

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

**EHEMALIGE MÜGGELSCHLÖSSCHEN SEKUNDARSCHULE, ALFRED-
RANDT-STRASSE 54**

Berlin, den 20. Oktober 2014
BN00149.102

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

INHALTSVERZEICHNIS

1. AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE	5
2. BASISDATEN DER MÜGGELSCHLÖSSCHEN-SEKUNDARSCHULE	6
2.1 Objektbeschreibung	6
2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes	7
2.2.1 Wärme	7
2.2.2 Strom	8
2.2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes	9
3. BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDES DES GEBÄUDES	10
3.1 Fotodokumentation	10
3.2 Vorbemerkungen und Hinweise	12
3.3 Gebäudehülle	12
3.3.1 Vorbemerkung	12
3.3.2 Bodenplatte	12
3.3.3 Außenwände	12
3.3.4 Fenster	13
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	18
4.2.2 Außenwände	19
4.2.3 Fenster und Sonnenschutz	19
4.2.4 Außentüren	19
4.2.5 Dach	19
4.3 Sanierung der technischen Anlagen	20
4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	20
4.3.2 Beleuchtung	20
4.3.3 Energieträger	20
4.4 Schätzung der Investitionskosten	20
4.5 Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	24
4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	24
4.7 Sanierungsempfehlungen	28

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	14
Tabelle 2: Heizenergiebedarf des Schulgebäudes für das Normklima Berlins	15
Tabelle 3: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	22
Tabelle 4: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	23
Tabelle 5: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	25
Tabelle 6: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (alle Kostenangaben inklusive Mehrwertsteuer)	26

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Fernwärmeverbrauch des Müggelschlösschen-Schulkomplexes in den Jahren 2011 bis 2013	7
Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂) infolge Fernwärmeverbrauch	7
Abbildung 3: Stromverbrauch der ehemaligen Müggelschlösschen-Sekundarschule in den Jahren 2011 bis 2013	8
Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂ -Äquivalent) infolge Stromverbrauch	8
Abbildung 5: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Hauptgebäudes der ehemaligen Müggelschlösschen-Sekundarschule	15
Abbildung 6: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Hauptgebäudes der ehemaligen Müggelschlösschen-Sekundarschule	16
Abbildung 7: Beurteilung des Ist-Zustandes des Hauptgebäudes der ehemaligen Müggelschlösschen-Sekundarschule	17
Abbildung 8: 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, 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 und Vorgehensweise

Das Bezirksamt Treptow-Köpenick von Berlin möchte seinen Gebäudebestand energetisch modernisieren, um dessen Energieverbrauch, die damit verbundenen Energiekosten und die infolge des Energieverbrauchs emittierten 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/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 Treibhausgas-einsparungen ermittelt, die Wirtschaftlichkeit der Varianten bewertet und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet.

2. Basisdaten der Müggelschlösschen-Sekundarschule

2.1 Objektbeschreibung

Bezeichnung des Objekts: Hauptgebäude der ehemaligen Müggelschlösschen-Sekundarschule

Foto des Objekts:



Standort: Alfred-Randt-Straße 54, 12559 Berlin

Nutzung: Bis ca. 2000 Schulnutzung, seitdem diverse Zwischennutzungen, z.Z. bereichsweise Zwischennutzungen durch Vereine, Künstler u.a. und als Lager im EG sowie 1. und 2.OG

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude
Erdgeschoss und 4 Obergeschosse, vollständig beheizbar, derzeit nur EG sowie 1. und 2. OG teilweise beheizt

Bruttogrundfläche: 3.810 m²

Baujahr: 1981

Sanierung Gebäude: Keine

Sanierung Heizungsanl.: 1999 (Leitungsämmung, Speicher- und Pumpenaustausch)

Heizenergieerzeugung: Fernwärmeübergabestation

Warmwasserbereitung: Fernwärme, Speicherladesystem

Lüftung: Freie Lüftung

Angaben zum Leerstand: 3. und 4.OG seit ca. 2000 leer stehend, EG-2.OG bereichsweise leer stehend

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 04.02.2014

2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

2.2.1 Wärme

Die ehemalige Müggelschlösschen-Sekundarschule wird mit Fernwärme von Vattenfall versorgt. Das Gebäude wird jedoch nur bereichsweise beheizt. Auf dem Areal der Sekundarschule befindet sich noch ein baugleiches Gebäude, das als Grundschule genutzt wird (Müggelschlösschen-Grundschule, Alfred-Randt-Straße 56), eine Turnhalle sowie ein Jugendzentrum. Die Wärmeverbräuche für Heizung und Warmwasserbereitung wurden für alle 4 Gebäude gemeinsam erfasst, so dass keine gebäudebezogenen Beurteilungen der Verbrauchsmengen vornehmbar sind.

Eine flächenanteilige Aufteilung der Wärmeverbrauchsmengen auf die 4 Gebäude wurde nicht vorgenommen, da die Zahlen aufgrund der unterschiedlichen Gebäudenutzungen und daraus resultierenden Verbräuche nicht aussagekräftig wären. Für eine detaillierte gebäudebezogene Analyse der Verbrauchsdaten wäre eine gebäudebezogene Erfassung der Wärmeverbräuche erforderlich. Im folgenden Diagramm ist daher der Wärmeverbrauch für den Gesamtkomplex für die Jahre 2011-2013 angegeben.



