

BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN

KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN

VERWALTUNGSGEBÄUDE, ZUM GROSSEN WINDKANAL 4

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	5
2. BASISDATEN DES VERWALTUNGSGEBÄUDE ZUM GROßEN WINDKANAL 4	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	8
3. GEBÄUDEBEWERTUNG	10
3.1 Fotodokumentation	10
3.2 Vorbemerkungen und Hinweise	12
3.3 Gebäudehülle	12
3.3.1 Vorbemerkung	12
3.3.2 Bodenplatte des Untergeschosses	12
3.3.3 Außenwände einschl. Kellerwänden	12
3.3.4 Fenster	12
3.3.5 Außentüren	13
3.3.6 Dach	13
3.3.7 Gesamteinschätzung Gebäudehülle	13
3.4 Technische Anlagen	13
3.4.1 Bestandsaufnahme	13
3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	14
3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	14
3.6 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes	15
4. ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN	17
4.1 Grundlegendes	17
4.2 Sanierung der Gebäudehülle	18
4.2.1 Bodenplatte und Kellerwände gegen Erdreich	18
4.2.2 Außenwände	18
4.2.3 Fenster und Sonnenschutz	18
4.2.4 Außentüren	19
4.2.5 Dachflächen	19
4.3 Sanierung der technischen Anlagen	19
4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	19
4.3.2 Beleuchtung	19
4.3.3 Energieträger	19
4.4 Schätzung der Investitionskosten	20
4.5 Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	22
4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	22
4.7 Sanierungsempfehlungen	26

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärme- und den Stromverbrauch des Verwaltungsgebäudes	9
Tabelle 2: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	14
Tabelle 3: Ergebnis des Bedarfs-/Verbrauchsabgleichs	15
Tabelle 4: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	21
Tabelle 5: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	22
Tabelle 6: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	23
Tabelle 7: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten	24

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Fernwärmeverbrauch des Verwaltungsgebäudes in den Jahren 2011 bis 2013	7
Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂) infolge Fernwärmeverbrauch	7
Abbildung 3: Stromverbrauch des Verwaltungsgebäudes in den Jahren 2011 bis 2013	8
Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂ -Äquivalent) infolge Stromverbrauch	8
Abbildung 5: Kennwertevergleich	9
Abbildung 6: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Verwaltungsgebäudes	15
Abbildung 7: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Hauptgebäudes des Verwaltungsgebäudes	16
Abbildung 8: Beurteilung des Ist-Zustandes des Hauptgebäudes des Verwaltungsgebäudes bei Solltemperatur von 19°C	17
Abbildung 9: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO ₂ - und Brennstoffkostenreduktionen	25

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 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 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 Verwaltungsgebäudes Zum Großen Windkanal 4

2.1 Objektbeschreibung

Bezeichnung des Objekts: Bezirksamt Treptow-Köpenick, Abteilung Jugend und öffentliche Ordnung - Jugendamt

Foto des Objekts:



Standort: Zum Großen Windkanal 4, 12489 Berlin

Nutzung: Verwaltungsgebäude, u.a. Jugendamt, Familienkasse

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude
Untergeschoss, Erdgeschoss, 2 Obergeschosse, bereichsweise 3 Obergeschosse, annähernd vollständig beheizt

Bruttogrundfläche: 5.380 m²

Baujahr: 1960

Sanierung Gebäudehülle: 2012 Erneuerung aller Fenster außer im EG + Treppenhäusern der Süd-Ost-Fassade und der gesamten Nord-Ost-Fassade sowie dem Keller sowie Einbau von Außenjalousien bei allen neuen Fenstern der südlichen Fassadenseiten
2003 Erneuerung der Kelleraußentür auf der Süd-West-Seite
vermutlich 2003 Dämmung des Dachs

Sanierung haustechnische Anlage: 2003 neue Fernwärme-Kompaktstation sowie Leitungsdämmung

Heizenergieerzeugung: Fernwärmeübergabestation

Warmwasserbereitung: nur dezentral mit Durchlauferhitzern in Teeküchen

Lüftung: Freie Lüftung

Angaben zum Leerstand: Kein Leerstand

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 13.02.2014

2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

2.2.1 Wärme

Das Verwaltungsgebäude im Großen Windkanal 4 wird mit Fernwärme der BTB Blockheizkraftwerks-Träger- und Betreibergesellschaft mbH Berlin versorgt. Das gesamte Gebäude wird beheizt. Im Untergeschoss befanden sich bis 2012 noch Büroräume, die normal beheizt wurden. Für die seitdem ausschließlich vorhandenen Lager- und Archivräume ist von einer nur geringfügigen Beheizung auszugehen. Das Gebäude verfügt nicht über eine zentrale Warmwasserbereitung. Im folgenden Diagramm ist der Wärmeverbrauch für das Verwaltungsgebäude für die Jahre 2011-2013 angegeben. Die leicht ansteigenden Verbräuche sind durch die jeweils etwas strengeren Winter zu erklären.

