

**BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN**

**KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN**

**SCHULGEBÄUDE, WALDSTR. 7**

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](mailto:berlin@csdingenieure.de)

[www.csdingenieure.de](http://www.csdingenieure.de)

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. AUFGABENSTELLUNG</b>	<b>5</b>
<b>2. BASISDATEN DES SCHULGEBÄUDES IN DER WALDSTR. 7</b>	<b>6</b>
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
<b>3. BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDES DES GEBÄUDES</b>	<b>10</b>
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 Decke über unbeheizten Kellerräumen	12
3.3.4 Außenwände	12
3.3.5 Innenwände gegen unbeheizte Räume	13
3.3.6 Fenster	13
3.3.7 Außentüren	13
3.3.8 Dach	13
3.3.9 Gesamteinschätzung Gebäudehülle	14
3.4 Technische Anlagen	14
3.4.1 Bestandsaufnahme	14
3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	15
3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	15
3.6 Energiesparmaßnahmen und Sanierungsoptionen	16
<b>4. ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN</b>	<b>18</b>
4.1 Grundlegendes	18
4.2 Sanierung der Gebäudehülle	19
4.2.1 Bodenplatte	19
4.2.2 Decke über unbeheizten Kellerräumen	19
4.2.3 Außenwände	19
4.2.4 Innenwände gegen unbeheizte Räume (Keller, unbeheizter Eingangsbereich)	20
4.2.5 Fenster und Sonnenschutz	20
4.2.6 Außentüren	20
4.2.7 Dach	21
4.3 Sanierung der technischen Anlagen	21
4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	21
4.3.2 Beleuchtung	22
4.3.3 Energieträger	22

4.4	Schätzung der Investitionskosten	22
4.5	Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	25
4.6	Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	25
4.7	Sanierungsempfehlungen	29

## TABELLENVERZEICHNIS

<b>Tabelle 1:</b>	Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	15
<b>Tabelle 2:</b>	Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs	16
<b>Tabelle 3:</b>	Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	23
<b>Tabelle 4:</b>	Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	24
<b>Tabelle 5:</b>	Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	26
<b>Tabelle 6:</b>	Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (Kosten inkl. Mehrwertsteuer)	27

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abbildung 1:</b>	Erdgasverbrauch des Schulgebäudes und der Turnhalle in den Jahren 2011 bis 2013	7
<b>Abbildung 2:</b>	Produzierte Treibhausgasemissionen (CO <sub>2</sub> ) infolge Erdgasverbrauch	7
<b>Abbildung 3:</b>	Stromverbrauch des Schulgebäudes und der Turnhalle in den Jahren 2011 bis 2013	8
<b>Abbildung 4:</b>	Produzierte Treibhausgasemissionen (CO <sub>2</sub> -Äquivalent) infolge Stromverbrauch	8
<b>Abbildung 5:</b>	Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO <sub>2</sub> - und Brennstoffkostenreduktionen	28

## QUELLENVERZEICHNIS

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

## PRÄAMBEL

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

CSD geht davon aus, dass

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

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

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

## 1. Aufgabenstellung

Das Bezirksamt Treptow-Köpenick von Berlin möchte seinen Gebäudebestand energetisch modernisieren, um dessen Energieverbrauch, die damit verbundenen Energiekosten und die infolge des Energieverbrauchs emittierten 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 CO<sub>2</sub>-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 m<sup>2</sup>. Sie sind in den letzten Jahren bereits teilweise modernisiert worden, verfügen jedoch über einen umfangreichen weiteren Sanierungsbedarf. Um diesen aufzuzeigen und zu quantifizieren, wurden für alle Gebäude die im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritte durchgeführt.

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

## 2. Basisdaten des Schulgebäudes in der Waldstr. 7

### 2.1 Objektbeschreibung

---

Bezeichnung des Objekts: Schulgebäude in der Waldstr. 7

Foto des Objekts:



Standort: Waldstraße 7, 12489 Berlin

Nutzung: Heide-Grundschule, Buntstifte e.V., KuBIS GmbH, Kinder & Jugendclub Grimau

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude,  
bis auf die Kellerräume der Heizungsanlage vollständig beheizt

Bruttogrundfläche: 3.925 m<sup>2</sup>

Baujahr: 1974

Sanierung Gebäudehülle: ca. 1998-1999 Austausch der Treppenhausfenster  
ca. 2010 teilweise Erneuerung der Dachabdichtung

Sanierung haustechnische Anlagen: ca. 1992 Einbau der Brennwertkessel  
2002, 2006, 2010 Austausch der Umwälzpumpen und Dämmung der Wärmeleitungen  
ca. 2005 teilweise Erneuerung der Beleuchtungstechnik

Heizenergieträger: Brennwertkessel, Energieträger Erdgas

Warmwasserbereitung: Zentral durch Speicherladesystem mit Zirkulation, Wärmeerzeugung über Brennwert-Kessel-Anlage

Lüftung: Freie Lüftung

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 05.03.2014

---

## 2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

### 2.2.1 Wärme

Das Schulgebäude in der Waldstr. 7 wird mit Erdgas 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 zu treffen sind. Eine flächenanteilige Aufteilung der Wärmeverbrauchszahlen auf die beiden 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 Schulgebäude und Turnhalle zusammen für die Jahre 2011 und 2013 angegeben.

