

BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN

KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN

SCHULGEBÄUDE, KÖPENICKER LANDSTRASSE 185A

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 SCHULGEBÄUDE IN DER KÖPENICKER LANDSTR. 185A	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	13
3.3	Gebäudehülle	13
3.3.1	Vorbemerkung	13
3.3.2	Bodenplatte	13
3.3.3	Decke über unbeheizten Kellerräumen	14
3.3.4	Außenwände	14
3.3.5	Innenwände gegen unbeheizte Räume	14
3.3.6	Fenster	14
3.3.7	Außentüren	15
3.3.8	Dach	15
3.3.9	Gesamteinschätzung Gebäudehülle	15
3.4	Technische Anlagen	15
3.4.1	Bestandsaufnahme	15
3.4.2	Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	16
3.5	Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	17
3.6	Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes	18
4.	ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN	20
4.1	Grundlegendes	20
4.2	Sanierung der Gebäudehülle	20
4.2.1	Bodenplatte	20
4.2.2	Decke über unbeheizten Kellerräumen	21
4.2.3	Außenwände	21
4.2.4	Innenwände gegen unbeheizte Räume (Keller, unbeheizter Eingangsbereich)	21
4.2.5	Fenster und Sonnenschutz	22
4.2.6	Außentüren	22
4.2.7	Dach	22
4.3	Sanierung der technischen Anlagen	23
4.3.1	Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	23
4.3.2	Beleuchtung	23
4.3.3	Energieträger	23
4.4	Schätzung der Investitionskosten	24
4.5	Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	27
4.6	Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	27
4.7	Sanierungsempfehlungen	31

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	17
Tabelle 2: Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs	17
Tabelle 3: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	25
Tabelle 4: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	26
Tabelle 5: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	28
Tabelle 6: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (Kosten inkl. Mehrwertsteuer)	29

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Fernwärmeverbrauch des Schulgebäudes und der Turnhalle in den Jahren 2011 bis 2013	7
Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂) infolge Fernwärmeverbrauch	7
Abbildung 3: Stromverbrauch des Schulgebäudes und der Turnhalle 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 Schulgebäudes	18
Abbildung 6: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Schulgebäudes	18
Abbildung 7: Beurteilung des Ist-Zustandes des Schulgebäudes	19
Abbildung 8: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO ₂ - und Brennstoffkostenreduktionen	30

QUELLENVERZEICHNIS

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

PRÄAMBEL

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

CSD geht davon aus, dass

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

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

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

1. Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Das Bezirksamt Treptow-Köpenick von Berlin möchte seinen Gebäudebestand energetisch modernisieren, um dessen Energieverbrauch, die damit verbundenen Energiekosten und die infolge des Energieverbrauchs emittierten Treibhausgasemissionen nachhaltig zu reduzieren. Aus diesem Grund wird für 42 sanierungsbedürftige Liegenschaften die Erstellung eines Klimaschutz-Teilkonzepts vorgenommen, das im Rahmen der Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit finanziell gefördert wird.

Aufgabenstellung der CSD Ingenieure GmbH als Beitrag zum Klimaschutz-Teilkonzept war es, die spezifische Ausgangssituation der Liegenschaften und darauf aufbauend technisch und wirtschaftlich umsetzbare CO₂-Minderungspotentiale aufzuzeigen. Damit soll dargestellt werden, wie kurz-, mittel- und langfristig Klimaschutzpotentiale erschlossen werden können. Für jede Liegenschaft wurde ein separater Untersuchungsbericht wie der vorliegende erstellt. Ergebnis der Untersuchungen ist außerdem eine Prioritätenliste, die die Untersuchungsergebnisse für alle Objekte zusammenfasst und anhand derer das Bezirksamt Treptow-Köpenick entscheiden kann, in welcher Reihenfolge die Liegenschaften am wirtschaftlichsten saniert werden können.

Die 42 zu untersuchenden Gebäude mit Baujahren zwischen 1912 und 1992 umfassen insgesamt eine Bruttogrundfläche von über 113.000 m². Sie sind in den letzten Jahren bereits teilweise modernisiert worden, verfügen jedoch über einen umfangreichen weiteren Sanierungsbedarf. Um diesen aufzuzeigen und zu quantifizieren, wurden für alle Gebäude die im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritte durchgeführt.

Grundlage der Feststellung der energetischen Ausgangssituation jeder Liegenschaft war zunächst die Auswertung ihrer Energieverbräuche über die letzten drei Jahre und deren Vergleich mit den Verbräuchen des deutschen Gebäudebestands. Dies erlaubte eine erste Einschätzung des Energie- und Treibhausgasreduktionspotentials. Als zweiter Schritt folgte eine Gebäudebegehung, bei der der Zustand der Gebäudehülle sowie der haustechnischen Anlagen in energetischer Hinsicht erhoben sowie eine Befragung des zuständigen Hausmeisters/Platzwirts vorgenommen wurden. Auf Grundlage der erhobenen Daten und mittels der vom Bezirksamt zur Verfügung gestellten Grundrisspläne wurde dann für jedes Gebäude eine Energiebilanz erstellt und soweit möglich mit Hilfe der witterungskorrigierten Wärmeverbrauchsdaten justiert. Sodann wurden anhand der Feststellungen vor Ort und der Energiebilanz Energieeinsparmaßnahmen abgeleitet und zu Sanierungsvarianten gebündelt. Abschließend wurden die durch die Sanierungsvarianten realisierbaren Energie- und Treibhausgaseinsparungen ermittelt, die Wirtschaftlichkeit der Varianten bewertet und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet.

2. Basisdaten Schulgebäude in der Köpenicker Landstr. 185a

2.1 Objektbeschreibung

Bezeichnung des Objekts: Schulgebäude, Köpenicker Landstraße 185a

Foto des Objekts:



Standort: Köpenicker Landstrasse 185a, 12437 Berlin

Nutzung: private Grundschule, Ausbildungszentren

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude
Untergeschoss, Erdgeschoss und 1.-3. Obergeschoss annähernd vollständig beheizt

Bruttogrundfläche: 3.931 m²

Baujahr: 1974

Sanierung Gebäudehülle: ca. 1998 Austausch der Fenster in den Sanitärräumen und im Treppenhaus
ca. 1999 Austausch der Fenster auf der Südwest-Seite

Sanierung haustechn. Anlage: 90 er Jahre Austausch der Beleuchtung
ca. 2003 Einbau der Fernwärmestation

Heizenergieerzeugung: Fernwärmeübergabestation

Warmwasserbereitung: Speicherladesystem mit Zirkulation, Energieträger Fernwärme

Lüftung: Freie Lüftung

Angaben zum Leerstand: Leerstand des EG und 1. OG während 2 Wochen im Sommer und am Wochenende

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 26.02.2014

2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

2.2.1 Wärme

Das Schulgebäude in der Köpenicker Landstraße 185a wird mit Fernwärme der BTB Blockheizkraftwerks- Träger und Betreibergesellschaft mbH Berlin versorgt. Das Gebäude wird annähernd vollständig beheizt.

