeckenaufbaus müssen im Rahmen der Sanierungsplanung genau erhoben und die Eigenschaften der Dämmung daran angepasst werden. Weiterhin sollte die Ursache der Feuchtigkeitsschäden unbedingt behoben werden.

→ **Sanierung empfohlen**

## 4.2.6 Dachfläche des Treppenhauses

Aufgrund der geringen Dachfläche über dem süd-westlichen Treppenhaus geht hierüber ein relativ geringer Wärmeanteil verloren. Dieser kann dennoch durch zusätzliche Dämmung auf den von der KfW geforderten U-Wert von  $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  weiter reduziert werden. Hierfür wäre zusätzlich eine ca. 23 cm dicke Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich. Aufgrund der Feuchtigkeitsschäden in diesem Bereich ist eine Sanierung ohnehin notwendig und damit eine Verbesserung der Wärmeschutzqualität zu empfehlen.

→ **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 relativ neu und besitzen eine gute Effizienz. Jedoch sollten die wenigen bisher nicht gedämmten Abschnitte der Wärmeleitungen und Armaturen noch nachträglich gedämmt werden. 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.

→ **Sanierung teilweise empfohlen**

#### 4.3.2 Beleuchtung

Es wird empfohlen die Modernisierung der Beleuchtung im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen fortzusetzen und alte Leuchten gegen moderne Leuchten mit LED-Technik auszutauschen.

→ **Sanierung empfohlen**

#### 4.3.3 Lüftungsanlage

Die 2008 eingebaute Lüftungsanlage hat laut [8] nicht einmal die Hälfte ihrer Lebensdauer erreicht. Weiterhin verfügt die Anlage über einen Wärmerückgewinnungsgrad von 54% und somit über eine gute Energieeffizienz. Eine Sanierung ist daher nicht erforderlich.

→ **Sanierung nicht empfohlen**

#### 4.3.4 Energieträger

Bei dem verwendeten Energieträger zur Wärmeerzeugung handelt es sich mit Erdgas um einen fossilen Energieträger, der hinsichtlich seiner Primärenergieeffizienz und seiner Treibhausgaswirkung ungünstiger ist als Fern- oder Nahwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung und Energieträger aus erneuerbaren Quellen. Ein Wechsel des Energieträgers und der Einbezug erneuerbarer Energien ist daher empfehlenswert.

Günstig wäre der Anschluss des Gebäudes an das im Süd-Osten-Berlins gut ausgebaute Vattenfall-Fernwärmenetz, da diese Fernwärme mittels Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird. Fernwärme aus KWK ist gemäß EEWärmeG [10] als Ersatzmaßnahme für den Einsatz erneuerbarer Energien anerkannt. Inwieweit und zu welchen Kosten ein Anschluss des Gebäudes an das Fernwärmenetz möglich ist, müsste in einem weiteren Schritt mit dem Versorger geklärt werden.

Denkbar wäre auch der Wechsel hin zum Energieträger Holzpellets mit einem sehr günstigen Primärenergiefaktor und geringeren Treibhausgasemissionen. Da hierfür große Lagerflächen erforderlich sind, müsste überprüft werden, in welchem Umfang derartige Flächen zur Verfügung gestellt werden könnten.

Die Dachfläche des Gebäudes könnte für die Aufstellung von PV-Anlagen genutzt werden, sofern dies gestalterisch akzeptabel und statisch durchführbar ist. Es ist grundsätzlich von einer Amortisation der Anlage innerhalb von etwa 10 Jahren auszugehen.

