

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

UHLENHORST-SCHULE, WONGROWITZER STEIG 37

Berlin, den 20. Oktober 2014
BN00149.102

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

INHALTSVERZEICHNIS

1. AUFGABENSTELLUNG	5
2. BASISDATEN DES HAUPTGEBÄUDES DER UHLENHORST-GRUNDSCHULE	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	11
3.1 Fotodokumentation	11
3.2 Vorbemerkungen und Hinweise	13
3.3 Gebäudehülle	13
3.3.1 Vorbemerkung	13
3.3.2 Decke über unbeheizten Kellerräumen	13
3.3.3 Außenwände	13
3.3.4 Innenwände gegen unbeheizte Räume	14
3.3.5 Fenster und Sonnenschutz	14
3.3.6 Außentüren	14
3.3.7 Dach / Gaubenwände / Abseitenwände	15
3.3.8 Decke zum unausgebauten Dachgeschoss	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 Decke über unbeheizten Kellerräumen	20
4.2.2 Außenwände	21
4.2.3 Innenwände gegen unbeheizte Räume	21
4.2.4 Fenster und Sonnenschutz	21
4.2.5 Außentüren	21
4.2.6 Dach / Gauben / Abseitenwände	22
4.2.7 Decke zum unausgebauten Dachraum	22
4.3 Sanierung der technischen Anlagen	22
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:	Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Erdgasverbrauch und den Stromverbrauch der Uhlenhorst-Grundschule	9
Tabelle 2:	Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	17
Tabelle 3:	Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs	17
Tabelle 4:	Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	25
Tabelle 5:	Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	26
Tabelle 6:	Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	28
Tabelle 7:	Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (Kosten inkl. Mehrwertsteuer)	29

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Erdgasverbrauch des Hauptgebäudes der Uhlenhorst-Grundschule in den Jahren 2011 bis 2013	7
Abbildung 2:	Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂) infolge Erdgasverbrauch	7
Abbildung 3:	Stromverbrauch des Hauptgebäudes der Uhlenhorst-Grundschule in den Jahren 2011 bis 2013	8
Abbildung 4:	Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂ -Äquivalent) infolge Stromverbrauch	8
Abbildung 5:	Kennwertevergleich	9
Abbildung 6:	Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Schulgebäudes	18
Abbildung 7:	Energiebilanz für den Ist-Zustand des Schulgebäudes	18
Abbildung 8:	Beurteilung des Ist-Zustandes des Schulgebäudes (bei Ansatz der Standard-Innentemperatur von 19°C)	19
Abbildung 9:	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 raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung und Lüftung
- [7] DIN V 18599-10:2011-12: Energetische Bewertung von Gebäuden – Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten
- [8] VDI 2067 Blatt 1:2012-09: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung
- [9] Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 18. November 2013 (EnEV 2014)
- [10] Gesetz zur Förderung Erneuerbare Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG) vom 07. August 2008, zuletzt geändert am 22.12.2011
- [11] Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), Anlage zu den Merkblättern IKK und IKU – Energetische Stadtsanierung – Energieeffizient Sanieren (Programme 218 und 219), Technische Mindestanforderungen, Stand 04/2014
- [12] Ages GmbH, Verbrauchskennwerte 2005, Forschungsbericht der ages GmbH, Februar 2007
- [13] Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V.: Katalog regionaltypischer im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten, 30. April 2009
- [14] Institut für Bauforschung e.V. Hannover, U-Werte alter Bauteile, Fraunhofer IRB Verlag, November 2003
- [15] Zentralstelle für Normungsfragen und Wirtschaftlichkeit im Bildungswesen, Typenschulbauten in den neuen Ländern, Modernisierungsleitfaden, 1999
- [16] BINE Informationsdienst: themeninfo I/06, Gebäude sanieren – Schulen
- [17] Plötz Schulführer Berlin 2010, Deutsche Informationsbörse AG, Berlin 2009
- [18] Umweltamt Steglitz-Zehlendorf, Sanierung von alten Kastendoppelfenstern auf 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

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 des Hauptgebäudes der Uhlenhorst-Grundschule

2.1 Objektbeschreibung

Bezeichnung des Objekts: Hauptgebäude der Uhlenhorst-Grundschule

Foto des Objekts:



Standort: Wongrowitzer Steig 37, 12555 Berlin

Nutzung: Grundschule

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude
mit unbeheiztem Keller, beheiztem Erdgeschoss und 1. OG, größtenteils ausgebautem
und beheiztem Dachgeschoss und unbeheiztem Spitzboden

Bruttogrundfläche: 6398 m²

Baujahr: 1933

Sanierung Gebäudehülle: Anfang der 90er Jahre Neueindeckung des Dachs + Dämmung der obersten
Geschossdecken
Ende der 90er Jahre teilweise Erneuerung der Fenster der Klassenräume im
Erdgeschoss, der Sanitärräume und der Gaubenfenster
2000 Aufbereitung der Fenster im ersten Obergeschoss

Sanierung haustechnische Anlage: 1993 Austausch Brennwertkessel + Druckausdehungsgefäß
2010 Austausch der Heizbrenner
bis 2000 Erneuerung Beleuchtungsanlage

Heizenergieerzeugung: Brennwertkessel, Energieträger Erdgas

Warmwasserbereitung: Dezentral, elektrisch beheizte Kleinspeicher

Lüftung: Freie Lüftung

Angaben zum Leerstand: Leerstehend während der Schulferien und am Wochenende

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 05.02.2014

2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

2.2.1 Wärme

Die Wärmeerzeugung erfolgt mittels des Energieträgers Erdgas. Der Keller und der unausgebaute Spitzboden der Schule sind unbeheizt. Das Erdgeschoss ist komplett beheizt. Das 1. Obergeschoss wird bis auf eine Ausbaureserve beheizt. Der Gasverbrauch der bewohnten Hausmeisterwohnung in dieser Etage wird separat abgerechnet und hier nicht betrachtet. Das 2. Obergeschoss wird bis auf einen unausgebauten Trakt beheizt.

Für die Jahre 2011-2013 liegen die im folgenden Diagramm dargestellten Angaben zum Erdgasverbrauch vor. Die Verbrauchsangaben umfassen nur den Heizungswärmeverbrauch für das Hauptgebäude der Schule ohne Küchentrakt und Turnhalle. Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral über elektrisch beheizte Kleinspeicher und ist deshalb nicht in den Wärmeverbrauchsdaten enthalten.