Auf dem Areal des Schulgebäudes befindet sich noch eine Turnhalle. Diese wird in einem separaten Bericht untersucht. Die Wärmeverbräuche für Heizung und Warmwasserbereitung wurden für beide Gebäude gemeinsam erfasst, so dass keine gebäudebezogenen Aussagen treffbar sind. Eine flächenanteilige Aufteilung der Wärmeverbrauchszahlen auf die zwei Gebäude wird nicht vorgenommen, da sich die Gebäude hierfür zu stark in ihrer Nutzung unterscheiden und die Zahlen so 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 das Schulgebäude und die Turnhalle für die Jahre 2011-2013 angegeben.

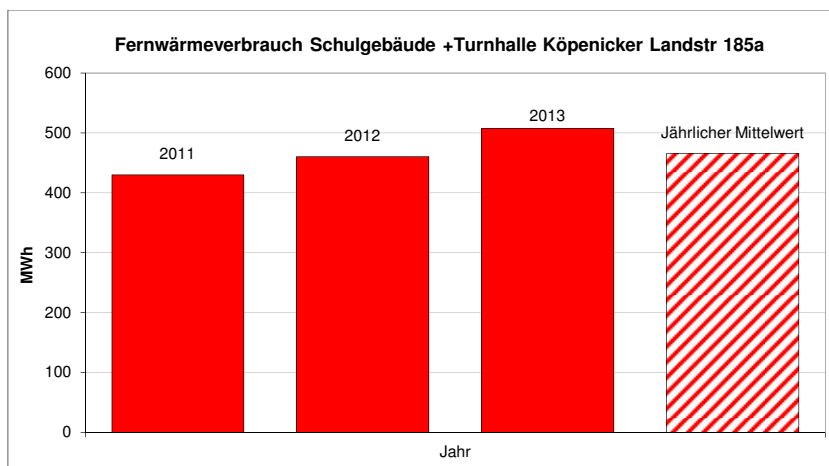


Abbildung 1: Fernwärmeverbrauch des Schulgebäudes und der Turnhalle in den Jahren 2011 bis 2013

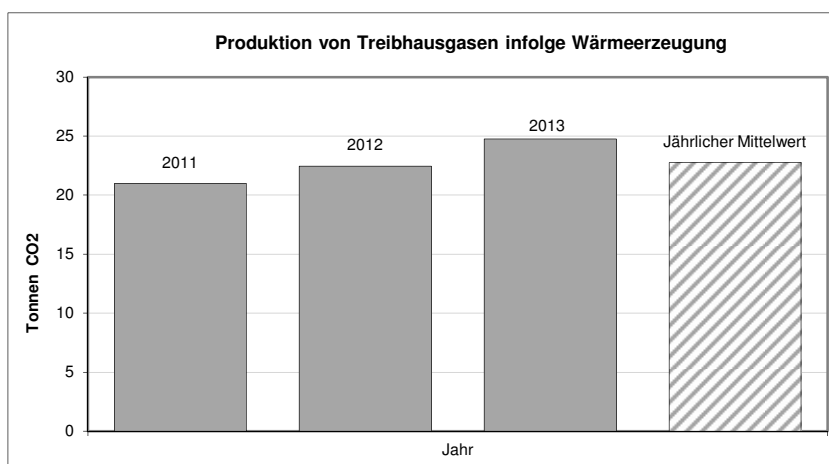


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂) infolge Fernwärmeverbrauch¹

¹ Laut BTB Blockheizkraftwerks- Träger und Betreibergesellschaft mbH Berlin entstehen infolge 1 MWh Fernwärmeverbrauch in Berlin 48,8 kg des Treibhausgases CO₂.

2.2.2 Strom

Für die Jahre 2012-2013 wurden die nachstehend dargestellten Stromverbräuche abgerechnet². Hierbei handelt es sich ebenfalls um die gemeinsamen Stromverbräuche des Schulgebäudes und der Turnhalle in der Köpenicker Landstraße 185a.

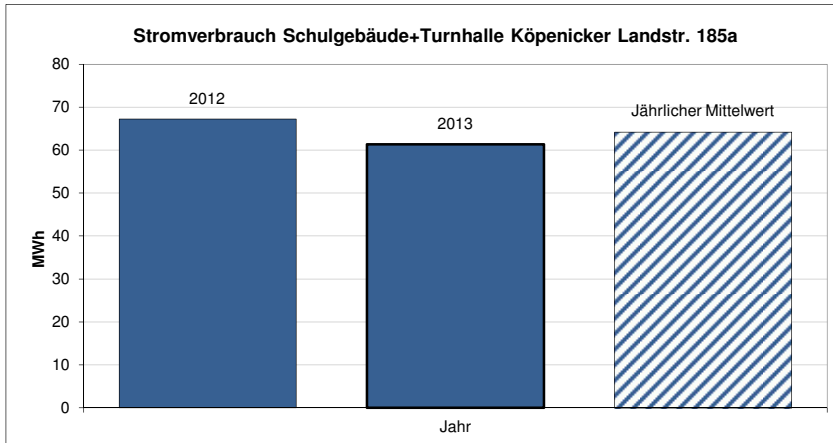


Abbildung 3: Stromverbrauch des Schulgebäudes und der Turnhalle in den Jahren 2011 bis 2013

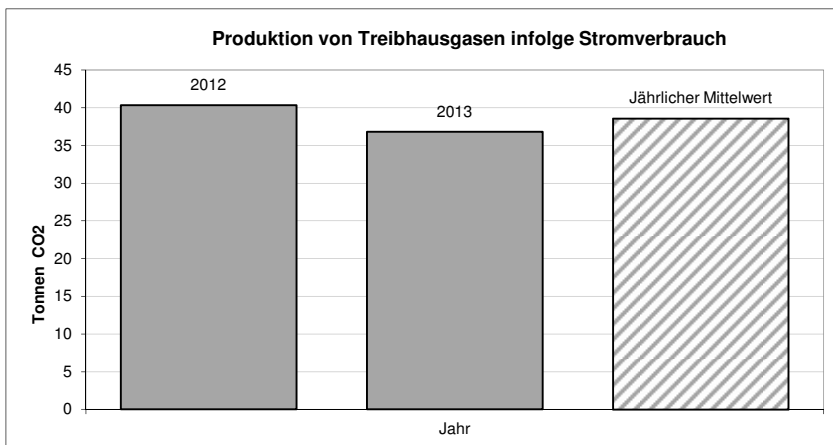


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent) infolge Stromverbrauch³

² Die vorliegenden Stromverbrauchsdaten beziehen sich nicht genau auf ein Kalenderjahr. Da die Stromverbräuche für 2011 sich nur auf 8 Monate beziehen werden sie nicht herangezogen. Der Stromverbrauch des Jahres 2012 bezieht sich auf den Zeitraum vom 04.06.2011 bis 19.06.2012 und der Stromverbrauch des Jahres 2013 bezieht sich auf den Zeitraum vom 20.06.2012 bis 03.06.2013.

