

BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN

KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN

HORTGEBÄUDE, PETER-HILLE-STR. 18

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 HORTGEBÄUDES - PETER-HILLE-STR. 18	6
2.1	Objektbeschreibung	6
2.2	Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes	7
2.2.1	Wärme	7
2.2.2	Strom	8
2.2.3	Energiekennzahlen des Gebäudes	9
3.	GEBÄUDEBEWERTUNG	11
3.1	Fotodokumentation	11
3.2	Vorbemerkungen und Hinweise	13
3.3	Gebäudehülle	13
3.3.1	Vorbemerkung	13
3.3.2	Decke über unbeheizten Kellerräumen	13
3.3.3	Außenwände	13
3.3.4	Fenster	13
3.3.5	Außentüren	14
3.3.6	Dach	14
3.3.7	Gesamteinschätzung Gebäudehülle	14
3.4	Technische Anlagen	14
3.4.1	Bestandsaufnahme	14
3.4.2	Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	15
3.5	Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	15
3.6	Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes	16
4.	ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN	18
4.1	Grundlegendes	18
4.2	Sanierung der Gebäudehülle	19
4.2.1	Decke über nicht beheizten Kellerräumen	19
4.2.2	Außenwände	19
4.2.3	Fenster	19
4.2.4	Außentüren	20
4.2.5	Dachflächen	20
4.3	Sanierung der technischen Anlagen	20
4.3.1	Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	20
4.3.2	Beleuchtung	20
4.3.3	Energieträger	21

4.4	Schätzung der Investitionskosten	21
4.5	Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	23
4.6	Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	24
4.7	Sanierungsempfehlungen	28

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärmeverbrauch und den Stromverbrauch des Hortgebäudes	9
Tabelle 2:	Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	15
Tabelle 3:	Ergebnis des Bedarfs-/Verbrauchsabgleichs	16
Tabelle 4:	Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	22
Tabelle 5:	Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	23
Tabelle 6:	Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	26
Tabelle 7:	Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (alle Kostenangaben inklusive Mehrwertsteuer)	26

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Fernwärmeverbrauch des Hortgebäudes in den Jahren 2011 bis 2013	7
Abbildung 2:	Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂) infolge Fernwärmeverbrauch	7
Abbildung 3:	Stromverbrauch des Hortgebäudes 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 Hortgebäudes	16
Abbildung 7:	Energiebilanz für den Ist-Zustand des Hortgebäudes	17
Abbildung 8:	Beurteilung des Ist-Zustandes des Hortgebäudes bei einer Solltemperatur von 19°C	18
Abbildung 9:	Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO ₂ - und Brennstoffkostenreduktionen	27

QUELLENVERZEICHNIS

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

PRÄAMBEL

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

CSD geht davon aus, dass

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

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

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

1. Aufgabenstellung

Das Bezirksamt Treptow-Köpenick von Berlin möchte seinen Gebäudebestand energetisch modernisieren, um dessen Energieverbrauch, die damit verbundenen Energiekosten und die infolge des Energieverbrauchs emittierten Treibhausgasmengen 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/Platzwarts vorgenommen wurden. Auf Grundlage der erhobenen Daten und mittels der vom Bezirksamt zur Verfügung gestellten Grundrisspläne wurde dann für jedes Gebäude eine Energiebilanz erstellt und soweit möglich mit Hilfe der witterungskorrigierten Wärmeverbrauchsdaten justiert. Sodann wurden anhand der Feststellungen vor Ort und der Energiebilanz Energieeinsparmaßnahmen abgeleitet und zu Sanierungsvarianten gebündelt. Abschließend wurden die durch die Sanierungsvarianten realisierbaren Energie- und Treibhausgaseinsparungen ermittelt, die Wirtschaftlichkeit der Varianten bewertet und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet.

2. Basisdaten des Hortgebäudes - Peter-Hille-Str. 18

2.1 Objektbeschreibung

Bezeichnung des Objekts: Hortgebäude - Friedrichshagener Schule

Foto des Objekts:



Standort: Peter-Hille-Str. 18, 12587 Berlin

Nutzung: Hortgebäude

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude
Kellergeschoss, Erdgeschoss, Obergeschoss;
Obergeschosse vollständig beheizt,
Untergeschoss wird nicht beheizt

Bruttogrundfläche: 976 m²

Baujahr: 1967

Sanierung Gebäudehülle: Austausch der Fenster im Erdgeschoss und Obergeschoss 2004, vermutlich zur gleichen Zeit Aufbringung einer Dachdämmung

Sanierung haustechnische Anlage: Austausch der Heizungsumwälzpumpe

Heizenergieerzeugung: Fernwärmeübergabestation

Warmwasserbereitung: Zentrale Warmwasserbereitung im Keller, Warmwassermischsystem, alle HWB mit Zentral-WW versorgt

Lüftung: Freie Lüftung

Angaben zum Leerstand: Leer stehend während der Schulferien und am Wochenende

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 09.05.2014

2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

2.2.1 Wärme

Das Hortgebäude der Friedrichshagener Schule wird mit Fernwärme der Vattenfall GmbH versorgt. Außer den Kellerräumen wird das gesamte Gebäude beheizt. Das Gebäude verfügt über eine zentrale Warmwasserbereitung. Im folgenden Diagramm ist der Wärmeverbrauch für das Gebäude für die Jahre 2011-2013 angegeben.