## 4.4 Schätzung der Investitionskosten

In Tabelle 2 sind alle empfehlenswerten Sanierungsmaßnahmen für die Gebäudehülle und Anlagentechnik 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 3 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 2:** Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle

Sanierungsmaßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
<b>Dämmung der Kellerdecke von unten</b>	Aufbringen einer 11 cm dicken Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	49 €/m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ die Montage der Dämmschicht i.d.R. durch Kleben / Dübeln</li> <li>▪ Anpassung der Dämmschicht an TGA-Installationen / Rohrleitungen</li> <li>▪ Innendämmung an Außenwänden zur Verringerung von Wärmebrücken</li> </ul>	Fläche:	280 m <sup>2</sup>
		Gesamtpreis:	<b>13.678 €</b>
	U-Wert des sanierten Bauteils: <b>U = 0,25 W/(m<sup>2</sup>K)</b>		
<b>Dämmung der Außenwände (WDVS)</b>	Aufbringen eines WDVS mit 16 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	105 €/m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds</li> <li>▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör</li> <li>▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten</li> <li>▪ Wandbekleidung oder Oberputz</li> <li>▪ De-/Remontage von Regenfallrohren, Blitzableitern, etc.</li> <li>▪ im Zusammenhang mit der Dämmmaßnahme notwendige Bauleistungen wie die Vergrößerung von Dachüberständen oder die Verbreiterung von Fensterbänken</li> </ul>	Fläche:	948 m <sup>2</sup>
		Gesamtpreis:	<b>99.927 €</b>
	Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da die Fassade ohnehin zu überarbeiten ist		
U-Wert des sanierten Bauteils: <b>U = 0,2 W/(m<sup>2</sup>K)</b>			

<b>Austausch alter Fenster</b>	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
	<u>Alternative:</u> Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen, <b><math>U \leq 0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}</math></b>	Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:	883	€/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster</li> <li>Herstellung, Lieferung und Montage der neuen</li> <li>▪ Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial</li> </ul>	Anzahl:*  Gesamtpreis:	9  <b>7.944</b>	Stk  €
<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 <math>1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}</math>. Da dieser etwas größer ist als der Zielwert für die 3-fach-Verglasung kann sich ggf. ein etwas höherer Einzelpreis ergeben.</p>				
<b>Austausch der Außentüren</b>	Demontage und Entsorgung der alten Eingangstürelemente, Einbau neuer Türelemente	Einzelpreis:	1.690	€/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demontage und Entsorgung der alten Türelemente</li> <li>Herstellung, Lieferung und Montage der neuen</li> <li>▪ Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial</li> </ul>	Anzahl:  Gesamtpreis:	3  <b>5.070</b>	Stk  €
	U-Wert des sanierten Bauteils: <b><math>U = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}</math></b>			
<b>Dämmung obersten Geschossdecke</b>	Aufbringen einer 20 cm dicken Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	31	€/m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ die Montage bzw. Verlegung der Dämmschicht</li> <li>▪ Aufbringung einer Dampfsperre</li> <li>Anarbeiten der Dämmung im Bereich von</li> <li>▪ Schornsteinschächten, aufsteigenden Wänden, Dachschrägen, Bodentüren und Durchführungen</li> </ul>	Fläche:  Gesamtpreis:	263  <b>8.213</b>	m <sup>2</sup>  €
	U-Wert des sanierten Bauteils: <b><math>U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}</math></b>			
<b>Dämmung des Daches</b>	Dachdämmung (23 cm WLG 035) und Erneuerung der Dachhaut inkl.	Einzelpreis:	103,7	€/m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verlegen der Dämmschicht</li> <li>▪ Erstellen der neuen Dachhaut einschließlich aller Anschlüsse/Durchführungen</li> <li>▪ ggf. Anpassung der Dachkonstruktion zur Aufnahme des Dämmmaterials</li> <li>▪ De- und (Wieder-) Montage von dachmontierten Elementen</li> <li>▪ Nicht veranschlagt werden Gerüstkosten und der Abbruch und die Wiedererrichtung des tragenden Dachaufbaus.</li> </ul>	Fläche:  Gesamtpreis:	17  <b>1.737</b>	m <sup>2</sup>  €
	U-Wert des sanierten Bauteils: <b><math>U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}</math></b>			