Abbildung 1: Fernwärmeverbrauch des Müggelschlösschen-Schulkomplexes in den Jahren 2011 bis 2013

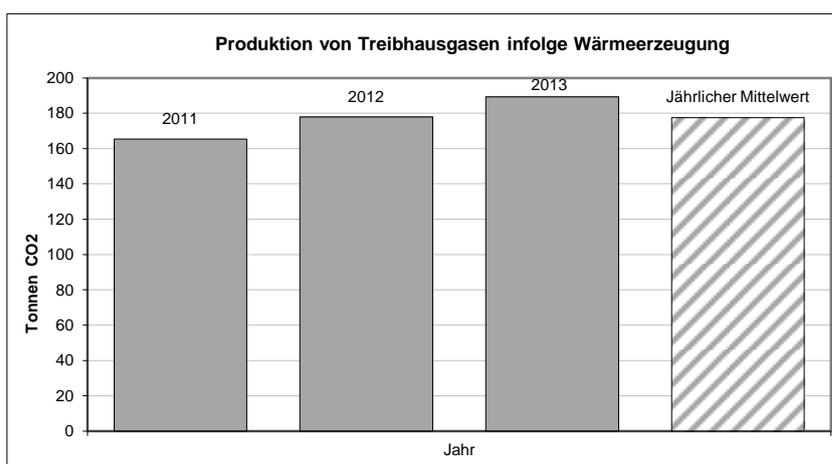


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂) infolge Fernwärmeverbrauch¹

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

2.2.2 Strom

Für die Jahre 2011-2013 wurden die nachstehend dargestellten Stromverbräuche abgerechnet. Hierbei handelt es sich allein um die Stromverbräuche der ehemaligen Müggelschlösschen-Sekundarschule, die über einen eigenen Zähler verfügt. Abbildung 3 ist zu entnehmen, dass der Stromverbrauch der ehemaligen Sekundarschule stark schwankt, was mit der variierenden Nutzung erklärbar ist. Abbildung 4 zeigt die infolge der Stromherstellung produzierten Treibhausgasemissionen.

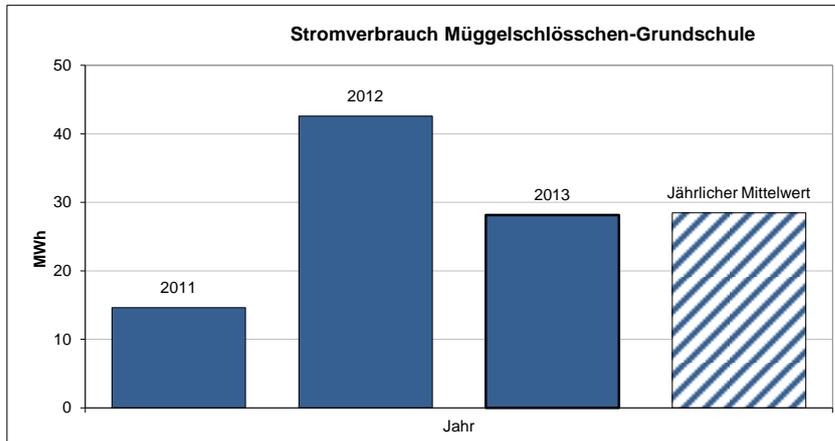


Abbildung 3: Stromverbrauch der ehemaligen Müggelschlösschen-Sekundarschule in den Jahren 2011 bis 2013

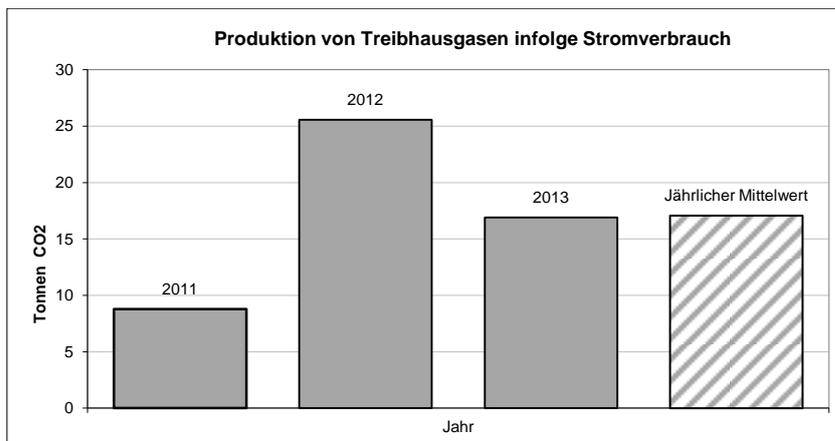


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent) infolge Stromverbrauch²

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 [12].

Für den Heizwärmeverbrauch des Schulkomplexes kann der Vergleich dem Bericht zur Müggelschlösschen-Grundschule entnommen werden. Für den Stromverbrauch der ehemaligen Sekundarschule ist kein sinnvoller Kennwertevergleich möglich, da es keine Nutzungskategorie gibt, die die variierende Nutzung der Schule sinnvoll abbildet.

3. Bewertung des Ist-Zustandes des Gebäudes

3.1 Fotodokumentation



Ost-Ansicht



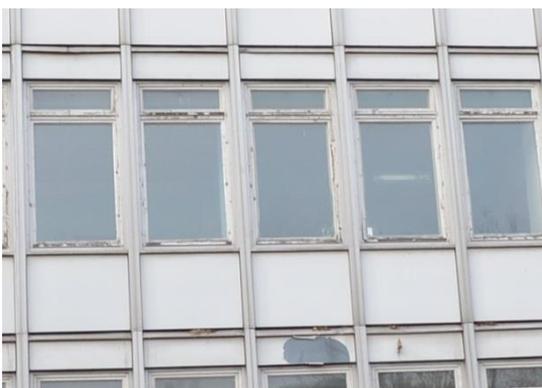
Süd-Ost-Ansicht



Westfassade (Gebäuderückseite)



Nordfassade



Zustand der Fenster



Exemplarischer nichtgenutzter Raum mit herausgefallenen Fensterscheiben



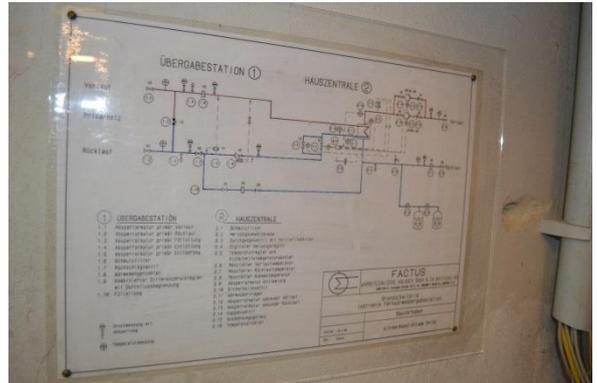
Westfassade mit provisorisch verschlossenen Fensteröffnungen



Warnhinweis zu herausfallenden Fensterscheiben



Wärmezentrale



Anlagenschema Übergabestation und Hauszentrale



Wärmeverteilung und Warmwasserspeicher



Leistungsgeregelte Pumpe

3.2 Vorbemerkungen und Hinweise

Bei der Begehung der ehemaligen Müggelschlösschen-Sekundarschule wurden verschiedene Zustände beobachtet, auf die schnellstmöglich reagiert werden muss.