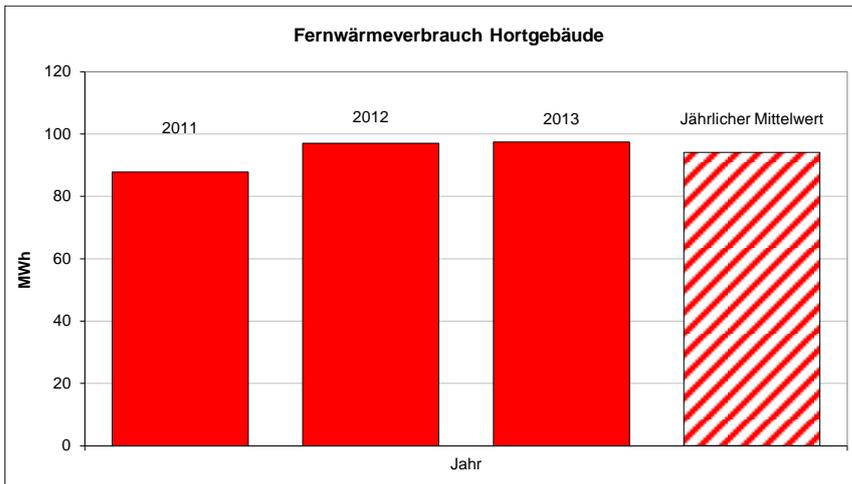


Abbildung 1: Fernwärmeverbrauch des Hortgebäudes in den Jahren 2011 bis 2013

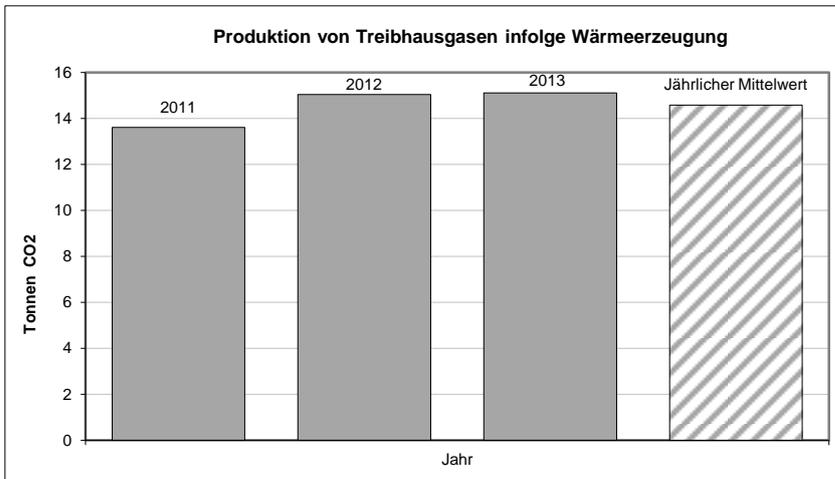


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂) infolge Fernwärmeverbrauch¹

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

2.2.2 Strom

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

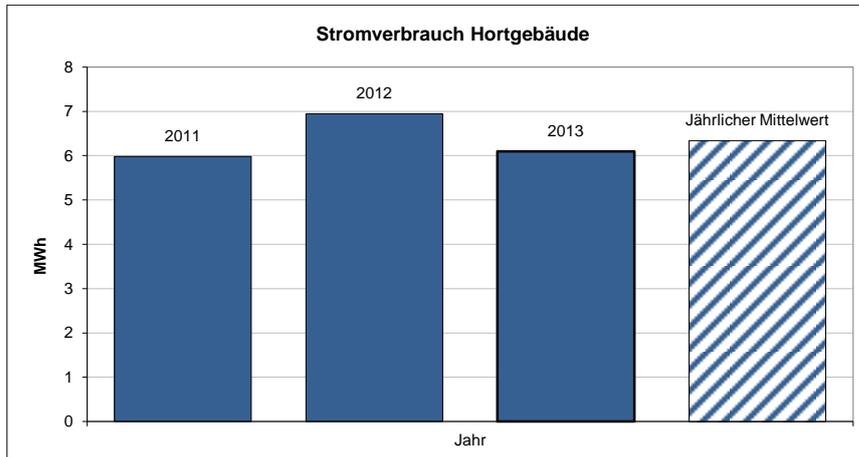


Abbildung 3: Stromverbrauch des Hortgebäudes in den Jahren 2011 bis 2013

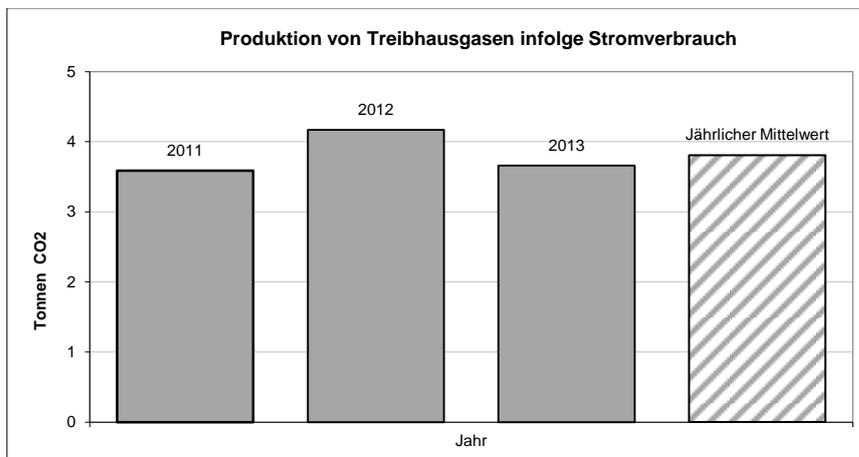


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent) infolge Stromverbrauch²

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

2.2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes

Eine Beurteilung der Energieverbräuche der Liegenschaft ist durch einen Vergleich mit den entsprechenden Verbräuchen des deutschen Gebäudebestands möglich. Hierfür hat die ages GmbH für verschiedene 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 Da Hortgebäude als Vergleichsgruppe in der ages-Auflistung nicht vorhanden sind, wurden Schulgebäude mit normaler technischer Ausstattung als Vergleichskategorie gewählt. (Alternativ wäre auch die Kategorie Jugendzentren anwendbar gewesen, die sehr ähnliche Daten aufweist wie die verwendete Schulkategorie.) In der folgenden Tabelle sind die vorhandenen Verbrauchswerte den entsprechenden Vergleichswerten gegenübergestellt. Abbildung 5 verdeutlicht die Relationen grafisch.