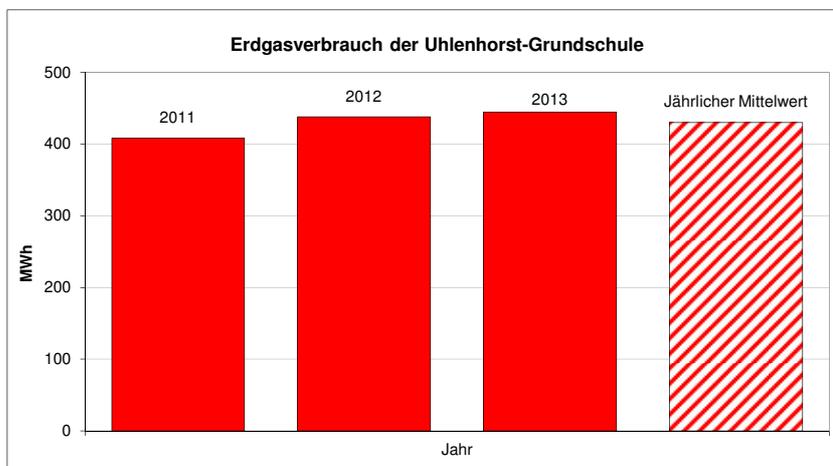


Abbildung 1: Erdgasverbrauch des Hauptgebäudes der Uhlenhorst-Grundschule in den Jahren 2011 bis 2013

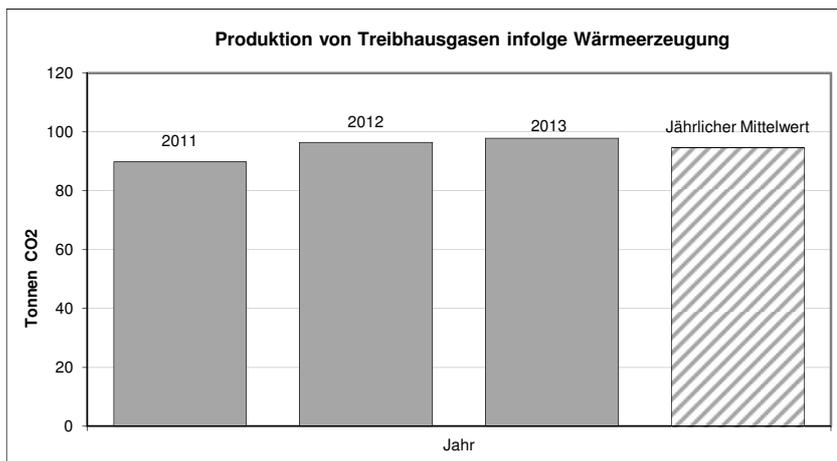


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂) infolge Erdgasverbrauch¹

¹ Gemäß GEMIS-Datenbank entsteht infolge 1 MWh Erdgasverbrauch (bezogen auf den unteren Heizwert) 244 kg des Treibhausgases CO₂.

2.2.2 Strom

Für die Jahre 2011-2013 wurden die nachstehend dargestellten Stromverbräuche abgerechnet. Beim Stromverbrauch handelt es sich ebenfalls nur um den Verbrauch des Hauptgebäudes. Abbildung 4 zeigt die infolge der Stromherstellung produzierten Treibhausgasemissionen.

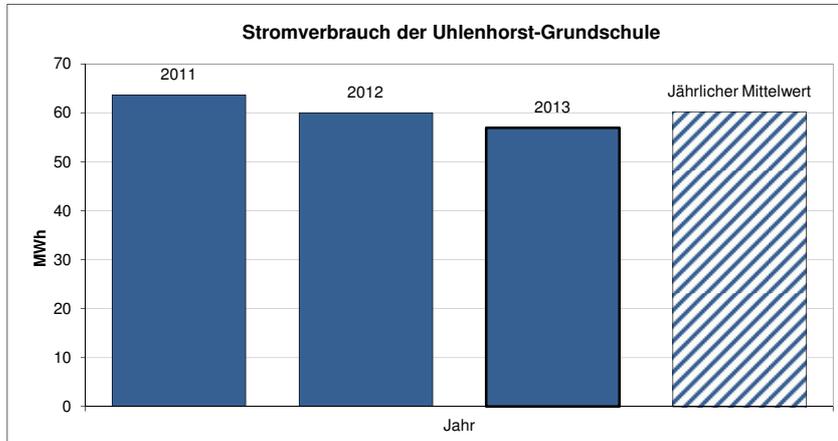


Abbildung 3: Stromverbrauch des Hauptgebäudes der Uhlenhorst-Grundschule in den Jahren 2011 bis 2013

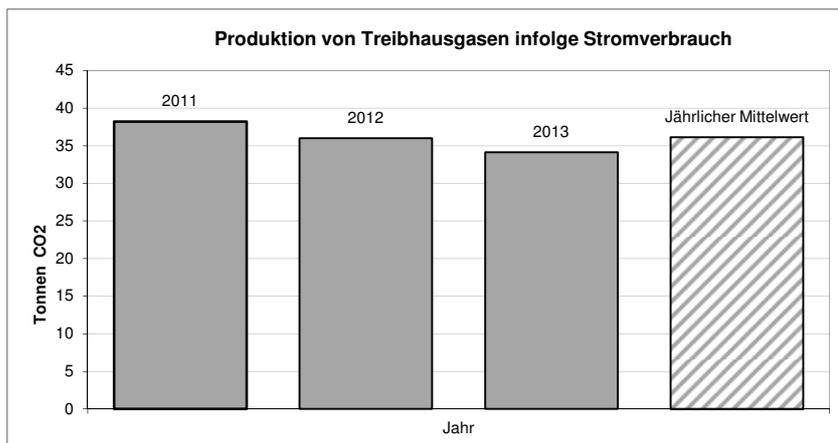


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent) infolge Stromverbrauch²

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

2.2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes

Eine Beurteilung der Energieverbräuche der Liegenschaft ist durch einen Vergleich mit den entsprechenden Verbräuchen des deutschen Gebäudebestands möglich. Hierfür hat die ages GmbH für verschiedene 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.³ In der folgenden Tabelle sind die Verbrauchswerte der Liegenschaft den entsprechenden Vergleichswerten des Grundschulgebäudebestands gegenübergestellt. Abbildung 5 verdeutlicht die Relationen grafisch.

Tabelle 1: Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Erdgasverbrauch und den Stromverbrauch der Uhlenhorst-Grundschule

		ages - Arithm. Mittel	ages - Arithm. Mittel des besten Viertels
Heizenergieverbrauch - kWh/(m ² BGFa) ⁴	124,5	112,0	67,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² BGFa)*	27,4	24,6	14,7
Stromverbrauch - kWh/(m ² BGFa)*	15,8	10,0	6,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² BGFa)*	9,5	6,0	3,6

* Der Heizenergieverbrauch wurde witterungsbereinigt. Zur Ermittlung der CO₂-Emissionen der ages-Werte wurde der gleiche Brennstoff wie beim untersuchten Gebäude angesetzt, um das Einsparpotential im Hinblick auf Treibhausgasemissionen zu verdeutlichen. Tatsächlich liegt dem Gebäudebestand jedoch ein nicht bekannter Brennstoffmix zu Grunde.