**Tabelle 3:** Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

Sanierungsmaßnahmen		Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Dämmung der Kellerdecke von Unten	Kellerdecke:	13.678 €
	Austausch alter Fenster	Fenster:	7.944 €
	Austausch der Außentüren	Türen:	5.070 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen, hydraulischer Abgleich	Anlagen:	-
			<b>26.692 €</b>
Variante 2	wie Variante 1, zusätzlich	Variante 1:	26.692 €
	Dämmung obersten Geschossdecke	Geschossdecke:	8.213 €
	Dämmung des Daches	Dach:	1.737 €
			<b>36.643 €</b>
Variante 3	wie Variante 2, zusätzlich	Variante 2:	36.643 €
	Dämmung der Außenwände (WDVS)	WDVS	99.927 €
			<b>136.569 €</b>

## 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 sowie eines Fensters mit Rahmen aus Nadelholz entspricht. Die Lebensdauern der Komponenten der technischen Anlagen werden hier nicht berücksichtigt. 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 Erdgas 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.<sup>9</sup> 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.<sup>10</sup>

Die der Wirtschaftlichkeitsberechnung zugrunde gelegten Energiekosten berechnen sich aus dem jeweiligen rechnerischen Energiebedarf (und nicht dem tatsächlichen Verbrauch) sowie dem Preisansatz pro Kilowattstunde aus den aktuellen Verbrauchsabrechnungen des untersuchten Objekts.<sup>11</sup>

Da kein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich für das Gebäude möglich war, ist nicht auszuschließen, dass die nach Realisierung der Sanierungsmaßnahmen tatsächlich auftretenden Einsparungen über die zu erwartenden Abweichungen infolge von Preisunterschieden sowie nutzungs- und witterungsbedingten Differenzen hinaus größer oder kleiner als berechnet ausfallen.

Die folgende Tabelle fasst wesentliche Eingangsparameter der Wirtschaftlichkeitsberechnungen noch einmal zusammen. In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammengestellt. Abbildung 8 dokumentiert die mit der jeweiligen Sanierungsvariante erzielbaren Einsparungen anschaulich.

<sup>9</sup> In der verwendeten Berechnungssoftware ist für den Kalkulationszinssatz stets ein Wert > 0 einzugeben, so dass rechnerisch der kleinstmögliche Zinssatz von 0,01% verwendet wird.

<sup>10</sup> Der aktuelle effektive Jahreszins für das Programm 218 der KfW beträgt 0,1%.

<sup>11</sup> Erdgas 5,6 ct/kWh-Brennwert (Objekt), Strom: 21,8 ct/kWh (als Mittelwert über mehrere Objekte), jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht mit auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

**Tabelle 4:** Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	12.958 €	Kalkulationszinssatz:	0%

**Tabelle 5:** Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (alle Kostenangaben inklusive Mehrwertsteuer)

Variante	Investitionskosten energetische Sanierung [€]	Energiekosten nach Sanierung [€]	m Nutzungszeitraum				Energiekosten- einsparung je 1.000 € Investitions- kosten [€]	Investitionskosten je jährlich eingesparte MWh Energie [€/(MWh/a)]	Amortisations- dauer [Jahre]
			Energiekosten- einsparung [€]	Gesamtkosten- einsparung [€]	Mittlere jährl. Energiekostenein- sparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]			
1	31.764	12.014	93.240	61.476	2.331	150	2.935	2.086	22
2	43.605	11.324	161.400	117.795	4.035	259	3.701	1.654	19
3	162.518	5.431	743.440	580.922	18.586	1.193	4.575	1.340	16