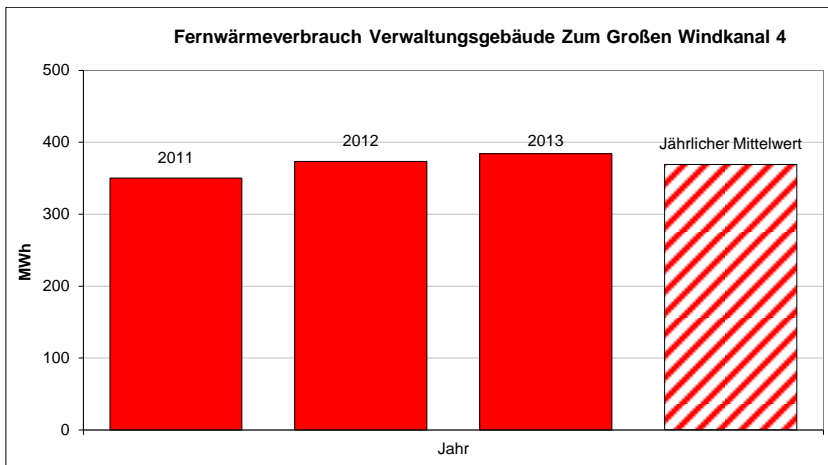


Abbildung 1: Fernwärmeverbrauch des Verwaltungsgebäudes in den Jahren 2011 bis 2013

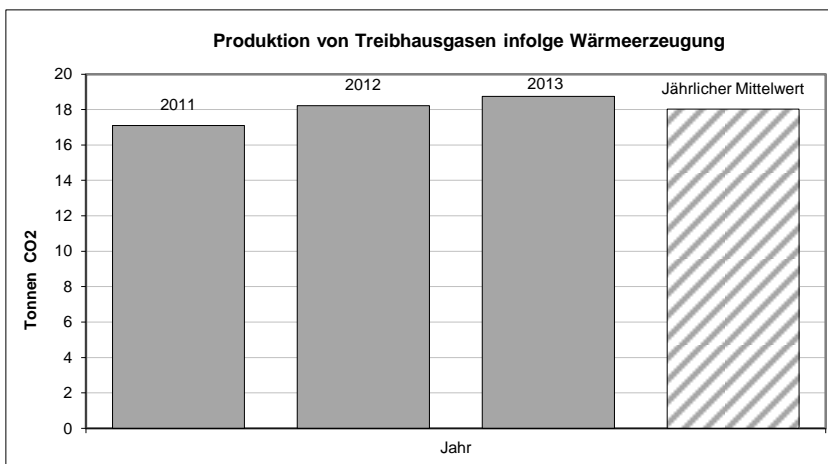


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂) infolge Fernwärmeverbrauch¹

¹ Laut BTB entstehen infolge 1 MWh Fernwärmeverbrauch in Berlin 48,8 kg des Treibhausgases CO₂.

2.2.2 Strom

Für die Jahre 2011-2013 wurden die nachstehend dargestellten Stromverbräuche abgerechnet. Abbildung 4 zeigt die infolge der Stromherstellung produzierten Treibhausgasemissionen.

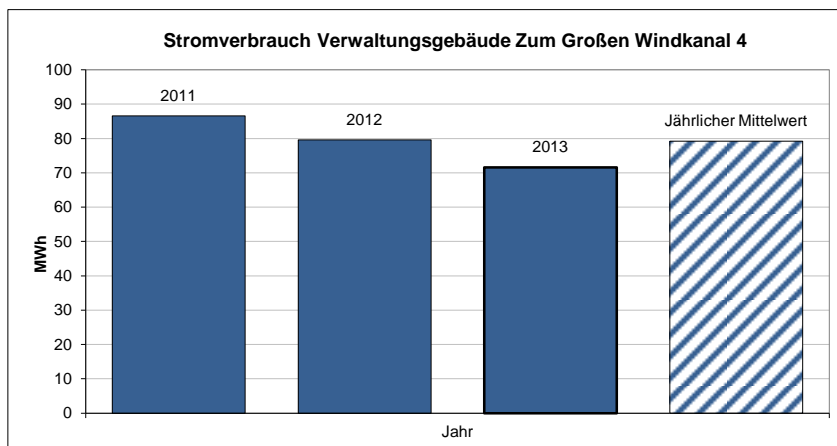


Abbildung 3: Stromverbrauch des Verwaltungsgebäudes in den Jahren 2011 bis 2013

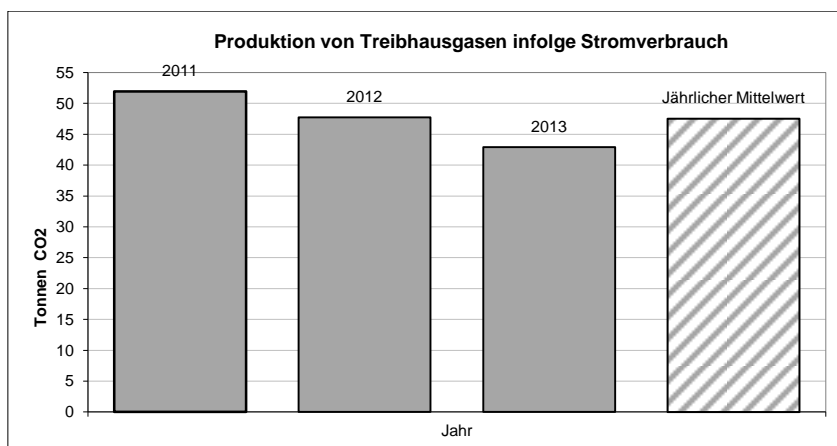


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent) infolge Stromverbrauch²

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 Gebäudenutzungskategorien 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

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.

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.