Erstens befinden sich die alten Holzfenster in einem derart schlechten baulichen Zustand, dass diverse Fensterscheiben bereits herausgefallen sind und weitere herausfallen werden. Vor dem Hintergrund, dass das Gebäude noch genutzt wird und in der unmittelbaren Nachbarschaft eine Grundschule und ein Jugendclub liegen, sollten schnellstmöglich umfassende Sicherungsmaßnahmen eingeleitet werden.

Zweitens wurde festgestellt, dass ungenutzte Räume, deren Fenster z.T. auch nicht dicht schlossen, auf höchster Stufe beheizt wurden und dies vermutlich auch über längere Zeiträume. Das Nutzungskonzept für das Gebäude sollte überdacht werden und bis dahin sollte der Hausmeister der Grundschule den Zustand der ehemaligen Sekundarschule regelmäßig kontrollieren und die Heizung in ungenutzten Räumen auf das notwendige Minimum reduzieren.

Schließlich wird in einem indirekt beheizten Warmwasserspeicher Warmwasser bevorratet, obwohl im Gebäude kein Warmwasserbedarf vorhanden ist. Der Speicher sollte abgeschaltet werden, um die Warmwasser-Bereitstellungsenergie einzusparen.

3.3 Gebäudehülle

3.3.1 Vorbemerkung

Beim Gebäude der ehemaligen Müggelschlösschen-Sekundarschule handelt es sich um eine 1981 errichtete Schule in Stahlbetonskelettbauweise (DDR-Typen- bzw. Plattenbau). Für die Schule liegen neben Grundrissen keine weiteren Bauunterlagen mehr vor. Entsprechend den Vorschriften des Merkblatts zur Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten des BMU wurden die Bauteildaten daher überschläglich anhand von Bauteiltypologien erhoben. Als Datengrundlage wurden dabei die Datenaufnahmeregeln des BMVBS für Nichtwohngebäude [1] verwendet. Aufgrund ähnlich strenger Wärmeschutzvorschriften in Ost- und Westdeutschland (die lediglich etwas zeitlich versetzt in Kraft traten) können diese Datenaufnahmeregeln abschätzend sowohl für Gebäude in der ehemaligen DDR als auch der ehemaligen BRD verwendet werden.

3.3.2 Bodenplatte

Für den an das Erdreich grenzenden Fußboden des Erdgeschosses ist nach [1] von einem U-Wert der $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auszugehen. Eine gewisser Wärmeschutz ist damit bereits vorhanden, die heutigen Anforderungen sind jedoch höher. (Ein U-Wert von $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ist nur mit einer dünnen Wärmedämmung, wie sie z.B. eine Trittschalldämmung darstellt, erzielbar. Ob diese tatsächlich vorhanden ist, konnte nicht festgestellt werden.)

3.3.3 Außenwände

Für die Außenwände darf der U-Wert nach [1] zu $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angenommen werden. (Anhand von Typenunterlagen für Plattenbauschulen lassen sich etwas günstigere U-Werte abschätzen, die jedoch hier nicht verwendet werden, weil keine vollständige Unterlage vorhanden ist.)

Die Wärmeschutzqualität der Außenwände ist schlechter als der derzeitige Anspruch an die Wärmeschutzeigenschaften von Wänden. Aufgrund der bereits vorhandenen Dämmschichten entweicht aber prozentual weniger Wärme über die Außenwände als bei älteren Gebäuden ohne Dämmung.

Die Fassade weist an vielen Stellen deutliche Schäden wie Betonabplatzungen auf, so dass dort zum Teil der Bewehrungsstahl nicht mehr mit Beton überdeckt ist. Außerdem weisen die Plattenfugen z. T. Schäden auf. An Brüstungselementen blättern die Farbbeschichtungen großflächig ab.

3.3.4 Fenster

Bei allen Fenstern handelt es sich noch um bauzeitliche 2-Scheiben-Verbundfenster mit Holzrahmen, 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 wärmetechnischen Anforderungen entsprechen. Die Fensterrahmen sind nicht mit Lippendichtungen versehen, so dass von erhöhten Lüftungswärmeverlusten auszugehen ist. Ihr Zustand ist außenseitig in großen Bereichen sehr schlecht. Der Schutzanstrich wäre dringend zu erneuern, es bröckelt der Fensterkitt und Glasscheiben fallen heraus. Der thermische Komfort der Nutzer ist aufgrund von Undichtigkeiten stark eingeschränkt.

Es liegen keine Nutzerklagen über einen fehlenden Sonnenschutz vor.

3.3.5 Außentüren

Bei den Eingangstüren handelt es sich um Metalltüren mit einfachverglasten Fenstern, deren U-Wert gemäß [1] mit $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ anzunehmen ist und damit über den heutigen Anforderungen liegt. Zudem schließen sie undicht.

3.3.6 Dach

Laut [1] kann für das Stahlbetondach von einem U-Wert von $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ ausgegangen werden. Dieser Wert wird durch Typenunterlagen bestätigt. Das Dach erfüllt damit nicht die heutigen wärmetechnischen Anforderungen.

3.3.7 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

Kein Außenbauteil erfüllt die Anforderungen, die nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2014 an zu sanierende Bauteile eines Nichtwohngebäudes gestellt werden.³ Die wärmetechnische Qualität der Gebäudehülle im derzeitigen Zustand ist insgesamt nicht ausreichend. Es besteht daher 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. Über die Fenster und Türen ist aufgrund fehlender Lippendichtungen von erhöhten Lüftungswärmeverlusten infolge Gebäudeundichtigkeit auszugehen, die durch eine Luftwechselrate von $1,0/\text{h}$ (vgl. Tabelle 1) berücksichtigt werden.