Tabelle 1: Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärmeverbrauch und den Stromverbrauch des Hortgebäudes

		ages - Arithm. Mittel	ages - Arithm. Mittel des besten Viertels
Heizenergieverbrauch - kWh/(m ² _{BGFa})*	103,8	111,0	66,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² _{BGFa})	16,1	17,2	10,2
Stromverbrauch - kWh/(m ² _{BGFa})*	6,5	14,0	7,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² _{BGFa})**	3,9	8,4	4,2

* Der Heizenergieverbrauch wurde witterungsbereinigt und enthält die für die Warmwasserbereitung erforderliche Wärmemenge. Diese wurde mangels Abrechnung entsprechend den Regeln des BMVBS zur Ermittlung von Energieverbrauchswerten pauschal mit 5% der Wärmemenge angenommen. 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.

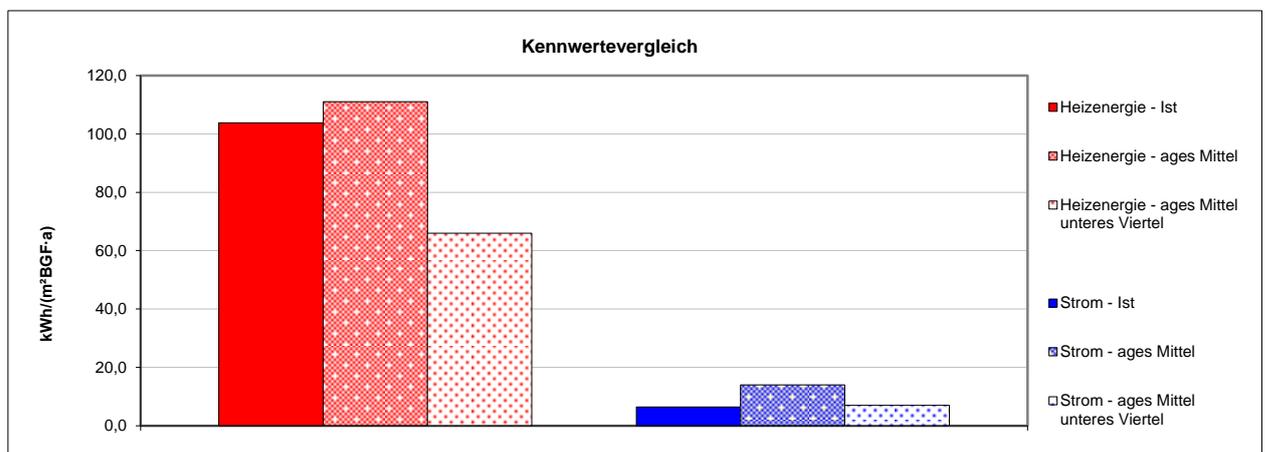


Abbildung 5: Kennwertevergleich

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.

Es wird deutlich, dass das Gebäude sowohl weniger Wärmeenergie als auch weniger Strom verbraucht als der deutsche Schulgebäudedurchschnitt. Gleichzeitig zeigt sich im Vergleich mit den Mittelwerten des besten Viertels, dass auf der Wärmeseite ein deutliches Energie- und Kosteneinsparpotential besteht. Verwendet man die Energieverbräuche des besten Viertels als Zielgröße so ließe sich 36% der verbrauchten Wärmemenge und folglich emittierten Treibhausgasemissionen einsparen, was einer jährlichen Kostenreduktion von ca. 3.300 Euro netto entspricht.⁴

⁴ Es wurden durchschnittliche Kostenansätze (Netto-Werte) aus den bis April 2014 vom Bezirksamt vorgelegten Energieabrechnungen angesetzt [Strom: 19,3 ct/kWh; Erdgas: 4,8 ct/kWh; Fernwärme: 9,1 ct/kWh].

3. Gebäudebewertung

3.1 Fotodokumentation



Süd-West-Ansicht



Süd-Ansicht



Süd-Ost-Ansicht



Nord-Ost-Ansicht



Putzschäden am Fenstersturz



Abblättern des Anstrichs



Neue Kunststofffenster



Feuchtigkeitsschäden im Keller



Undichte Holzfenster im Keller



Fernwärmeübergabe



Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

3.2 Vorbemerkungen und Hinweise

Die ursprüngliche Nutzung des Hortgebäudes in der Peter-Hille-Straße 18 war die einer Kindertagesstätte. Neben den allgemeinen Gruppen- und Sanitärräumen war die ehemalige Kita für die Verpflegung der Kinder mit einer Vollküche und einem Speiseaufzug ausgestattet. Die Küche dient heute als Personalaufenthaltsraum und der Gasanschluss für den ehemaligen Kochbereich ist noch vorhanden. Der Küchenaufzug wurde im Zuge der Umnutzung stillgelegt. Mit der Nutzungsänderung wurde auch der Duschaum nicht mehr benötigt und als Lager umfunktioniert. Ein Rückbau der Zu- und Abwasserleitungen steht noch aus. Von der Hortleitung wurde im Februar 2014 eine ausführliche Liste von Sanierungsvorschlägen für das Objekt erstellt wie z.B. das Anbringen von Außenjalousien, Erneuerung der Heizkörperverkleidung, Trockenlegung der Kellerräume, Ergänzungen der Elektroanlage und der Sanitärräume.