Verbrauchswerte den entsprechenden Vergleichswerten für Verwaltungsgebäude mit normaler technischer Ausstattung gegenübergestellt. Abbildung 5 verdeutlicht die Relationen grafisch.

Tabelle 1: Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärme- und den Stromverbrauch des Verwaltungsgebäudes

		ages - Arithm. Mittel	ages - Arithm. Mittel des besten Viertels
Heizenergieverbrauch - kWh/(m ² BGFa)*	76,5	90,0	50,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² BGFa)*	11,9	4,4	2,4
Stromverbrauch - kWh/(m ² BGFa)	14,7	32,0	8,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² BGFa)	8,8	19,2	4,8

* 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.

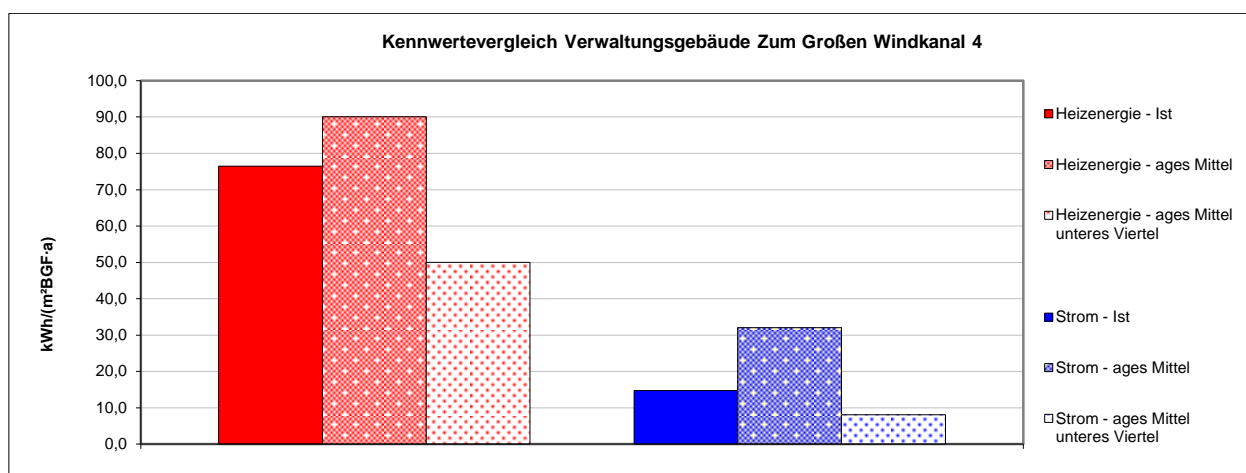


Abbildung 5: Kennwertevergleich

Es wird deutlich, dass das Gebäude sowohl weniger Wärmeenergie als auch weniger Strom verbraucht als der deutsche Verwaltungsgebäudedurchschnitt. Dies ist hinsichtlich des Wärmeverbrauchs erklärbar, da die Gebäudehülle bereits teilweise energetisch modernisiert ist. Gleichzeitig zeigt sich im Vergleich mit den Mittelwerten des besten Viertels, dass sowohl auf der Wärme- als auch auf der Stromseite ein deutliches Energie- und Kosteneinsparpotential besteht.

Verwendet man die Energieverbräuche des besten Viertels als jeweilige Zielgröße so lässt sich mindestens 35% der verbrauchten Wärmemenge und folglich emittierten Treibhausgasemissionen einsparen, was einer jährlichen Kostenreduktion von ca. 17.500 Euro entspricht. Weiterhin lassen sich der Stromverbrauch und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen um ca. 45% reduzieren, womit wiederum eine Kosteneinsparung von ca. 7.000 Euro einhergehen würde.⁴

⁴ Der Kostenberechnung wurde für Fernwärme der Energiepreis der letzten Verbrauchsabrechnung des Objekts zugrunde gelegt: i.H.v. 12,7 ct/kWh, für Strom wurde ein mittlerer Preisansatz i.H.v. 21,8 ct/kWh verwendet, jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

3. Gebäudebewertung

3.1 Fotodokumentation



Süd-Ost-Ansicht



Südliche Gebäudeecke



Nord-West-Ansicht (Gebäuderückseite)



Neue Kunststofffenster



Unsanierete Kastenfenster im EG der Süd-Ost-Fassade



Unsanierete Kastenfenster im EG der Süd-Ost-Fassade Nach Sturm im Dez. 2013 bereichsweise abgedecktes Dach



Nach Sturm im Dez. 2013 bereichsweise abgedecktes Dach



Fernwärmestation im Keller



Wärmeverteilungen im Keller



Leistungsgeregelte Umwälzpumpe



Teilklima-Split-Außengeräte



Typenaufdruck Teilklimageräte

3.2 Vorbemerkungen und Hinweise

Im Dezember 2013 wurde das Dach bereichsweise abgedeckt. Im Rahmen dieser Untersuchungen wird vorausgesetzt, dass Dämmung und Dachabdichtung zeitnah wiederhergestellt werden.