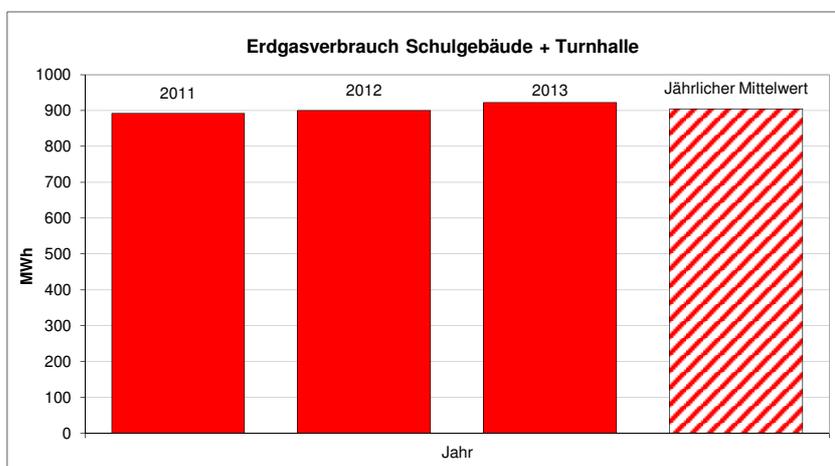


Abbildung 1: Erdgasverbrauch des Schulgebäudes und der Turnhalle in den Jahren 2011 bis 2013

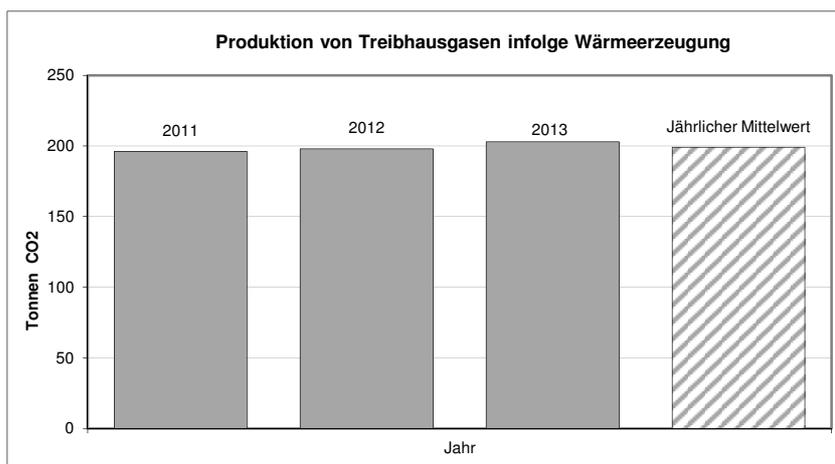
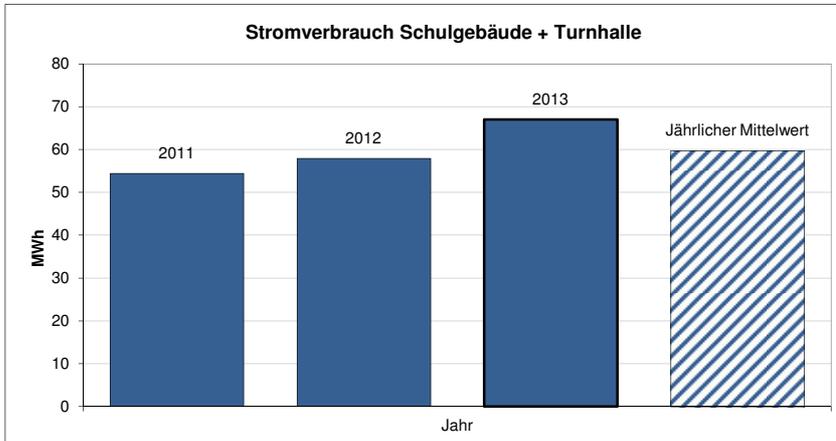


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>) infolge Erdgasverbrauch<sup>1</sup>

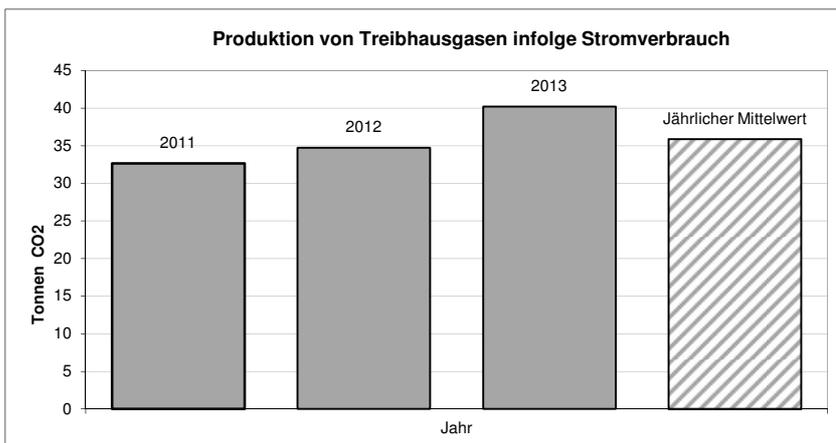
<sup>1</sup> Gemäß GEMIS-Datenbank entsteht infolge 1 MWh Erdgasverbrauch (bezogen auf den unteren Heizwert) 244 kg des Treibhausgases CO<sub>2</sub>.

## 2.2.2 Strom

Für die Jahre 2011-2013 wurden gemeinsam für das Schulgebäude und die Turnhalle die nachstehend dargestellten Stromverbräuche abgerechnet. Abbildung 4 zeigt die infolge der Stromherstellung produzierten Treibhausgasemissionen.



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



**Abbildung 4:** Produzierte Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalent) infolge Stromverbrauch<sup>2</sup>

<sup>2</sup> 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. 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 keine vergleichbaren Verbräuche des deutschen Gebäudestandards vorliegen, kann für diese Liegenschaft kein sinnvoller Verbrauchsabgleich durchgeführt werden.

### **3. Bewertung des Ist-Zustandes des Gebäudes**

#### **3.1 Fotodokumentation**



**Süd-West-Ansicht**



**Süd-Ost-Ansicht**



**Nord-Ost-Ansicht (Straßenseite)**



**Beispielhafter Fassadenschaden**



**Zustand der Dachabdichtung**



**Beispiel Zustand der unsanierten Fenster**



**Nicht mehr dicht schließende Treppenhausfenster**



**Hinter einer Verkleidung untergebrachter Heizkörper**



**Wasserschaden aufgrund der undichten Dachabdichtung**



**Beispiel nicht mehr dicht schließende Eingangstür**



**Beispiel Zustand der Fensterrahmen von Innen**



**Beispiel Deckenleuchte mit Leuchtstoffröhren**

## 3.2 Vorbemerkungen und Hinweise

Das Schulgebäude in der Waldstr. 7 wird von verschiedenen Einrichtungen genutzt. Zu den vier Nutzern zählen die Heide-Grundschule, dessen Hauptgebäude sich in der Florian-Geyer-Straße 87 befindet, die private Hortbetreuung durch die KuBIS gGmbH, der Buntstifte e.V. und der Kinder & Jugendclub Grimau.