3.4 Technische Anlagen

3.4.1 Bestandsaufnahme

Die ehemalige Müggelschlösschen-Sekundarschule wird über Fernwärme beheizt. Auch die Warmwassererzeugung erfolgt mittels Fernwärme. Die Fernwärmeübergabestation und die Hauszentrale befinden sich im Erdgeschoss. Von dieser Station werden auch die Müggelschlösschen-Grundschule einschließlich ihrer Turnhalle sowie der benachbarte Jugendclub mit Wärme versorgt.

³ Gleichermaßen werden auch die Anforderungen, die laut EnEV für die Bauteile eines Neubaus gelten, nicht erfüllt.

Die Wärmeleitungen sind bis auf kurze Zwischenstücke und Armaturen gut gedämmt. Hocheffizienzpumpen regeln die Umwälzung des Heizungswassers. Laut Aussage des Hausmeisters wurde ein hydraulischer Abgleich der Anlage vorgenommen. Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt durch überwiegend an den Außenwänden angeordnete Gliederheizkörper mit regelbaren Thermostatventilen.

Obwohl kein Warmwasserabnehmer vorhanden ist, wird durchgängig Warmwasser bereitete und gespeichert. Hierfür steht ein indirekt beheizter Buderus TBS-Isocal-Warmwasserspeicher mit einem Volumen von 300 Litern zur Verfügung, der im Jahr 1999 eingebaut wurde.

Die Beleuchtungsanlage des Dienstgebäudes besteht zum großen Teil aus nicht modernisierten Deckenleuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen, die mit verlustarmen oder konventionellen Vorschaltgeräten ausgestattet sind. Regeleinrichtungen sind nicht vorhanden.

3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Da die für die Wärmeerzeugung verwendete Fernwärme im Berliner Vattenfallnetz zu über 90% aus Kraft-Wärme-Kopplung gewonnen wird, handelt es sich um einen primärenergetisch sehr günstigen Energieträger, der vom Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz (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. Allerdings haben wesentliche Komponenten ihre mittleren Lebensdauern nach VDI 2067 [8] bereits erreicht, so dass Erneuerungsinvestitionen anstehen.

Sollte das Gebäude weiterhin ohne Warmwasserbedarf leer stehen, so ist der indirekt beheizte Warmwasserspeicher abzustellen, um Bereitschaftswärmeverluste einzusparen.

Die Beleuchtungsanlage des Schulgebäudes ist wie beschrieben kaum saniert und verfügt nicht über die derzeit mögliche Energieeffizienz. Weitere Modernisierungsmaßnahmen sind daher empfehlenswert.

3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich

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

Tabelle 1: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	19°C
Luftwechselrate	1,0/h (alle Fenster ohne Abdichtung)
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5 W/m ²
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m ² K)
Heizungsanlage	Fernwärmeübergabestation
Warmwasserbedarf	-

Ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte konnte nicht durchgeführt werden, da sich der abgerechnete Fernwärmeverbrauch neben dem untersuchten Hauptgebäude der Schule auch auf die Sporthalle, die benachbarte Sekundarschule und den benachbarten Jugendclub bezieht, über die jedoch nur z. T. Informationen zur energetischen Qualität erhoben wurden. Zudem ist die Nutzung der ehemaligen Sekundarschule zeitlich und flächenanteilig wechselhaft, sodass keine plausible Annäherung getroffen werden kann. Die folgende Tabelle zeigt daher nur den berechneten Heizenergiebedarf, der sich bei einer schulähnlichen Nutzung des Gebäudes ergeben würde.

Tabelle 2: Heizenergiebedarf des Schulgebäudes für das Normklima Berlins

Endenergiebedarf Fernwärme MWh/a	463,7
----------------------------------	-------

3.6 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes

Für den beschriebenen Ist-Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen des Schulgebäudes berechnet sich die nachfolgende Energiebilanz. Da kein detaillierter Abgleich der berechneten Bedarfsgrößen mit den Verbrauchswerten erfolgen konnte und die Nutzung des Gebäudes variabel ist, ist von einer merklichen Abweichung zwischen dem berechneten Bedarf und dem tatsächlichem Verbrauch auszugehen. Die Bilanz ist daher als eine auf der Grundlage der vorliegenden Informationen vorgenommene Abschätzung des individuellen Energiebedarfs des Schulgebäudes bei einer schulähnlichen Nutzung ohne Warmwasserbedarf zu verstehen. Abbildung 5 zeigt anhand der Energiebilanz des Gebäudes anschaulich, welchen Anteil die einzelnen Bauteilgruppen am Gesamtwärmeverlust haben und welche Wärmegewinne und –zufuhr diesen gegenüber stehen. Es ist deutlich ablesbar, dass hohe Wärmeverluste über die undichte Gebäudehülle entstehen und auch die Fenster an sich hohe Transmissionswärmeverluste verursachen. Abbildung 6 fasst diese Angaben zusammen und ergänzt sie um die für die Wärmeerzeugung auftretenden Primärenergieverluste.