3.3 Gebäudehülle

3.3.1 Vorbemerkung

Beim untersuchten Verwaltungsgebäude Zum Großen Windkanal 4 handelt es sich um ein 1960 errichtetes Gebäude in Massivbauweise. Für das Gebäude liegen neben Grundrissen keine weiteren Bauunterlagen vor. Entsprechend den Vorschriften des Merkblatts zur Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten des BMU wurden die Bauteilarten daher überschlägig anhand von Bauteiltypologien erhoben. Als Datengrundlage wurden dabei die Datenaufnahmeregeln des BMVBS für Nichtwohngebäude [1] verwendet. Aufgrund ähnlich strenger Wärmeschutzvorschriften in Ost- und Westdeutschland (die lediglich etwas zeitlich versetzt in Kraft traten) können die Datenaufnahmeregeln abschätzend sowohl für Gebäude in der ehemaligen DDR als auch der ehemaligen BRD verwendet werden.

3.3.2 Bodenplatte des Untergeschosses

Für den an das Erdreich grenzenden Fußboden des Untergeschosses ist nach [1] von einem U-Wert der $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auszugehen. Ein gewisser Wärmeschutz wird somit vorausgesetzt, die heutigen Anforderungen sind jedoch deutlich strenger.

3.3.3 Außenwände einschl. Kellerwänden

Bei den Außenwänden handelt es sich um ungedämmtes verputztes Ziegelmauerwerk. Gemäß [1] ist für diese Wände ein U-Wert von $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen. Dieser Wert ist für die vorhandenen Wandstärken hinsichtlich seiner Größenordnung plausibel. Die Wärmeschutzqualität der Außenwände ist aufgrund fehlender Dämmung deutlich schlechter als der derzeitige Anspruch an die Wärmeschutzeigenschaften von Wänden.

Die Fassade befindet sich insgesamt in einem sehr guten Zustand. Lediglich der Farbanstrich und die Fensterbretter könnten an einigen Stellen erneuert werden.

3.3.4 Fenster

Die Fenster der Obergeschosse der eingangsseitigen Räume sowie die Fenster von Erdgeschoss (mit Ausnahme der Treppenhäuser) und Obergeschossen der Gebäuderückseite sowie der süd-westlichen Gebäudeschmalseite wurden im Jahr 2012 komplett durch neue 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Kunststoffrahmen ersetzt. Aufgrund der Vierteilung der Glasfläche besitzen die Fenster einen hohen Rahmenanteil. Sie befinden sich in einem sehr guten Zustand. Den Beschriftungen des Randverbundes ist ein U_g -Wert von $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ zu entnehmen. Mit einem Einbaudatum von 2012 und dem großen betroffenen Fensterflächenanteil unterlagen die U-Wert-Anforderungen an die Fenster der EnEV 2009, die einen Fenster-Gesamt-U-Wert von $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ verlangt. Dieser Wert wird daher für die energetischen Berechnungen angesetzt.

Bei den nicht ausgetauschten Fenstern handelt es sich um Kastenfenster bzw. Holzverbundfenster, für die gemäß [1] ein U-Wert von $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen ist und die damit nicht den heutigen wärmeschutztechnischen Anforderungen entsprechen. Die Fensterrahmen sind nicht mit Lippendichtungen versehen, so dass von erhöhten Lüftungswärmeverlusten auszugehen ist. Ihr Zustand ist außenseitig in

größeren Bereichen sehr schlecht. Der Schutzanstrich wäre dringend zu erneuern, teilweise bröckelt der Fensterkitt.

An allen neuen Fenstern der südlich ausgerichteten Fassaden wurden Außenjalousien ergänzt. Der Jalousiekasten wurde in die bereits vorhandene Fenster-Rohbauöffnung gesetzt.

3.3.5 Außentüren

Bei den Eingangstüren handelt es sich um Metalltüren mit einfachverglasten Fenstern, deren U-Wert gemäß [1] mit $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ abgeschätzt werden kann und der damit über den heutigen Anforderungen liegt. Die im Jahre 2003 erneuerte Kelleraußentür auf der Süd-West-Seite besitzt im oberen Drittel eine Festverglasung mit einem U_g -Wert von $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$, die als Fenster mit einem U-Wert von $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ berücksichtigt wird. Für die opaken Anteile der Tür wird gemäß [1] ein U-Wert von $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ angesetzt.

3.3.6 Dach

Für das Dach ist von einer massiven Konstruktion auszugehen, für die laut [1] ein U-Wert von $2,1 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ angesetzt werden kann. Das Dach wurde nachträglich – vermutlich im Jahr 2003 – mit einer oberseitigen Polystyrol-Dämmung versehen, die Ende 2013 infolge eines Sturms bereichsweise abgedeckt wurde. Die damals getätigten Fotos lassen eine Dämmstoffdicke von 14-20 cm abschätzen. Unter Ansatz einer zum Sanierungszeitraum üblichen Wärmeleitfähigkeit von $0,04 \text{ W}/(\text{mK})$ und einer angenommenen Dämmstoffdicke von 14 cm errechnet sich ein U-Wert von etwa $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$, der zugleich dem ab 2002 gemäß EnEV 2002 notwendigen U-Wert entspricht.

Nach der bereichsweise erforderlichen Sanierung des Dachs befindet sich das Dach in einem guten energetischen Zustand.

3.3.7 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

Bis auf die neuen Fenster erfüllt kein Außenbauteil die Anforderungen, die nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2014 an zu sanierende Bauteile eines Nichtwohngebäudes gestellt werden.⁵ Die wärmetechnische Qualität der Gebäudehülle im derzeitigen Zustand ist insgesamt nicht ausreichend, auch wenn die Dachflächen bereits eine gute Wärmeschutzqualität besitzen. 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. Da die Fenster z.T. ohne Lippendichtung ausgeführt sind, ist von etwas erhöhten Lüftungswärmeverlusten infolge Gebäudeundichtigkeit auszugehen, die durch eine Luftwechselrate von $0,75/\text{h}$ (vgl. Tabelle 2) berücksichtigt werden.

