

BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN

KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN

FRIEDHOFSGEBÄUDE, GOSENER LANDSTR. 1

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 FRIEDHOFSGEBÄUDES DES FRIEDHOFS MÜGGELHEIM	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. BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDES DES GEBÄUDES	11
3.1 Fotodokumentation	11
3.2 Vorbemerkungen und Hinweise	13
3.3 Gebäudehülle	13
3.3.1 Bodenplatte	13
3.3.2 Kellerdecke	13
3.3.3 Innenwände zu unbeheizten Räumen:	13
3.3.4 Außenwände	13
3.3.5 Fenster	14
3.3.6 Außentüren	14
3.3.7 Dach / Oberste Geschossdecke	14
3.3.8 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. ENERGIESPARMABNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN	19
4.1 Grundlegendes	19
4.2 Sanierung der Gebäudehülle	19
4.2.1 Bodenplatte	19
4.2.2 Decke über unbeheizten Kellerräumen	20
4.2.3 Außenwände	20
4.2.4 Innenwände gegen unbeheizte Räume	20
4.2.5 Fenster	20
4.2.6 Außentüren	21
4.2.7 Oberste Geschossdecke	21
4.3 Sanierung der technischen Anlagen	21
4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	21
4.3.2 Beleuchtung	22
4.3.3 Energieträger	22

4.4	Schätzung der Investitionskosten	22
4.5	Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	25
4.6	Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	26
4.7	Sanierungsempfehlungen	30

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Heizölverbrauch und den Stromverbrauch des Friedhofgebäudes	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	25
Tabelle 6:	Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	27
Tabelle 7:	Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten	28

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Heizölverbrauch des Friedhofgebäudes in den Jahren 2011 bis 2013	7
Abbildung 2:	Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂) infolge Heizölverbrauch	7
Abbildung 3:	Stromverbrauch des Friedhofgebäudes in den Jahren 2012 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 Friedhofsgebäudes	17
Abbildung 7:	Energiebilanz für den Ist-Zustand des Friedhofsgebäudes	17
Abbildung 8:	Beurteilung des Ist-Zustandes des Friedhofsgebäudes (bei Ansatz der Standard-Innentemperatur von 19°C)	18
Abbildung 9:	Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO ₂ - und Brennstoffkostenreduktionen	29

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 Treibhausgaseinsparungen ermittelt, die Wirtschaftlichkeit der Varianten bewertet und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet.

2. Basisdaten des Friedhofsgebäudes des Friedhofs Müggelheim

2.1 Objektbeschreibung

Bezeichnung des Objekts: Friedhofsgebäude, Friedhof Müggelheim

Foto des Objekts:



Standort: Gosener Landstr. 1, 12527 Berlin

Nutzung: Funktionsgebäude Friedhof, Feierhalle

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude
Untergeschoss, Erdgeschoss (Erdgeschoss überwiegend beheizt)

Bruttogrundfläche: 800 m²

Baujahr: 1957

Sanierung Gebäudehülle: eventuell Austausch eines Teils der Fenster

Sanierung haustechnische Anlage: Ca. 1991 Einbau Spezial-Ölheizkessel und Erneuerung Gliederheizkörper
Ca. 1992 Einbau Heizöltank

Heizenergieerzeugung: Spezial-Ölheizkessel, Energieträger Heizöl

Warmwasserbereitung: dezentral, elektrisch beheizter Durchlauferhitzer

Art der Lüftung: Freie Lüftung

Angaben zum Leerstand: Feierhalle Mittwochs genutzt, Aufenthaltsräume an drei Tagen in der Woche genutzt,
an zwei weiteren Werktagen ebenfalls beheizt

Bestandsunterlagen: aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 15.05.2014

2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

2.2.1 Wärme

Das Friedhofsgebäude des Müggelheimer Friedhofs wird mit Heizöl versorgt. Die Feierhalle, die Büro-, Aufenthalts- und Sanitärräume sowie zwei kleine Lagerräume werden beheizt.

Für die Jahre 2011-2013 liegen die im folgenden Diagramm dargestellten Heizölverbräuche vor. Hieraus errechnen sich die in Abbildung 2 aufgezeigten Mengen an Treibhausgasemissionen.