³ 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 generell durch einen Vergleich mit den entsprechenden Verbräuchen des deutschen Gebäudebestands möglich. Hierfür hat die ages GmbH für verschiedene Gebäudekategorien Heizenergie- und Stromverbrauchswerte erfasst und die Mittelwerte sowie die Mittelwerte des Viertels mit dem geringsten Verbrauch bezogen auf die Bruttogrundfläche des jeweiligen Gebäudes berechnet und veröffentlicht.⁴ Die Nutzung des Schulgebäudes ist durch verschiedene Mieter sehr unterschiedlich. Darüber hinaus umfassen die Verbrauchsdaten der Liegenschaft auch die der auf dem Areal untergebrachten Turnhalle. Da entsprechend der Nutzung des Schulgebäudes in den letzten drei Jahren keine vergleichbaren Verbräuche des deutschen Gebäudestandards vorliegen, kann für diese Liegenschaft kein sinnvoller Verbrauchsabgleich durchgeführt werden.

⁴ ages-Verbrauchskennwerte 2005: Forschungsbericht der ages GmbH, Münster
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.

3. Bewertung des Ist-Zustandes des Gebäudes

3.1 Fotodokumentation



Kassettenwand Nord-Ost-Ansicht



Nord-Ost-Ansicht



Nord-West-Ansicht



Süd-Ost-Ansicht



Süd-West Ansicht



Zustand der Süd-West Fassade



Zustand 1-fach verglastes Fenster



Zustand Verbundfenster



Eingangsbereich der WIR Grundschule



Außenbeleuchtung Vordach Eingang Ausbildungszentren



Heizkörper unter Abdeckung in Küche



Defekte Deckenbeleuchtung



Fernwärmestation



Verteilerstation



Grundfos Magna Umwälzpumpe



Buderus Warmwasserspeicher

3.2 Vorbemerkungen und Hinweise

Zum Zeitpunkt der Begehung des Schulgebäudes in der Köpenicker Landstraße 185a im Februar 2014 wurde das Schulgebäude von unterschiedlichen Einrichtungen genutzt. Im Untergeschoss der Schule befand sich eine Werkstatt für Gärtner und Landschaftsbau der Helmut Ziegner Berufsausbildungs GmbH. Das Erdgeschoss wurde von der privaten WIR-Grundschule der Pfefferwerk Stadtkultur GmbH genutzt. Die Räume im ersten Obergeschoss wurden von der Pfefferwerk Ausbildung Medien, Kommunikation genutzt, im zweiten Obergeschoss befand sich die Technische Kinder- und Jugendakademie METEUM und im dritten Obergeschoss das Ausbildungszentrum Treptow.

Nach Aussagen der Schulleiterin wechseln die Einrichtungen im Sommer 2014 ihren Standort. Nach Umbaumaßnahmen im Untergeschoss und Erdgeschoss soll in dem gesamten Gebäude die Förderschule am Plänterwald und die Grüne-Trift-Schule untergebracht werden. Genauere Informationen zu dem Nutzerwechsel und den damit verbundenen Baumaßnahmen liegen nicht vor. Für die Betrachtung wird von einer zukünftigen Vollbelegung des Schulgebäudes ausgegangen.

Da für das Schulgebäude kein Hausmeister tätig war, wurde die Begehung des Schulgebäudes selbstständig durchgeführt. Aus diesem Grund fehlen genauere Informationen zu durchgeführten Sanierungen an der Gebäudehülle und den technischen Anlagen.

Im Heizungskeller des Schulgebäudes ist ein indirekt über die Fernwärmestation beheizter Warmwasserspeicher untergebracht. Laut Aussage der Schulleiterin der WIR-Grundschule und der Mitarbeiter der Technischen Kinder- und Jugendakademie gibt es im Gebäude jedoch keine Zapfstellen, die an das Speicherladesystem mit Zirkulation angeschlossen sind. Wenn dies auch bei der zukünftigen Nutzung der Fall ist, wird empfohlen den Warmwasserspeicher zurückzubauen.

Es wurde festgestellt und von den Nutzern bestätigt, dass in den Sanitärräumen ständig ein strenger Geruch herrscht. Die Ursache sollte festgestellt und behoben werden, auch um eine Dauerkippplüftung der Fenster zu vermeiden.

3.3 Gebäudehülle

3.3.1 Vorbemerkung

Bei dem Schulgebäude in der Köpenicker Landstraße 185a handelt es sich um eine 1974 in der ehemaligen DDR errichtete Schule in Stahlbetonskelettbauweise (Plattenbau). Das Schulgebäude wurde entsprechend des Bautyps SK Berlin errichtet. Für das Schulgebäude 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 Bodenplatte

Für den an das Erdreich angrenzenden Fußboden des Untergeschosses ist davon auszugehen, dass er dem Standard von 1974 entspricht. Nach [1] ist von einem U-Wert von $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auszugehen. Ein gewisser Wärmeschutz ist damit bereits vorhanden, die heutigen Anforderungen sind jedoch höher.

3.3.3 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. Auch für die Geschossdecken ist damit ebenfalls bereits ein gewisser Wärmeschutz vorhanden, die heutigen Anforderungen werden jedoch nicht erreicht.

3.3.4 Außenwände

Sowohl für die massiven Kellerwände als auch für die massiven Außenwände des Erdgeschosses und der Obergeschosse wird gemäß [1] von einem U-Wert von $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ausgegangen. 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 des Schulgebäudes befindet sich in einem schlechten Zustand. Die Farbbeschichtung blättert großflächig ab.

3.3.5 Innenwände gegen unbeheizte Räume

Bei den an unbeheizte Keller- und Lagerräume sowie Windfänge angrenzenden Wänden konnte der Aufbau bei der Begehung nicht ermittelt werden. Auch aus dem Modernisierungsleitfaden für Typenschulbauten in den neuen Ländern der Zentralstelle für Normungsfragen und Wirtschaftlichkeit im Bildungswesen [15] gehen keine genaueren Informationen über den Aufbau hervor. Die Wände sind als massiv anzusehen. Da die Wände unterschiedliche Dicken aufweisen, wird ein gemittelter U-Wert angesetzt. Demnach wird für die verputzten Wände ein U-Wert von $2,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt. Die wärmeschutztechnischen Eigenschaften der Innenwände entsprechen somit nicht den heutigen Anforderungen. Für die Metallüren zu den unbeheizten Räumen wird gemäß [1] ein U-Wert von $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt.

3.3.6 Fenster

Die Fenster auf der Südwest-Seite wurden im Jahre 1999 komplett durch neue 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen ersetzt. Der U_g -Wert des Fensterglases besitzt einen Wert von $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Weil der U_f -Wert (U-Wert des Fensterrahmens) und der prozentuale Anteil des Fensterrahmens nicht bekannt sind, wird gemäß [1] ein U-Wert von $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt. Das Wärmeschutzniveau dieser Fenster ist damit etwas schlechter als der heutige Standard.

In den Sanitärräumen und im Treppenhaus auf der Nord-Ost-Seite wurden 1998 die alten Fenster durch neue 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Kunststoffrahmen ausgetauscht. Der U_g -Wert des Fensterglases besitzt einen Wert von $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Weil der U_f -Wert und der prozentuale Anteil des Fensterrahmens nicht bekannt sind, wird gemäß [1] ein U-Wert für Nichtwohngebäude von $1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt. Der wärmetechnische Zustand der Fenster erreicht damit nicht ganz die heutigen Anforderungen.