Bei der Besichtigung des Schulgebäudes wurde festgestellt, dass die Dachabdichtung des Flachdachs zum Teil beschädigt ist. Aufgrund der beschädigten Dachabdichtung sind an den Wänden und der Decke der Räume des dritten Obergeschosses an verschiedenen Stellen Wasserschäden vorzufinden. Nach Angaben des Hausmeisters führt dies dazu, dass des Öffern wassergetränkte Deckenplatten herunterfallen. Des Weiteren ist aufgefallen, dass die meisten Fenster zugeschraubt sind, was ein Öffnen unmöglich macht. Darüber hinaus schließen die Haupteingangstüren des Gebäudes nicht mehr dicht.

Laut Aussage der Nutzer sind die Raumtemperaturen im Sommer viel zu hoch. In diesem Jahr wurden die Bäume auf der Süd-West Seite des Gebäudes gefällt. Ohne die Verschattung durch die Bäume ist mit noch höheren solaren Einträgen zu rechnen.

Laut Aussage des Hausmeisters werden aktuell für eine Studie die CO<sub>2</sub> und VOC (flüchtige organische Bestandteile) Konzentrationen in einem der Klassenzimmer gemessen. Die Studie soll zeigen, ob die manuelle Lüftung durch die Lehrer und Schüler ausreichend ist oder ob die Installation eines mechanischen Lüftungsgeräts sinnvoll ist.

## 3.3 Gebäudehülle

### 3.3.1 Vorbemerkung

Bei dem Schulgebäude in der Waldstr. 7 handelt es sich um eine 1974 in der ehemaligen DDR errichtete Schule in Stahlbetonskelettbauweise (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 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. Gemäß [1] ist von einem U-Wert von 1,0 W/(m<sup>2</sup>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 W/(m<sup>2</sup>K) auszugehen. Auch für die Kellerdecke ist damit 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 W/(m<sup>2</sup>K) ausgegangen. Die Wärmeschutzqualität der Außenwände ist schlechter als der derzeitige Anspruch an die Wärmeschutz-

eigenschaften 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 ist in keinem guten Zustand. Die außenseitige Farbbeschichtung blättert großflächig ab. Auch auf der Innenseite der Wände sind an mehreren Stellen Rissbildungen vorzufinden.

### 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 im Sanitär- und Treppenhausbereich wurden im Jahr 1998 durch 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Kunststoffrahmen erneuert. Das Fensterglas hat einen  $U_g$ -Wert von  $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Da der  $U_f$ -Wert (U-Wert des Rahmens) und der prozentuale Anteil des Fensterrahmens nicht bekannt sind, wird gemäß [1] vereinfacht mit einem U-Wert von  $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  gerechnet.

Bei dem Großteil der Fenster des Schulgebäudes handelt es sich noch um die alten 2x1-Scheiben-Verbundfenstern mit Holzrahmen. Gemäß [1] wird der U-Wert dieser Fenster mit  $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angesetzt. Ein großer Teil der Fenster ist zugenanagelt, sodass ein Lüften nicht mehr möglich ist. Des Weiteren sind die Holzrahmen in einem sehr schlechten Zustand. Die Holzrahmen müssten dringend aufgearbeitet werden und zusätzlich bröckelt der Fensterkitt. Da die Fensterrahmen nicht mit Lippendichtungen versehen sind, ist darüber hinaus von erhöhten Lüftungswärmeverlusten auszugehen.

Auf der Straßenseite des Schulgebäudes ist im Erdgeschoss neben den 2x1-Scheiben-Verbundfenstern mit Holzrahmen eine kleine Fensterfläche mit 1-fach verglastem Fensterglas mit Metallrahmen vorzufinden. Gemäß [1] wird für diese Fenster ein U-Wert von  $5,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ausgegangen. Die Wärmeschutzqualität erreicht damit bei weitem nicht die heutigen Anforderungen.

### 3.3.7 Außentüren

Bei den Eingangstüren handelt es sich um Stahltüren mit einfachverglasten Fenstern, deren U-Wert gemäß [1] mit  $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  abgeschätzt wird und damit deutlich über den heutigen Anforderungen liegt. Gemäß Aussage des Hausmeisters schließen die Türen nicht mehr dicht, wodurch es zu erhöhten Lüftungsverlusten kommt. Im letzten Winter waren die Türrahmen stark verzogen und konnten nicht mehr geschlossen werden. Die Türen wurden bereits nachjustiert es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass im kommenden Winter das Problem erneut auftritt.

### 3.3.8 Dach

Aufgrund von Undichtigkeiten wurde die Dachabdichtung des Flachdachs gemäß Aussage des Hausmeisters im Jahr 2010 teilweise erneuert. Über eine energetische Sanierung des Dachs liegen keine Informationen vor. Aus diesem Grund wird für das massive Flachdach des Schulgebäudes gemäß [1] ein U-Wert von  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angesetzt. Die Dachabdichtung ist stellenweise beschädigt. In diesen Bereichen ist auch die alte Dämmung durchnässt und damit nicht mehr intakt. Da keine genauen Informationen über den Gesamtzustand der Flachdachdämmung vorliegen wird dennoch von einer großflächig intakten

Dämmung und daraus resultierend von einem U-Wert von  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ausgegangen. Durch die stellenweise undichte Dachabdichtung kommt es zu Feuchteschäden an der Decke und den Wänden im dritten Obergeschoss. Aus diesem Grund wird dringend empfohlen die Dachabdichtung zu erneuern.