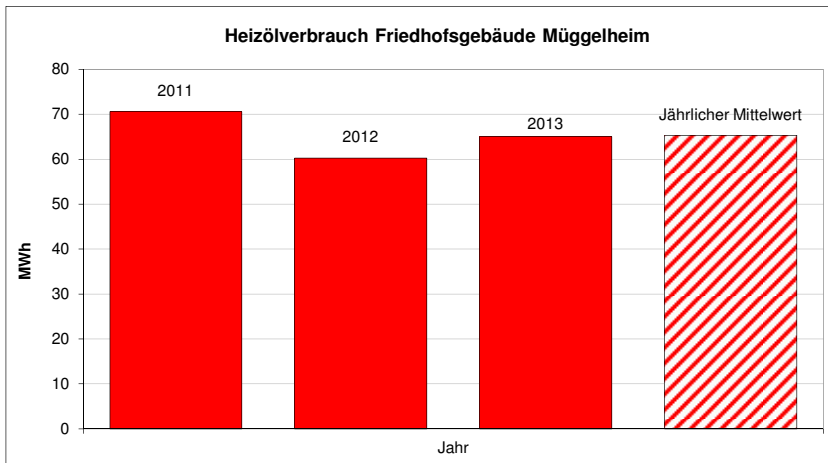


Abbildung 1: Heizölverbrauch des Friedhofgebäudes in den Jahren 2011 bis 2013

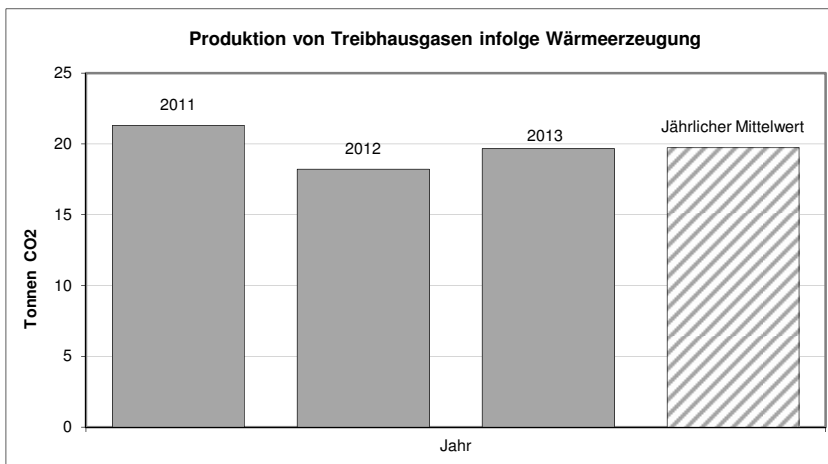


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂) infolge Heizölverbrauch¹

¹ Gemäß GEMIS-Datenbank entsteht infolge 1 MWh Heizölverbrauch (bezogen auf den unteren Heizwert) 302 kg des Treibhausgases CO₂.

2.2.2 Strom

Für das Friedhofsgebäude liegen nur Stromverbrauchsdaten aus den Jahren 2012 und 2013 vor. Für diese Jahre wurden die nachstehend dargestellten Stromverbräuche abgerechnet. Abbildung 4 zeigt die infolge der Stromherstellung produzierten Treibhausgasemissionen.

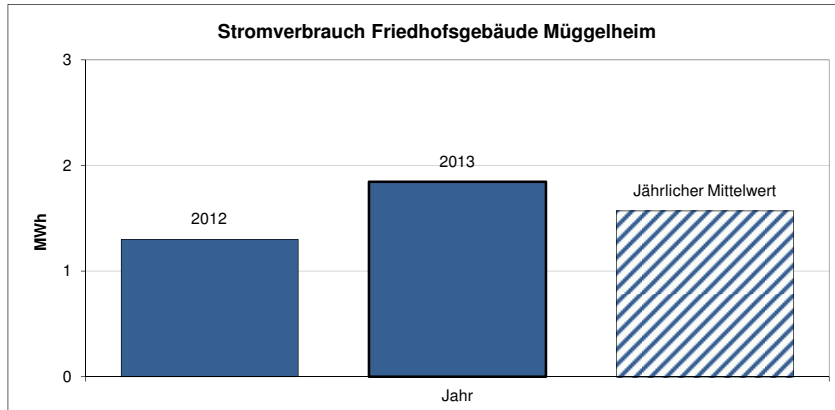


Abbildung 3: Stromverbrauch des Friedhofgebäudes in den Jahren 2012 bis 2013

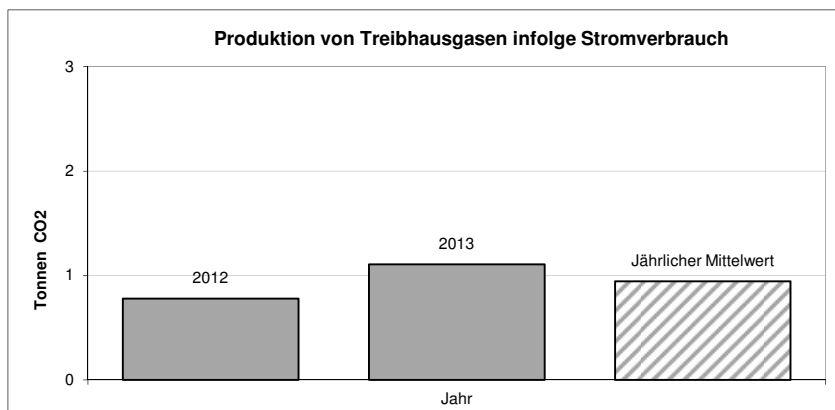


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent) infolge Stromverbrauch²

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 Verbrauchswerte den entsprechenden Vergleichswerten für Friedhofsanlagen gegenübergestellt. Abbildung 5 verdeutlicht die Relationen grafisch.

Tabelle 1: Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Heizölverbrauch und den Stromverbrauch des Friedhofgebäudes

		ages - Arithm. Mittel	ages - Arithm. Mittel des besten Viertels
Heizenergieverbrauch - kWh/(m ² _{BGFA})*	89,8	93,0	29,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² _{BGFA})	27,1	28,1	8,8
Stromverbrauch - kWh/(m ² _{BGFA})*	2,0	21,0	3,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² _{BGFA})	1,2	12,6	1,8

* 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.