3.4 Technische Anlagen

3.4.1 Bestandsaufnahme

Das untersuchte Verwaltungsgebäude wird über Fernwärme beheizt. Wärmelieferant ist die Firma BTB. Die im Keller untergebrachte Fernwärmekomplettstation wurde im Jahr 2003 erbaut und befindet sich in einem guten Zustand.

Die Wärmeleitungen sind bis auf kurze Zwischenstücke und Armaturen gut gedämmt. Zwei leistungsgeregelte Pumpen wälzen das Heizungswasser um. Leitungsdämmung und Pumpen wurden

⁵ Gleichermaßen werden auch die Anforderungen, die laut EnEV für die Bauteile eines Neubaus gelten, nicht erfüllt.

ebenfalls im Jahr 2003 erneuert. Ob ein hydraulischer Abgleich vorgenommen wurde, ist nicht bekannt. Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt durch an den Außenwänden angeordnete Gliederheizkörper, deren Thermostatventilen nicht in allen Räumen funktionstüchtig sind.

Die Warmwassererzeugung erfolgt dezentral in den Teeküchen mittels elektrischer Durchlauferhitzer.

Der Server-Raum des Gebäudes wird mittels zweier Teilklima-Split-Anlagen vom Typ Airwell AWAU-YBD018-H11 klimatisiert. Die Anlage befindet sich augenscheinlich in einem guten Zustand, ihr Alter ist nicht bekannt.

Die Beleuchtungsanlage des Dienstgebäudes besteht zum großen Teil aus Deckenleuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen, die vor 2005 – vermutlich im Jahr 2003 – modernisiert wurden und elektronische Vorschaltgeräte besitzen. Im Keller finden sich noch ältere Deckenleuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen, die vermutlich älteren Datums sind und noch nicht über EVGs verfügen. Regeleinrichtungen sind nicht vorhanden.

3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Da die für die Heizwärmeerzeugung verwendete Fernwärme der Firma BTB zu über 90% aus Kraft-Wärme-Kopplung gewonnen wird, handelt es sich um einen primärenergetisch sehr günstigen Energieträger, der vom Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) auf eine Stufe mit erneuerbaren Energien gestellt wird. Ein Wechsel des Energieträgers ist somit nicht angezeigt. Auch die Anlagenkomponenten selbst verfügen insgesamt über einen guten technischen Standard. Eine Sanierung ist nur im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen durchzuführen.

Die dezentrale Warmwasserbereitung erfolgt bedarfsgeführt und bedarf keiner 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 2: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	18°C (weil Kellerräume nur niedrig beheizt werden)
Luftwechselrate	0,75/h (Fenster teilweise ohne Abdichtung)
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	6 W/m ²
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m ² K)
Heizungsanlage	Fernwärmeübergabestation
Warmwasserbedarf	Entfällt (nur vereinzelte dezentrale Warmwassererhitzer)

Zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte wurde ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich durchgeführt. In der folgenden Tabelle sind der berechnete Heizenergiebedarfswert sowie der witterungskorrigierte mittlere Verbrauchswert des Gebäudes 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-/Verbrauchsabgleichs⁶

Berechneter Endenergiebedarf Fernwärme MWh/a	433,7
Witterungskorr. mittlerer Fernwärmeverbrauch MWh/a	411,7

3.6 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes

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

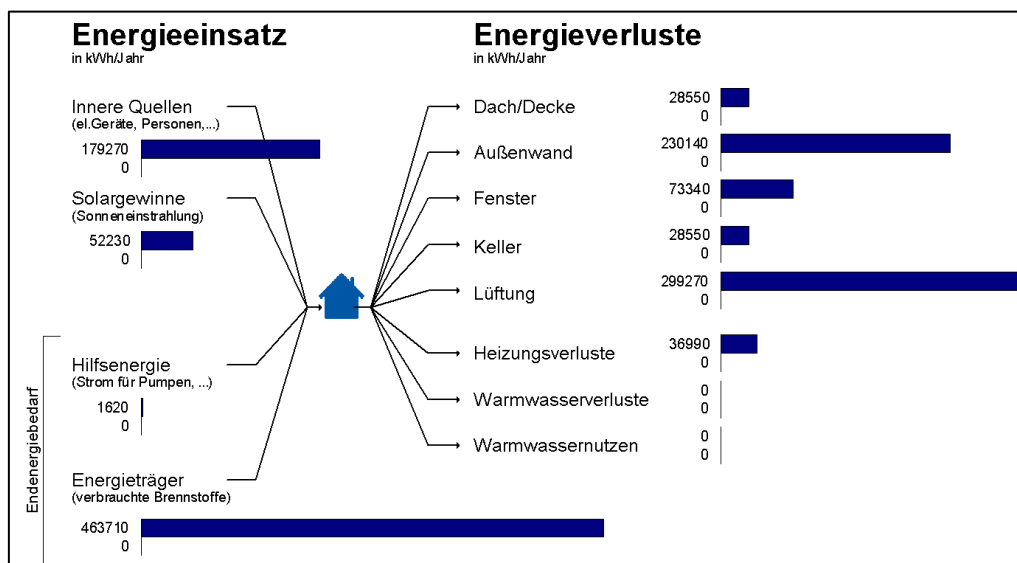


Abbildung 6: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Verwaltungsgebäudes