### 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 ohne Lippendichtung ausgeführt ist, ist von erhöhten Lüftungswärmeverlusten infolge Gebäudeundichtigkeit auszugehen, die durch eine Luftwechselrate von  $0,9/\text{h}$  (vgl. Tabelle 2) berücksichtigt werden.

## 3.4 Technische Anlagen

### 3.4.1 Bestandsaufnahme

Die Raumwärme- und Warmwasserbereitung des Schulgebäudes und der auf dem Areal ebenfalls untergebrachten Turnhalle erfolgt zentral im Kombibetrieb über zwei Buderus SB715 Erdgas-Brennwertkessel. Die Brennwertkessel aus dem Jahre 1992 befinden sich außerhalb der thermischen Gebäudehülle im Untergeschoss des Schulgebäudes. Einer der beiden Brenner wurde bereits erneuert und durch ein Modell der Firma Weishaupt ersetzt. Bei dem zweiten Brenner handelt es sich um einen alten Brenner der Firma Elco. Die Umwälzpumpen der Firma Grundfos wurden in den Jahren 2002, 2006 und 2010 eingebaut. Die Pumpen sind leistungsgeregelt und passen ihre Leistung somit dem aktuellen Förderbedarf an. Nach Angaben des Hausmeisters ist davon auszugehen, dass nach den Erneuerungen an der Heizungsanlage kein hydraulischer Abgleich der Anlage vorgenommen wurde.

Die Wärmeleitungen sind bis auf kurze Zwischenstücke und Armaturen gut gedämmt. Gemäß Aussage des Hausmeisters erfolgte die Erneuerung der Isolierung im Zuge eines Pumpenaustauschs.

Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt durch überwiegend an den Außenwänden angeordnete Gliederheizkörper welche manuell über Thermostatventile regulierbar sind. Teilweise sind die Thermostatventile jedoch nicht mehr funktionsfähig, sodass eine Regulierung nicht möglich ist.

Ebenfalls im Heizungskeller des Schulgebäudes untergebracht ist ein Buderus TBS-Isocal Warmwasserspeicher mit einem geschätzten Volumen von 500 l. Der Speicher wird indirekt über die beiden Brennwertkessel beheizt. Die Versorgung der Zapfstellen im Gemeinschaftsraum im Erdgeschoss und des Speiseraums im ersten Obergeschoss erfolgt mittels Zirkulation.

Die Beleuchtungsanlage des Schulgebäudes besteht zum großen Teil aus Deckenleuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen, welche mit verlustarmen oder konventionellen Vorschaltgeräten ausgestattet sind. Gemäß den Angaben des Hausmeisters wurde ein Teil der Beleuchtungsanlage im Jahr 2005 modernisiert.

## 3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Insgesamt sind die haustechnischen Anlagen funktionstüchtig. Da die Brennwertkessel nach VDI 2067 [8] bereits ihre durchschnittlichen Lebensdauern erreicht haben stehen in naher Zukunft jedoch Erneuerungsinvestitionen an.

Bei dem verwendeten Energieträger handelt es sich mit Erdgas um einen fossilen Energieträger, der hinsichtlich seiner Primärenergieeffizienz und seiner Treibhausgaswirkung ungünstiger ist als Fern- oder Nahwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung und Energieträgern aus erneuerbaren Quellen. Ein Wechsel des Energieträgers und der Einbezug erneuerbarer Energien sind daher bei zukünftigen Erneuerungen der Anlage empfehlenswert.

Die defekten Thermostatventile sollten erneuert werden, um einen unnötig hohen Energieverbrauch zu vermeiden.

Die Beleuchtungsanlage des Schulgebäudes ist laut Aussage des Hausmeisters nur teilweise erneuert worden und verfügt nicht über die mögliche Energieeffizienz. Eine Weiterführung der 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.

**Tabelle 1:** Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	19°C
Luftwechselrate	0,9/h (Fenster z. T. ohne Abdichtung)
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5,0 W/m <sup>2</sup>
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m <sup>2</sup> K)
Heizungsanlage	Brennwertkessel, Energieträger Erdgas
Warmwasserbedarf	6,3 MWh/a <sup>3</sup>

Ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte konnte nur für die das Schulgebäude und die Turnhalle gemeinsam geführt werden, da ihr Wärmeverbrauch gemeinsam abgerechnet wird. In der folgenden Tabelle sind die berechneten Wärmebedarfswerte dem abgerechneten Verbrauchswert gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass der berechnete Bedarf den gemessenen Verbrauch um etwa 30% unterschreitet. Übliche Stellschrauben zur Angleichung der rechnerischen Größen an den gemessenen Verbrauch wie eine Erhöhung der Raumtemperatur zeigten sich gleichwohl nicht. Jedoch sind bzw. waren bei beiden Dächern Undichtigkeiten vorhanden, so dass

<sup>3</sup> Berechnung mit Hilfe des Ansatzes nach DIN V 18599-10:2011-12 Tab.7 für Schulen ohne Dusche, Schüleranzahl die mittags in der Schule essen entsprechend der Aussage des Hausmeisters mit 75 abgeschätzt

von einer Teildurchfeuchtung der Dachdämmungen auszugehen ist. Infolge dieser Teildurchfeuchtung kann es zu deutlich erhöhten Transmissionswärmeverlusten über die Dächer kommen, die ohne detaillierte Untersuchung der Dächer rechnerisch nicht quantifiziert werden können, aber höchstwahrscheinlich für den Großteil der festzustellenden Abweichungen verantwortlich sind.

**Tabelle 2:** Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs<sup>4</sup>

Berechneter Wärmebedarf – Schulgebäude MWh/a	503,8
Berechneter Wärmebedarf – Turnhalle MWh/a	202,8
Summe des berechneten Bedarfs	706,6
Witterungskorrigierter Wärmeverbrauch MWh/a	909,7

## 3.6 Energiesparmaßnahmen und Sanierungsoptionen

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.