3.3 Gebäudehülle

3.3.1 Vorbemerkung

Beim Hortgebäude handelt es sich um ein 1967 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 [2] wurden die Bauteildaten daher überschlägig anhand von Bauteiltypologien erhoben. Als Datengrundlage wurden dabei die Datenaufnahmeregeln des BMVBS für Nichtwohngebäude [1] verwendet. Aufgrund ähnlich strenger Wärmeschutzvorschriften in Ost- und Westdeutschland (die lediglich etwas zeitlich versetzt in Kraft traten) können die Datenaufnahmeregeln abschätzend sowohl für Gebäude in der ehemaligen DDR als auch der ehemaligen BRD verwendet werden.

3.3.2 Decke über unbeheizten Kellerräumen

Für die Decke über den unbeheizten Kellerräumen ist von einer zur Bauzeit typischen Massivdecke mit einem U-Wert gemäß [1] von $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auszugehen. Der wärmetechnische Zustand der Decke entspricht damit nicht den heutigen Anforderungen.

3.3.3 Außenwände

Bei den Außenwänden handelt es sich um $36,5 \text{ cm}$ dickes, beidseitig verputztes Mauerwerk ohne Wärmeschutzschicht. 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 Wärmeschutzzeigenschaften von Wänden.

Die Fassade befindet sich insgesamt in einem annehmbaren Zustand ohne größere Schäden. Farbanstrich, Dachgesims, Dachrinne und Putz müssen an einigen Stellen erneuert werden. Der Zustand der Kellerwände weist auf Undichtigkeiten hin. Derzeit stehen die großen Kellerräume aufgrund der durch Boden und Wände eindringenden Feuchtigkeit leer.

3.3.4 Fenster

Die Fenster von Erd- und Obergeschoss wurden im Jahr 2004 ausnahmslos durch neue 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Kunststoffrahmen ersetzt. Sie befinden sich in einem sehr guten Zustand. Gemäß [1] wäre von einem U-Wert von $1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auszugehen. Da zum Sanierungszeitpunkt jedoch die EnEV 2002 gültig war und diese für Fenstersanierungen maximal einen U-Wert von $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ vorschrieb, wird dieser Wert für die weiteren Berechnungen verwendet.

Im Keller sind noch einfachverglaste Holzfenster vorhanden, die in einem stark sanierungsbedürftigen Zustand sind.

An allen neuen Fenstern der südlich ausgerichteten Fassaden ist kein außenliegender Sonnenschutz vorhanden, jedoch entsprechend der Nutzerklagen über die Überhitzung dieser Räume im Sommer unbedingt notwendig. Im Erdgeschoss ist lediglich eine Markise vorhanden, die nur einen Teilbereich eines Gruppenraums verschattet.

3.3.5 Außentüren

Bei den Eingangstüren handelt es sich um Glastüren aus Wärmeschutzverglasungen mit Kunststoffrahmen, deren U-Wert gemäß [1] mit $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ anzunehmen ist. Für die Fluchttüren aus dem Obergeschoss aus Stahl, ist laut [1] ebenfalls von einem U-Wert von $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ auszugehen. Aufgrund des Alters der Türen und ihres Aufbaus ist gleichwohl von einem besseren U-Wert auszugehen, der jeweils mit $2,0 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ abgeschätzt wird. Eine Sanierung der Außentüren ist derzeit nicht notwendig.

3.3.6 Dach

Das dreigeschossige Gebäude wird von einem leicht geneigten Pultdach nach oben abgeschlossen. Für das Pultdach ist von einer Holzkonstruktion auszugehen, für das laut [1] ein U-Wert von $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ angenommen wird. Aufgrund des baulichen Zustandes wird jedoch davon ausgegangen, dass das Dach wahrscheinlich zum Zeitpunkt der Fenstersanierung gedämmt wurde. Damit wird der U-Wert auf $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ abgeschätzt. Dies ist anhand von Bauunterlagen zu prüfen. Eine energetische Sanierung auf den KfW-Anforderungswert von $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ einzuhalten ist gleichwohl sinnvoll.

3.3.7 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

Bis auf die relativ neuen Fenster ist die wärmetechnische Qualität der Gebäudehülle im derzeitigen Zustand insgesamt nicht ausreichend. Es besteht daher erhebliches Energieeinsparungspotential. Viel Wärme geht aufgrund der großen Flächenanteile über die massiven Außenwände verloren. Es sind keine besonderen konstruktions- oder materialbedingten Wärmebrücken hervorzuheben, so dass Wärmebrücken rechnerisch über einen U-Wert-Zuschlag von $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ berücksichtigt werden.

3.4 Technische Anlagen

3.4.1 Bestandsaufnahme

Das untersuchte Hortgebäude wird über Fernwärme beheizt. Wärmelieferant ist die Vattenfall GmbH. Die im Keller untergebrachte Fernwärmekomplettstation wurde vermutlich im Jahr 1993 erbaut und befindet sich in einem guten Zustand.

Die Wärmeleitungen sind bis auf kurze Zwischenstücke und Armaturen gut gedämmt. Eine moderne, leistungsgeregelte Pumpe wälzt das Heizungswasser um. Der genaue Einbauezeitpunkt ist nicht bekannt. Ob ein hydraulischer Abgleich vorgenommen wurde, konnte nicht festgestellt werden. Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt durch an den Außenwänden angeordnete Gliederheizkörper mit Thermostatventilen, die in den Gruppenräumen zum Schutz der Kinder mit einer Holzverkleidung versehen sind. Nutzerklagen über zu niedrige Temperaturen im Winter gibt es nicht.