Bei allen übrigen Fenstern auf der Nord-Ost-Seite handelt es sich noch um 2x1-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 wärmeschutztechnischen Anforderungen entsprechen. Bei den Verbundfenstern sind die Fensterrahmen nicht mit Lippendichtungen versehen, so dass von erhöhten Lüftungswärmeverlusten auszugehen ist. Ihr Zustand ist außenseitig in größeren Bereichen schlecht. Der Schutzanstrich wäre zu erneuern, teilweise bröckelt der Fensterkitt. Vom Erdgeschoss aufwärts liegt der obere Teil der Fenster im Bereich der abgehängten Decke und ist daher außenseitig mit einer belüfteten Bekleidung versehen (ehemalige Querlüftung). Des Weiteren lassen sich einige Fenster nicht öffnen, dies führt zu hohen CO_2 -Emissionen und im Sommer zu hohen Raumtemperaturen.

Auf der Süd-West-Fassade sind an den Fenstern der Obergeschosse Außenjalousien als Sonnenschutz angebracht.

3.3.7 Außentüren

Bei den Eingangstüren handelt es sich um Stahltüren mit einfachverglasten Fenstern, deren U-Wert gemäß [1] mit $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ anzunehmen ist. Bei der Metalltür des Kellers auf der Südost-Seite wird ebenfalls von einem U-Wert von $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ ausgegangen. Die U-Werte der Türen liegen damit deutlich über den heutigen Anforderungen.

3.3.8 Dach

Da über Sanierungen des Daches keine Informationen vorliegen, wird für das massive Flachdach gemäß [1] ein U-Wert von $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ angesetzt. Ein gewisser Wärmeschutz ist damit bereits vorhanden, die heutigen Anforderungen für Flachdächer sind jedoch höher.

3.3.9 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

Kein Außenbauteil erfüllt die Anforderungen, die nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2014 an zu sanierende Bauteile eines Nichtwohngebäudes gestellt werden. Die wärmetechnische Qualität der Gebäudehülle im derzeitigen Zustand ist insgesamt nicht ausreichend. Es besteht daher erhebliches Energieeinsparungspotential. Viel Wärme geht aufgrund der großen Flächenanteile über die massiven Außenwände und die Fenster verloren. Es sind keine besonderen konstruktions- oder materialbedingten Wärmebrücken hervorzuheben, so dass Wärmebrücken rechnerisch über einen U-Wert-Zuschlag von $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ berücksichtigt werden. Da der Großteil der Fenster der Nord-Ost-Fassade ohne Lippendichtung ausgeführt sind, ist von erhöhten Lüftungswärmeverlusten infolge Gebäudeundichtigkeit auszugehen, die durch eine Luftwechselrate von $0,8/\text{h}$ (vgl. Tabelle 2) berücksichtigt werden.

3.4 Technische Anlagen

3.4.1 Bestandsaufnahme

Das Schulgebäude wird über Fernwärme der BTB Blockheizkraftwerks- Träger und Betreibergesellschaft mbH Berlin beheizt. Die Fernwärmestation ist im Untergeschoss des Gebäudes untergebracht. Alle erforderlichen Regel-, Mess- und Absperreinrichtungen sowie der Plattenwärmetauscher für die Heizung und die Heizungsumwälzpumpen sind dort integriert. Die Anlage versorgt über zwei separate Heizkreise das Schulgebäude und die Sporthalle.

Gemäß des Datums auf dem Schaltplan der Fernwärme-Kompaktstation der Firma PEWO wurde diese im Jahr 2003 eingebaut. Die in der Fernwärmestation integrierte Umwälzpumpe Magna UPE ist leistungsgeregelt und passt ihre Leistung somit dem aktuellen Förderbedarf an.

Die im Jahr 2009 eingebaute Pumpe Grundfos Magna 65-120 F zur Umwälzung des Heizungswassers des Schulgebäudes ist ebenfalls leistungsgeregelt.

Die Wärmeleitungen sind bis auf kurze Zwischenstücke und Armaturen gut gedämmt. Es wird angenommen, dass die Dämmung der Rohre ebenfalls aus dem Jahr 2003 stammt.

Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt durch überwiegend an den Außenwänden angeordnete Gliederheizkörper. Ob bei der Erneuerung der Heizungsanlage ein hydraulischer Abgleich durchgeführt wurde, ist nicht bekannt. In einem Großteil der Unterrichtsräume sind die vorhandenen Thermostatventile voreingestellt und erlauben keine manuelle Regulierung durch die Nutzer. Daher ist ein Abdrehen der Heizkörper im Fall von Fensterlüftung nicht möglich, wodurch unnötig Heizenergie verloren geht. In einigen Räumen sind bei der aktuellen Nutzung direkt oberhalb der Heizkörper Ablagebretter angeordnet, die die Luftzirkulation und damit die Wärmeabgabe der Heizkörper behindern. In den Ablagebrettern sind zwar Lüftungsschlitze installiert, die das Aufsteigen der warmen Heizungsluft vor den kalten

Außenfenstern erleichtern. Diese waren bei der Begehung jedoch größtenteils zugestellt. In den Werkstätten befinden sich die Heizkörper hinter einer Holzverkleidung.

Im Heizungskeller des Schulgebäudes steht ein Buderus TBS-Isocal Warmwasserspeicher mit einem geschätzten Volumen von 500l zur Verfügung. Der Speicher wird indirekt über Fernwärme beheizt. Die Warmwassertemperatur lag bei der Begehung bei ca. 20°C. Zur permanenten Umwälzung des erwärmten Trinkwassers sind Zirkulationspumpen der Firma Wilo integriert. Laut Aussage der Schulleiterin und Mitarbeitern der technischen Kinder- und Jugendakademie gibt es aktuell keine Zapfstellen die an das Speicherladesystem angeschlossen sind. Die Warmwasserversorgung der Küche und Sanitärräume der WIR-Grundschule erfolgt dezentral über elektrisch beheizte 5l Kleinspeicher. Weitere Warmwasserzapfstellen waren nicht vorhanden.

Die Beleuchtungsanlage des Schulgebäudes besteht zum großen Teil aus Deckenleuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen, die mit verlustarmen oder konventionellen Vorschaltgeräten ausgestattet sind. Die letzte Modernisierung der Beleuchtungsanlage erfolgte gemäß Aussage der Schulleiterin der WIR-Grundschule in den 90er Jahren.

3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Da die für die Wärmeerzeugung verwendete Fernwärme im Netz der BTB Blockheizkraftwerks-Träger und Betreibergesellschaft mbH 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. Davon ausgehend, dass die Fernwärmestation aus dem Jahr 2003 stammt, sind die mittleren Lebensdauern nach VDI 2067 [8] noch nicht erreicht, so dass aktuell keine Erneuerungsinvestitionen anstehen.