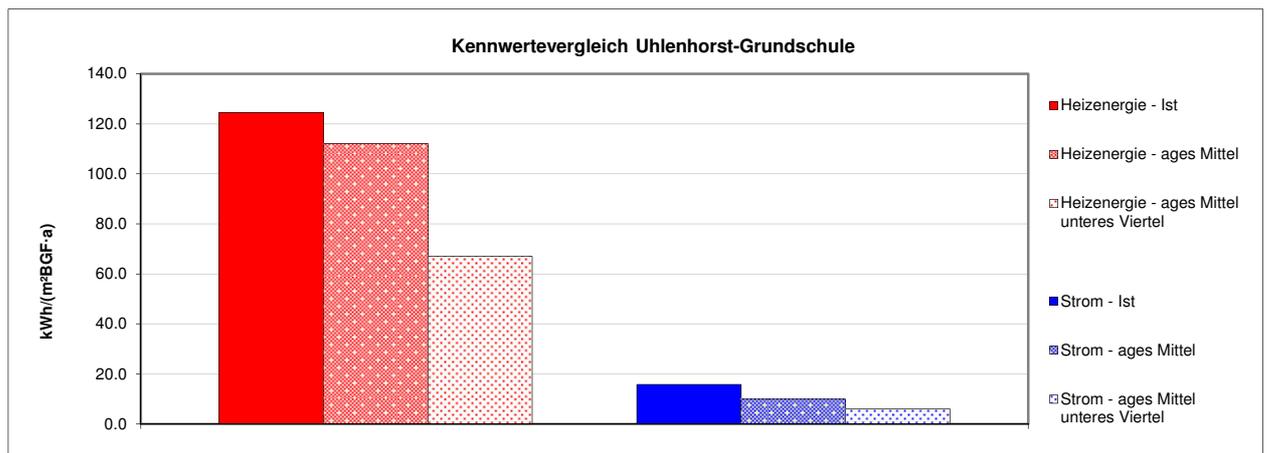


Abbildung 5: Kennwertevergleich

Das Hauptgebäude der Uhlenhorst-Grundschule verbraucht demnach etwas mehr Heizenergie als von ages GmbH für deutsche Grundschulen im Mittel erfasst wurde. Es besteht demnach trotz der bereits vorgenommenen energetischen Sanierungen ein weiteres Einsparpotential. Verglichen mit dem Mittelwert des besten Viertels des entsprechenden deutschen Gebäudebestands zeigt sich ein deutliches Einsparpotential für den Heizenergieverbrauch und die zugehörigen Treibhausgasemissionen. Setzt man das arithmetische Mittel des besten Viertels des Schulbestandes als Zielgröße für den Heizenergie-

³ 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.

⁴ Aufgrund des hohen Flächenanteils der unbeheizten Räume, wurden die Flächen des unbeheizten Kellers und die Flächen der unbeheizten Dachböden bei der Ermittlung der BGF nicht mit einbezogen

verbrauch, so berechnet sich das Kosteneinsparpotential bei einem Kostenansatz von 0,063 €/kWh⁵ für Erdgas zu 13.800 €/Jahr für das Hauptgebäude. Für die Treibhausgasemissionen infolge Heizwärmeverbrauchs berechnet sich entsprechend ein Einsparpotential von 46 %.

Der mittlere jährliche Stromverbrauch des Hauptgebäudes der Uhlenhorst-Schule liegt etwas oberhalb des von ages GmbH für deutsche Grundschulen im Mittel erfassten Stromverbrauchs, und demnach ebenfalls oberhalb des Mittelwerts des besten Viertels. Unter Ansatz des arithmetischen Mittels des besten Viertels des Grundschulgebäudebestands als Zielgröße für den Stromverbrauch der Uhlenhorst-Grundschule und einem aktuellen mittleren Kostenansatz von 0,218 €/kWh für Strom berechnet sich das Kosteneinsparpotential für das Hauptgebäude zu etwa 8.200 Euro €/Jahr. Für die Treibhausgasemissionen infolge Stromverbrauchs berechnet sich entsprechend ein Einsparpotential von 62 %.

⁵ Der Kostenberechnung wurde der Energiepreis der letzten Verbrauchsabrechnung des Objekts zugrunde gelegt: Erdgas i.H.v. 6,31 ct/kWh, Strom: i.H.v. 21,76 ct/kWh verwendet, jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

3. Bewertung des Ist-Zustandes des Gebäudes

3.1 Fotodokumentation



Süd-Ansicht (Straßenseite Wongrowitzer Steig)



Ost-Ansicht (Straßenseite Filehner Straße)



West-Ansicht (Hofseite)



Beispielhafter Schaden an einer Fensterbank



Beispiel Zustand der unsanierten hofseitigen Fenster



Beispiel Zustand der straßenseitigen Treppenhausfenster



Dämmung der Decke zum unausgebauten Dachraum



Blick in den unausgebauten Spitzboden



Blick in einen unausgebauten Lagerraum



Buderus Brennwertkessel



Verteilerstation Vor- und Rücklauf



Grundfos Doppelumwälzpumpe

3.2 Vorbemerkungen und Hinweise

Der Keller des Schulgebäudes der Uhlenhorst-Grundschule ist im Wesentlichen unbeheizt. In zwei Kellerräumen sind Heizkörper vorhanden, die laut Aussage des Hausmeisters immer ausgestellt sein sollten. Bei der Besichtigung der Schule war einer der beiden Heizkörper jedoch in Betrieb, ohne dass der Raum genutzt wurde. Im selben Raum führt eine undichte Holztür mit Einfachverglasung nach außen, sodass es zu erhöhten Lüftungswärmeverlusten kommt. Sie sollte durch eine dicht schließende Tür ersetzt werden. Da die beheizbaren Kellerräume im kalten Bereich liegen, sollten sie nach Möglichkeit ebenfalls nicht oder nur geringfügig beheizt werden. Außerdem sollte überprüft werden, ob den derzeitigen Nutzern andere Räume zur Verfügung gestellt werden können.

Des Weiteren beklagt sich der Hausmeister, dass die Fenster insbesondere im 1. Obergeschoss undicht sind, sodass erhöhte Lüftungswärmeverluste entstehen und der Nutzerkomfort eingeschränkt wird.

3.3 Gebäudehülle

3.3.1 Vorbemerkung

Die Uhlenhorst-Grundschule wurde 1933 in Massivbauweise errichtet. Nach Ende des zweiten Weltkrieges wurde das Hauptgebäude der Schule um einen Gebäudetrakt erweitert.

1977 erhielt das Hauptgebäude einen weiteren Anbau. In diesem sind die Schulküche und zwei weitere Unterrichtsräume untergebracht. Er verbindet das Hauptgebäude mit der im Jahr 1960 erbauten Sporthalle. Da dieser Anbau laut Aussagen des Hausmeisters über die Heizungs- und Warmwasseranlage der Sporthalle versorgt wird, findet er in diesem Bericht keine Berücksichtigung.

Im 1. OG des Hauptgebäudes befindet sich eine Hausmeisterwohnung, die zur Zeit an den ehemaligen Hausmeister der Schule vermietet ist. Der Energiebedarf dieser Wohnung wird separat mit dem Energieversorger abgerechnet. Aus diesem Grund wird die Wohnung in dieser Bewertung nicht erfasst.

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 Decke über unbeheizten Kellerräumen

Die Kellerdecke des Schulgebäudes ist massiv ausgeführt. Da keine näheren Angaben vorliegen, ist gemäß [1] von einem U-Wert von $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auszugehen. Der wärmetechnische Zustand der Decke entspricht damit nicht den heutigen Anforderungen.