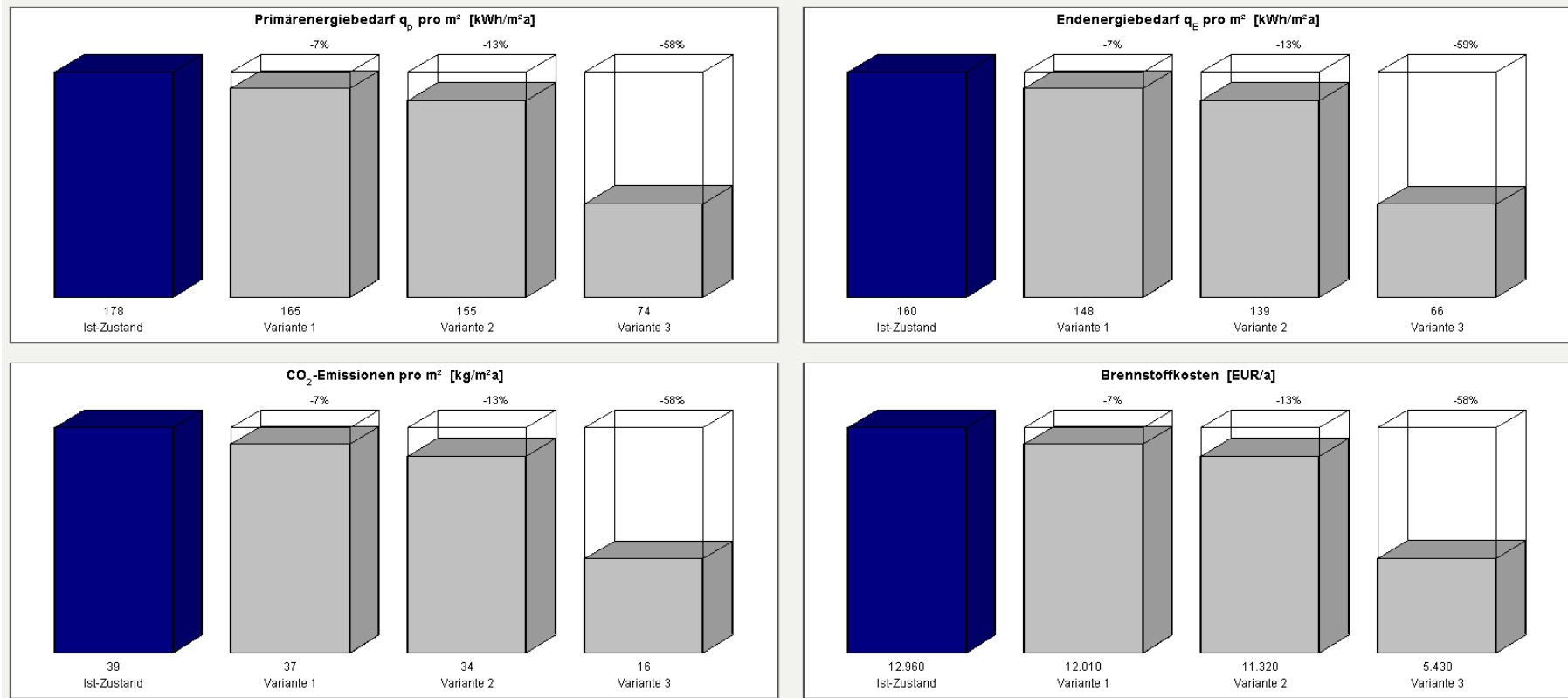


Abbildung 8: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO<sub>2</sub>- und Brennstoffkostenreduktionen

## 4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich die Maßnahmenpakete bereits vor 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. Weiterhin weist die Variante 3 eine kürzere Amortisationszeit auf als die Varianten 1 und 2. Es wird daher empfohlen, dieses Maßnahmenpaket umzusetzen.

Bei Durchführung von Erneuerungsinvestitionen für haustechnische Anlagenkomponenten einschließlich Beleuchtung 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.

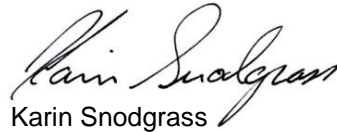
Die vorliegende Untersuchung ersetzt keine Ausführungsplanung für die zu sanierenden Bauteile.

CSD INGENIEURE GmbH



Andrea Untergutsch

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen



Karin Snodgrass

Dipl.-Ing., Architektin

Berlin, den 20. Oktober 2014