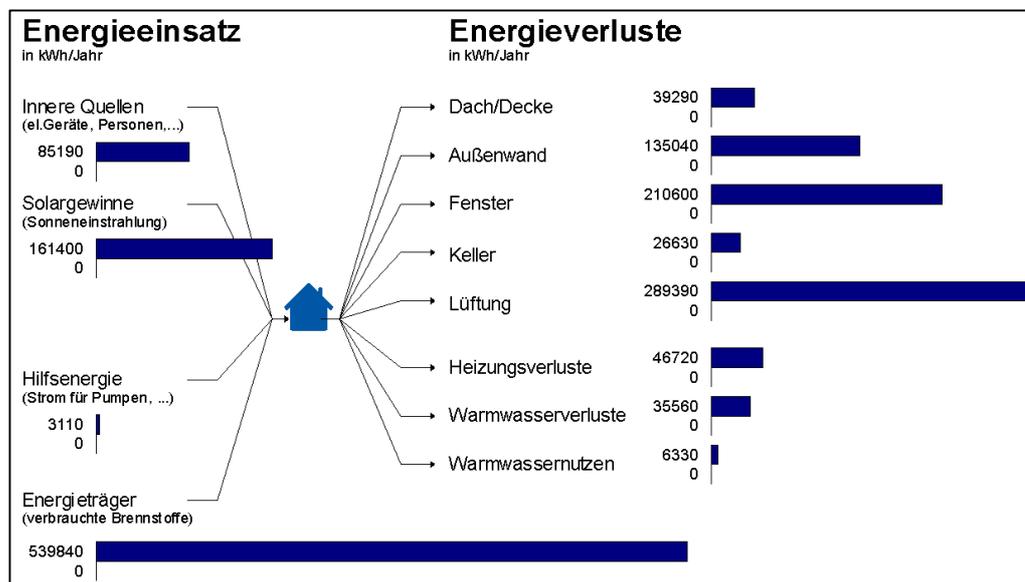


Abbildung 5: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Schulgebäudes

<sup>4</sup> Berechnung des Endenergiebedarfs und Witterungskorrektur jeweils für den mittleren Klimareferenzort Deutschlands nach 4108-6 (Würzburg).

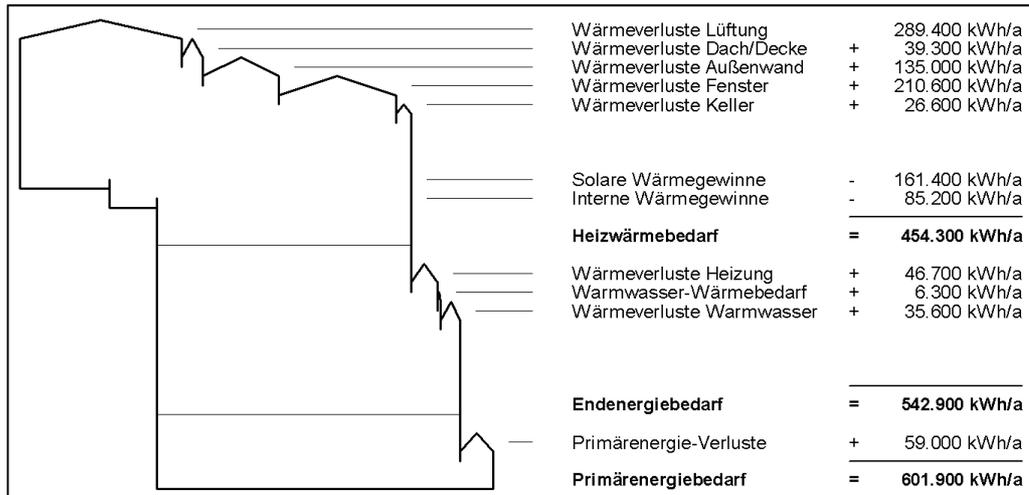


Abbildung 6: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Schulgebäudes

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.<sup>5</sup> Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.

<sup>5</sup> Die Bewertungsskala ist in der verwendeten Software Hottgenroth Energieberater 18599 implementiert und wurde in Anlehnung an die Bewertungsskala für Energieausweise nach EnEV entwickelt. Da die energetische Bilanzierung entsprechend den Empfehlungen in den Anforderungen an die Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten [2] nach DIN 4108-6 in Verbindung mit DIN 4701-10 erfolgte, die nach EnEV 2009/2014 nur noch zur Bilanzierung von Wohngebäuden herangezogen werden dürfen, bezieht sich die Farbenskala auf Wohngebäude. Die Einstufung ist gleichwohl aussagekräftig, da sich die Referenzausführungen für Wohn- und Nichtwohngebäude im Hinblick auf die wärmeschutztechnischen Eigenschaften der Gebäudehülle und der Heizungs- und Warmwassererzeugungsanlage nicht wesentlich unterscheiden.