Die auf einer mittleren Stufe festgestellten Thermostatventile in den Klassenräumen verhindern ein Überheizen der Räume, sorgen jedoch andererseits für einen unnötig hohen Energieverbrauch bei Fensteröffnung.

Bei der Besichtigung des Schulgebäudes waren keine Zapfstellen an die Warmwasserbereitung im Speicherladeprinzip angeschlossen. Wenn auch bei der zukünftigen Nutzung aufgrund eines niedrigen Trinkwarmwasserbedarfs ein dezentrales elektrisches System, das bedarfsabhängig gesteuert wird, energetisch günstiger ist, sollte dieses beibehalten werden und der Warmwasserspeicher im Heizungskeller zurückgebaut werden.

Die Beleuchtungsanlage des Schulgebäudes ist wie beschrieben Anfang der 90er Jahre erneuert worden und verfügt nicht über die derzeit mögliche Energieeffizienz. Eine Modernisierung ist 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. Für die Bilanzierung wird von einer zukünftigen Vollbelegung des Schulgebäudes ausgegangen.

Tabelle 1: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	19°C
Luftwechselrate	0,8/h (Fenster teilweise ohne Abdichtung)
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5,0 W/m ²
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m ² K)
Heizungsanlage	Fernwärmeübergabestation
Warmwasserbedarf	Entfällt (nur vereinzelte dezentrale Warmwassererhitzer)

Ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte konnte nicht mit ausreichender Genauigkeit durchgeführt werden, da sich der abgerechnete Fernwärmeverbrauch neben dem untersuchten Schulgebäude auch auf die Turnhalle auf dem Areal bezieht. In der folgenden Tabelle sind die berechneten Heizenergiebedarfswerte für das Schulgebäude und die Turnhalle dem Verbrauchswert der beiden Gebäude gegenübergestellt. Sie zeigen eine gute Übereinstimmung. Für einen detaillierten Abgleich wäre jedoch eine gebäudebezogene Erfassung der Wärmeverbräuche erforderlich.

Tabelle 2: Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs⁵

Berechneter Endenergiebedarf Fernwärme Schulgebäude MWh/a	343,9
Berechneter Endenergiebedarf Fernwärme Turnhalle MWh/a ⁶	163,7
Witterungskorrig. Fernwärmeverbrauch MWh/a für Schulgebäude und Turnhalle	514,9

⁵ Berechnung des Endenergiebedarfs und Witterungskorrektur jeweils für den mittleren Klimareferenzort Deutschlands nach 4108-6 (Würzburg).

⁶ Details zur Ermittlung des Endenergiebedarfs für die Turnhalle in der Köpenicker Landstraße 185a sind dem separaten Bericht über die Turnhalle zu entnehmen

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, ist von einer gewissen 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 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. Abbildung 6 fasst diese Angaben zusammen und ergänzt sie um die für die Wärmeerzeugung auftretenden Primärenergieverluste.

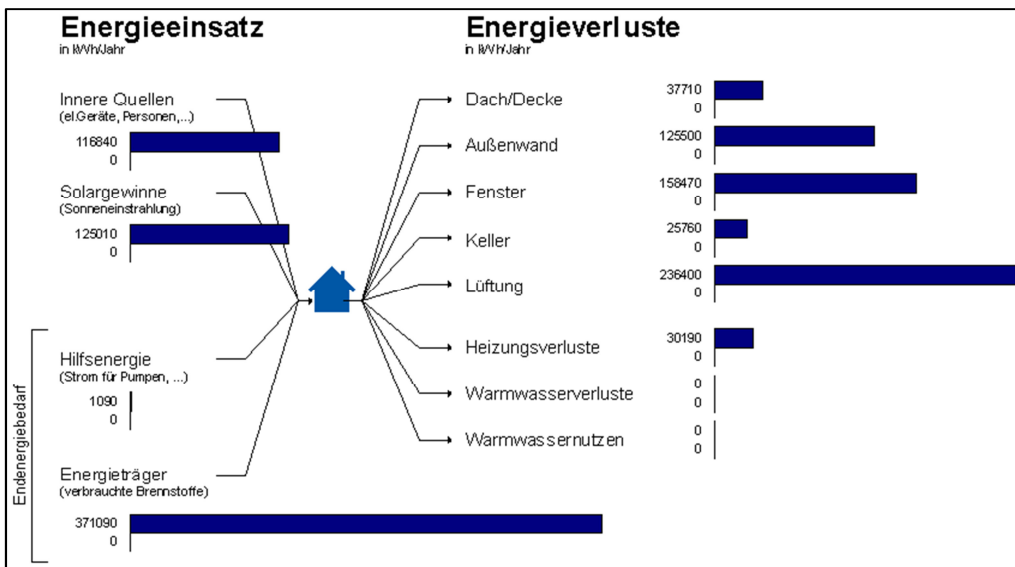


Abbildung 5: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Schulgebäudes

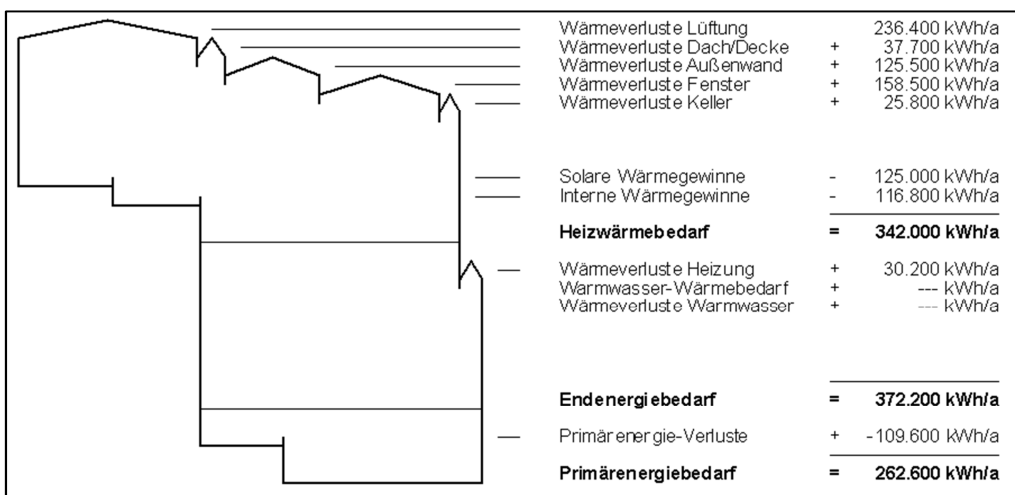


Abbildung 6: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Schulgebäudes

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.⁷ Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.