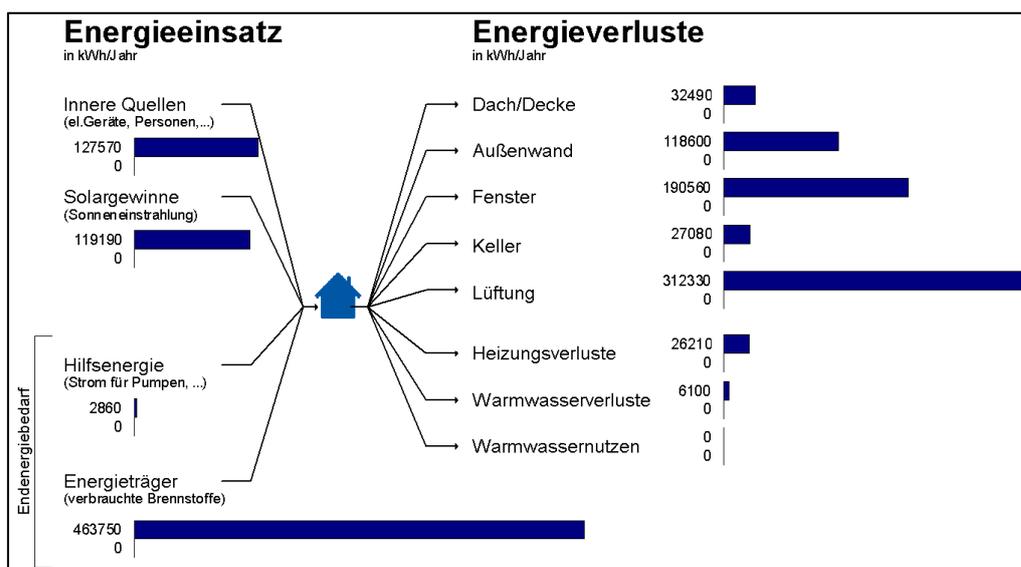


Abbildung 5: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Hauptgebäudes der ehemaligen Müggelschlösschen-Sekundarschule

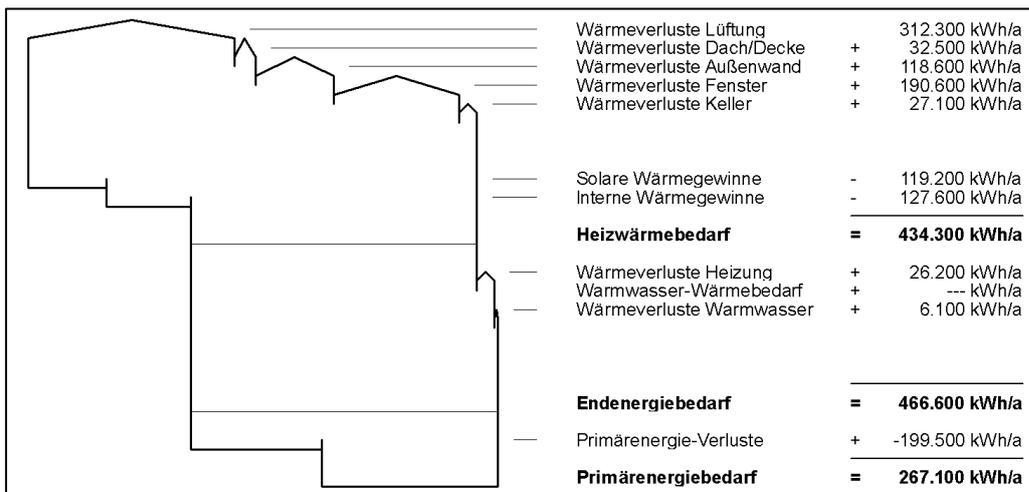


Abbildung 6: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Hauptgebäudes der ehemaligen Müggelschlösschen-Sekundarschule

Die folgende Grafik stuft den energetischen Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen sowie den Umfang der Treibhausgasemissionen des Schulgebäudes anhand der Berechnungsergebnisse anschaulich und übersichtlich ein. Für die Anlagentechnik wird hierbei der Primärenergiebedarf bewertet.⁴ Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.

⁴ 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 Referenzdurchführungen 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.

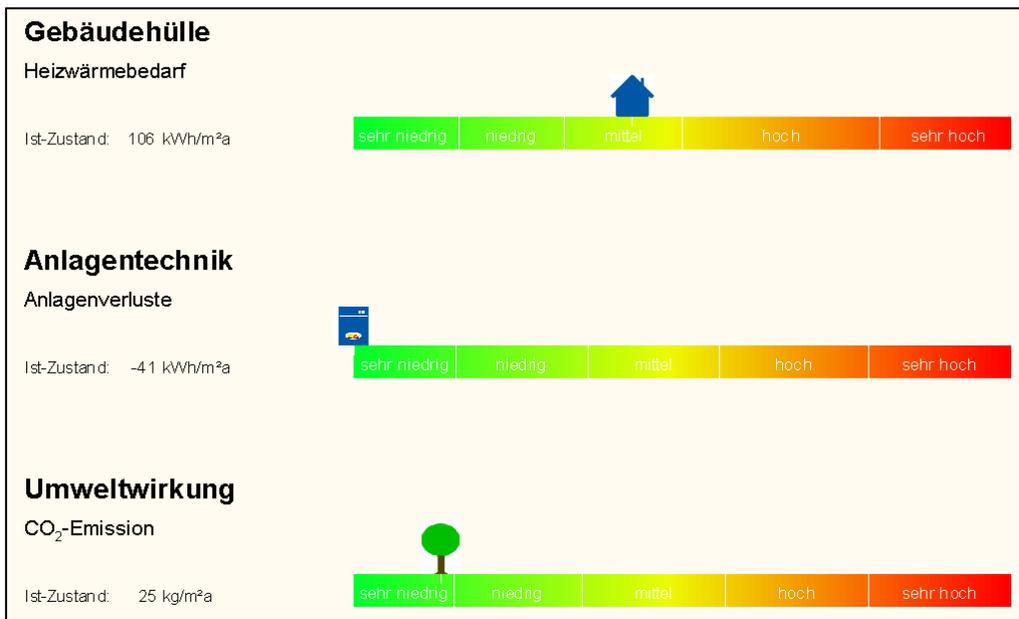


Abbildung 7: Beurteilung des Ist-Zustandes des Hauptgebäudes der ehemaligen Müggelschlösschen-Sekundarschule

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im mittleren Bereich spiegelt sich die Tatsache, dass die Bauteile bauzeitlich bereits mit einer gewissen Wärmedämmung ausgestattet wurden. Gleichwohl zeigt sich ein deutliches 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 insgesamt 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 als günstig eingestuft. Ein weiteres Einsparpotential ist gleichwohl vorhanden.