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

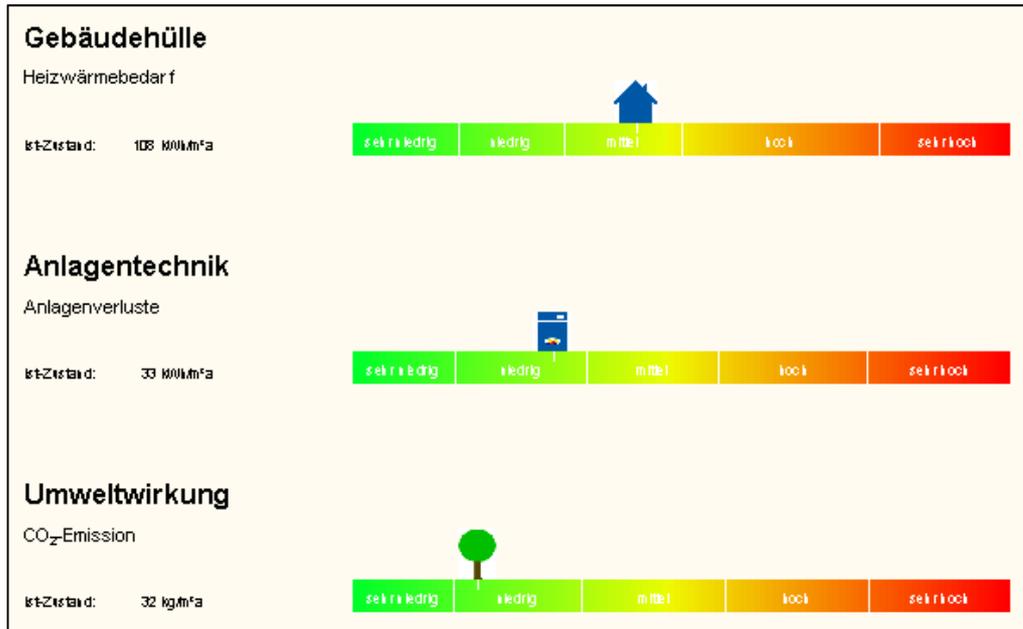


Abbildung 7: Beurteilung des Ist-Zustandes des Schulgebäudes

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im unteren mittleren Bereich spiegelt sich die Tatsache wieder, dass kaum energetische Sanierungen an der Gebäudehülle durchgeführt wurden. Es zeigt sich demnach noch ein deutliches Sanierungspotenzial. Entsprechend der Ausstattung der Heizungsanlage um die Brennwertkessel werden die Anlagenverluste im unteren niedrigen Bereich eingestuft. Ein Sanierungspotenzial ist auch hier vorhanden. Die Umweltwirkung des Gebäudes wird im Hinblick auf seine Treibhausgasemissionen resultierend aus dem Energieverbrauch und Emissionsfaktor als niedrig eingestuft. Auch hier zeigt sich dennoch Einsparpotenzial.

## 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, ihres Angrenzens an das Erdreich und ihrer anteilig geringen Fläche 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 zunächst nicht empfohlen. Wenn entsprechende Nutzungseinschränkungen tolerierbar und Anpassungsmaßnahmen möglich sind und eine Sanierung aus baulichen Gründen erforderlich ist, sollte eine Dämmung jedoch ergänzt werden. (Um die hierbei entstehende Wärmebrücke zur Außenwand zu minimieren, ist die Außenwand außenseitig bis zur Unterkante des Fundaments mit einer Perimeterdämmung zu versehen.)

→ **Sanierung eingeschränkt empfohlen**

### 4.2.2 Decke über unbeheizten Kellerräumen

Über die ungedämmte Kellerdecke (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.

→ **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.<sup>6</sup>

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.

→ **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. Da der Heizungskeller indirekt über die Wärmeverluste der Heizungsanlage beheizt wird, ist eine Dämmung der Innenwand zum Heizungskeller nicht erforderlich. Da der Windfang auf der Nord-Ost Seite des Gebäudes unbeheizt ist, wird empfohlen im Zuge der Erneuerung der Eingangstüren zu den Windfängen auch die Wände auf der kalten Seite zu dämmen. Mit einer 13 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW erreicht.

→ **Sanierung teilweise empfohlen**

#### 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. Auch die 1-fach verglasten Fenster auf der Straßenseite sollten erneuert werden. Zur Einhaltung der KfW-Anforderungen wäre der Einbau einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert kleiner oder gleich 0,95 W/(m<sup>2</sup>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 ist kein außenliegender Sonnenschutz installiert. Um die solaren Einträge in die Unterrichtsräume wirksam zu reduzieren, sollte an den 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 relativ gering. Da die Türen in einem schlechten Zustand sind und nicht mehr dicht schließen ist jedoch von erhöhten Lüftungswärmeverlusten auszugehen. Insbesondere im Rahmen einer Fassadensanierung sollten die Eingangstüren und Kellertüren zu beheizten Räumen deshalb durch Türen mit einem U-Wert kleiner oder gleich 1,3 W/(m<sup>2</sup>K) ersetzt werden, um zum einen das vorhandene

---

<sup>6</sup> Ggf. muss die Dämmstoffdicke zur Berücksichtigung von Wärmebrücken infolge Dübeln geringfügig vergrößert werden.

Einsparpotential bei möglichst geringem Kostenaufwand zu realisieren und zum anderen den Aufenthaltskomfort in den Eingangsbereichen im Winter zu erhöhen. Bei den Eingangstüren wird empfohlen selbsttätig schließende Türen einzubauen.

→ **Sanierung empfohlen**

#### 4.2.7 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. Die Dachabdichtung ist stellenweise beschädigt. In diesen Bereichen ist auch die alte Dämmung durchnässt und damit nicht mehr intakt. Da keine genauen Informationen über den Gesamtzustand der Flachdachdämmung vorliegen wird dennoch von einer großflächig intakten Dämmung und daraus resultierend von einem U-Wert von  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ausgegangen. Vor einer Sanierung sollte der Zustand des Daches und der Dämmung untersucht werden. Ausgehend von einer intakten Dämmung wären für die Erfüllung der Anforderung der KfW für die Sanierung von Flachdächern 20 cm einer Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich. Ist die Dämmung großflächig nicht mehr intakt, wäre eine erhöhte Dämmdicke erforderlich. Da das Dach undicht ist wird eine kurzfristige Sanierung empfohlen.

→ **Sanierung empfohlen**

### 4.3 Sanierung der technischen Anlagen

#### 4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

Insgesamt sind die haustechnischen Anlagen funktionstüchtig. Die Heizungskessel haben ihre mittleren Lebensdauern nach VDI 2067 [8] jedoch bereits erreicht. Der Kesselbrenner eines der beiden Brennwertkessel wurde bereits erneuert, sodass vor allem bei einem der beiden Brennwertkessel in naher Zukunft mit umfangreichen Erneuerungsinvestitionen zu rechnen ist. Bei Beibehaltung des Energieträgers wird empfohlen nach Erreichen der Lebensdauer moderne Brennwertkessel einzubauen. Die Pumpen wurden bereits durch leistungsgeregelte Geräte ersetzt. Derzeit stehen demnach keine Erneuerungen an. Nach Erreichen ihrer Lebensdauer sollten sie gegen Hocheffizienzgeräte getauscht werden.