Warmwasser wird über einen zentralen Warmwasserspeicher von NOVA Apparate GmbH Type SE (Einbaujahr 1993) erwärmt. Die Waschbecken der Sanitäranlagen verfügen entweder über nicht erwärmtes Wasser oder über ein durchgehend auf 38°C vorgemischtes Warmwasser. Um den Befall von Legionellen in diesem Mischwassersystem zu verhindern, werden alle Wasserleitungen nach Angaben

des Hausmeisters alle 72 Stunden mit Kaltwasser durchgespült und die Warmwasserspeicher regelmäßig aufgeheizt.

Die Beleuchtung des Bürodienstgebäudes erfolgt im Wesentlichen direkt mittels stabförmigen Leuchtstofflampen unterschiedlichen Alters. Dementsprechend finden sich in den Lampen Vorschaltgeräte unterschiedlicher Effizienz. Vereinzelt sind in den Gruppenräumen auch Spotlights in den Unterdecken eingebaut. Regelungseinrichtungen sind nicht vorhanden.

3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Da die für die Heizwärmeerzeugung verwendete Fernwärme der Firma Vattenfall in Berlin 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 Beleuchtungsanlage des Gebäudes ist wie beschrieben teilsaniert. Weitere Modernisierungsmaßnahmen sind daher empfehlenswert.

3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich

Die energetische Bilanzierung von Gebäuden im Rahmen der Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten erfolgt gemäß Merkblatt des BMU [2] prinzipiell vereinfacht nach DIN 4108-6 in Verbindung mit DIN 4701-10. Die Bilanzierung erfolgte für den Standort Berlin (Klimareferenzort Potsdam). In der folgenden Tabelle sind wesentliche Bilanzierungsparameter aufgeführt.

Tabelle 2: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	19°C
Luftwechselrate	0,70/h
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5 W/m ²
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m ² K)
Heizungsanlage	Fernwärmeübergabestation
Warmwasserbedarf	4,200 MWh/a ⁵

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

⁵ Berechnung mit Hilfe des Ansatzes nach DIN V 18599-10:2011-12 Tab.7 [7] mit einem Durchschnittswert für vergleichbare Nutzungen, geschätzt bei 60 Nutzer pro Tag und 175 Tage im Jahr.

Tabelle 3: Ergebnis des Bedarfs-/Verbrauchsabgleichs⁶

Berechneter Endenergiebedarf Fernwärme MWh/a	106,5
Witterungskorrig. mittlerer Fernwärmeverbrauch MWh/a	101,3

3.6 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes

Für den beschriebenen Ist-Zustand der Gebäudehülle und die technischen Anlagen des Hortgebäudes 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.