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

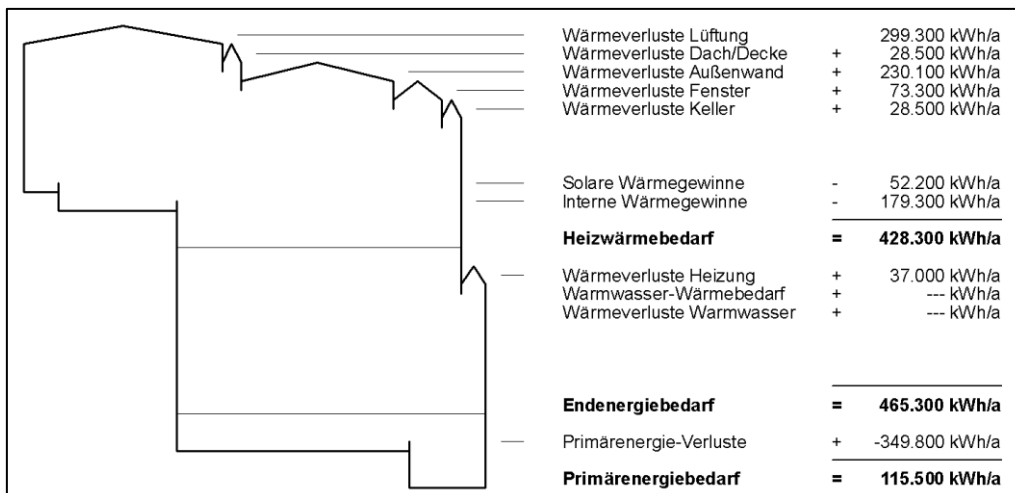


Abbildung 7: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Hauptgebäudes des Verwaltungsgebäudes

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

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

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

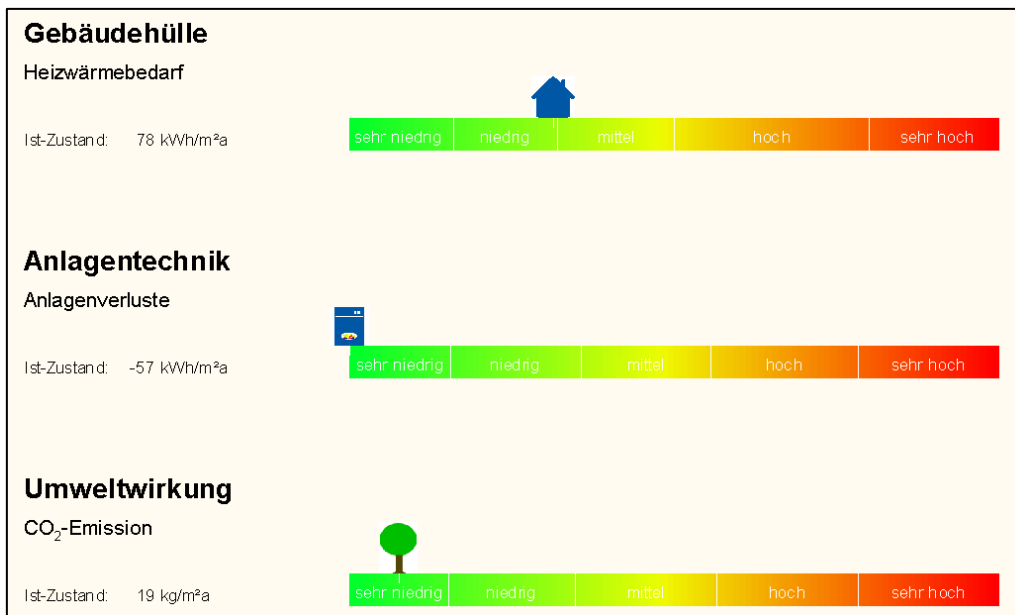


Abbildung 8: Beurteilung des Ist-Zustandes des Hauptgebäudes des Verwaltungsgebäudes bei Solltemperatur von 19°C

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im guten mittleren Bereich spiegelt sich die Tatsache, dass sowohl das Dach als auch ein Großteil der Fenster bereits energetisch saniert wurden. Gleichwohl zeigt sich das auch aus den Verbrauchskennzahlen in Kapitel 2.2.3 ablesbare verbleibende Sanierungspotential. Aufgrund ihres Zustands, aber insbesondere aufgrund des primärenergetisch sehr günstigen Energieträgers Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung wird die Heizungsanlage sehr positiv bewertet. Es errechnen sich negative Primärenergieverluste aufgrund des niedrigen Primärenergiefaktors für Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung. Die Umweltwirkung des Gebäudes wird im Hinblick auf seine Treibhausgasemissionen entsprechend dem vergleichsweise niedrigen Emissionsfaktor der verwendeten Fernwärme günstig bewertet. Ein weiteres Einsparpotential ist gleichwohl vorhanden.