Vor der Planung und Durchführung von Erneuerungsinvestitionen sollte überprüft werden, ob die Warmwasserbereitung im Speicherladeprinzip beibehalten werden soll oder eine Umstellung auf ein dezentrales elektrisches System erfolgen soll, das bedarfsabhängig gesteuert wird und ggf. energetisch günstiger ist. Hierfür ist es sinnvoll, zuvor als Planungsgrundlage über einen repräsentativen Zeitraum den Trinkwarmwasserverbrauch zu erfassen.

Die defekten Thermostatventile sollten erneuert werden, damit ein Abdrehen der Heizkörper im Fall von Fensterlüftung möglich ist und Heizenergie nicht unnötig verloren geht. Gleichzeitig sollte eine Schulung der Nutzer 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 eingeschränkt 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 empfohlen**

## 4.3.3 Energieträger

Da aktuell der fossile Energieträger Erdgas verwendet wird, wäre der Anschluss des Schulgebäudes und der ebenfalls über die Heizungsanlage mit Wärme versorgt werdenden Turnhalle an ein Wärmenetz in dem Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung zur Verfügung gestellt wird zu empfehlen. Wärme aus KWK ist gemäß EEWärmeG [10] als Ersatzmaßnahme für den Einsatz erneuerbarer Energien anerkannt. Inwieweit und zu welchen Kosten ein Anschluss des Gebäudes an ein bestehendes Fern- oder ggf. Nahwärmenetz möglich ist, müsste in einem weiteren Schritt mit den möglichen Versorgern geklärt werden.

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)	
<b>Austausch alter Fenster</b>	Demontage und Entsorgung der alten Fenster, Einbau neuer Fenster		
	Sowieso anfallende Kosten für Holzfenstersanierung (Abschleifen, Anstrich, Ausbesserung, Dichtung, Wartung Beschläge), falls kein Fensteraustausch erfolgt	Einzelpreis:	100 €/Stk
	Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutz-verglasungen mit Holzrahmen, $U \leq 0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:	615 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster</li> </ul>	Anzahl:*	776 Stk
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial</li> </ul>	Gesamtpreis:	<b>477.240 €</b>
	<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 <math>1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}</math>. Da dieser etwas größer ist als der Zielwert für die 3-fach-Verglasung kann sich ggf. ein etwas höherer Einzelpreis ergeben.</p>		
<b>Austausch alter Außentüren</b>	Demontage und Entsorgung der alten Eingangstürelemente, Einbau neuer Türelemente	Einzelpreis:	4.700 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demontage und Entsorgung der alten Türelemente</li> </ul>	Anzahl:	2 Stk
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial</li> </ul>	Gesamtpreis:	<b>9.400 €</b>
	U-Wert des sanierten Bauteils: $U = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$		
<b>Dämmung der Innenwände</b>	Montage einer 13 cm Dämmung der WLG 035 auf der unbeheizten Seite der Innenwände	Einzelpreis:	49 €/m <sup>2</sup>
	inkl. Beschichtung der Dämmung z.B. durch Armierung und Anstrich	Fläche:	15 m <sup>2</sup>
		Gesamtpreis:	<b>735 €</b>
	U-Wert des sanierten Bauteils: $U = 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$		
<b>Dämmung der Außenwände (WDVS)</b>	Aufbringen eines WDVS mit 14 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	102 €/m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds</li> </ul>	Fläche:	1.650 m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör</li> </ul>	Gesamtpreis:	<b>167.640 €</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten</li> <li>▪ Wandbekleidung oder Oberputz</li> <li>▪ De-/Remontage von Regenfallrohren, Blitzableitern, etc.</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ im Zusammenhang mit der Dämmmaßnahme notwendige Bauleistungen wie die Vergrößerung von Dachüberständen oder die Verbreiterung von Fensterbänken</li> </ul>		
	Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da die Fassade ohnehin zu überarbeiten ist		
	U-Wert des sanierten Bauteils: $U = 0,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$		

<b>Dämmung des Daches</b>	Verlegen einer 20 cm Dämmung der WLG 035 und Erneuerung der Dachhaut	Einzelpreis:	98 €/m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verlegen der Dämmschicht</li> <li>▪ Erstellen der neuen Dachhaut einschließlich aller Anschlüsse/Durchführungen</li> <li>▪ ggf. Anpassung der Dachkonstruktion zur Aufnahme des Dämmmaterials</li> <li>▪ De- und (Wieder-) Montage von dachmontierten Elementen</li> </ul> <p>Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da diese ohnehin für die Sanierung der Fassade benötigt wird</p> <p>U-Wert des sanierten Bauteils: <b>U = 0,14 W/(m<sup>2</sup>K)</b></p>	Fläche	770 m <sup>2</sup>
		Gesamtpreis:	<b>75.460 €</b>
<b>Erneuerung der Heizungsanlage</b>	Austausch der beiden Brennwertkessel gegen moderne Brennwertkessel, sowie Durchführung weiterer Anpassungsmaßnahmen einschließlich eines hydraulischen Abgleichs	Gesamtpreis:	<b>Sowiesokosten</b>

Fortsetzung **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:	477.240 €
	Austausch der alten Eingangstüren	Türen:	9.400 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen, hydraul. Abgleich	Anlagen:	-
			<b>486.640 €</b>
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	486.640 €
	Dämmung der Innenwände zu den unbeheizten Windfängen	Innenwände:	735 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	167.640 €
			<b>655.015 €</b>
Variante 3	wie Variante 2	Variante 2:	655.015 €
	zusätzlich Dämmung des Daches	Dach:	75.460 €
			<b>730.475 €</b>
Variante 4	wie Variante 3	Variante 3:	730.475 €
	Austausch der beiden Brennwertkessel im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen	Anlagen:	-
			<b>730.475 €</b>

## 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Ampeln eingesetzt werden, die anhand der gemessenen CO<sub>2</sub>-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 Erdgas und Strom werden mit einer durchschnittlichen jährlichen Preissteigerungsrate von 4% in den nächsten 40 Jahren angenommen. Diese Preissteigerungsrate wurde auf Grundlage der Preiserhöhungen der Energiepreise privater Haushalte in den letzten 10 Jahren ermittelt und unterschätzt die tatsächlich aufgetretenen Preissteigerungsraten etwas. In Abhängigkeit vom gewählten Untersuchungszeitraum kann die Steigerungsrate deutlich höher liegen. Eine dauerhaft niedrigere Preissteigerungsrate ist aufgrund der vorhandenen Rohstoffknappheit nicht zu erwarten. Höhere Preissteigerungsraten als berücksichtigt sind hingegen möglich und würden zu einer verbesserten Wirtschaftlichkeit der Sanierungsvarianten führen.