4. Energiesparmaßnahmen und Sanierungsoptionen

4.1 Grundlegendes

Wie beschrieben befindet sich die Gebäudehülle des Gebäudes z.T. in einem sehr schlechten Zustand. Vor der Ausführung von energetischen Sanierungsmaßnahmen an der Fassade sind zunächst die zahlreichen Schäden an den tragenden Stahlbetonplatten der Fassaden zu beseitigen. Darüber hinaus besteht auch im Gebäudeinneren ein enormer baulicher Sanierungsbedarf. So sind die Sanitäreinrichtungen z.T. in einem extrem schlechten Zustand. Auch die ehemaligen Klassenzimmer müssten vor einer erneuten Schulnutzung komplett überarbeitet werden. Vor der Planung von energetischen Sanierungsmaßnahmen ist für dieses Gebäude sehr genau zu prüfen, ob eine Weiternutzung sinnvoll und wirtschaftlich ist und wie diese erfolgen soll.

Den im Folgenden beschriebenen energetischen Sanierungsmaßnahmen liegt die Annahme zugrunde, dass das Gebäude wieder einer vollständigen Nutzung ähnlich einer Schulnutzung zugeführt wird. Bei einer weiteren Teilnutzung sind sie nicht empfehlenswert.

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich wie berichtet um einen DDR-Typenbau, der in Berlin in großer Anzahl errichtet und auch bereits saniert wurde. Es empfiehlt sich, die Sanierungserfahrungen und Planungsunterlagen bezirksübergreifend zu sammeln und für zukünftige Sanierungen als Planungshilfe zur Verfügung zu stellen.

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 einbindbar sind. Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung wird dabei im Sinne des Erneuerbare Energien Wärmegesetzes [10] als Ersatzmaßnahme für erneuerbare Energien angesehen.

4.2 Sanierung der Gebäudehülle

4.2.1 Bodenplatte

Über die Bodenplatte geht aufgrund ihrer vorhandenen Wärmeschutzqualität, ihres Angrenzens an das Erdreich und ihrer anteilig geringen Fläche nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Dennoch wäre es energetisch günstig, sie außerhalb der Technikräume oberseitig mit einer druckfesten Dämmung zu versehen. Es ist zu beachten, dass diese Maßnahme mit vorübergehenden Nutzungseinschränkungen und ggf. erforderlichen Anpassungsmaßnahmen einhergeht. Mit einer 3 cm dicken oberseitigen Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 könnte der wärmetechnische Standard der Bodenplatte entsprechend den aktuellen Anforderungen der EnEV ($U=0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) aufgerüstet werden. Eine Sanierung auf KfW-Standard mit einem U-Wert von $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ würde eine etwa 10 cm dicke Dämmung gleicher Leitfähigkeit (oder entsprechend dünnere Dämmung geringerer Leitfähigkeit) erfordern. Über der Dämmung wären eine Dampfsperre und eine lastverteilende Schicht, z.B. Nassestrich, erforderlich. In Abhängigkeit der zukünftigen Nutzung ist zu prüfen, ob nach Einbau der zusätzlichen Fußbodenschichten eine der Nutzung angemessene lichte Raumhöhe verbleibt. Da das Gebäude weitgehend leer steht ist im Zuge der Sanierung der Bodenplatte nicht mit deutlichen Nutzungseinschränkungen zu rechnen, so dass die Maßnahme empfohlen wird. Um die hierbei entstehende Wärmebrücke zur Außenwand zu minimieren, ist die Außenwand außenseitig bis zur Unterkante des Fundaments mit einer Perimeterdämmung zu versehen.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.2 Außenwände

Die Außenwandelemente sind entsprechend ihrer großen Fläche für einen großen Teil der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle verantwortlich. Da sie jedoch bereits gedämmt ausgeführt wurden, sind ihre wärmetechnischen Eigenschaften deutlich besser als bei ungedämmten Wänden. Zur Sanierung wird empfohlen, ein außenseitiges Wärmedämmverbundsystem auszuführen, das aufgrund der großflächigen Fassadengestaltung vergleichsweise einfach und damit kostengünstig aufzubringen ist. Bereits mit einer 14 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW ($U=0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) erreicht.⁵ Vor der Durchführung der Sanierungsmaßnahme sind zunächst die bestehenden Fassadenschäden zu beseitigen.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.3 Fenster und Sonnenschutz

Es wird der Austausch der alten Verbundfenster empfohlen, da ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften bei weitem nicht den heutigen Anforderungen genügen und sie sich zum großen Teil in einem sehr schlechten baulichen Zustand befinden. Zudem entstehen erhöhte Lüftungswärmeverluste, da sie nicht mit Lippendichtungen versehen sind und teilweise nicht mehr richtig schließen. Das Einsparpotential ist daher beträchtlich. Zur Einhaltung der KfW-Anforderungen wäre der Einbau einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert von maximal $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erforderlich. Für die Einhaltung der EnEV 2014 ist eine 2-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert von maximal $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ausreichend.

Je nach Nutzung und Nutzungszeit der Klassenzimmer ist zu entscheiden, ob ein außenliegender Sonnenschutz vorzusehen ist. Bei einer Nachmittagsnutzung der Räume ist er aufgrund der Westausrichtung der Fenster empfehlenswert, um die solaren Einträge in die Räume wirksam zu reduzieren. Optimal geeignet sind lichtlenkende Lamellenbehänge mit automatischer Steuerung, die im Sommer am frühen Morgen automatisch zufahren und dann manuell nach Bedarf geöffnet werden können.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.4 Außentüren

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

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.5 Dach

Aufgrund der vorhandenen bauzeitlichen Dämmung geht über das Dach ein relativ geringer Wärmeanteil verloren. Dieser kann durch zusätzliche Dämmung auf den von der KfW geforderten U-Wert von $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ weiter reduziert werden. Hierfür wäre zusätzlich eine 18 cm dicke Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

⁵ Ggf. muss die Dämmstoffdicke zur Berücksichtigung von Wärmebrücken infolge Dübeln geringfügig vergrößert werden.

4.3 Sanierung der technischen Anlagen

4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

Eine Sanierung der Heizungsanlage in energetischer Hinsicht ist nicht erforderlich. Da wesentliche Komponenten ihre mittleren Lebensdauern nach VDI 2067 [8] bereits erreicht haben, stehen jedoch Erneuerungsinvestitionen an. Bei der Planung der Erneuerung sind die Anforderungen der dann gültigen Energieeinsparverordnung an Verteilungseinrichtungen und Warmwasseranlagen zu beachten. Es sollten auch die technischen Mindestanforderungen der KfW berücksichtigt werden, um der übergeordneten Zielsetzung des Niedrigstenergieverbrauchs Rechnung zu tragen.