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 und Kellerwände gegen Erdreich

Über die Bodenplatte und die erdberührenden Kellerwände geht aufgrund ihres Angrenzens an das Erdreich nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Wenn der Keller weiterhin nur als niedrig beheizter Lagerraumbereich genutzt wird, ist eine Dämmung dieser Bauteile nicht zwingend erforderlich. Hingegen sollte bei Beibehaltung einer nur sehr geringfügigen Beheizung der Kellerräume oder bei Nichtbeheizung die Kellerdecke unterseitig gedämmt werden, um zu verhindern, dass Wärme aus dem Erdgeschoss in den kühlen Keller abfließt. Diese Maßnahme ist mit geringem Kostenaufwand durchzuführen und amortisiert sich in relativ kurzer Zeit. Ein derartiges Vorgehen wird beim Objekt 16, Bürodienstgebäude, Hans-Schmidt-Straße 10, empfohlen und bewertet.

→ **Sanierung eingeschränkt 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 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 $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreicht.⁸

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.3 Fenster und Sonnenschutz

Es wird der Ersatz aller alten Kastenfenster durch Fenster mit Wärmeschutzverglasung empfohlen, da ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften bei weitem nicht den heutigen Anforderungen genügen und sie sich zum Teil in einem schlechten baulichen Zustand befinden. Zudem entstehen erhöhte Lüftungswärmeverluste, da sie nicht mit Lippendichtungen versehen sind. Das Einsparpotential ist daher beträchtlich. 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.

⁸ Ggf. muss die Dämmstoffdicke zur Berücksichtigung von Wärmebrücken infolge Dübeln geringfügig vergrößert werden.

Eine Runderneuerung der noch vorhandenen Kastenfenster ist eine Alternative, jedoch zur Wahrung architektonischen Gestaltqualität des Gebäudes nicht erforderlich, da bereits eine Vielzahl von Kastenfenstern durch Fenster mit Wärmeschutzverglasungen ersetzt wurden, ist. Die Innenscheibe müsste bei der Runderneuerung durch eine Wärmeschutzverglasung mit einem ausreichend niedrigen U-Wert ausgetauscht werden.

→ **Sanierung 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 Dachflächen

Da die vorhandenen flachen Dächer nach Wiederherstellung von Dämmung und Abdichtung über einen guten Wärmeschutz verfügen, ist eine weitere energetische Sanierung nicht erforderlich.

→ **Sanierung nicht 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 bisher nicht gedämmten Abschnitte der Wärmeleitungen und Armaturen noch nachträglich gedämmt werden. Nicht regelbare Thermostate sollten durch regelbare ersetzt 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 vorhandene Beleuchtungsanlage im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen schrittweise weiter zu modernisieren und die Leuchten gegen moderne Spiegelrasterleuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) oder Beleuchtungskörper mit LED-Technik auszutauschen. Eine Lichtregelung in Abhängigkeit der Tageslichtversorgung und Präsenzmelder würde für weitere Energieeinsparung sorgen. In den Fluren und den Sanitär- und Umkleieräumen wird empfohlen, eine präsenzabhängige Steuerung zu installieren.

→ **Sanierung im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen empfohlen**

4.3.3 Energieträger

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

Die Dachfläche des Gebäudes könnte für die Aufstellung von PV-Anlagen genutzt werden, sofern dies gestalterisch akzeptabel und statisch durchführbar ist. Eine überschlägliche Kalkulation der möglichen solaren Stromerträge zeigt, dass sich die Anlage nach etwa 10 Jahren amortisiert haben würde. Anhand monatlicher Verbrauchsdaten wäre zu klären, in welchem Umfang der solar produzierte Strom eigennutzt werden kann.

4.4 Schätzung der Investitionskosten

In Tabelle 4 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 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 Außenwände (WDVS)	Aufbringen eines WDVS mit 15 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	104 €/m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds ▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör ▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten ▪ 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 	Fläche:	2.000 m ²
		Gesamtpreis:	207.000 €
	Errichtung und Vorhaltung Baugerüst (für ca. 10 Wochen)	Einzelpreis:	9 €/m ²
		Fläche:	2.000 m ²
		Gesamtpreis:	17.926 €
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,2 W/(m²K)		
Austausch alter Fenster	Demontage und Entsorgung der alten Fenster, Einbau neuer Fenster		
	Sowieso anfallende Kosten für Holzfenstersanierung (Abschleifen, Anstrich, Ausbesserung, Dichtung, Wartung Beschläge), falls kein Fensteraustausch erfolgt	Einzelpreis:	100 €/Stk
	Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutz-verglasungen mit Holzrahmen, U ≤ 0,95 W/(m²K)	Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:	939 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Anzahl:*	86 Stk
		Gesamtpreis:	80.785 €
	<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:	3.760 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Türelemente ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Anzahl:	3 Stk
		Gesamtpreis:	11.280 €
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 1,3 W/(m²K)		

Tabelle 5: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

Sanierungsmaßnahmen		Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Austausch der alten Fenster durch Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	80.785 €
	Austausch der alten Eingangstüren	Türen:	11.280 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen, Ergänzung Rohrdämmung und Freigabe Thermostatventile, hydraul. Abgleich	Anlagen:	-
			92.065 €
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	92.065 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	224.926 €
			316.991 €

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, welches die hier relevanten Sanierungsbauteile 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 Fernwärme 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.⁹ 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.¹⁰

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.¹¹

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

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

Tabelle 6: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	59.395 €	Kalkulationszinssatz:	0%

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

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

¹¹ Fernwärme: 12,7 ct/kWh, Strom: 21,8 ct/kWh (als Mittelwert über mehrere Objekte), jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht mit auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

Tabelle 7: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (alle Kostenangaben inklusive Mehrwertsteuer)