3.3.3 Außenwände

Bis auf die Gaubenwände handelt es sich bei den Außenwänden um nicht gedämmte massive Mauerwerkswände, die im Sockelbereich als Ziegelsichtmauerwerk ausgeführt sind. Die übrigen Fassadenflächen sind außenseitig verputzt. Der U-Wert für das ca. 50 cm dicke Mauerwerk beträgt gemäß [1] $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Der wärmetechnische Zustand der Außenwände entspricht damit nicht dem heutigen Standard. Zusätzlich weist der Außenputz eine Reihe schadhafter Stellen wie Risse und Fehlstellen auf. Teilweise wurden diese bereits ausgebessert.

3.3.4 Innenwände gegen unbeheizte Räume

Bei den Wänden gegen das unbeheizte Dachgeschoss handelt es sich um massive Ziegelwände in einer Dicke von ca. 24 cm + Putz. Gemäß [1] wird für die Wände ein U-Wert von 2,1 W/(m²K) angesetzt. Die heutigen wärmetechnischen Anforderungen werden damit nicht erreicht.

Die Innenwände, die im Erdgeschoss an den Flur zur Schulküche und zum Speiseraum angrenzen, sind ebenfalls massiv ausgeführt. Der Flur wird an seinen Enden jeweils durch eine undicht schließende Außentür von der Außenluft abgegrenzt. Da aufgrund der Undichtigkeit laut Aussage des Hausmeisters im Flur ständig ein Durchzug herrscht, wird er als unbeheizt angenommen. Für die ungedämmten Wände wird gemäß [1] ein U-Wert von 1,7 W/(m²K) angesetzt. Die heutigen wärmetechnischen Anforderungen werden damit für die Innenwände nicht erreicht.

3.3.5 Fenster und Sonnenschutz

Bei den Fenstern im Erdgeschoss der Schule handelt es sich bei dem 1933 errichteten Teil des Gebäudes um Holzkastenfenster und Holzfenster mit Einfachverglasungen. Der U-Wert der einfachverglasten Holzfenster ist mit einem Wert von 5,0 W/(m²K) gemäß [1] sehr hoch. Der U-Wert der Kastenfenster ist gemäß [1] mit 2,7 W/(m²K) anzunehmen und entspricht damit ebenfalls nicht den heutigen wärmeschutztechnischen Anforderungen. Im weiteren Teil des Erdgeschosses wurden die Kastenfenster 1998 größtenteils durch 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen ersetzt, für die gemäß [1] ein U-Wert von 1,6 W/(m²K) angesetzt wird. Der wärmetechnische Zustand der Fenster liegt damit etwas über den heutigen Anforderungen.

Im ersten Obergeschoss der Schule sind bis auf die Fenster in den Sanitärräumen und die Treppenhausfenster noch Holzkastenfenster vorhanden. Diese wurden auf der Straßenseite Anfang 2000 neu aufgearbeitet. Trotzdem sind die Fenster undicht. Die Holzkastenfenster auf der Hofseite sind in einem schlechten Zustand. Sie verfügen über keine Lippendichtung und ihr Schutzanstrich müsste erneuert werden. Der U-Wert der Kastenfenster ist gemäß [1] mit 2,7 W/(m²K) anzunehmen. Die Fenster in den Sanitärräumen wurden in den 90er Jahren durch 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen ersetzt. Für diese Fenster wird gemäß [1] ein U-Wert von 1,6 W/(m²K) angenommen.

Bei den Gaubenfenstern im 2. Obergeschoss handelt es sich ebenfalls um 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen, für die gemäß [1] ein U-Wert von 1,6 W/(m²K) angesetzt wird. Nur beim Fenster der nach Norden ausgerichteten Gaube handelt es sich noch um ein Holzkastenfenster, dessen U-Wert gemäß [1] mit 2,7 W/(m²K) anzunehmen ist.

Die Treppenhausfenster der Schule sind Holzfenster mit Einfachverglasungen. Diese befinden sich in einem sehr schlechten Zustand. Der Schutzanstrich ist dringend zu erneuern. Auch der U-Wert ist mit 5,0 W/(m²K) verglichen mit dem heutigen Standard als sehr hoch einzustufen. Bei den Dachflächenfenstern des zur Straße gelegenen Treppenhauses handelt es sich um 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen, für die gemäß [1] ein U-Wert von 2,7 W/(m²K) angesetzt wird.

Ein außenseitiger Sonnenschutz ist nur in einem 2013 sanierten und zur Straßenseite ausgerichteten Gemeinschaftsraum im 2. Stock vorhanden. Laut Aussage der Hausmeister wäre ein Sonnenschutz an allen Klassenzimmern zur Süd-Ost Seite (Straßenseite) erforderlich.

3.3.6 Außentüren

Bei den Eingangstüren handelt es sich um Holztüren mit einfachverglasten Fenstern, deren U-Wert gemäß [1] mit 3,5 W/(m²K) anzunehmen ist und der damit über den heutigen Anforderungen liegt.

3.3.7 Dach / Gaubenwände / Abseitenwände

Anfang der 90er Jahre wurde das Dach der Schule nach Aussage des Hausmeisters neu eingedeckt. Ob bei dieser Sanierung auch eine Zwischensparrendämmung in den ausgebauten Räumen eingebracht wurde ist nicht bekannt. Von innen wurden das Dach, die Gaubenwände und die Abseitenwände augenscheinlich in den ausgebauten Räumen von innen mit einer ca. 3 cm dicken Holzwolle-Leichtbauplatte gedämmt. Da keinen näheren Informationen zum Umfang der Sanierung vorliegen, wird davon ausgegangen, dass das Dach gemäß der Anfang der 90er Jahre gültigen Wärmeschutzverordnung gedämmt wurde. Demnach wird für das Dach, die Gauben- und die Abseitenwände ein U-Wert von 0,45 W/(m²K) angesetzt. Damit ist bereits ein gewisser Wärmeschutz vorhanden, die heutigen Anforderungen werden jedoch nicht erreicht.

3.3.8 Decke zum unausgebauten Dachgeschoss

Bei den Geschossdecken zum unbeheizten Dachgeschoss handelt es sich um Holzbalkendecken. Es wird von einem zur Bauzeit typischen Aufbau ausgegangen, der gemäß [1] einen U-Wert von 0,8 W/(m²K) aufweist. Laut Aussage des Hausmeisters wurden die Geschossdecken Anfang der 90er Jahre zusätzlich gedämmt. Im Zuge der Sanierung wurde eine ca. 14 cm dicke Glaswollendämmung zwischen den Balken verlegt. Bei Annahme einer üblichen Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/(mK) lässt sich der U-Wert des sanierten Deckenaufbaus mit 0,24 W/(m²K) abschätzen. Damit entspricht der Aufbau den aktuellen Anforderungen der Energieeinsparverordnung.

3.3.9 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

Bis auf die Decken zum unbeheizten Dachraum erfüllt kein Außenbauteil 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 noch ein erhebliches Energieeinsparungspotential. Viel Wärme geht aufgrund der großen Flächenanteile über die massiven ungedämmten Außenwände verloren. Es sind keine besonderen konstruktions- oder materialbedingten Wärmebrücken hervorzuheben, so dass Wärmebrücken rechnerisch über einen U-Wert-Zuschlag von 0,1 W/(m²K) berücksichtigt werden.