Vor der Planung und Durchführung von Erneuerungsinvestitionen sollte überprüft werden, ob die Warmwasserbereitung im Speicherladeprinzip beibehalten wird oder eine Umstellung auf ein dezentrales elektrisches System erfolgt, das bedarfsabhängig gesteuert wird und ggf. energetisch günstiger ist. Hierfür ist es sinnvoll, zuvor als Planungsgrundlage über einen repräsentativen Zeitraum den Trinkwarmwasserverbrauch zu erfassen. Bei Beibehaltung eines zentralen Systems mit Zirkulation sollte eine Zeitregelung integriert werden, um die Zirkulation nur bei Bedarf zu betreiben. Hierbei sind hygienische Randbedingungen zu beachten.

→ **Sanierung derzeit nicht empfohlen**

4.3.2 Beleuchtung

Es wird empfohlen, die Erneuerung der Beleuchtung fortzusetzen und alte Leuchten gegen moderne Spiegelrasterleuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) oder Leuchten mit LED-Technik auszutauschen.

In Unterrichtsräumen sollten die Lampenreihen einzeln schaltbar sein und über eine tageslichtabhängige Regelung verfügen, die das Kunstlicht bei ausreichendem Tageslichtangebot komplett abschaltet. (Wenn das Tageslichtangebot nicht mehr ausreicht, muss die Beleuchtung manuell wieder eingeschaltet werden.) Dieses System ist energieeffizient und laut [16] auch wirtschaftlich.

→ **Sanierung 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. Eine überschlägliche Kalkulation der möglichen solaren Stromerträge mit einem Online-Tool⁶ führt zu dem Ergebnis, dass der mittlere ausgewiesene Stromverbrauch von 25.300 kWh rechnerisch vollständig regenerativ gedeckt werden könnte. Die Anlage würde sich nach etwa 10 Jahren amortisieren.

4.4 Schätzung der Investitionskosten

In Tabelle 3 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

⁶ <http://www.solaranlagen-portal.com/solar/solarrechner>

energierrelevanter Bau- und technischer Anlagenteile bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/Bundesliegenschaften hinterlegten Kostenfunktionen 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 4 werden die aktuell empfehlenswerten investiven Einzelmaßnahmen zu sinnvollen Maßnahmenpaketen zusammengefügt. Diese Sanierungsvarianten werden in Kapitel 0 wirtschaftlich und im Hinblick auf ihr Energieeinsparpotential bewertet. Es sei 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 3: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle

Sanierungsmaßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Oberseitige Dämmung der Bodenplatte	Aufbringen einer oberseitigen Dämmung (außer Haustechnikräume) mit oberseitiger Dampfsperre und Zementestrich	Einzelpreis:	43 €/m ²
		Anzahl:	646 m ²
	Kosten für den Neuaufbau weiterer Bodenaufbauschichten werden nicht angesetzt, da diese ohnehin anfallen	Gesamtpreis:	27.649 €
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,25 W/(m²K)		
Dämmung der Außenwände (WDVS)	Aufbringen eines WDVS mit 14 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebearbeiten:	Einzelpreis:	102 €/m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds 	Fläche:	1.800 m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör 	Gesamtpreis:	182.880 €
	<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 		
	Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da die Fassade ohnehin zu überarbeiten ist		
	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-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen, U ≤ 0,95 W/(m²K)		Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:	988 €/Stk
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster 		Anzahl:*	382 Stk
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 		Gesamtpreis:	377.290 €

* 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.

** 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.

Austausch der Außentüren	Demontage und Entsorgung der alten Eingangstürelemente, Einbau neuer Türelemente	Einzelpreis:	7.500	€/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Türelemente 	Anzahl:	2	Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Gesamtpreis:	15.000	€
U-Wert des sanierten Bauteils: U = 1,3 W/(m²K)				
Dämmung des Dachs	Dachdämmung und Erneuerung der Dachhaut	Einzelpreis:	149	€/m²
		Anzahl:	762	m²
		Gesamtpreis:	71.780	€
U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,14 W/(m²K)				

(Fortsetzung von Tabelle 3)

Tabelle 4: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

Sanierungsmaßnahmen		Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Austausch der alten Fenster durch Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	377.290 €
	Austausch der alten Eingangstüren	Türen:	15.000 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen, hydraulischer Abgleich	Anlagen:	-
			392.290 €
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	392.290 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	182.880 €
			575.170 €
Variante 3	wie Variante 2	Variante 2:	575.170 €
	zusätzlich Dämmung des Dachs	Dach:	71.780 €
			646.951 €
Variante 4	wie Variante 3	Variante 3:	646.951 €
	zusätzlich Dämmung der Bodenplatte	Bodenplatte:	27.649 €
			674.600 €

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

Die Berechnungen werden ohne Kalkulationszinssatz geführt, um zu berücksichtigen, dass dem Bezirksamt bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen i.d.R. selbst keine Kapitalkosten entstehen.⁷ Darüber hinaus befinden sich die Kreditzinsen insbesondere für die öffentliche Hand seit längerem auf einem so niedrigen Niveau, dass die zusätzlichen Kosten bei Kreditfinanzierung der Maßnahmen geringfügig und in der Gesamtbetrachtung vernachlässigbar sind.⁸

Die den Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zugrunde gelegten Energiepreise berechnen sich aus dem jeweiligen rechnerischen Energiebedarf (und nicht dem tatsächlichen Verbrauch) sowie dem Preisansatz pro Kilowattstunde aus den aktuellen Verbrauchsabrechnungen des untersuchten Objekts.⁹

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

Die folgende Tabelle fasst wesentliche Eingangsparameter der Wirtschaftlichkeitsberechnungen noch einmal zusammen. In Tabelle 6 sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammengestellt. Abbildung 8 dokumentiert die mit der jeweiligen Sanierungsvariante erzielbaren Einsparungen anschaulich.