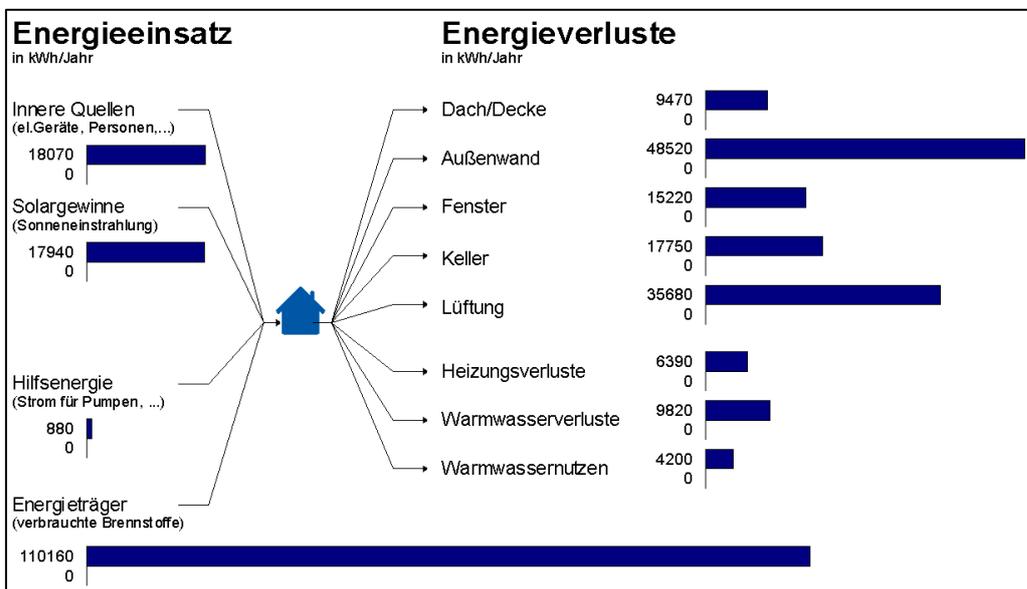


Abbildung 6: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Hortgebäudes

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

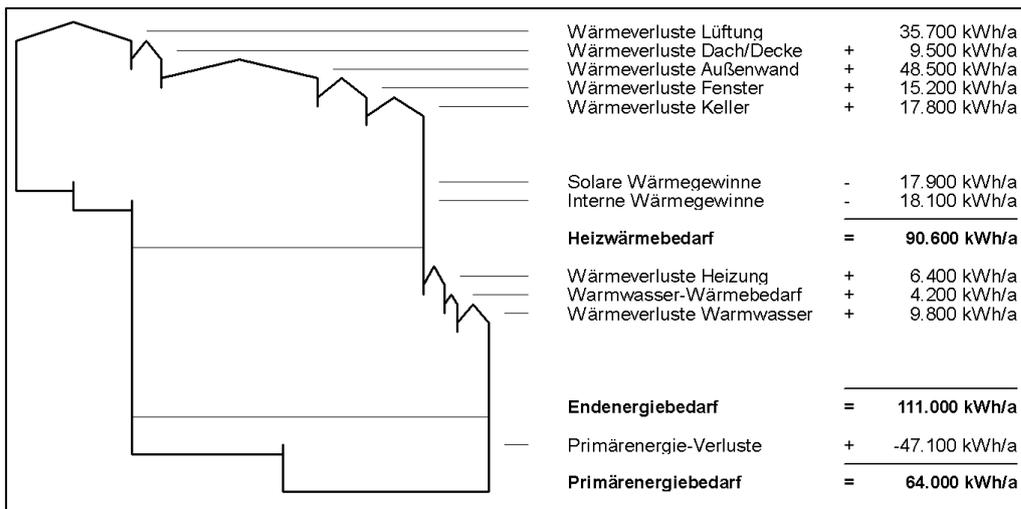


Abbildung 7: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Hortgebäudes

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.

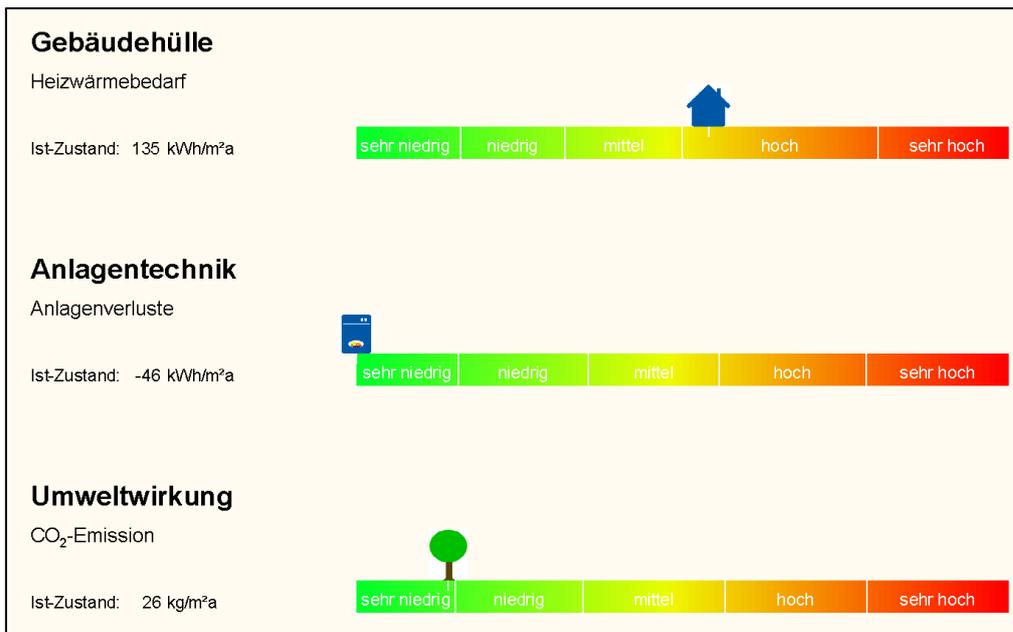


Abbildung 8: Beurteilung des Ist-Zustandes des Hortgebäudes bei einer Solltemperatur von 19°C

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im mittleren bis hohen Bereich spiegelt sich das aus den Verbrauchskennzahlen in Kapitel 2.2.3 ablesbare Sanierungspotential. Ursächlich ist neben der bisher nur teilweise erfolgten energetischen Sanierung der Gebäudehülle auch das ungünstige Hüllflächen-Volumen-Verhältnis des Gebäudes. Aufgrund ihres Zustands, aber insbesondere aufgrund des primärenergetisch sehr günstig bewerteten 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 Niedrigstenergie-

standard besser repräsentieren. Aufgrund der mit einer Sanierung auf diesen Standard einhergehenden hohen Investitionskosten werden ggf. auch alternative Maßnahmen untersucht, die zu Energieeinsparungen bei niedrigerem Kosteneinsatz führen.

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

4.2 Sanierung der Gebäudehülle

4.2.1 Decke über nicht beheizten Kellerräumen

Über die ungedämmte Kellerdecke zu nicht beheizten bzw. zu sehr niedrig beheizten Kellerräumen geht nur ein relativ geringer Anteil an Heizenergie verloren. Da die Kellerdecke jedoch relativ kostengünstig unterseitig gedämmt werden kann, wird empfohlen, eine entsprechende Sanierungsmaßnahme vorzunehmen. Mit einer mindestens 9 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird für die Kellerdecke der aktuell erforderliche wärmetechnische Standard nach EnEV ($U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$) und mit 11 cm Dämmung der gleichen WLG der KfW-Standard ($U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$) erreicht.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.2 Außenwände

Die Außenwände sind entsprechend ihrer großen Fläche für einen sehr großen Teil der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle verantwortlich. Trotz ihrer Dicke kann durch das Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems viel Energie eingespart werden. Mit einer 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.⁸

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.3 Fenster

Die bestehenden Fenster erfüllen die KfW-Anforderungen zwar nicht, liegen aber mit dem gegebenen U-Wert von $1,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ noch in einem akzeptablen Bereich. Ein Austausch der Fenster würde die Energieeffizienz einerseits verbessern aber nicht die notwendigen Energiekosteneinsparungen einbringen, die die Investitionskosten rechtfertigen würden.