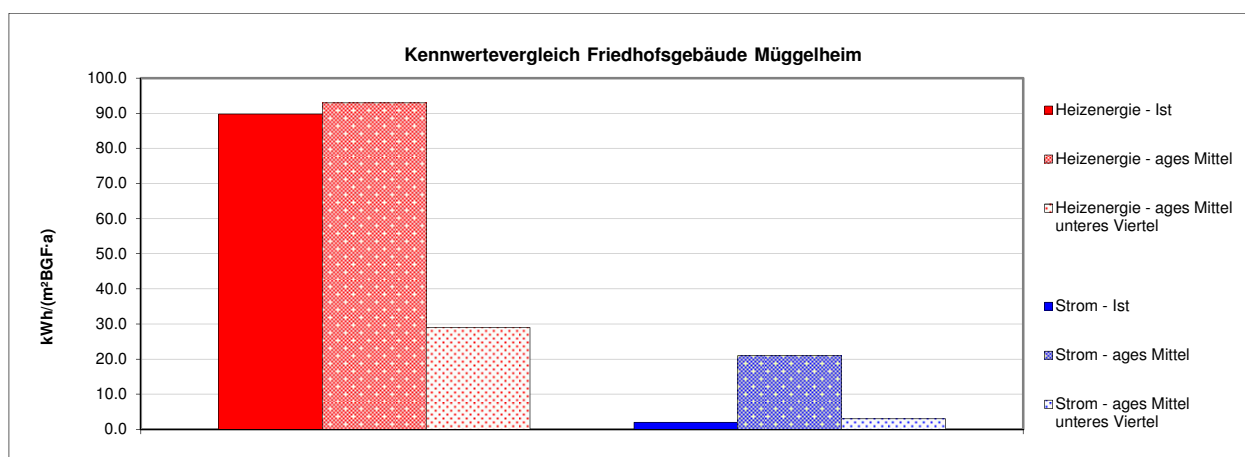


Abbildung 5: Kennwertevergleich

Das Friedhofsgebäude verbraucht demnach etwas weniger Heizenergie als von ages GmbH für deutsche Friedhofsanlagen im Mittel und deutlich mehr als für das beste Viertel erfasst wurde. Es zeigt sich ein deutliches Einsparpotential. Gleichwohl deuten die großen Differenzen zwischen den Mittelwerten des Gebäudebestands und den Mittelwerten des besten Viertels darauf hin, dass die energetische Qualität der Gebäude, vermutlich aber auch die Nutzung der Friedhofsanlagen, deren Verbrauchsdaten erhoben wurden, sehr inhomogen sind. Dies schränkt die Vergleichbarkeit der Gebäude untereinander ein. Vergleicht man den Verbrauch des Friedhofsgebäudes dennoch mit dem Mittelwert des besten Viertels zeigt sich ein deutliches Einsparpotential für den Heizenergieverbrauch und die zugehörigen Treibhausgasemissionen. Setzt man das arithmetische Mittel des besten Viertels des Friedhofs-

³ ages-Verbrauchskennwerte 2005: <http://ages-gmbh.de>

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.

anlagenbestandes als Zielgröße für den Heizenergieverbrauch, so berechnet sich das Kosteneinsparpotential bei einem Kostenansatz von 0,8 €/Liter Heizöl⁴ zu 3900 €/Jahr. Für die Treibhausgasemissionen infolge Heizwärmeverbrauchs berechnet sich entsprechend ein Einsparpotential von 68%.

Der mittlere jährliche Stromverbrauch des Friedhofgebäudes des Friedhofs Müggelheim liegt deutlich unterhalb des von ages GmbH für deutsche Friedhofsanlagen im Mittel erfassten Stromverbrauchs und ebenfalls unterhalb des Mittelwerts des besten Viertels. Dies lässt sich durch die zeitweise eingeschränkte Nutzung des Friedhofsgebäudes erklären. Hinsichtlich der Ausstattung des Gebäudes besteht auch hier noch ein Einsparpotenzial.

⁴ Der Kostenberechnung wurden die Energiepreise der letzten Verbrauchsabrechnung des Objekts zugrunde gelegt: Heizöl: 0,8 €/l, brutto.

3. Bewertung des Ist-Zustandes des Gebäudes

3.1 Fotodokumentation



Nord-Ost-Ansicht der Feierhalle



Nord-Ansicht des Friedhofgebäudes



Süd-Ost Ansicht der Feierhalle



Süd-Ansicht des Friedhofgebäudes



Ost-Ansicht der Lagerräume



Schaden an der Süd-Fassade (Sanitarräume)



Schaden an einer Fensterbank (Ost-Fassade Feierhalle)



Schaden Decke Lagerraum Feierhalle



Elektrisch beheizter Durchlauferhitzer



Heizöltank im Keller unterhalb der Aufenthaltsräume

3.2 Vorbemerkungen und Hinweise

Das Friedhofsgebäude auf dem Friedhof Müggelheim wurde 1957 errichtet. In der Feierhalle finden mittwochs Trauerfeiern statt. Die weiteren Räumlichkeiten werden als Sanitärräume, Büro- und Aufenthaltsräume für die Mitarbeiter und als Lagerräume genutzt. Die Mitarbeiter sind an drei Tagen in der Woche auf dem Friedhofsgelände tätig. Die Büroräume werden täglich vormittags genutzt. Laut Aussage des Friedhofleiters beträgt die maximale Raumtemperatur in der Feierhalle, bei Einstellung der Thermostatventile auf die höchste Stufe, im Winter 14-16°C.

3.3 Gebäudehülle

3.3.1 Vorbemerkung

Für das Gebäude liegen neben Grundrissen keine weiteren Bauunterlagen mehr 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. 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.

3.3.1 Bodenplatte

Für die an das Erdreich angrenzende Bodenplatte des Erdgeschosses ist davon auszugehen dass sie dem wärmetechnischen Standard von 1957 entspricht. Nach [1] ist demnach ein U-Wert von 1,5 W/(m²K) anzusetzen. Der wärmetechnische Zustand der Bodenplatte entspricht damit nicht den heutigen Anforderungen.

3.3.2 Kellerdecke

Das Gebäude ist teilweise unterkellert. Unterhalb der beheizten Aufenthaltsräume befindet sich der unbeheizte Heizungskeller. Für die massive Kellerdecke des Heizungskellers wird ebenfalls der wärmetechnische Standard von 1957 angesetzt. Demnach wird gemäß [1] von einem U-Wert von 1,5 W/(m²K) ausgegangen. Auch der wärmetechnische Zustand der Kellerdecke entspricht damit nicht den heutigen Anforderungen.

3.3.3 Innenwände zu unbeheizten Räumen:

Die beheizte Feierhalle und der große Aufenthaltsraum grenzen an unbeheizte Lagerräume. Bei den Innenwänden zu den unbeheizten Räumen handelt es sich um massive ungedämmte Wände, deren U-Wert gemäß [1] mit 1,4 W/(m²K) anzusetzen ist. Aufgrund der fehlenden Wärmedämmung erfüllt die Wärmeschutzqualität der Wände nicht den heutigen Standard.

3.3.4 Außenwände

Bei den Außenwänden handelt es sich um nicht gedämmte, verputzte Mauerwerkswände. Ihr U-Wert beträgt gemäß [1] 1,4 W/(m²K). Die Wärmeschutzqualität der Außenwände ist damit deutlich schlechter als der derzeitige Anspruch an die Wärmeschutzeigenschaften von Wänden. Darüber hinaus weist die Fassade großflächige Fehlstellen auf.