Variante	Investitionskosten energetische Sanierung [€]	Energiekosten nach Sanierung [€]	im Nutzungszeitraum				Energiekosteneinsparung je 1.000 € Investitionskosten [€]	Investitionskosten je jährlich eingesparte MWh Energie [€/(MWh/a)]	Amortisationsdauer [Jahre]
			Energiekosteneinsparung [€]	Gesamtkosteneinsparung [€]	Mittlere jährl. Energiekosteneinsparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]			
1	109.557	53.945	534.360	424.803	13.359	84	4.877	2.573	15
2	377.219	32.362	2.670.160	2.292.941	66.754	421	7.079	1.773	11

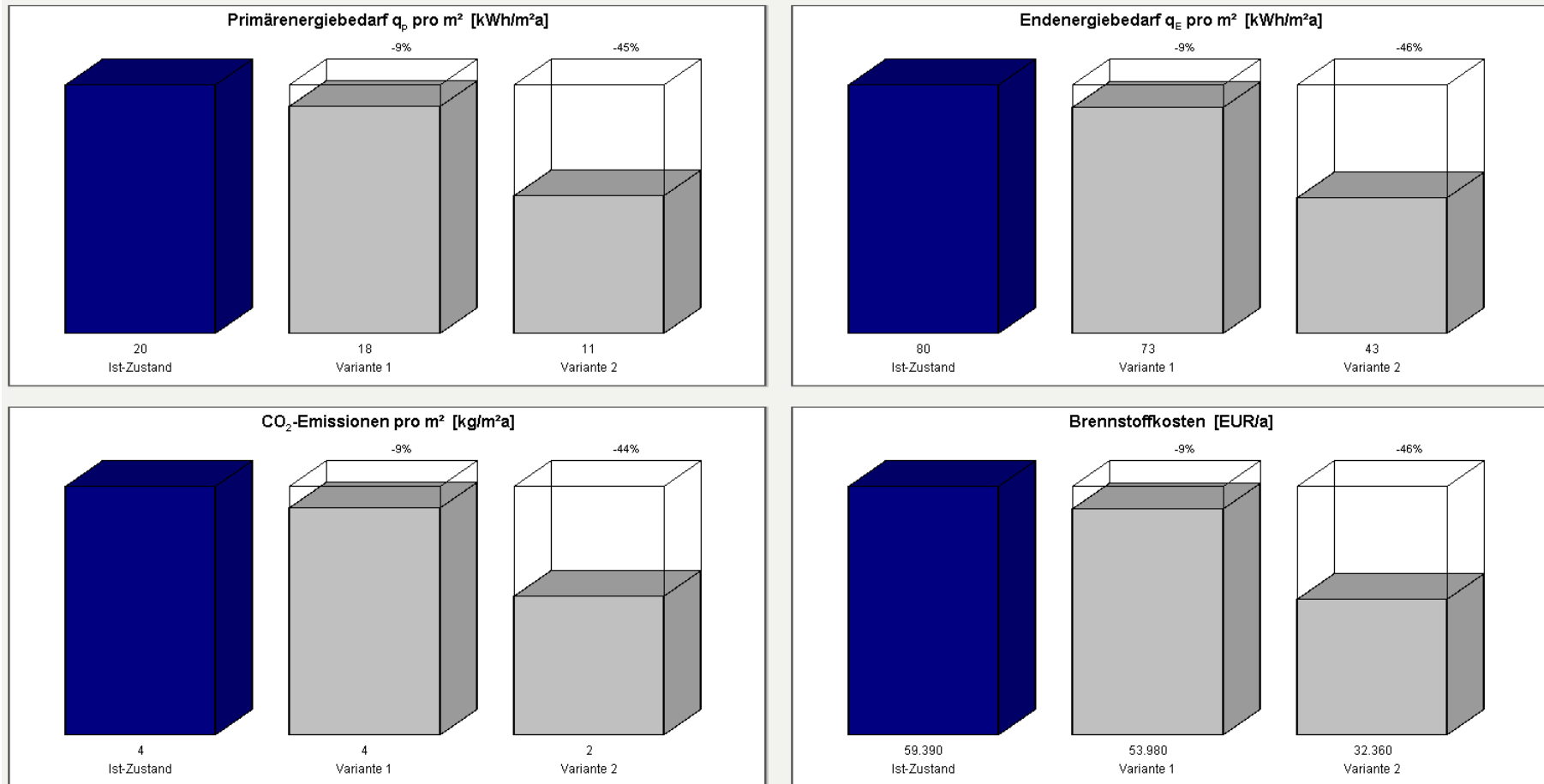


Abbildung 9: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO_2 - und Brennstoffkostenreduktionen

4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich die Maßnahmenpakete bereits 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 2 am größten. Dementsprechend weist diese Variante auch die größte jährliche Energie- und Treibhausgaseinsparung auf. Weiterhin weist die Variante 2 eine kürzere Amortisationszeit auf Variante 1. Es wird daher empfohlen, dieses Maßnahmenpaket umzusetzen. In diesem Fall unterschreitet das Gebäude mit seinem Verbrauch den mittleren Verbrauch des besten Quartils des Vergleichsgebäudebestandes sogar noch einmal deutlich (vgl. Abbildung 5).

Darüber hinaus sollte die zukünftige Nutzung des Kellers geklärt werden und ggf. eine Dämmung der Kellerdecke gemäß 4.2.1 in Erwägung gezogen 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 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