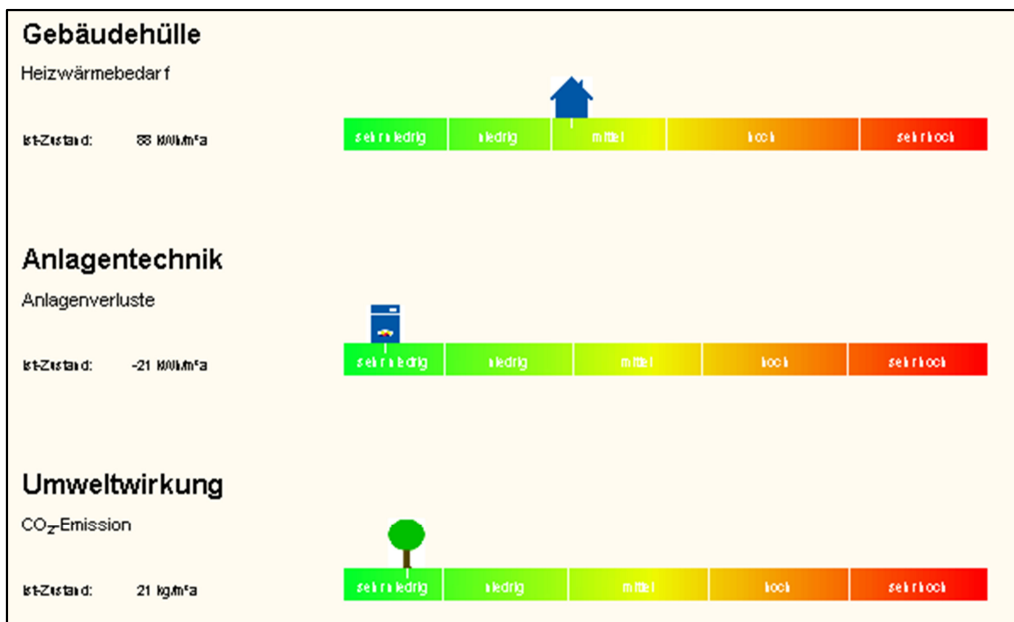


Abbildung 7: Beurteilung des Ist-Zustandes des Schulgebäudes

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im guten mittleren Bereich spiegelt sich die Tatsache, dass die Bauteile bereits eine Wärmedämmung besitzen und ein Teil der Fenster schon saniert wurde. Ein weiteres Einsparpotenzial ist dennoch vorhanden.

Aufgrund ihres Zustands, aber insbesondere aufgrund des primärenergetisch sehr günstigen Energieträgers Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung wird die Heizungsanlage sehr positiv bewertet. Es errechnen sich negative Primärenergieverluste aufgrund des niedrigen Primärenergiefaktors für Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung.

Die Umweltwirkung des Gebäudes wird im Hinblick auf seine Treibhausgasemissionen entsprechend dem vergleichsweise niedrigen Emissionsfaktor der verwendeten Fernwärme günstig bewertet. Ein weiteres Einsparpotential ist gleichwohl vorhanden.

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.

4. Energiesparmaßnahmen und Sanierungsoptionen

4.1 Grundlegendes

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 und ihres Angrenzens an das Erdreich nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Dennoch wäre es energetisch günstig, sie oberseitig mit einer druckfesten Dämmung zu versehen. Da bei der oberseitigen Dämmung der Bodenplatte die lichte Höhe der Räume minimiert wird, sollte vor der Sanierung geprüft werden, ob die Raumhöhen ausreichen. Es ist zu beachten, dass diese Maßnahme mit vorübergehenden Nutzungseinschränkungen und ggf. erforderlichen Anpassungsmaßnahmen einhergeht. Bereits mit einer 4 cm dicken oberseitigen Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 könnte der wärmetechnische Standard der Bodenplatte entsprechend den aktuellen Anforderungen der EnEV aufgerüstet werden. Eine Sanierung auf KfW-Standard würde eine etwa 12 cm dicke Dämmung gleicher WLG erfordern. Auf der Dämmung sind eine Dampfbremse und eine lastverteilende Schicht, z.B. Nassestrich, zu verlegen. Da die daraus resultierenden Einsparungen bezogen auf den Ist-Zustand des Gebäudes jedoch relativ gering sind und temporär mit deutlichen Nutzungseinschränkungen einhergehen, wird diese Maßnahme zu-nächst nicht empfohlen. Wenn entsprechende Nutzungs-einschränkungen tolerierbar und Anpassungsmaßnahmen möglich sind und eine Sanierung aus baulichen Gründen erforderlich ist, sollte eine Dämmung jedoch ergänzt werden. (Um die hierbei entstehende Wärmebrücke zur Außenwand zu minimieren, ist die Außenwand außenseitig bis zur Unterkante des Fundaments mit einer Perimeterdämmung zu versehen.)

→ **Sanierung eingeschränkt empfohlen**

4.2.2 Decke über unbeheizten Kellerräumen

Über die ungedämmte Kellerdecke (Fußboden des Erdgeschosses) zu unbeheizten Kellerräumen geht aufgrund des geringen Flächenanteils nur relativ wenig Heizenergie verloren. Bei den unbeheizten Kellerräumen handelt es sich nur um die Räume für die technischen Anlagen des Schulgebäudes sowie die zugehörigen Lagerräume. Da der Heizungskeller indirekt über die Wärmeverluste der Heizungsanlage beheizt wird, sind die Wärmeverluste über die Kellerdecke in diesem Bereich zu vernachlässigen. Aufgrund des geringen Flächenanteils der Decken der übrigen unbeheizten Räume und der vielen Versorgungsleitungen an der Decke dieser Räume, wird auch in diesem Bereich keine unterseitige Dämmung der Kellerdecke empfohlen. Wenn bei der zukünftigen Nutzung des Schulgebäudes die Kellerräume nicht vollständig belegt werden, empfiehlt sich die nur mit einem geringen finanziellen und technischen Aufwand verbundene unterseitige Dämmung der Kellerdecke oberhalb von unbeheizten Räumen. Mit einer mindestens 10 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird für die Kellerdecke der aktuell erforderliche wärmetechnische Standard und mit einer 12 cm Dämmung der KfW-Standard erreicht.

→ **Sanierung derzeit nicht empfohlen**

4.2.3 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 erreicht.⁸

Es empfiehlt sich, auch die ins Erdreich einbindenden Wände der beheizten Räume des Untergeschosses mit einer Perimeterdämmung zu versehen, um die Wärmeverluste auch hier zu reduzieren.

Da das Schulgebäude über den Energieträger Fernwärme beheizt wird, ist der Schornstein auf der Nord-West Seite des Schulgebäudes nicht mehr in Betrieb. Aus diesem Grund wird empfohlen, den Schornstein zurückzubauen. Wenn der Schornstein dennoch erhalten bleiben soll, wird empfohlen, auch ihn mit einem außenseitigen Wärmedämmverbundsystem zu versehen. Die Öffnung des Schornsteins zum Heizungskeller sollte dann luftdicht abgedichtet werden und die Öffnung zur Außenluft mit einem gedämmten Element luftdicht verschlossen werden.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.4 Innenwände gegen unbeheizte Räume (Keller, unbeheizter Eingangsbereich)

Aufgrund ihrer anteilig geringen Fläche und ihres Angrenzens an unbeheizte Räume (statt Außenluft) geht über die Innenwände nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Dennoch ist es wärmetechnisch günstig, sie auf der kalten Seite zu dämmen. Da der Heizungskeller indirekt über die Wärmeverluste der Heizungsanlage beheizt wird, wird nur die Dämmung der Kellerwände zu den Lagerräumen und der Wände zu dem unbeheizten Eingangsbereich empfohlen. Um die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW zu erfüllen, wären hierfür 13 cm einer Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 ausreichend.