3.3.5 Fenster

Bei den Fenstern der beheizten Sanitär-, Büro- und Lagerräume des Gebäudes handelt es sich um 2-Scheiben Isolierverglasungen mit Holzrahmen. Nach Aussage des Friedhofleiters wurden die Fenster seit Bestehen des Friedhofgebäudes nicht erneuert. Aufgrund ihres Zustands wird jedoch vermutet, dass die Fenster nachträglich ausgetauscht wurden. Da keine genaueren Informationen zur Wärmeschutzqualität der Fenster vorliegen, wird gemäß [1] für vor 1995 eingebaute Fenster mit Holzrahmen ein U-Wert von $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt. Die Holzrahmen der Fenster sind zum größten Teil noch in einem guten Zustand. Der wärmetechnische Zustand der Fenster liegt jedoch über den heutigen Anforderungen.

Bei den Fenstern der Feierhalle handelt es sich noch um Holzfenster mit 1-fach Verglasungen. Für sie wird gemäß [1] ein U-Wert von $5,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt. Der Holzrahmen der Fenster ist überwiegend in einem guten Zustand, die Wärmeschutzqualität der Fenster liegt jedoch deutlich über den heutigen Anforderungen.

3.3.6 Außentüren

Bei den Türen des Gebäudes handelt es sich um Holztüren. Für die Türen der Feierhalle wird gemäß [1] von einem U-Wert von $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ausgegangen. Bei den Türen zu den beheizten Sanitär-, Büro- und Lagerräumen handelt es sich um Holztüren mit 2-Scheiben Isolierverglasung. Aufgrund des großen Fensterglasanteils der Türen wird gemäß [1] ein U-Wert von $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt.

3.3.7 Dach / Oberste Geschossdecke

Bei dem Dach des Friedhofgebäudes handelt es sich um ein Satteldach. Nach Aussage des Friedhofleiters ist es ungedämmt. Da der Dachboden nicht ausgebaut ist, bildet die oberste Geschossdecke den oberen Abschluss der thermischen Gebäudehülle. Der Dachboden konnte nicht begangen werden, um den genauen Deckenaufbau zu bestimmen. Nach Aussage des Friedhofleiters wurde die Holzbalkendecke nachträglich nicht gedämmt. Aus diesem Grund wird gemäß [1] für den wärmetechnischen Standard von 1957 ein U-Wert von $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt.

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. Die wärmetechnische Qualität der Gebäudehülle im derzeitigen Zustand ist insgesamt nicht ausreichend und es besteht ein erhebliches Energieeinsparungspotential. Viel Wärme geht aufgrund der großen Flächenanteile über die massiven 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.

3.4 Technische Anlagen

3.4.1 Bestandsaufnahme

Das Friedhofsgebäude wird über einen Spezial-Ölheizkessel beheizt. Der Spezial-Ölheizkessel und der 4200 l fassende Heizöltank befinden sich außerhalb der thermischen Hülle im nicht beheizten Keller unterhalb der Aufenthaltsräume. Der Buderus Spezial Ölheizkessel Logana-Unit G_105 U stammt laut Typenschild aus dem Jahr 1991. Die Umwälzpumpe des Heizungswassers BUE Eco 25/1-3 ist ebenfalls von der Firma Buderus. Die Leistung der Pumpe kann manuell angepasst werden.

Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt durch überwiegend an den Außenwänden angeordnete Gliederheizkörper mit Thermostatventilen. Diese wurden laut Aussage des Friedhofleiters ebenfalls 1991 erneuert.

Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral über einen elektronisch geregelten Durchlauferhitzer der Firma Ariston Thermo. Das Warmwasser wird von drei Friedhofsmitarbeitern für die Dusche und das Spülbecken im Aufenthaltsraum verwendet.

Im Büro des Friedhofleiters ist eine Deckenleuchte mit stabförmigen Leuchtstofflampen eingebaut, die mit einem verlustarmen oder konventionellen Vorschaltgerät ausgestattet ist. In den anderen Leuchten des Gebäudes sind konventionelle Glühlampen verbaut.

3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Die Kessel der Heizungsanlage verfügen über einen veralteten energetischen Standard und haben ihre durchschnittliche Lebensdauer nach [8] bereits erreicht. Ihre Sanierung steht im Rahmen von Erneuerungsmaßnahmen in Kürze an. In diesem Zuge sollte die Anlage insgesamt überarbeitet und auf den neuesten technischen Stand gebracht werden.

Die dezentrale Warmwasserbereitung erfolgt bedarfsgeführt und sollte beibehalten werden.

Die Beleuchtungsanlage ist in den letzten Jahren nicht grundlegend erneuert worden und verfügt nicht über die derzeit mögliche energetische Effizienz. Modernisierungsmaßnahmen wie der Einbau von energieeffizienten Leuchtmitteln mit elektronischen Vorschaltgeräten oder LED-Leuchtmitteln im Rahmen von Erneuerungsmaßnahmen 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 2: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	18°C (statt Norm-Standardtemperatur von 19°C, um Bedarfs-Verbrauchsabgleich zu erfüllen und da nicht durchgehend genutzt)
Luftwechselrate	0,7/h
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5,0 W/m ²
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m ² K)
Heizungsanlage	Spezial-Ölheizkessel, Energieträger Heizöl
Warmwasserbedarf	0,7 MWh/a (dezentrale elektronische Warmwassererhitzer)

Zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte wurde ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich durchgeführt. In der folgenden Tabelle sind der berechnete Heizenergiebedarfswert sowie der Verbrauchswert für das Gebäude 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-Abgleichs⁵

Berechneter Endenergiebedarf Heizöl MWh/a	71,5
Witterungskorrig. Heizölverbrauch MWh/a	71,8

⁵ 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 Friedhofsgebäudes berechnet sich die nachfolgende Energiebilanz. Abbildung 7 zeigt anhand der Energiebilanz des Gebäudes anschaulich, welchen Anteil die einzelnen Bauteilgruppen am Gesamtwärmeverlust haben und welche Wärmegewinne und –zufuhr diesen gegenüber stehen. Abbildung 8 fasst diese Angaben zusammen und ergänzt sie um die für die Wärmeerzeugung auftretenden Primärenergieverluste.