Das Nachrüsten eines außenliegenden Sonnenschutzes in allen Gruppen- und Aufenthaltsräumen wird zur Verbesserung des Nutzerkomforts zumindest für die Südfassade empfohlen.

→ **Sanierung teilweise empfohlen**

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

4.2.4 Außentüren

Zur Einhaltung der KfW-Anforderungen ist ein U-Wert von $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erforderlich. Dieser Wert wird von den bestehenden Außentüren nicht eingehalten. Aufgrund ihres guten Zustands und einer anteilig sehr geringen Fläche geht über die Außentüren nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Ihr Austausch wird daher nicht empfohlen.

→ **Sanierung nicht empfohlen**

4.2.5 Dachflächen

Aufgrund der großen Fläche geht über das Dach ein relativ hoher Wärmeanteil verloren. Dieser kann durch zusätzliche Dämmung auf den von der KfW geforderten U-Wert von $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ reduziert werden. Hierfür wäre zusätzlich eine 14 cm dicke Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

4.3 Sanierung der technischen Anlagen

4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

Eine Sanierung der Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage in energetischer Hinsicht ist nicht erforderlich. Wesentliche Anlagekomponenten sind relativ neu und besitzen eine gute Effizienz. Jedoch sollten die bisher nicht gedämmten Abschnitte der Wärmeleitungen und Armaturen noch nachträglich gedämmt werden.

Im Rahmen der Planung einer Anlagenerneuerung sollte geprüft werden, ob das vorhandene System der Warmwasserbereitung der gegenwärtigen Nutzung anzupassen ist. Im Gegensatz zur vorherigen Nutzung der Kindertagesstätte, werden im jetzigen Hortgebäude keine Duschen mehr für die Kinder benötigt. Somit ist zu prüfen ob das Warmwassersystem für die heutige Nutzung angemessen ist oder eine Umstellung auf ein anderes zentrales oder ein dezentrales elektrisches System erfolgen sollte, das bedarfsabhängig gesteuert wird und ggf. energetisch günstiger ist und zum anderen die Legionellenvermeidung effektiv handhabt. Hierfür ist es sinnvoll, zuvor als Planungsgrundlage über einen repräsentativen Zeitraum den Trinkwarmwasserverbrauch zu erfassen.

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 Sanitärräumen 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. Grundsätzlich ist von einer Amortisation der Anlage innerhalb von etwa 10 Jahren auszugehen.

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 Kellerdecke von Unten	Aufbringen einer 11 cm dicken Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	49 €/m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ die Montage der Dämmschicht i.d.R. durch Kleben / Dübeln 	Fläche:	318 m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anpassung der Dämmschicht an TGA-Installationen / Rohrleitungen 		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Innendämmung an Außenwänden zur Verringerung von Wärmebrücken 	Gesamtpreis:	15.525 €
U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,25 W/(m²K)			
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 	Fläche:	414 m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör 	Gesamtpreis:	42.857 €
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten 		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wandbekleidung oder Oberputz 		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ De-/Remontage von Regenfallrohren, Blitzableitern, etc. 		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ im Zusammenhang mit der Dämmmaßnahme notwendige Bauleistungen wie die Vergrößerung von Dachüberständen oder die Verbreiterung von Fensterbänken 			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nicht veranschlagt werden Gerüstkosten. 			
U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,2 W/(m²K)			
Dämmung des Daches	Dachdämmung und Erneuerung der Dachhaut	Einzelpreis:	86,6 €/m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verlegen der Dämmschicht 	Fläche	318 m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erstellen der neuen Dachhaut einschließlich aller Anschlüsse/Durchführungen 	Gesamtpreis:	27.522 €
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ggf. Anpassung der Dachkonstruktion zur Aufnahme des Dämmmaterials 		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ De- und (Wieder-) Montage von dachmontierten Elementen 		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nicht veranschlagt werden Gerüstkosten und der Abbruch und die Wiedererrichtung des tradenden Dachaufbaus. 			
U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,14 W/(m²K)			

Tabelle 5: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

Sanierungsmaßnahmen		Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Dämmung der Kellerdecke von Unten	Kellerdecke:	15.525 €
	Dämmung des Daches	Dach:	27.522 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen, hydraul. Abgleich	Anlagen:	-
			43.047 €
Variante 2	wie Variante 1, zusätzlich	Variante 1:	43.047 €
	Dämmung der Außenwände (WDVS)	WDVS:	42.857 €
			85.905 €

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. An Schulen ist es zudem hilfreich, Energiesparen als pädagogisches Projekt zu verankern. Hierdurch kann ein energiebewusstes Verhalten der Schüler und Lehrer unterstützt werden.

Da in der untersuchten Schule eine reine Fensterlüftung praktiziert wird, sollten Schüler und Lehrer neben dem Hinweis, dass die Thermostatventile während des Lüftens abgedreht werden müssen, auch über die beste Art und den notwendigen Umfang des Fensterlüftens informiert werden, da bekannt ist, dass das reale Lüftungsverhalten in Klassenräumen häufig nicht ausreicht. Um die CO₂-Konzentrationen in den Klassenräumen wirksam zu begrenzen, ist es laut [16] erforderlich, neben einem konsequenten Stoßlüften in den Pausen sowie vor und nach dem Unterricht auch während des Unterrichts nach ca. 20 Minuten und in der Mitte der Unterrichtsstunde alle Fenster und wenn möglich auch die Tür kurz zu öffnen. Auch das Querlüften des gesamten Gebäudes in den Pausen wird empfohlen. Unterstützend sollten raumweise sogenannte CO₂-Ampeln eingesetzt werden, die anhand der gemessenen CO₂-Konzentration ein farblesches Signal geben, ob gelüftet werden muss. Diese Ampeln gibt es auch mit Messvorrichtungen für VOC (flüchtige organische Bestandteile).