→ **Sanierung empfohlen**

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

4.2.5 Fenster und Sonnenschutz

Es wird der Austausch aller alten Verbundfenster empfohlen, da ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften bei weitem nicht den heutigen Anforderungen genügen und sie sich zum Teil in einem schlechten baulichen Zustand befinden. Zudem entstehen erhöhte Lüftungswärmeverluste, da sie nicht mit Lippendichtungen versehen sind. Das Einsparpotential ist daher beträchtlich. Zur Einhaltung der KfW-Anforderungen wäre der Einbau einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert kleiner oder gleich $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erforderlich.

Für die oberen, verdeckten Fensterabschnitte der ehemaligen Querlüftung sollte ein gedämmtes Fassadenelement eingebaut werden, wenn auch zukünftig von einer Gebäudenutzung mit abgehängten Decken ohne Querlüftung auszugehen ist. Andernfalls können auch über die gesamte Höhe reichende Fenster eingebaut werden.

An den Fenstern der Klassenräume der Obergeschosse ist bereits ein außenliegender Sonnenschutz installiert. Um die solaren Einträge in die Unterrichtsräume im Erdgeschoss ebenfalls wirksam zu reduzieren, sollte auch an diesen Fenstern ein außenliegender Sonnenschutz vorgesehen werden. Optimal geeignet sind lichtlenkende Lamellenbehänge mit automatischer Steuerung, die im Sommer am frühen Morgen automatisch zufahren und dann manuell nach Bedarf geöffnet werden können. Der Sonnenschutz ist aus Komfortgründen auch ohne Fensteraustausch erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.6 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 und Kellertüren zu beheizten Räumen gleichwohl durch selbsttätig schließende Türen mit einem U-Wert kleiner oder gleich $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 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**

4.2.7 Dach

Da beim Bau des Schulgebäudes bereits ein gewisser Wärmeschutz eingehalten wurde, geht aufgrund der anzunehmenden Dämmung über das Dach ein relativ geringer Wärmeanteil verloren, der jedoch durch eine zusätzliche Wärmedämmung weiter reduziert werden kann. Da keine Informationen darüber vorliegen, dass das Dach seit Bestehen des Schulgebäudes nachträglich gedämmt wurde, wird davon ausgegangen, dass es noch dem wärmetechnischen Standard von 1974 entspricht. Dies sollte vor einer Sanierung dringend überprüft werden. Es wird davon ausgegangen, dass die alte Wärmedämmung noch intakt ist und der U-Wert des Daches $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ beträgt. Um die Anforderung für die Sanierung von Flachdächern der KfW zu erfüllen, wären 20 cm einer Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

4.3 Sanierung der technischen Anlagen

4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

Eine Sanierung der Heizungsanlage in energetischer Hinsicht ist nicht erforderlich. Da die wesentlichen Komponenten ihre mittleren Lebensdauern nach VDI 2067 [8] noch nicht erreicht haben, stehen aktuell keine Erneuerungsinvestitionen an. Wenn in der Zukunft Erneuerungen anstehen, sind bei der Planung der Erneuerung 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.

Bei der Besichtigung des Schulgebäudes waren keine Zapfstellen an die Warmwasserbereitung im Speicherladeprinzip angeschlossen. Wenn auch bei der zukünftigen Nutzung aufgrund eines niedrigen Trinkwarmwasserbedarfs ein dezentrales elektrisches System, das bedarfsabhängig gesteuert wird, energetisch günstiger ist, sollte dieses beibehalten werden und der Warmwasserspeicher im Heizungsraum zurückgebaut werden.

Die Thermostatventile in den Klassenräumen sollten freigegeben werden. Gleichzeitig sollte eine Schulung der Lehrer und Schüler stattfinden, um zukünftig weitestgehend sicherzustellen, dass die Heizkörper bei Fensterlüftung abgedreht werden. In diesem Zuge sollten auch Informationen zu Art und Dauer von Fensterlüftung gegeben werden (siehe hierzu Kapitel 4.5).

→ **Sanierung derzeit nicht empfohlen**

4.3.2 Beleuchtung

Es wird empfohlen die alte Beleuchtung zu modernisieren und die Leuchten gegen moderne Spiegelrasterleuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) oder Beleuchtungskörper 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. In den Fluren 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 teilweise für die Aufstellung von PV-Anlagen genutzt werden. Bei hohem Eigennutzungsanteil des erzeugten Stroms ist von einer Amortisation der Anlage nach etwa 10 Jahren auszugehen. Da Stromproduktion und -verbrauch wegen der Sommerferien zur Hauptproduktionszeit und der Wochenenden ohne Stromnutzung zeitlich nicht ausreichend zusammenfallen und die Stromspeichertechnik technisch noch nicht ausgereift ist, müsste ein großer Teil der Stromproduktion ins Netz eingespeist werden.

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 energierelevanter 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 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 3: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle

Sanierungsmaßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
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:	60 €/Stk
	Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutz-verglasungen mit Holzrahmen, $U \leq 0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:	1.010 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Anzahl:* Gesamtpreis:	183 Stk 184.830 €
<p>* Hierbei handelt es sich um eine rechnerische Größe, die sich aus der Gesamtfensterfläche geteilt durch die Fläche des der Kalkulation zugrunde gelegten häufigsten Fenstertyps ergibt.</p> <p>** Der Einzelpreis berechnet sich aus der Kostenfunktion für 3-fach-Verglasung mit einem mittleren U-Wert von $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Da dieser etwas größer ist als der Zielwert für die 3-fach-Verglasung kann sich ggf. ein etwas höherer Einzelpreis ergeben.</p>			
Austausch der Außentüren	Demontage und Entsorgung der alten Eingangs-türelemente, Einbau neuer Türelemente	Einzelpreis:	4.700 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Türelemente ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Anzahl: Gesamtpreis:	4 Stk 18.800 €
	U-Wert des sanierten Bauteils: $U = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$		
Dämmung der Innenwände	Montage einer 13 cm Dämmung der WLG 035 auf der unbeheizten Seite der Innenwände	Einzelpreis:	49 €/m ²
	inkl. Beschichtung der Dämmung z.B. durch Armierung und Anstrich	Fläche:	70 m ²
	Gesamtpreis: 3.430 €		
U-Wert des sanierten Bauteils: $U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$			
Dämmung der Außenwände (WDVS)	Aufbringen eines WDVS mit 14 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	102 €/m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds ▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör ▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten ▪ Wandbekleidung oder Oberputz ▪ De-/Remontage von Regenfallrohren, Blitzableitern, etc. ▪ im Zusammenhang mit der Dämmmaßnahme notwendige Bauleistungen wie die Vergrößerung von Dachüberständen oder die Verbreiterung von Fensterbänken 	Fläche: Gesamtpreis:	1.300 m ² 132.080 €
	Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da die Fassade ohnehin zu überarbeiten ist		
	U-Wert des sanierten Bauteils: $U = 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$		