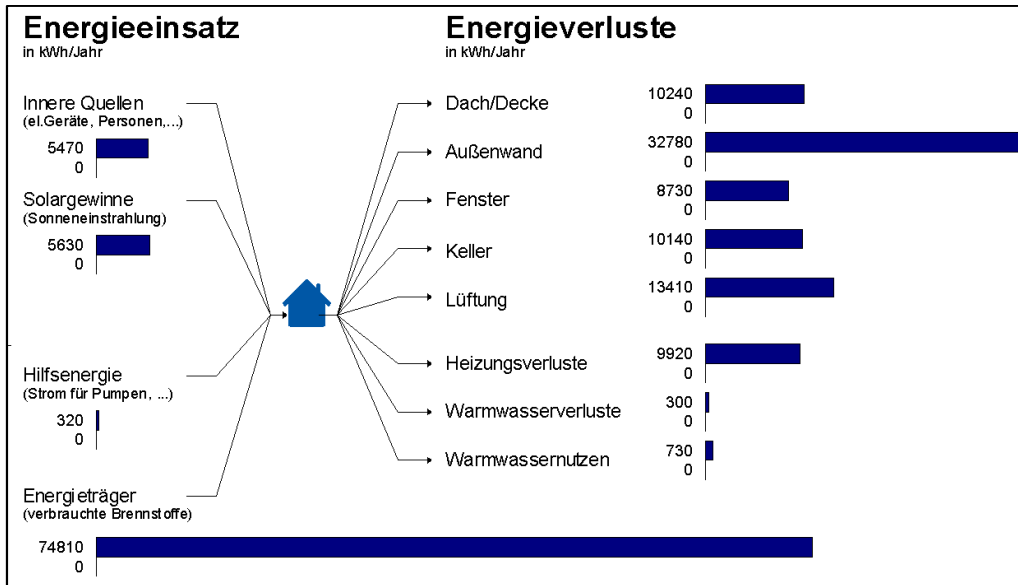


Abbildung 6: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Friedhofsgebäudes

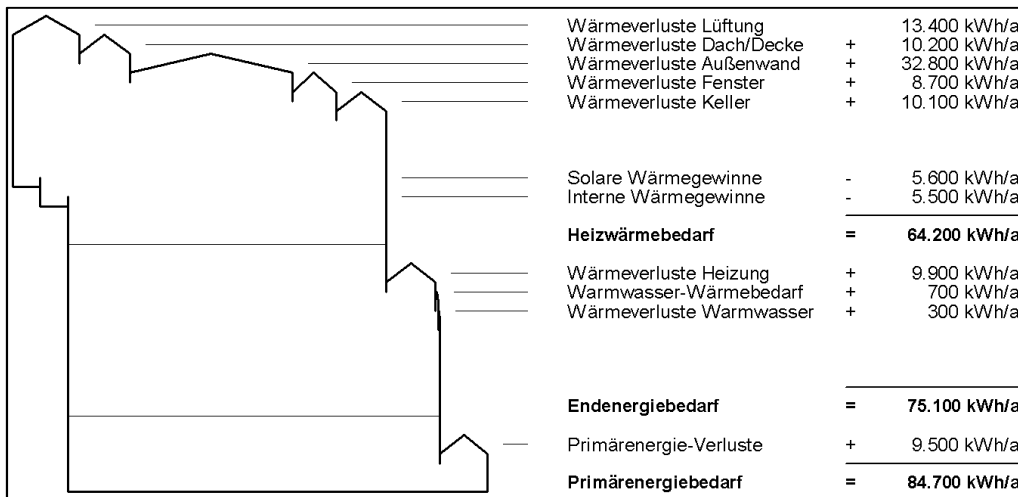


Abbildung 7: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Friedhofsgebäudes

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.⁶ Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.

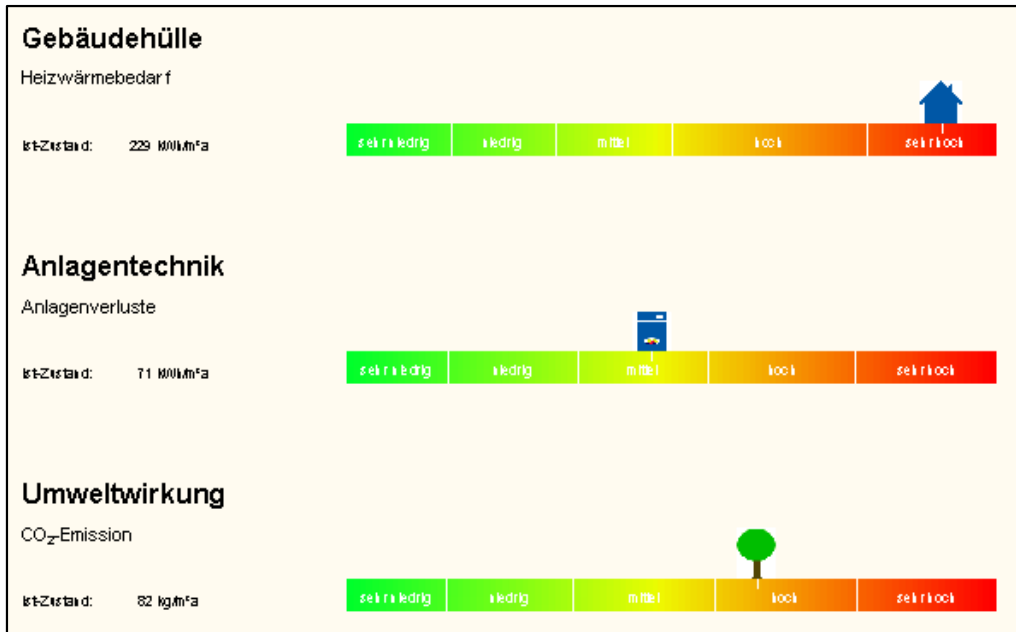


Abbildung 8: Beurteilung des Ist-Zustandes des Friedhofsgebäudes (bei Ansatz der Standard-Innentemperatur von 19°C)

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im sehr hohen Bereich spiegelt sich die Tatsache wieder, dass in den letzten Jahren keine energetischen Sanierungen an der Gebäudehülle durchgeführt wurden. Demnach zeigt sich ein deutliches Sanierungspotential.