3.4 Technische Anlagen

3.4.1 Bestandsaufnahme

Das Hauptgebäude der Uhlenhorst-Schule wird durch zwei Brennwertkessel des Typs SB 715 der Firma Buderus mit Erdgas beheizt. Die Heizungsanlage befindet sich im Keller des Gebäudes außerhalb der thermischen Gebäudehülle. Die Brennwertkessel werden gemäß Aussage des Hausmeisters bivalent-parallel betrieben. Die Brennwertkessel sowie das Druckausdehnungsgefäß der Firma Flexcon wurden im Jahr 1993 erneuert. Die beiden Kesselbrenner wurden im Jahr 2010 durch Geräte der Firma Weishaupt ersetzt. Bei den Pumpen zur Umwälzung des Heizungswassers handelt es sich um nicht leistungsgeregelte Doppelpumpen des Typs UMC 50-60 der Firma Wilo. Ihre Leistung kann nur manuell an den aktuellen Förderbedarf angepasst werden. Ob bei den Erneuerungen an der Heizungsanlage ein hydraulischer Abgleich durchgeführt wurde, ist nicht bekannt.

Die Verteilleitungen befinden sich außerhalb der thermischen Gebäudehülle und sind augenscheinlich bis auf kurze Zwischenstücke und Armaturen gut gedämmt. Zum Alter bzw. der Qualität der Dämmung liegen jedoch keine Informationen vor.

Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt durch überwiegend an den Außenwänden angeordnete Gliederheizkörper. Diese sind über Thermostatventile durch die Nutzer regulierbar.

Die Warmwasserversorgung von Aula, Lehrerzimmer, Sekretariat, Hausmeisterbüro und der Hortküche erfolgt dezentral über elektrisch beheizte Kleinspeicher.

Die Beleuchtungsanlage wurde laut Aussage des Hausmeisters bis zum Jahr 2000 etagenweise erneuert. Sie besteht zum großen Teil aus Deckenleuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen mit elektronischen Vorschaltgeräten und Energiesparlampen in den Schulfluren.

3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Insgesamt sind die haustechnischen Anlagen funktionstüchtig. Die Heizungsanlage verfügt über einen mittleren energetischen Standard. Die beiden Brenner der Brennwertkessel wurden erst im Jahr 2010 erneuert. Die Umwälzpumpen sind nicht leistungsgeregelt und sollten nach Erreichen ihrer Lebensdauer gegen Hocheffizienzgeräte ausgetauscht werden.

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 ist daher bei zukünftigen Erneuerungen der Anlage empfehlenswert.

Die Beleuchtungsanlage des Schulgebäudes ist laut Aussage des Hausmeisters bis zum Jahr 2000 komplett erneuert worden, sodass eine weitere Modernisierung nicht dringend erforderlich ist.

3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich

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

Tabelle 2: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	17°C (statt Norm-Standardtemperatur von 19°C, um Bedarfs-Verbrauchsabgleich zu erfüllen)
Luftwechselrate	0,7/h (Fenster z.T. ohne Abdichtung, jedoch Ansatz des Standardwerts für Altbau, um Bedarfs-Verbrauchsabgleich zu erfüllen)
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5,0 W/m ²
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m ² K)
Heizungsanlage	Brennwertkessel, Energieträger Erdgas
Warmwasserbedarf	entfällt (nur vereinzelte dezentrale Warmwassererhitzer)

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

Tabelle 3: Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs⁶

Berechneter Endenergiebedarf Erdgas MWh/a	440,5
Witterungskorr. Erdgasverbrauch MWh/a	428,4

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

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. Abbildung 6 zeigt anhand der Energiebilanz des Gebäudes anschaulich, welchen Anteil die einzelnen Bauteilgruppen am Gesamtwärmeverlust haben und welche Wärmegewinne und –zufuhr diesen gegenüber stehen. Abbildung 7 fasst diese Angaben zusammen und ergänzt sie um die für die Wärmeerzeugung auftretenden Primärenergieverluste.

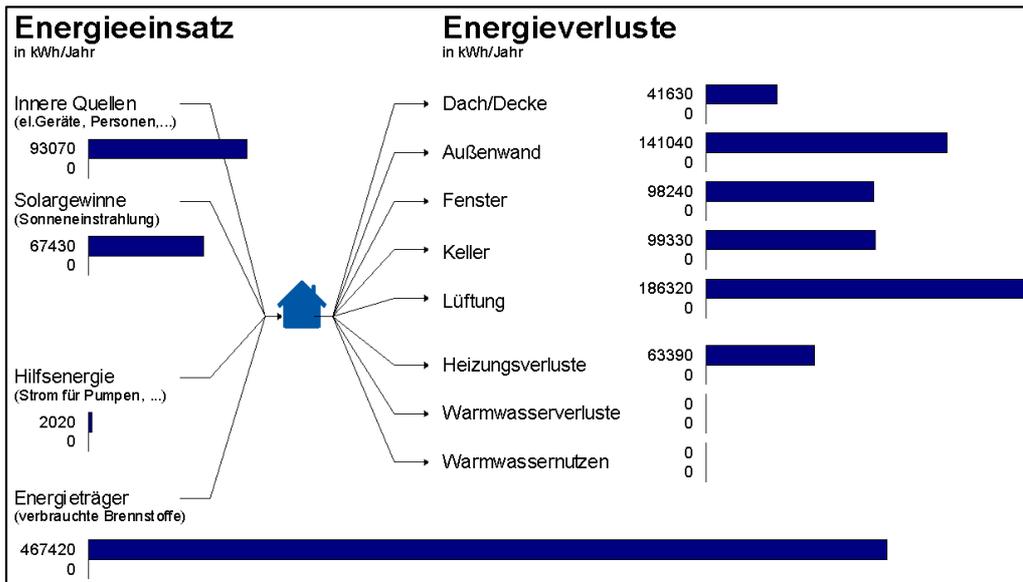


Abbildung 6: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Schulgebäudes

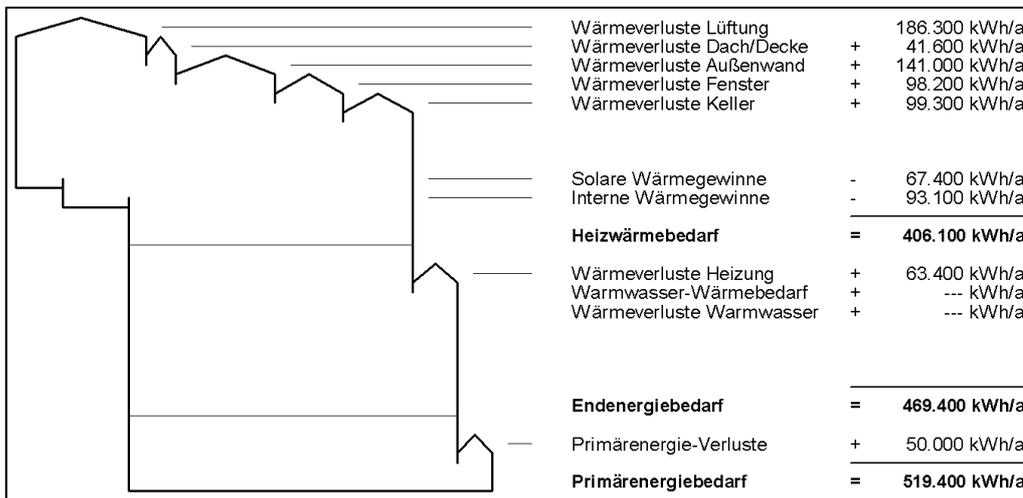


Abbildung 7: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Schulgebäudes

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.