Dämmung des Daches			
	Dachdämmung (20 cm in WLG 035) und Erneuerung der Dachhaut	Einzelpreis:	98 €/m ²
▪	Verlegen der Dämmschicht	Fläche	758 m ²
▪	Erstellen der neuen Dachhaut einschließlich aller Anschlüsse/Durchführungen	Gesamtpreis:	74.284 €
▪	ggf. Anpassung der Dachkonstruktion zur Aufnahme des Dämmmaterials		
▪	De- und (Wieder-) Montage von dachmontierten Elementen		
	Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da diese ohnehin für die Sanierung der Fassade benötigt wird		
	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:	184.826 €
	Austausch der alten Eingangstüren	Türen:	18.800 €
	Dämmung der Innenwände zum unbeheizten Raum	Innenwände:	3.430 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen, hydraul. Abgleich	Anlagen:	-
			207.056 €
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	207.056 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	132.080 €
			339.136 €
Variante 3	wie Variante 2	Variante 2:	339.136 €
	zusätzlich Dämmung des Daches	Dach:	74.284 €
			413.420 €

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, welches hier die Sanierungsbauteile mit der geringsten Lebensdauer sind. Die Lebensdauern der Dämmung des Daches und der Innenwände werden gemäß [3] mit mehr als 50 Jahren veranschlagt. 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.⁹ Darüber hinaus befinden sich die Kreditzinsen insbesondere für die öffentliche Hand seit längerem auf einem so niedrigen Niveau, dass die zusätzlichen Kosten bei Kreditfinanzierung der Maßnahmen geringfügig und in der Gesamtbetrachtung vernachlässigbar sind.¹⁰

Die den Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zugrunde gelegten Energiepreise berechnen sich aus dem jeweiligen rechnerischen Energiebedarf (und nicht dem tatsächlichen Verbrauch) sowie dem Preisansatz pro Kilowattstunde aus den aktuellen Verbrauchsabrechnungen des untersuchten Objekts.¹¹

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:	44.567 €	Kalkulationszinssatz:	0%

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

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

¹¹ Fernwärme: 11,9 ct/kWh, Strom: 27,2 ct/kWh, jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht mit auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

Tabelle 6: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (Kosten inkl. 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. Energiekosteneinsparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]			Energiekosten- einsparung je 1.000 € Investitions- kosten [€]
1	246.396	35.250	920.280	673.884	23.007	154	3.735	3.158	18
2	403.571	26.885	1.746.600	1.343.029	43.665	293	4.328	2.726	17
3	491.969	24.090	2.022.640	1.530.671	50.566	340	4.111	2.870	17

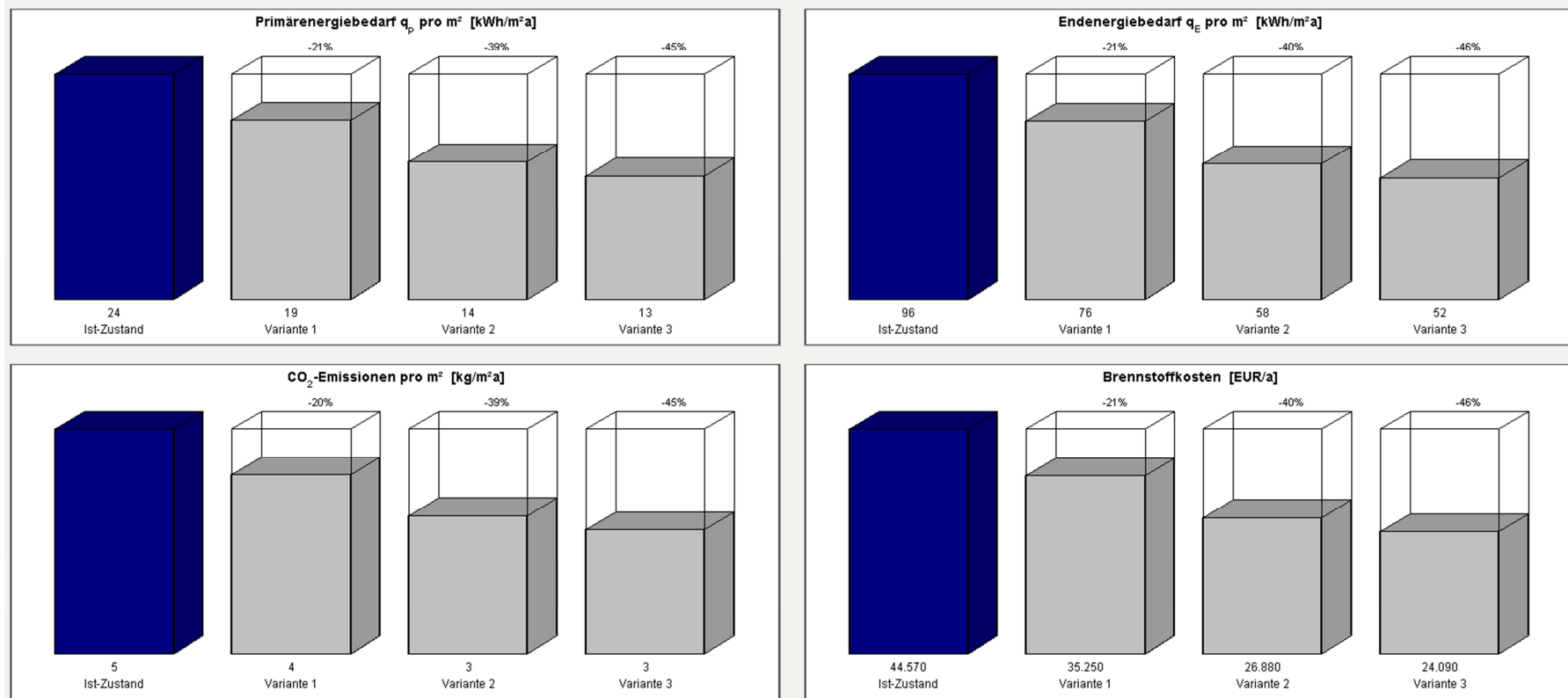


Abbildung 8: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO₂- und Brennstoffkostenreduktionen

4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich alle drei Maßnahmenvarianten etwa zu dem Zeitpunkt amortisiert haben, zu dem die sanierten Bauteile knapp 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 3 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 2 oder Variante 3 aufgrund der hiermit verbundenen größten Energie- und Treibhausgaseinsparungen auszuführen.

Darüber hinaus sollte die in Kapitel 4.2.1 beschriebene Option der Dämmung der Bodenplatte und der in Kapitel 4.2.2 beschriebene Option der Dämmung der Kellerdecke überprüft werden. Weiterhin wird empfohlen die voreingestellten Thermostatventile freizugeben. Bei Durchführung von Erneuerungsinvestitionen für haustechnische Anlagenkomponenten sind die Hinweise in Kapitel 4.3 zu beachten.

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

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

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

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

CSD INGENIEURE GmbH



Andrea Untergutsch

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen



Linda Vogel

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen (FH)

Berlin, den 20. Oktober 2014