Auch für die Heizungsanlage um den Spezial-Ölheizkessel zeigt die Einstufung im mittleren Bereich deutliche Einsparmöglichkeiten.

Die Umweltwirkung des Gebäudes wird im Hinblick auf seine Treibhausgasemissionen resultierend aus dem Energieverbrauch und dem Emissionsfaktor von Heizöl ebenfalls als ungünstig und damit mit großem vorhandenem Einsparpotential eingestuft.

⁶ 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 ihres Angrenzens an das Erdreich nur relativ wenig Heizenergie verloren. Dennoch wäre es energetisch günstig, sie 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. Bereits mit einer 5 cm dicken oberseitigen Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 könnte der wärmetechnische Standard der Bodenplatte entsprechend den aktuellen Anforderungen der EnEV ($U=0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$) aufgerüstet werden. Eine Sanierung auf KfW-Standard ($U=0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$) würde eine etwa 12 cm dicke Dämmung gleicher WLK 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 Decke über unbeheizten Kellerräumen

Über die ungedämmte Kellerdecke geht aufgrund ihres Angrenzens an unbeheizte Räume (statt Außenluft) und ihren geringen Flächenanteil nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Es empfiehlt sich dennoch die nur mit einem geringen finanziellen und technischen Aufwand verbundene unterseitige Dämmung. Mit einer mindestens 10 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird für die Kellerdecke der aktuell erforderliche wärmetechnische Standard nach EnEV ($U=0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$) und mit einer 12 cm Dämmung der KfW-Standard ($U=0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$) erreicht. In Bereichen, in denen die Rohrleitungen unterhalb der Decke installiert sind und der Abstand zur Decke für die empfohlenen Dämmdicke nicht ausreicht, sollte geprüft werden ob es wirtschaftlicher ist die Rohrleitungen zu versetzen oder in diesen Bereichen die Dämmdicke zu reduzieren.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.3 Außenwände

Die Außenwände sind entsprechend ihrer großen Fläche für einen sehr großen Teil der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle verantwortlich. Durch das Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems kann entsprechend viel Energie eingespart werden. Mit einer 15 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.

Zur Erhaltung bzw. Wiederherstellung der vorhandenen Fassadenarchitektur der Feierhalle stehen verschiedene Möglichkeiten zu Verfügung. Bei der Planung sollte ein sachkundiger Architekt zu Rate gezogen werden.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.4 Innenwände gegen unbeheizte Räume

Aufgrund ihres Angrenzens an unbeheizte Räume (statt Außenluft) geht über die Innenwände nur relativ wenig Heizenergie verloren. Dennoch ist es wärmetechnisch günstig, sie auf der kalten Seite zu dämmen. Um die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW zu erfüllen, wären hierfür 12 cm einer Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 ausreichend.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.5 Fenster

Es wird der Austausch aller alten einfachverglasten Fenster sowie aller alten Fenster mit 2-Scheiben-Isolierverglasungen und Holzrahmen 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 $0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ erforderlich. Für die Einhaltung der EnEV 2014 ist eine 2-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert kleiner oder gleich $1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ausreichend.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.6 Außentüren

Aufgrund ihrer anteilig sehr geringen Fläche geht über die Außentüren nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Da es sich bei den Türen der Feierhalle um architektonisch erhaltenswerte Kassetentüren handelt, sollten diese nicht ausgetauscht werden. Im Zuge von Erneuerungsarbeiten an diesen Türen sollte geprüft werden, ob ihre Dämmfähigkeit verbessert werden kann. Ggf. vorhandene Undichtigkeiten sollten in diesem Zuge beseitigt werden.

Bei den Türen zu den beheizten Sanitär-, Büro- und Lagerräumen handelt es sich um Holztüren mit 2-Scheiben-Isolierverglasung. Es wird empfohlen die Türen im Rahmen einer Fassadensanierung durch Türen mit einem U-Wert kleiner oder gleich $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ zu ersetzen, um das vorhandene Einsparpotential bei möglichst geringem Kostenaufwand zu realisieren.

→ **Sanierung eingeschränkt empfohlen**

4.2.7 Oberste Geschossdecke

Über die Decken zum unbeheizten Dachboden geht aufgrund des großen Flächenanteils relativ viel Heizenergie verloren. Deshalb empfiehlt sich die nur mit einem geringen finanziellen und technischen Aufwand verbundene oberseitige Dämmung der Decken. Es wird angenommen, dass es sich um eine Holzbalkendecke handelt, die noch dem wärmetechnischen Standard von 1957 entspricht. Um die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW zu erfüllen, wäre eine 21 cm dicke oberseitige Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

4.3 Sanierung der technischen Anlagen

4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

Wie unter 3.4.2 beschrieben, stehen für die Heizungsanlage des Friedhofgebäudes Erneuerungsinvestitionen an. Bei der Planung der Erneuerung sind die Anforderungen der dann gültigen Energieeinsparverordnung zu beachten. Bei Beibehaltung des Energieträgers sollte ein moderner Brennwertkessel eingebaut werden. Es sollten darüber hinaus auch die technischen Mindestanforderungen der KfW berücksichtigt werden, um der übergeordneten Zielsetzung des Niedrigstenergieverbrauchs Rechnung zu tragen.

Aufgrund der hohen Deckenhöhen und dem damit verbundenen großen Luftvolumen ist bei der Beheizung der Feierhalle durch das Aufsteigen der warmen Luft eine große Energiemenge erforderlich, um auch eine behagliche Lufttemperatur auf Bodenniveau zu erreichen. Nach Aussage der Friedhofsmitarbeiter liegt die maximal erreichbare Temperatur im Winter derzeit bei $14\text{-}16^\circ\text{C}$. Bei der beschriebenen empfohlenen Erneuerung des Kessels sollten deshalb Fachplaner hinzugezogen werden, um die Anlage entsprechend der Nutzung bestmöglich zu dimensionieren. Eine genügend große Dimensionierung der Heizungsanlage ist erforderlich, da das Aufheizen der Feierhalle in relativ kurzer Zeit möglich sein muss. Generell empfiehlt sich für hohe Räume der Einsatz von Strahlungsheizungen oder Warmluftheizungen. Die dezentrale Warmwasserversorgung erfolgt bedarfsabhängig und sollte aufgrund des geringen Warmwasserbedarfs beibehalten werden.