Tabelle 5: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	41.196 €	Kalkulationszinssatz:	0%

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

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

⁹ Fernwärme: 8,7 ct/kWh, Strom: 24,5 ct/kWh, jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht mit auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

Tabelle 6: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (alle Kostenangaben inklusive Mehrwertsteuer)

Variante	Investitionskosten energetische Sanierung [€]	Energiekosten nach Sanierung [€]	im Nutzungszeitraum				Investitionskosten je jährlich eingesparte MWh Energie [€/(MWh/a)]	Amortisations- dauer [Jahre]	
			Energiekosten- einsparung [€]	Gesamtkosten- einsparung [€]	Mittlere jährl. Energiekostenein- sparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]			Energiekostenein- sparung je 1.000 € Investitionskosten [€]
1	466.825	25.761	1.524.640	1.057.815	38.116	1.101	3.266	2.634	20
2	684.453	19.253	2.167.480	1.483.027	54.187	1.565	3.167	2.717	21
3	684.453	17.658	2.325.000	1.640.547	58.125	1.679	3.397	2.533	21
4	717.355	16.625	2.427.040	1.709.685	60.676	1.752	3.383	2.543	21

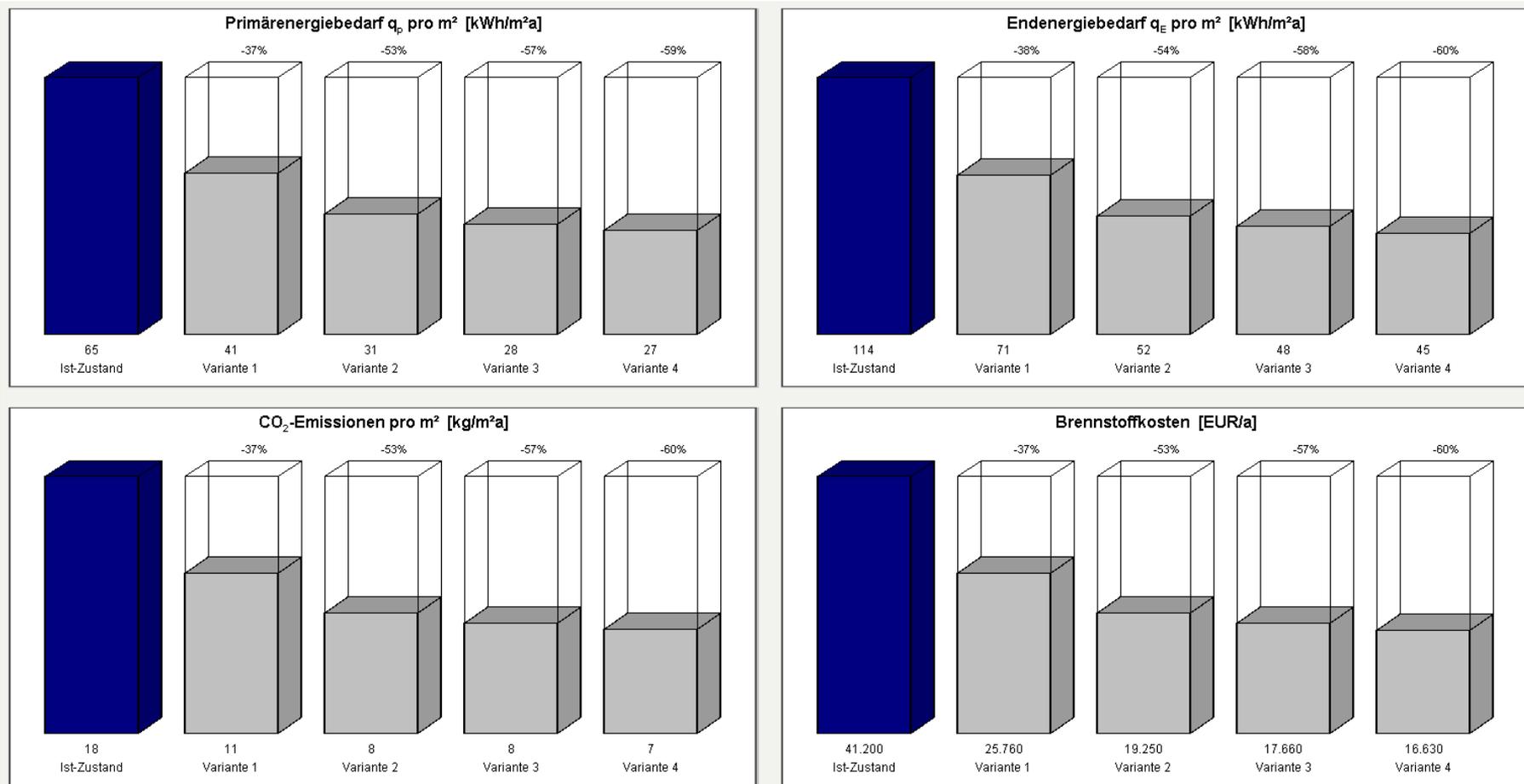


Abbildung 8: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO_2 - und Brennstoffkostenreduktionen

4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich alle vier Maßnahmenpakete etwa zu dem Zeitpunkt amortisiert haben, zu dem die sanierten Bauteile die Hälfte ihrer Lebensdauer erreicht 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 4 am größten. Dementsprechend weist diese Variante auch die größte jährliche Einsparung auf.

Wegen der ähnlichen Amortisationsdauern aller Maßnahmen und den Förderzielsetzungen nach [2] wird empfohlen, Variante 3 oder Variante 4 aufgrund der hiermit verbundenen größten Energie- und Treibhausgaseinsparungen auszuführen.

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.

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

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.

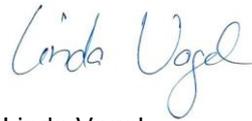
Die vorliegende Untersuchung ersetzt keine Ausführungsplanung für die zu sanierenden Bauteile.

CSD INGENIEURE GmbH



Andrea Untergutsch

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen



Linda Vogel

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen (FH)

Berlin, den 20. Oktober 2014