Die Berechnungen werden ohne Kalkulationszinssatz geführt, um zu berücksichtigen, dass dem Bezirksamt bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen i.d.R. selbst keine Kapitalkosten entstehen.<sup>7</sup> 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.<sup>8</sup>

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.<sup>9</sup>

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:	33.873 €	Kalkulationszinssatz:	0%

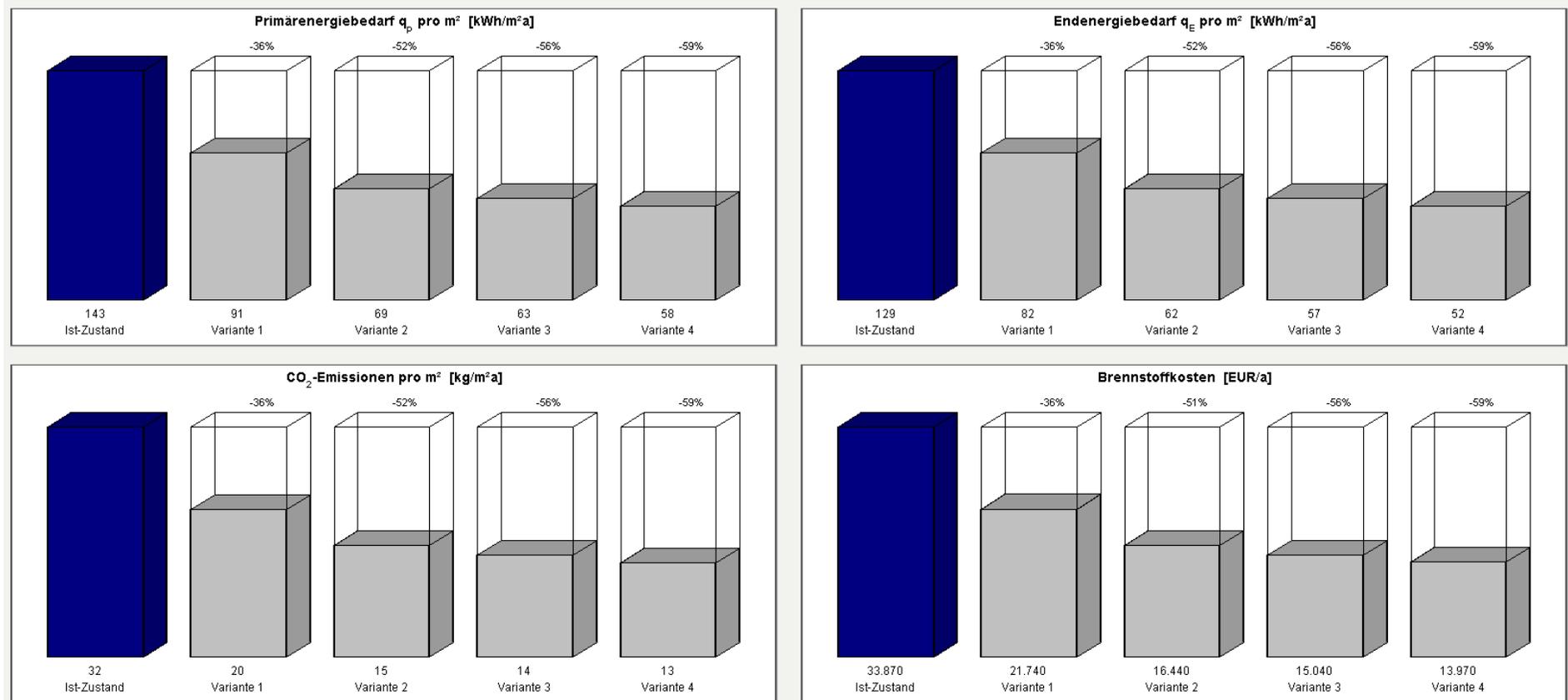
<sup>7</sup> In der verwendeten Berechnungssoftware ist für den Kalkulationszinssatz stets ein Wert > 0 einzugeben, so dass rechnerisch der kleinstmögliche Zinssatz von 0,01% verwendet wird.

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

<sup>9</sup> Erdgas: 5,54 ct/kWh, Strom: 21,76 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	579.102	21.745	1.197.960	618.858	29.949	1.920	2.069	2.959	27
2	779.468	16.436	1.722.360	942.892	43.059	2.758	2.210	2.772	26
3	869.265	15.042	1.860.000	990.735	46.500	2.978	2.140	2.863	27
4	869.265	13.970	1.965.880	1.096.615	49.147	3.153	2.262	2.698	26



**Abbildung 5:** Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-,  $CO_2$ - und Brennstoffkostenreduktionen

## 4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich alle vier Maßnahmenvarianten etwa zu dem Zeitpunkt amortisiert haben, zu dem die sanierten Bauteile ca. zwei Drittel 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, der Tatsache, dass bald Erneuerungsinvestitionen anstehen und den Förderzielsetzungen nach [2] wird empfohlen, Variante 4 aufgrund der hiermit verbundenen größten Energie- und Treibhausgaseinsparungen auszuführen.

Darüber hinaus sollte die in Kapitel 4.2.1 beschriebene Option der Dämmung der Bodenplatte überprüft werden. Weiterhin wird empfohlen die defekten Thermostatventile zu erneuern. 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