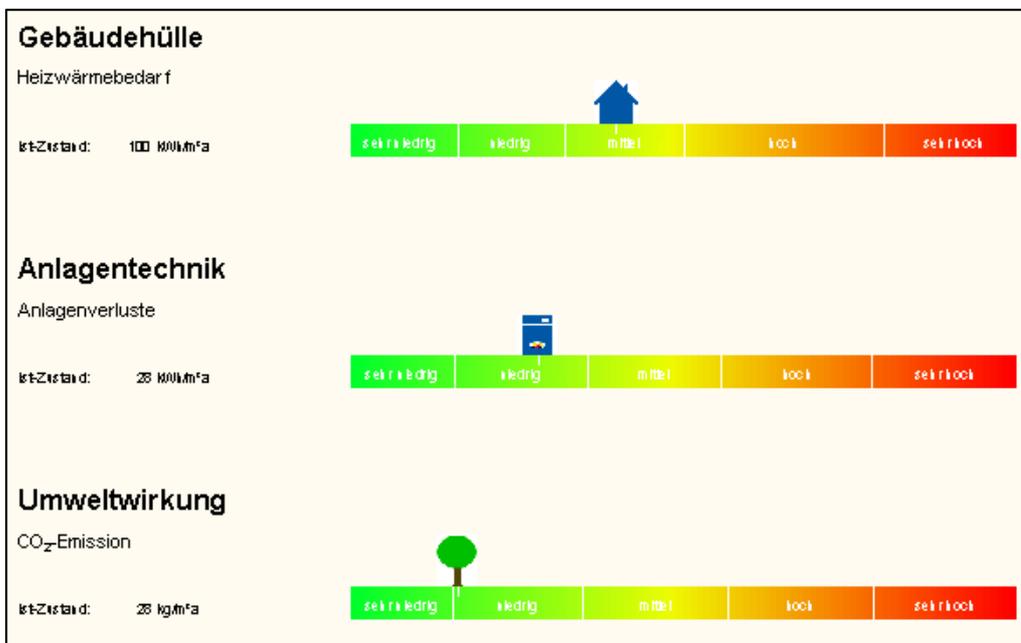


Abbildung 8: Beurteilung des Ist-Zustandes des Schulgebäudes (bei Ansatz der Standard-Innentemperatur von 19°C)

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im mittleren Bereich spiegelt sich die Tatsache wieder, dass in den letzten Jahren kaum energetische Sanierungen an der Gebäudehülle durchgeführt wurden. Demnach zeigt sich noch ein deutliches Sanierungspotential. Entsprechend der Ausstattung der Heizungsanlage um den Brennwertkessel und den Primärenergiefaktor von Erdgas werden die Anlagenverluste im unteren niedrigen Bereich eingestuft. Ein gewisses Sanierungspotenzial ist auch hier noch 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 ein weiteres Einsparpotential.

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

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 Decke über unbeheizten Kellerräumen

Über die ungedämmte Kellerdecke (Fußboden des Erdgeschosses) zu unbeheizten Kellerräumen geht aufgrund des großen Flächenanteils viel Heizenergie verloren. Da der Keller im Wesentlichen unbeheizt ist, empfiehlt sich die nur mit einem geringen finanziellen und technischen Aufwand verbundene unterseitige Dämmung. Mit einer mindestens 10 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird für die Kellerdecke der aktuell erforderliche wärmetechnische Standard und mit einer 12 cm dicken Dämmung gleicher WLG der KfW-Standard erreicht. In Bereichen in denen Rohrleitungen unterhalb der Decke installiert sind und der Abstand zur Decke für die empfohlenen Dämmdicke nicht ausreicht, sollte geprüft werden, ob es wirtschaftlicher ist die Rohrleitungen zu versetzen, oder in diesen Bereichen die Dämmdicke zu reduzieren.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.2 Außenwände

Die Außenwände sind entsprechend ihrer großen Fläche für einen großen Teil der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle verantwortlich. Trotz ihrer Dicke kann durch das Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems viel Energie eingespart werden. Mit einer 16 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW und ein U-Wert von $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreicht.⁸ Zur Erhaltung bzw. Wiederherstellung der vorhandenen Fassadenarchitektur mit Stuckelementen stehen verschiedene Möglichkeiten zu Verfügung. Bei der Planung sollte ein sachkundiger Architekt zu Rate gezogen werden.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.3 Innenwände gegen unbeheizte Räume

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, die Wände zum unbeheizten Dachraum auf der kalten Seite zu dämmen. Um die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW zu erfüllen, wären hierfür 13 cm einer Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich. Im Zuge der Sanierungsmaßnahme sollten auch die Türen zum unbeheizten Dachboden ausgetauscht werden.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.4 Fenster und Sonnenschutz

Es wird der Austausch aller alten einfachverglasten Fenster sowie aller alten Kastenfenster 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 und teilweise nicht mehr richtig schließen. Das Einsparpotential ist daher beträchtlich. Zur Einhaltung der KfW-Anforderungen wäre der Einbau einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert kleiner oder gleich $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erforderlich. Für die Einhaltung der EnEV 2014 ist eine 2-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert kleiner oder gleich $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ausreichend.

Zum Erhalt der architektonischen Gestaltqualität des Gebäudes ist es möglich, die Kastenfenster nicht durch Wärmeschutzfenster zu ersetzen, sondern sie rundzuerneuern und die Innenscheibe durch eine Wärmeschutzverglasung mit einem ausreichend niedrigen U-Wert zu ersetzen. Die Kosten hierfür bewegen sich laut [18] im gleichen Rahmen wie für den vollständigen Austausch.

Um die hohen Raumtemperaturen infolge solarer Einträge zu senken, wird empfohlen an den Fenstern der Klassenräume auf der Straßenseite außenliegende Sonnenschutzvorrichtungen vorzusehen.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.5 Außentüren

Trotz ihrer anteilig sehr geringen Fläche sollten alle Eingangstüren insbesondere im Rahmen einer Fassadensanierung 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.