4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten

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

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

Zu erwartende Preissteigerungen bei der Fernwärme und 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 der Wirtschaftlichkeitsberechnung zugrunde gelegten Energiekosten berechnen sich aus dem jeweiligen rechnerischen Energiebedarf (und nicht dem tatsächlichen Verbrauch) sowie dem Preisansatz pro Kilowattstunde aus den aktuellen Verbrauchsabrechnungen des untersuchten Objekts.¹¹

Aufgrund von Restabweichungen beim Bedarfs-/Verbrauchsabgleich für das Hortgebäude, 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 6: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

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.

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	10.375 €	Kalkulationszinssatz:	0%

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:	10.375 €	Kalkulationszinssatz:	0%

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

Variante	Investitionskosten energetische Sanierung [€]	Energiekosten nach Sanierung [€]	im Nutzungszeitraum				Energiekosten- einsparung je 1.000 € Investitions- kosten [€]	Investitionskosten je jährlich eingesparte MWh Energie [€/(MWh/a)]	Amortisations- dauer [Jahre]
			Energiekosten- einsparung [€]	Gesamtkosten- einsparung [€]	Mittlere jährl. Energiekostenein- sparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]			
1	51.226	8.949	140.800	89.574	3.520	96	2.749	3.319	23
2	102.227	5.663	465.400	363.173	11.635	317	4.553	2.005	16

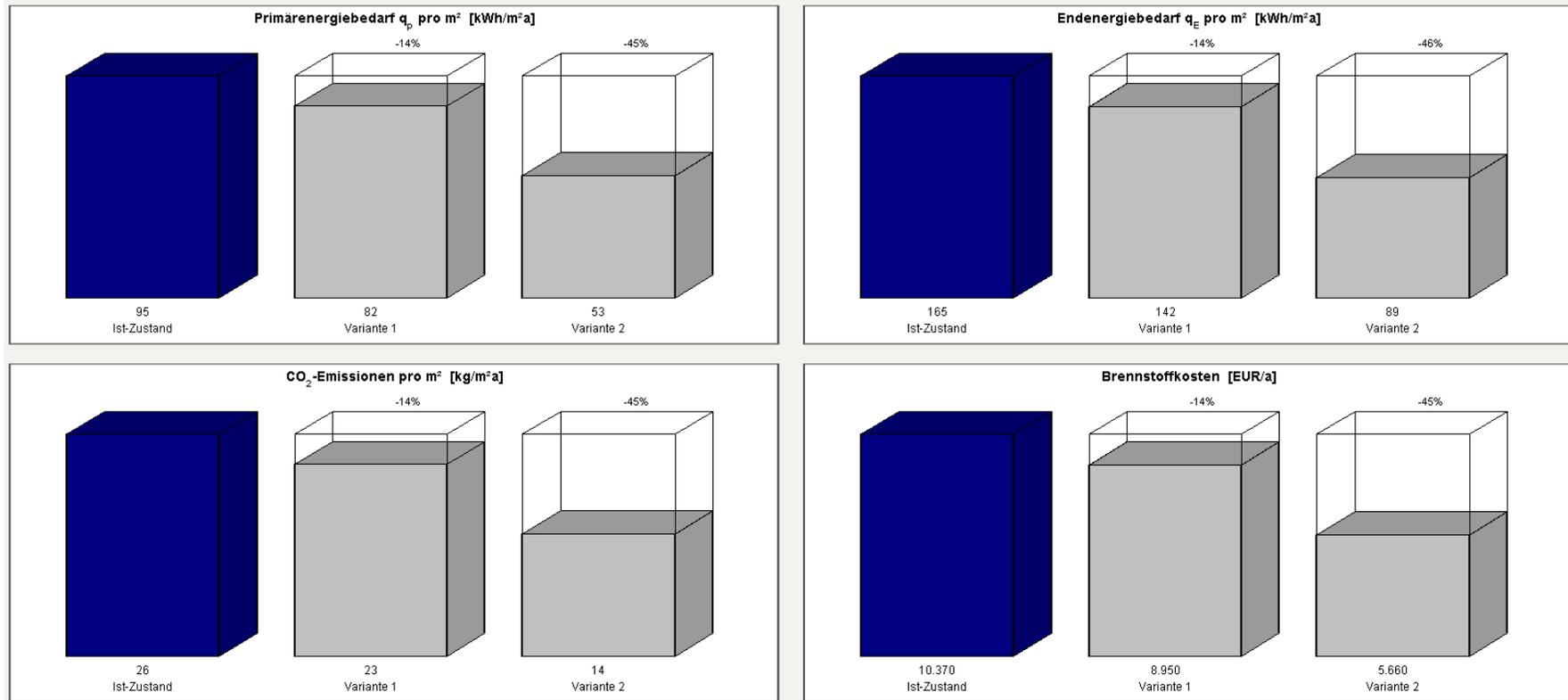


Abbildung 9: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO_2 - und Brennstoffkostenreduktionen

4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich die Maßnahmenpakete teilweise 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.

Bei Durchführung von Erneuerungsinvestitionen für haustechnische Anlagenkomponenten einschließlich Beleuchtung sind die Hinweise in Kapitel 4.3 zu beachten.

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

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

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

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

CSD INGENIEURE GmbH



Andrea Untergutsch

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen



Karin Snodgrass

Dipl.-Ing., Architektin

Berlin, den 20. Oktober 2014