→ **Sanierung empfohlen**

4.3.2 Beleuchtung

Es wird empfohlen die alte Beleuchtung zu modernisieren und im Zuge von Erneuerungsinvestitionen Beleuchtungskörper mit LED-Technik zu installieren. Eine Lichtregelung in Abhängigkeit der Tageslichtversorgung und Präsenzmelder würde für weitere Energieeinsparung sorgen. In den Fluren und den Sanitärräumen wird empfohlen, eine präsenzabhängige Steuerung zu installieren.

→ **Sanierung empfohlen**

4.3.3 Energieträger

Der aktuell verwendete fossile Energieträger Heizöl wird hinsichtlich seiner Primärenergieeffizienz wie Erdgas und hinsichtlich seiner Treibhausgasemissionen ungünstiger als Erdgas bewertet. Ein Wechsel hin zu Erdgas wäre daher im Hinblick auf die Treibhausgasemissionen vorteilhaft.

Günstiger wäre der Anschluss des Gebäudes an ein Wärmenetz, in dem Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung zur Verfügung gestellt wird. Wärme aus KWK ist gemäß EEWärmeG [10] als Ersatzmaßnahme für den Einsatz erneuerbarer Energien anerkannt. Inwieweit und zu welchen Kosten ein Anschluss des Gebäudes an ein bestehendes Fern- oder ggf. Nahwärmenetz möglich ist, müsste in einem weiteren Schritt mit den möglichen Versorgern 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, wäre zunächst zu klären, in welchem Umfang Lagerräume in dem Gebäude hierfür freigegeben werden könnten.

Die Dachfläche des Gebäudes könnte für die Aufstellung von PV-Anlagen genutzt werden, sofern dies gestalterisch akzeptabel und statisch durchführbar ist. Bei hohem Eigennutzungsanteil des erzeugten Stroms ist von einer Amortisation der Anlage nach etwa 10 Jahren auszugehen. Die Verschattung des Dachs durch die benachbarten Bäume müsste bei der Planung der Anlage berücksichtigt werden. Es wird daher empfohlen vor der Planung eine Verschattungsstudie durchzuführen.

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)	
Dämmung der Kellerdecke	Dämmung der der Kellerdecke von unten mit 12 cm Dämmung der WLG 035 inkl.	Einzelpreis:	49 €/m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage der Dämmschicht (Kleben/Dübeln) 	Fläche:	30 m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ inkl. Beschichtung der Dämmung z.B. durch Armierung und Anstrich 	Gesamtpreis:	1.470 €
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anpassung der Dämmschicht an TGA-Installation/Rohrleitung 		
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,25 W/(m²K)		
Dämmung der Innenwände	Montage einer 12 cm Dämmung der WLG 035 auf der unbeheizten Seite der Innenwände inkl. Beschichtung der Dämmung z.B. durch Armierung und Anstrich	Einzelpreis:	49 €/m ²
		Fläche:	110 m ²
		Gesamtpreis:	5.390 €
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,25 W/(m²K)		
Dämmung der obersten Geschossdecken	oberseitige Verlegung einer 21 cm Dämmung der WLG 035	Einzelpreis:	36 €/m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ die Dämmung wird bis auf einzelne Gehwege, als nicht begehbar ausgeführt 	Fläche:	200 m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ inkl. Anarbeiten der Dämmung im Bereich von Schornsteinschächten, aufsteigenden Wänden oder Drempeln, Dachschrägen, Bodentüren und Durchführungen 	Gesamtpreis:	7.200 €
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ggf. inkl. Verlegen und Andichten einer Dampfbremse 		
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,14 W/(m²K)		
Austausch alter Fenster	Demontage und Entsorgung der alten Fenster, Einbau neuer Fenster		
	Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutz-verglasungen mit Holzrahmen, U ≤ 0,95 W/(m²K)	Einzelpreis**	1.279 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster 	Anzahl:*	12 Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Gesamtpreis:	15.348 €
	Errichtung und Vorhaltung Baugerüst (für ca. 4 Wochen)	Einzelpreis:	13 €/m ²
	Fläche:	55 m ²	
		Gesamtpreis:	715 €
	<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:	1.500	€/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Türelemente 	Anzahl:	2	Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Gesamtpreis:	3.000	€
U-Wert des sanierten Bauteils: U = 1,3 W/(m²K)				
Dämmung der Außenwände (WDVS)	Aufbringen eines WDVS mit 15 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	104	€/m²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds 	Fläche:	250	m²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör 	Gesamtpreis:	26.000	€
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten 			
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wandbekleidung oder Oberputz 			
	De-/Remontage von Regenfallrohren, Blitzableitern, etc.			
	im Zusammenhang mit der Dämmmaßnahme notwendige Bauleistungen wie die Vergrößerung von Dachüberständen oder die Verbreiterung von Fensterbänken			
	Errichtung und Vorhaltung Baugerüst	Einzelpreis:	9	€/m²
	(für ca. 4 Wochen)	Fläche:	180	m²
		Gesamtpreis:	1.620	€
U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,2 W/(m²K)				
Erneuerung der Heizungsanlage	Austausch des Spezial Ölheizkessels gegen einen modernen Brennwertkessel, sowie Durchführung weiterer Anpassungsmaßnahmen einschließlich eines hydraulischen Abgleichs	Gesamtpreis:	Sowiesokosten	

Fortsetzung **Tabelle 4**

Tabelle 5: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

Sanierungsmaßnahmen		Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Dämmung der Kellerdecke	Kellerdecke:	1.470 €
	Dämmung der Innenwände	Innenwände:	5.390 €
	Dämmung der obersten Geschossdecke	Decke:	7.200 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen, hydraul. Abgleich	Anlagen:	-
			14.060 €
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	14.060 €
	zusätzlich Austausch der alten Fenster durch Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	16.063 €
	zusätzlich Austausch der alten Türen	Türen:	3.000 €
			33.123 €
Variante 3	wie Variante 2 (ohne Gerüstkosten Fenster)	Variante 2:	32.408 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	27.620 €
			60.028 €
Variante 4	wie Variante 3	Variante 3:	60.028 €
	Modernisierung Heizungsanlage (Sowieso-Kosten ⁹)	Anlagen:	- €
			60.028 €

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 Heizöl und 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.⁷ 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.⁸

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.⁹

Aufgrund von Restabweichungen beim Bedarfs-/Verbrauchsabgleich für das Friedhofsgebäude, 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.