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

Der Flur, der im Erdgeschoss zu der Schulküche und dem Speiseraum führt, ist laut Aussage des Hausmeisters immer kalt, da die Außentüren des Flures undicht sind und so permanent ein Durchzug entsteht. Es wird deshalb empfohlen die Türen gegen neue selbsttätig schließende Türen mit einem U-Wert von kleiner oder gleich $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ zu ersetzen, um den Aufenthaltskomfort im Flurbereich zu erhöhen und Lüftungswärmeverluste sowie die Wärmeverluste der angrenzenden beheizten Räume zu verringern.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.6 Dach / Gauben / Abseitenwände

Das Dach des Schulgebäudes wurde Anfang der 90er Jahre saniert. Genaue Informationen zum Dachaufbau liegen nicht vor. Deshalb wird davon ausgegangen, dass die ausgebauten Bereiche gemäß der damals gültigen Wärmeschutzverordnung gedämmt wurden. Da sich das Dach von außen noch in einem guten Zustand befindet und eine Sanierung des Daches von innen mit erheblichen Nutzungseinschränkungen und großen Kosten einhergehen würde, wird eine Sanierung derzeit nicht empfohlen. Bevor in Zukunft Sanierungen am Dach vorgenommen werden, wird empfohlen, im Vorfeld den genauen Dachaufbau zu ermitteln.

→ **Sanierung derzeit nicht empfohlen**

4.2.7 Decke zum unausgebauten Dachraum

Da die Decken zum unausgebauten Dachraum bereits nachträglich gedämmt wurden, geht über die Decken nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Der wärmetechnische Zustand der Holzbalkendecken entspricht dem heutigen Standard. Eine Sanierung wird demnach derzeit nicht empfohlen.

→ **Sanierung derzeit nicht empfohlen**

4.3 Sanierung der technischen Anlagen

4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

Der Heizungskessel und die Heizungspumpen haben ihre mittleren Lebensdauern nach VDI 2067 [8] erreicht. Da die Brenner der Brennwertkessel jedoch erst kürzlich erneuert wurden, wird momentan nicht empfohlen die Brennwertkessel auszutauschen. Die Pumpen sollten jedoch nach Erreichen ihrer Lebensdauer gegen Hocheffizienzgeräte ersetzt werden. Bei der Planung der Erneuerungen sind die Anforderungen der dann gültigen Energieeinsparverordnung zu beachten. Es sollten auch die technischen Mindestanforderungen der KfW berücksichtigt werden, um der übergeordneten Zielsetzung des Niedrigstenergieverbrauchs Rechnung zu tragen. Vor der Durchführung der anlagentechnischen Sanierungsmaßnahmen sollten die Gebäudehüllen energetisch saniert werden, um den Energiebedarf des Gebäudes zu senken und eine neue Heizungsanlage mit entsprechend reduzierter Leistung einbauen zu können.

Die dezentrale Warmwasserversorgung erfolgt bedarfsabhängig und sollte aufgrund des geringen Warmwasserbedarfs beibehalten werden.

→ **Sanierung eingeschränkt empfohlen**

4.3.2 Beleuchtung

Die Beleuchtung des Schulgebäudes wurde bereits erneuert. Sie besteht zum großen Teil aus Deckenleuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen mit elektronischen Vorschaltgeräten und Energiesparlampen in den Schulfluren. Eine weitere Modernisierung ist aktuell nicht dringend erforderlich.

Bei zukünftigen Erneuerungsinvestitionen sollten Regelungseinrichtungen ergänzt werden. So sollten in den Unterrichtsräumen 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 und den Sanitärräumen wird empfohlen, eine präsenzabhängige Steuerung zu installieren.

→ **Sanierung derzeit nicht empfohlen**

4.3.3 Energieträger

Bei dem verwendeten Energieträger zur Wärmeerzeugung 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 Energieträger aus erneuerbaren Quellen. Ein Wechsel des Energieträgers und der Einbezug erneuerbarer Energien sind daher empfehlenswert, wenn in Zukunft die Erneuerung der Anlage ansteht.

Günstig wäre der Anschluss des Gebäudes an das Fernwärmenetz, da Fernwärme in Berlin mittels Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird. Fernwärme aus KWK ist gemäß EEWärmeG [10] als Ersatzmaßnahme für den Einsatz erneuerbarer Energien anerkannt. Inwieweit und zu welchen Kosten ein Anschluss des Gebäudes an das Fernwärmenetz möglich ist, müsste zum gegebenen Zeitpunkt mit dem Versorger geklärt werden.

Denkbar wäre auch der Wechsel hin zum Energieträger Holzpellets mit einem sehr günstigen Primärenergiefaktor und geringeren Treibhausgasemissionen. Da hierfür große Lagerflächen erforderlich sind, wäre zunächst zu klären, in welchem Umfang Lagerräume im Keller hierfür zur Verfügung gestellt werden können.

Die Dachfläche des Gebäudes könnte teilweise für die Aufstellung von PV-Anlagen genutzt werden, sofern dies gestalterisch akzeptabel und statisch durchführbar ist. Der Maßnahme sollte eine gründliche Verschattungsanalyse vorausgehen. Bei einem hohen 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 jedoch ins Netz eingespeist werden.

4.4 Schätzung der Investitionskosten

In Tabelle 4 sind alle empfehlenswerten Sanierungsmaßnahmen für die Gebäudehülle und Anlagentechnik einschließlich einer Schätzung der anfallenden Investitionskosten zusammengestellt. Die Kosten wurden soweit wie möglich mit den in der aktuellen BBSR-Online-Publikation zu den Kosten energierelevanter Bau- und technischer Anlagenteile bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/Bundesliegenschaften 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 5 werden die aktuell empfehlenswerten investiven Einzelmaßnahmen zu sinnvollen Maßnahmenpaketen zusammengefügt. Diese Sanierungsvarianten werden in Kapitel 4.6 wirtschaftlich und im Hinblick auf ihr Energieeinsparpotential bewertet. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass in den Kapiteln 4.2 und 4.3 weitere Sanierungsmaßnahmen beschrieben sind, die entweder aus unterschiedlichen Gründen ohnehin erforderlich sind bzw. erst im Zusammenhang mit Erneuerungsinvestitionen ausgeführt werden sollten.

Tabelle 4: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle

Sanierungsmaßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Dämmung der Kellerdecke	Dämmung der der Kellerdecke von unten mit einer 12 cm Dämmung der WLG 035 inkl.	Einzelpreis:	49 €/m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage der Dämmschicht (Kleben/Dübeln) 	Fläche:	1.600 m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ inkl. Beschichtung der Dämmung z.B. durch Armierung und Anstrich 	Gesamtpreis:	78.400 €
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anpassung der Dämmschicht an TGA-Installation/Rohrleitung 		
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,25 W/(m²K)		
Dämmung der Innenwände	Montage einer 13 cm Dämmung der WLG 035 auf der unbeheizten Seite der Innenwände	Einzelpreis:	50 €/m ²
	inkl. Beschichtung der Dämmung z.B. durch Armierung und Anstrich	Fläche:	170 m ²
		Gesamtpreis:	8.500 €
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,25 W/(m²K)		
Austausch alter Fenster	Demontage und Entsorgung der alten Fenster, Einbau neuer Fenster		
	Sowieso anfallende Kosten für Holzfenstersanierung (Abschleifen, Anstrich, Ausbesserung, Dichtung, Wartung Beschläge), falls kein Fensteraustausch erfolgt	Einzelpreis:	100 €/Stk
	Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutz-verglasungen mit Holzrahmen, U ≤ 0,95 W/(m²K)	Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:	1.695 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster 	Anzahl:*	72 Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Gesamtpreis:	122.040 €
	Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da die Fenster ohnehin zu überarbeiten ist		
	* Hierbei handelt es sich um eine rechnerische Größe, die sich aus der Gesamtfensterfläche geteilt durch die Fläche des der Kalkulation zugrunde gelegten häufigsten Fenstertyps ergibt.		
	** Der Einzelpreis berechnet sich aus der Kostenfunktion für 3-fach-Verglasung mit einem mittleren U-Wert von 1,1 W/(m ² K). Da dieser etwas größer ist als der Zielwert für die 3-fach-Verglasung kann sich ggf. ein etwas höherer Einzelpreis ergeben.		
Austausch der Außentüren	Demontage und Entsorgung der alten Eingangstürelemente, Einbau neuer Türelemente	Einzelpreis:	3.300 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Türelemente 	Anzahl:	3 Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Gesamtpreis:	9.900 €
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 1,3 W/(m²K)		

Dämmung der Außenwände (WDVS)	Aufbringen eines WDVS mit 16 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	105 €/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:	1.250 m ²
		Gesamtpreis:	131.750 €
	Errichtung und Vorhaltung Baugerüst (für ca. 6 Wochen)	Einzelpreis:	8 €/m ²
		Fläche:	1.250 m ²
		Gesamtpreis:	10.000 €

U-Wert des sanierten Bauteils: **U = 0,2 W/(m²K)**

Fortsetzung von **Tabelle 4**

Tabelle 5: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

	Sanierungsmaßnahmen	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Dämmung der Kellerdecke	Kellerdecke:	78.400 €
	Dämmung der Innenwände zum unausgebauten Dachboden	Innenwände:	8.500 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen, hydraul. Abgleich	Anlagen:	- €
			86.900 €
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	86.900 €
	zusätzlich Austausch der alten Fenster durch Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	122.040 €
	zusätzlich Austausch der alten Türen	Türen:	9.900 €
			218.840 €
Variante 3	wie Variante 2	Variante 2:	218.840 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	141.750 €
			360.590 €

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 der Kellerdecke 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.⁹ Darüber hinaus befinden sich die Kreditzinsen insbesondere für die öffentliche Hand seit längerem auf einem so niedrigen Niveau, dass die zusätzlichen Kosten bei Kreditfinanzierung der Maßnahmen geringfügig und in der Gesamtbetrachtung vernachlässigbar sind.¹⁰

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

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

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

Tabelle 6: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	33.178 €	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 Erdgas: 6,31 ct/kWh, Strom: 21,76 ct/kWh, jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht mit auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

Tabelle 7: 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	103.411	27.383	572.400	468.989	14.310	806	5.535	1.256	14
2	260.420	23.636	942.480	682.060	23.562	1.328	3.619	1.921	19
3	429.102	16.485	1.648.800	1.219.698	41.220	2.322	3.842	1.810	18

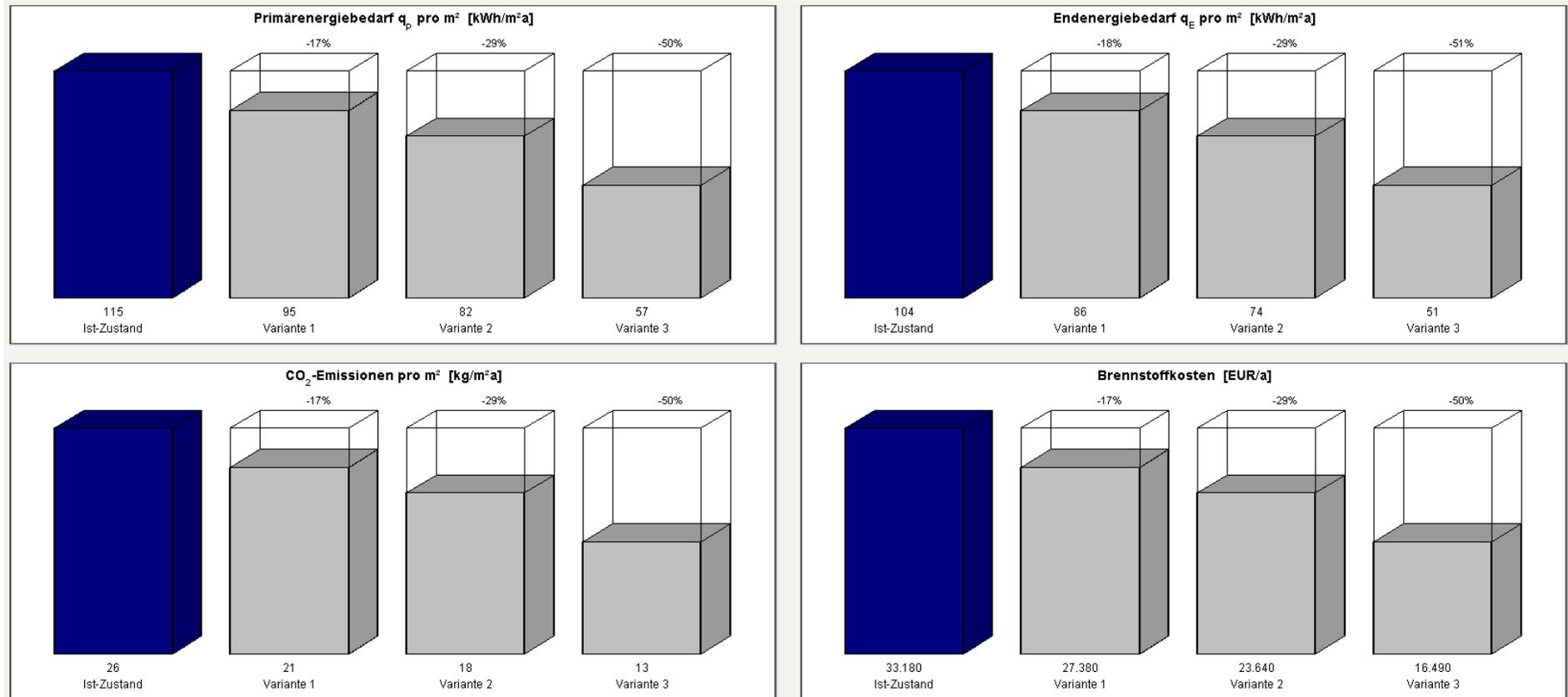


Abbildung 9: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO₂- und Brennstoffkostenreduktionen

4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich die erste Maßnahmenvariante etwa zu dem Zeitpunkt amortisiert hat, zu dem die sanierten Bauteile gut ein Drittel ihrer Lebensdauer erreicht haben und die zweiten und dritten Maßnahmenvarianten sich etwa zu dem Zeitpunkt amortisiert haben, zu dem die sanierten Bauteile knapp die Hälfte ihrer Lebensdauer erreicht haben. Aufgrund der Amortisation aller 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 der Maßnahmen und den Förderzielsetzungen nach [2] wird empfohlen, Variante 3 aufgrund der hiermit verbundenen größten Energie- und Treibhausgas-einsparungen auszuführen.

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