⁷ In der verwendeten Berechnungssoftware ist für den Kalkulationszinssatz stets ein Wert > 0 einzugeben, so dass rechnerisch der kleinstmögliche Zinssatz von 0,01% verwendet wird.

⁸ Der aktuelle effektive Jahreszins für das Programm 218 der KfW beträgt 0,1%.

⁹ Heizöl: 81,0 ct/l, Strom: 25,8 ct/kWh jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht mit auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

Tabelle 6: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	6.322 €	Kalkulationszinssatz:	0%

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	16.731	5.159	114.840	98.109	2.871	173	6.864	1.176	12
2	39.416	4.600	170.120	130.704	4.253	256	4.316	1.872	17
3	71.433	2.890	339.000	267.567	8.475	509	4.746	1.702	16
4	71.433	2.609	366.760	295.327	9.169	555	5.134	1.545	15

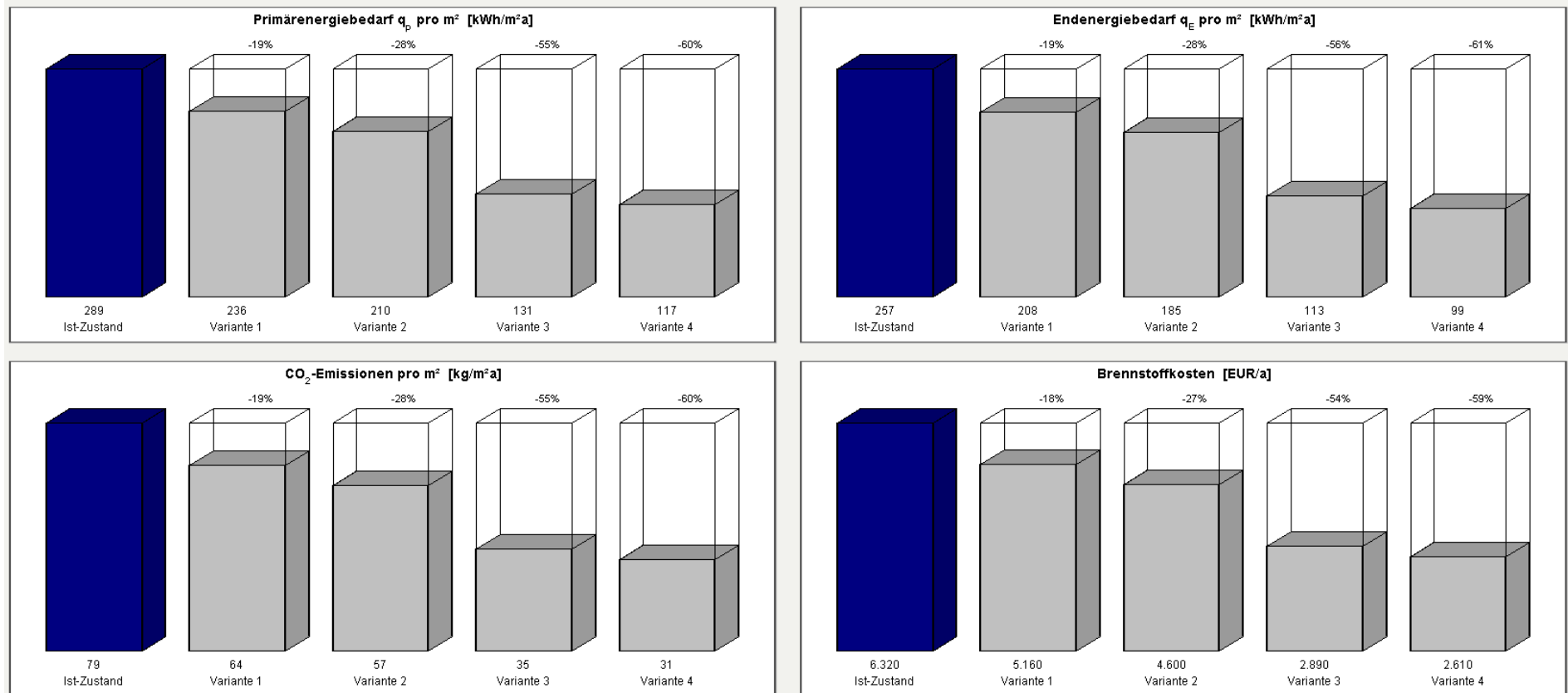


Abbildung 9: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO_2 - und Brennstoffkostenreduktionen

4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich die Maßnahmenpakete bereits bei dem Erreichen ca. eines Drittels der Lebensdauer der sanierten Bauteile amortisiert haben. Aufgrund der Amortisation aller 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 und Variante 4 am größten. Dementsprechend weisen diese Varianten auch die größte jährliche Energie- und Treibhausgaseinsparung auf. Da bald Sanierungen an der Heizungsanlage anstehen und den Förderzielsetzungen nach [2] wird empfohlen, Variante 4 aufgrund der hiermit verbundenen größten Energie- und Treibhausgaseinsparungen auszuführen.

Darüber hinaus sollte die in Kapitel 4.2.1 beschriebene Option der Dämmung der Bodenplatte überprüft werden. 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 wie beschrieben 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